



4

5

Die Zugabe von wäßriger $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$ -Lösung zu einer Lösung von **3** ergab einen orangefarbenen Niederschlag, dessen Elementaranalyse (Cu, C, H, N, Cl, Pt) mit der Zusammensetzung **5** in Einklang ist. Abgesehen vom FIR-Bereich mit den Absorptionen des $[\text{PtCl}_4]^{2-}$ -Ions hat **5** ebenfalls das gleiche IR-Spektrum wie **3**.

Die Verbindungen **3**, **4** und **5** sind luftstabil; bei mehrmonatiger Lagerung der Kristalle in offenen Gefäßen blieb der Habitus unverändert. In Wasser/Ethanol-Lösungen beobachtet man jedoch nach einigen Tagen Oxidation zu Kupfer(II)-Verbindungen. Durch Zusatz von L-Ascorbinsäure wird allerdings die Oxidationsstufe +I des Kupfers stabilisiert.

Mit CuBr oder CuI anstelle von CuCl entstehen Verbindungen der Zusammensetzung $[\text{Cu}(\text{dmt})_{1/2}\text{X}]$ (X = Br, I). Ihr IR-Spektrum stimmt mit dem des analogen Chlorids nahezu überein, so daß wir ihnen ebenfalls vierkernige Kationen zuschreiben.

Die vielen Strukturtypen für Kupfer(I)-Cluster werden durch die beschriebenen Verbindungen um einen weiteren ergänzt. Außerdem verdeutlichen sie die vielfältigen koordinativen Eigenschaften von (Des)Azapurinen, deren Studium für die Bioanorganische Chemie von größter Bedeutung ist.

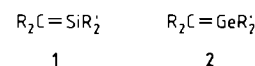
Eingegangen am 24. Februar 1988 [Z 2633]

- [1] J. Dillen, A. T. H. Lenstra, J. G. Haasnoot, J. Reedijk, *Polyhedron* 2 (1983) 195.
 [2] M. Biagini-Cingi, A. M. Manotti-Lanfredi, A. Tiripicchio, J. P. Cornelissen, J. G. Haasnoot, J. Reedijk, *Inorg. Chim. Acta* 127 (1987) 189.
 [3] C. Mealli, F. Zanobini, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1982, 97.
 [4] P. de Meester, A. C. Skapski, *J. Chem. Soc. A* 1971, 2167.
 [5] T. L. F. Favre, J. G. Haasnoot, J. Reedijk, *Polyhedron* 5 (1986) 1405.
 [6] **3**: Eine 75°C heiße Lösung von 359 mg (2 mmol) $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ in 50 mL Ethanol wird mit einer siedenden Lösung von 592 mg dmt (4 mmol) in 30 mL Ethanol umgesetzt. Nach Abkühlen auf 30°C färbt sich die Lösung hellgrün, und es bilden sich orangefarbene Kristalle. Etwaige grüne Niederschläge werden durch kurzes Aufkochen in Ethanol aufgelöst.
 [7] **3** Raumgruppe $C2/m$, $a = 1202.0(3)$, $b = 1650.5(9)$, $c = 992.0(7)$ pm, $\beta = 104.31(4)^\circ$, $V = 1901.9 \times 10^6$ pm³, $Z = 2$, $0.18 \times 0.08 \times 0.10$ mm³ Kristallgröße. Enraf-Nonius-CAD-4-Diffraktometer ($\text{MoK}\alpha$, Graphit), $T = 1.5$ K, $\omega/2\theta$ -Scan, $2^\circ \leq \theta \leq 24^\circ$, 752 unabhängige Reflexe mit $I > 2\sigma(I)$, 801 mit $I < 2\sigma(I)$, $R(000) = 590.3$. Strukturlösung durch Kombination von Patterson- und direkten Methoden; anschließende Anwendung von Differenz-Fourier-Methoden; anisotrope Verfeinerung, Wasserstoffatome durch Differenz-Fourier-Methoden; symmetrisch an zugehörige Kohlenstoffatome im Abstand von 96 pm gekuppelt und mit gemeinsamem isotropem Temperaturfaktor bis $R(R_w) = 0.046$ (0.039) verfeinert; verwendete Programme: SHELX-76, MULTAN. Ausgewählte Abstände [pm] und Winkel [°]: Kation: Cu1-Cl1 243.3(4), Cu1-N3 191.8(8), Cu2-Cl1* 245.8(4), Cu2-N4 196.5(8); Anion: Cu3-Cl2 211.6(5), Cu3-Cl3 236.9(4); Cl2-Cu3-Cl3 120.90(8), Cl3-Cu3-Cl3* 118.2(1), Cu3-Cl3-Cu3* 6.8(1). Weitere Einzelheiten zur Kristallstrukturuntersuchung können beim Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH, D-7514 Eggenstein-Leopoldshafen 2, unter Angabe der Hinterlegungsnummer CSD-53129, der Autoren und des Zeitschriftenzitats angefordert werden.
 [8] N. Berry, W. Clegg, C. D. Garner, I. H. Hillier, *Inorg. Chem.* 21 (1982) 142.
 [9] J. E. O'Connor, G. A. Janusonis, E. R. Corey, *Chem. Commun.* 1968, 445.
 [10] V. M. Rao, H. Manohar, *Inorg. Chim. Acta* 34 (1979) L213.
 [11] S. Andersson, S. Jagner, *Acta Chem. Scand.* A 39 (1985) 181, zit. Lit.
 [12] I. Banci, A. Bencini, A. Dei, D. Gatteschi, *Inorg. Chim. Acta* 84 (1984) 111.
 [13] B. J. Hathaway in G. Wilkinson (Hrsg.): *Comprehensive Coordination Chemistry*, Vol. 5, Pergamon Press, Oxford 1987, Kap. 53, S. 551.
 [14] S. Andersson, S. Jagner, *Acta Chem. Scand.* A 40 (1986) 52.
 [15] S. Andersson, S. Jagner, *Acta Chem. Scand.* A 39 (1985) 423.
 [16] M. Asplund, S. Jagner, *Acta Chem. Scand.* A 38 (1984) 411.

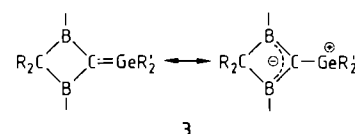
(Mesityl)₂Ge(Fluorenyliden) – Stabilisierung einer Ge-C-Doppelbindung durch Ladungsübertragung in ein aromatisches System**

Von Mohamed Lazraq, Jean Escudié*, Claude Couret, Jacques Satgé, Martin Dräger* und Ralph Dammel*

Mehrfachbindungen zu Elementen der 4. und 5. Hauptgruppe des Periodensystems beanspruchen in den letzten Jahren breites Interesse^[1]. Dies gilt besonders für Untersuchungen^[2] an durch sperrige Gruppen stabilisierten Silathenen **1**, während analoge Germaethene **2** lange Zeit

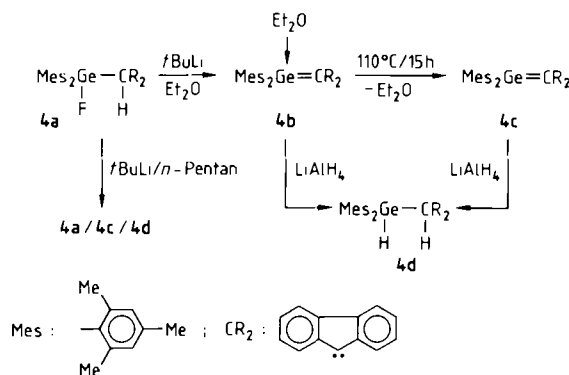


nur durch Abfangreaktionen^[3] nachweisbar waren. Kürzlich in Substanz erhaltene Germaethene **3** sind durch Me-



somerie mit einer Ylid-Form stabilisiert^[4a], und für das Ether-Addukt **4b** postulierten wir eine mesomere Stabilisierung durch das Fluorenylidensystem^[4b]. Zum Nachweis bemühten wir uns um eine Gewinnung von donorfreiem **4b** (= **4c**) und um vergleichende Kristallstrukturanalysen von **4c** und dem Dihydrid **4d**.

Direkte Dehydrofluorierung von **4a** in einem Nichtdonor-Lösungsmittel ergibt stets nur ein nichttrennbares Ge-



misch von **4a/4c/4d**, während in Ether in einer glatten Reaktion **4b** entsteht^[4b]. **4b** ist thermisch sehr stabil, es kann durch 15 h Erhitzen auf 110°C in **4c** überführt werden^[5]; reduktive Hydrierung von **4b** oder **4c** ergibt **4d**^[4b].

[*] Dr. J. Escudié, M. Lazraq, Dr. C. Couret, Prof. Dr. J. Satgé
 Laboratoire de Chimie des Organominéraux
 Université Paul Sabatier
 118, route de Narbonne, F-31062 Toulouse (Frankreich)
 Prof. Dr. M. Dräger
 Institut für Anorganische Chemie und Analytische Chemie
 der Universität
 Johann-Joachim-Becher-Weg 24, D-6500 Mainz
 Dr. R. Dammel
 Hoechst Aktiengesellschaft
 Hauptlaboratorium G830
 D-6230 Frankfurt am Main 80

[**] Diese Arbeit wurde von der Emil- und Paul-Müller-Gedächtnisstiftung, Mainz, gefördert.

Die Ergebnisse der Strukturanalysen von **4d** und **4c** sind in Abbildung 1 bzw. 2 wiedergegeben^[6]. Die Ge—C1-Bin-

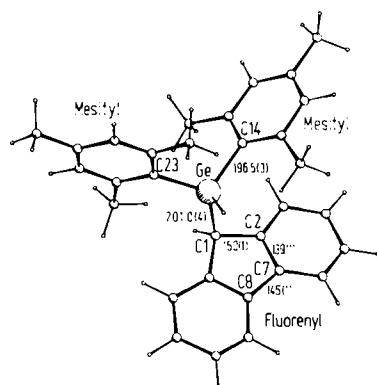


Abb. 1. Struktur von **4d** [6] mit mittleren Abständen [pm] um Ge und im fünfgliedrigen Ring (mit experimentellen Standardabweichungen der Einzelwerte Ge-C14 196.4, Ge-C23 196.5; Winkel um Ge 113.4(2), um C1 105.5(3)°). Für eine „normale“ Fluorenylgruppe ergeben sich aus 45 Strukturen [7] als Abstandsmittelwerte [pm] im fünfgliedrigen Ring (mit Standardabweichungen der Mittelwertbildung) C1-C2 151.9(12), C2-C7 139.5(9), C7-C8 146.3(11) (Einzelschwankungen C1-C2 148.9–154.1, C2-C7 137.3–142.2, C7-C8 144.0–149.1).

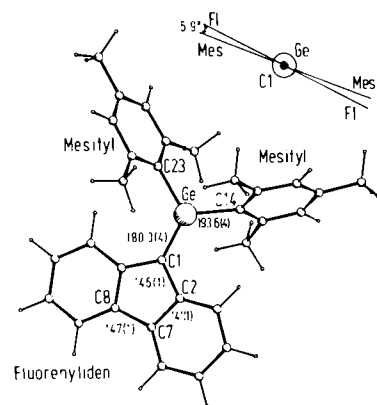


Abb. 2. Struktur von **4c** [6] (zwei kristallographisch unabhängige, aber ansonsten nicht signifikant unterschiedliche Moleküle) mit mittleren Abständen [pm] um Ge und im fünfgliedrigen Ring (mit experimentellen Standardabweichungen der Einzelwerte Ge-C1 180.1 und 180.6, Ge-C14/C23 193.1 und 194.4; Winkelsumme um Ge 360.0(2), um C1 360.0(3)°). Rechts oben: mittlere Verdrehung um die Ge-C1-Bindung (Schwankung der acht Torsionswinkel 4.8–8.6 bzw. 171.0–180.0°). Für eine „normale“ Fluorenylidengruppe ergeben sich aus 27 Strukturen [7] als Abstandsmittelwerte [pm] im fünfgliedrigen Ring (mit Standardabweichungen der Mittelwertbildung) C1-C2 147.2(16), C2-C7 140.5(12), C7-C8 145.9(13) (Einzelschwankungen C1-C2 144.0–149.6, C2-C7 138.1–143.2, C7-C8 143.6–148.7).

dung in **4d** ist mit 201 pm eine der längsten bekannten Ge-C-Einfachbindungen und als Ausdruck des erhöhten sterischen Drucks deutlich gegen die im Normalbereich liegenden Bindungen Ge-C14 und Ge-C23 abgesetzt. In **4c** ist das Ge-Atom trigonal-planar koordiniert (mittlere Abweichung ± 1.4 pm). Der Ge-C1-Abstand ist 21 pm kürzer als in **4d**, und auch die Bindungen Ge-C14 und Ge-C23 sind wegen der Beteiligung von sp^2 -Ge kürzer (3 pm). In **3** ist die Ge=C-Bindung 183 pm lang^[4a]. Da die Mesitylgruppen in **4c** gleichmäßig verdreht sind, kann durch die Ge=C-Bindung (=Ge-C1) näherungsweise eine zweizählige Achse gelegt werden.

In beiden Verbindungen entspricht der Fluorenteil gut den Literaturdaten für Fluorenyl- bzw. Fluorenylidengruppen. In **4c** ist der Fluorenylidenteil planar (mittlere Abweichung ± 2.5 pm), und die Planarität setzt sich auch in die

Ge-C14-C23-Gruppe fort (mittlere Atomlage über der und Abknickung gegen die Fluorenylidenebene +15.1 pm bzw. 7.0°, mittlere Verdrehung um Ge=C 6° gegenüber 36° in **3**). Dieser Befund, daß trotz noch höherer sterischer Spannung als in **4d** sechzehn Atome nahezu in einer Ebene liegen, stützt unser Postulat einer Stabilisierung von **4c** durch elektronische Wechselwirkungen zwischen Ge=C und Fluorenylidenteil. Entsprechende Stabilisierungen einer P=C- und einer B=C-Doppelbindung durch das Fluorenylidensystem sind bekannt^[8]; für das System mit P=C-Doppelbindung werden Wechselwirkungen mit den Fluorenyliden- π -Elektronen diskutiert^[8a].

Das System **4c** liegt aufgrund seiner Größe auch heute noch außerhalb jenes Bereichs, der routinemäßig durch ab-initio-Rechnungen abgedeckt werden kann. Zur theoretischen Untermauerung obiger Hypothese zogen wir deshalb semiempirische (MNDO) Berechnungen heran, die, wie ein Vergleich der mit ihnen erhaltenen Resultate für die Stammverbindung $H_2Ge=CH_2$, mit denen hochwertiger SCF-Rechnungen zeigte^[9], eine befriedigende Beschreibung der Ge=C-Bindungsverhältnisse erwarten lassen (Tabelle 1). Die MNDO-Optimierung der geometrischen Parameter^[10a] ergab im Rahmen der Fehlergrenzen der Methode gut mit den röntgenographisch ermittelten Strukturdaten übereinstimmende Werte^[10b]. Die Ge=C-Doppelbindung ist stark polar; die Bindungsordnung ist verglichen mit der der Stammverbindung deutlich geringer (1.50 vs. 1.81); das Dipolmoment von **4c** wird zu etwa 4 Debye abgeschätzt. Ein Anteil der Resonanzstruktur $R_2\overset{+}{Ge}-\overset{-}{C}R_2$ an der Beschreibung von Verbindungen des Typs **2** erklärt die bessere Stabilisierung von **4c** verglichen mit Verbindungen $R_2Ge=C(Aryl)_2$ zwanglos: Die Delokalisierung der negativen Überschußladung ist im Fluorenylidensystem besser möglich als in zwei Arylresten^[11].

Tabelle 1. Ab-initio- oder MNDO-berechnete sowie experimentelle Werte von Abständen $d(Ge=X)$ und Valenzschwingungen $\tilde{\nu}(Ge=X)$ für Verbindungen mit Ge=X-Doppelbindungen.

Verbindung	berechnet d [pm]	$\tilde{\nu}$ [cm ⁻¹]	beobachtet d [pm]	$\tilde{\nu}$ [cm ⁻¹]
$H_2Ge=PH$	216.9	481 [a]		
$Mes_2Ge=PAryl$ [c]			213.8	503
$H_2Ge=CH_2$	177.6	906 [a]		
	172	854 [b]		
4c [d]	177	1018 [b]	180.3	988

[a] Ab-initio-SCF-Rechnung [9]. [b] MNDO Rechnung [10]. [c] Aryl = 2,4,6-Tri-*tert*-butylphenyl [12]. [d] Verdrehung der Mesitylgruppen: berechnet nach [b] 72°, beobachtet für die beiden unabhängigen Moleküle 63.3 und 65.9(4) bzw. 62.6 und 66.0(4)°.

Die Raman-Spektren von feinkristallinem **4c** und **4d** unterscheiden sich kaum. Zur Abschätzung der Lage einer Ge=C-Valenzschwingung zogen wir wiederum ab-initio-SCF- und MNDO-Rechnungen^[9,10c] heran, die für eine Verbindung mit Ge=P-Doppelbindung^[12] eine überraschende Zuverlässigkeit bewiesen hatten (Tabelle 1). Für **4c** wird danach die Raman- und IR-aktive Valenzschwingung der Ge=C-Doppelbindung bei etwa 1000 cm⁻¹ erwartet. In diesem Bereich sind die totalsymmetrischen Arenschwingungen der Pulverprobe von **4c** zwar stärker strukturiert als die von **4d**, jedoch nicht aufgelöst. Für eine bessere Auflösung oder Entkopplung maßen wir Einkristall-Raman-Spektren von beiden Verbindungen in mehreren Orientierungen. Der einzig signifikante Unterschied ist eine deutliche Emission bei **4c** von 988 cm⁻¹, die wir der Ge=C-Valenzschwingung zuordnen.

Eingegangen am 9. Februar 1988 [Z 2612]

- [1] Finige neuere Übersichten: R. West, *Angew. Chem.* 99 (1987) 1231; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 26 (1987) 1201; A. H. Cowley, N. C. Norman, *Progr. Inorg. Chem.* 34 (1986) 1; S. Lochschmidt, A. Schmidpeter, *Phosphorus Sulfur* 29 (1986) 73.
- [2] A. G. Brook, K. M. Baines, *Adv. Organomet. Chem.* 25 (1986) 1; N. Wiberg, G. Wagner, J. Riede, G. Müller, *Organometallics* 6 (1987) 32.
- [3] a) J. Satgé, *Adv. Organomet. Chem.* 21 (1982) 241; b) N. Wiberg, C. K. Kim, *Chem. Ber.* 119 (1986) 2966, 2980.
- [4] a) H. Meyer, G. Baum, W. Massa, A. Berndt, *Angew. Chem.* 99 (1987) 790; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 26 (1987) 798; b) C. Couret, J. Escudié, J. Satgé, M. Lazraq, *J. Am. Chem. Soc.* 109 (1987) 4411.
- [5] *Arbeitsvorschrift*: 2.03 g rohes **4b** aus 2.2 g (4.4 mmol) **4a** [**4b**] werden in einer abgeschmolzenen Ampulle auf 110°C erhitzt. Nach 15 h ist kein gebundener Ether mehr nachweisbar; Umkristallisieren aus Pentan bei -20°C gibt 1.63 g (3.4 mmol) luftempfindliche, orangefarbene Kristalle ($T_p = 82-83^\circ\text{C}$; Ausbeute bezogen auf **4a**: 78%).
- [6] Kristallstrukturanalysen: a) **4d**: $P\bar{1}$, $a = 1040.5(5)$, $b = 1189.3(3)$, $c = 1209.1(5)$ pm, $\alpha = 94.00(4)$, $\beta = 110.60(4)$, $\gamma = 110.13(4)^\circ$, $V = 1284(1) \times 10^6$ pm³, $Z = 2$, 5903 Reflexe mit $I > 3\sigma(I)$, 315 Variable, $R = 0.054$; b) **4e**: $P\bar{1}$, $a = 1211.5(4)$, $b = 1306.9(2)$, $c = 1653.9(2)$ pm, $\alpha = 87.61(2)$, $\beta = 77.19(2)$, $\gamma = 78.83(2)^\circ$, $V = 2505(2) \times 10^6$ pm³, $Z = 4$, 7352 Reflexe mit $I > 2\sigma(I)$, 618 Variable, $R = 0.050$. Weitere Einzelheiten zu den Kristallstrukturuntersuchungen können beim Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH, D-7514 Eggenstein-Leopoldshafen 2, unter Angabe der Hinterlegungsnummer CSD-52981, der Autoren und des Zeitschriftenzitats angefordert werden.
- [7] Cambridge Crystallographic Data Base, update September 1987; ungenaue Strukturbestimmungen und bindungsmäßige Zweifelsfälle nicht berücksichtigt.
- [8] a) T. A. van der Knaap, F. Bickelhaupt, *Chem. Ber.* 117 (1984) 915; b) B. Glaser, H. Nöth, *Angew. Chem.* 97 (1985) 424; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 24 (1985) 416.
- [9] G. Trinquier, J.-C. Barthelat, J. Satgé, *J. Am. Chem. Soc.* 104 (1982) 5931; vgl. [3a].
- [10] a) AMPAC-Programmpaket: J. J. P. Steward, QCPE Nr. 506; 180 innere Koordinaten, 42 optimierte Parameter; b) maximale Abweichungen in Bindungslängen 3 pm, in Bindungswinkeln 5° ; c) zur MNDO-Berechnung von Kraftfeldern vgl. M. J. S. Dewar, G. P. Ford, M. L. McKee, H. S. Rzepa, W. Thiel, Y. Yamaguchi, *J. Mol. Struct.* 43 (1978) 135, zit. Lit.
- [11] Vgl. die pK_a -Werte für Fluoren und Diphenylmethan 23 bzw. 33.5: A. Streitwieser, Jr., E. Ciuffarin, J. H. Hammons, *J. Am. Chem. Soc.* 89 (1967) 63.
- [12] M. Dräger, J. Escudié, C. Couret, H. Ranaivonjatovo, J. Satgé, *Organometallics* 7 (1988) 1010.

NEUE BÜCHER

Catalyst Design. Progress and Perspectives. Herausgegeben von L. L. Hegedus. Wiley, New York 1987. XI, 288 S., geb. £ 43.60. – ISBN 0-471-85138-8

Katalyse ist, wie insbesondere der in der Industrie tätige Praktiker immer wieder leidvoll erfahren muß, ein sehr komplexes Feld, das bis heute größtenteils allen Bemühungen getrotzt hat, neue Katalysatoren systematisch zu „entwerfen“. Es ist daher sehr zu begrüßen, wenn sich Wissenschaftler aus Forschung und Industrie zusammenfinden, um über die Möglichkeiten und Probleme einer rationalen Planung neuer Katalysatoren – ausgehend vom derzeitigen Stand der wissenschaftlichen Forschung – nachzudenken. Das vorliegende Buch enthält acht Beiträge bekannter US-Autoren, in denen die verschiedenen Aspekte des Generalthemas „catalyst design“ jeweils aus einem anderen Blickwinkel betrachtet werden. Das Buch beschränkt sich im wesentlichen auf die Diskussion heterogener Katalysatorsysteme; die homogene Katalyse wird in einzelnen Beiträgen nur kurz gestreift, und das Gebiet der Enzymkatalyse wurde völlig ausgespart.

In dem Einführungskapitel geht L. L. Hegedus (W. R. Grace) kurz auf die wirtschaftliche Bedeutung der Katalyse, die technologischen und wissenschaftlichen Fortschritte der letzten 10-15 Jahre und auf einige grundsätzliche Probleme bei der Aufklärung und der Voraussage der Wirksamkeit von Katalysatoren ein. Der Beitrag von G. K. Somorjai (University of California, Berkeley) behandelt den Einfluß von Morphologie und Zusammensetzung der Oberfläche auf die katalytische Wirksamkeit; die verschiedenen Möglichkeiten der Reaktionslenkung, z.B. durch Coadsorption, Einbau von strukturellen oder Bindungs-Modifiern, werden anhand neuester Forschungsergebnisse übersichtlich dargestellt. Die metallorganische Chemie als Plattform für die Entwicklung trägerfixierter Übergangsmetallkomplexe und Cluster ist der Ausgangspunkt für den Beitrag von B. C. Gates (University of Delaware). A. T. Bell (University of California, Berkeley) diskutiert die Funktion des Trägers und die herstellungsabhängige Wechselwirkung zwischen Metall und Träger im Hinblick auf die gezielte Steigerung der Wirksamkeit von Metall-

Katalysatoren. M. Boudart (Stanford University) untersucht in einem mehr theoretischen Kapitel die mögliche Rolle der Reaktionskinetik bei der Planung neuer Katalysatoren; er beschäftigt sich beispielsweise mit der Frage, wie die Selektivität von Katalysatoren durch gezielte Eingriffe in die auf der Oberfläche ablaufenden elementaren Folge- und Parallelschritte oberflächenkatalysierter Reaktionen in einer gewünschten Richtung manipuliert werden kann. Quantitative mathematische Modelle der chemischen Reaktivität und der Transportprozesse als Hilfsmittel bei der Optimierung poröser Katalysatoren sind Thema des Beitrags von R. Aris (University of Minnesota). Engere Berührungspunkte mit der industriellen Praxis haben der Beitrag von W. O. Haag und N. Y. Chen (Mobil Research and Development) über Zeolith-Katalysatoren und der Beitrag von J. Wei (Massachusetts Institute of Technology), der sich mit der Entwicklung spezieller Katalysatoren für die Entfernung von metallischen Verunreinigungen aus Destillationsrückständen der Ölraffinerien beschäftigt.

Das Buch richtet sich, so das Vorwort, sowohl an den Hochschul-Wissenschaftler als auch an den in der industriellen Katalysatorentwicklung engagierten Praktiker. Der Praktiker wird vielleicht eine umfassende Bestandsaufnahme der Literatur zum Thema Katalysatorauswahl vermissen. Es sind zahlreiche semiempirische Auswahlregeln für viele Reaktionssysteme bekannt, die nicht berücksichtigt wurden. Man mag es auch bedauern, daß industriell wichtige Reaktionsklassen und Katalysatorsysteme, beispielsweise selektive Oxidationsreaktionen an komplexen Metalloxid-Katalysatoren, nicht diskutiert werden. Wenn in der Einleitung festgestellt wird, daß die weitere Entwicklung der heterogenen Katalyse im Hinblick auf die endliche Zahl der Elemente im Periodensystem zwangsläufig zu strukturell komplexen Multikomponent-Katalysatorsystemen führen wird, so wird damit eine gerade bei kommerziellen Oxidationskatalysatoren schon lange sichtbare Tendenz beschrieben. Abgesehen von diesen Vorbehalten gibt das Buch einen insgesamt realistischen Überblick über die mit modernen Untersuchungsmethoden erzielten Fortschritte einerseits und die vielfältigen Probleme anderer-