



Gerhard Emig

Katalyse – Schlüssel zum Erfolg in der Technischen Chemie

**Katalytische Prozesse steuern unser Leben,
bestimmen unseren Alltag und werden zur
Lösung vieler Zukunftsprobleme der Mensch-
heit ihren Beitrag leisten.**

Lassen Sie uns mit einem Ausflug in die Vergangenheit beginnen. Zwei bedeutende Persönlichkeiten, die auf den ersten Blick nicht so viele Gemeinsamkeiten aufweisen, seien hier vorgestellt.

Johann Wolfgang von Goethe muß man nach dem Goethe-Jahr 1999 sicher nicht im Detail vorstellen. Die zweite Person, ebenfalls „Johann Wolfgang“ mit Vornamen, ist sicher weniger bekannt. Über ihn hat aber Goethe

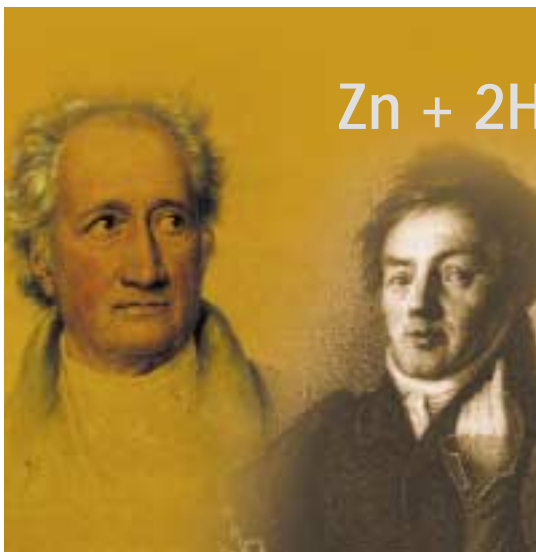


Abb. 1: Johann Wolfgang v. Goethe (1749-1832)
und Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849) [1]

ganz entscheidend auf die Entwicklung der Katalyse eingewirkt. Es ist der berühmte Chemiker Johann Wolfgang Döbereiner, dessen Name untrennbar mit dem sogenannten Döbereiner'schen Feuerzeug verbunden ist und dem damit schon Anfang des vorigen Jahrhunderts ein bedeutender technischer Einsatz der Katalyse gelungen ist.

Döbereiner wurde 1810 von Staatsminister Goethe als Chemieprofessor an die Universität Jena berufen. Dort widmete er sich erfolgreich den unterschiedlichsten Gebieten im Bereich Chemie und vor allem Technische Chemie. Seine wichtigste Entdeckung war aber 1823 das Auffinden der katalytischen Wirkung des Edelmetalls Platin auf ein Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff. Damit kam es zu seiner revolutionierenden Erfindung eines Feuerzeugs, das Feuer ohne Zunder und Stein erzeugen konnte. Die Funktionsweise war genial einfach und ist am besten an der Abbildung eines solchen Feuerzeugs zu erklären.

Die Wasserstoff-Erzeugung war schon bekannt. Metallisches Zink wurde mit Schwefelsäure in Kontakt gebracht. Dadurch entwickelte sich Wasserstoff (H₂),

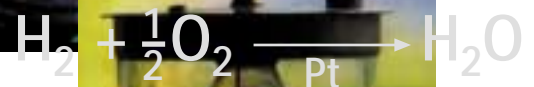
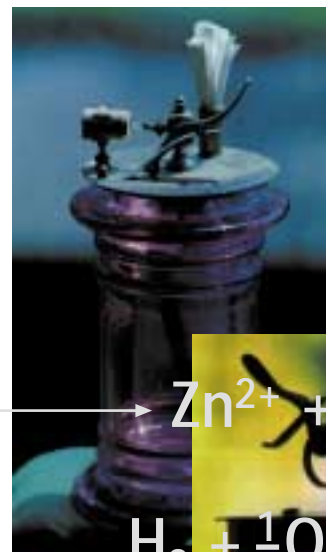


Abb. 2: Döbereiner'sches Feuerzeug [1,2]

der über eine Düse mit Hahn das Gefäß verlassen konnte. Gegenüber der Düse war das Platin auf einer entsprechenden Vorrichtung angebracht. Durch die katalytische Wirkung war es möglich, den Wasserstoff mit der umgebenden Luft bei Zimmertemperatur zur Entzündung zu bringen, wobei er unter Wasserdampfentwicklung verbrannte.

Dieses Feuerzeug war ein ungeheurer wirtschaftlicher Erfolg. Man sagt, daß – in den unterschiedlichsten Versionen – über 1 Million Stück in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts verkauft wurden. Die obere Ausführung des Döbereiner'schen Feuerzeugs in Abbildung 2 soll zeigen, daß es auch damals schon Versionen für Betuchte und weniger Betuchte gegeben hat – sozusagen VW und Mercedes.

Döbereiner selbst und damit auch Goethe kannten den Begriff der Katalyse noch nicht. Döbereiner sprach – sehr anschaulich – von „Berührungswirkungen“ oder auch „Kontaktprozessen“. Erst zehn Jahre später (1835) prägte ein anderer großer Chemiker dieser Zeit, nämlich Berzelius, die Begriffe „Katalyse“ und „Katalysator“. Dies ist symptomatisch für die Entwicklung der Technischen Katalyse. Die Anwendung der Katalyse war schon erfolgreich, als das Wort noch nicht geprägt war und die dabei ablaufenden Vorgänge noch völlig im Dunkeln lagen.

Dafür gibt es bis in die heutige Zeit viele weitere Beispiele, wobei sicherlich die Ammoniak-Synthese, deren Detailablauf erst 80 Jahre nach der ersten großtechnischen Produktionsaufnahme endgültig aufgeklärt werden konnte, das bedeutendste Beispiel darstellt. Mit der technischen Realisierung der Ammoniak-Synthese begann übrigens der Siegeszug der Katalyse in der industriellen Chemie, der sich bis auf den heutigen Tag fortsetzt.

Beispiele für heutige wichtige Anwendungen der Katalyse

Auf die Grundlagen und auch auf die spannende historische Entwicklung der Katalyse sei an dieser Stelle nicht eingegangen. Die Bedeutung der Katalyse in der heutigen Zeit läßt sich am besten ermessen, wenn man die jährliche Katalysatorproduktion betrachtet (Abb. 4).

Daß große Mengen benötigt werden, wird dann deutlich, wenn man sich die Apparate anschaut, in denen Katalysatoren eingesetzt werden, die chemischen Reaktoren. Mit solchen Apparaten führt man z. B. das „Katalytische Cracken“ durch, das eine zentrale Stellung in der Erzeugung von Kraftstoffen und in der Herstellung der wichtigsten Grundchemikalien hat (Abb. 3).

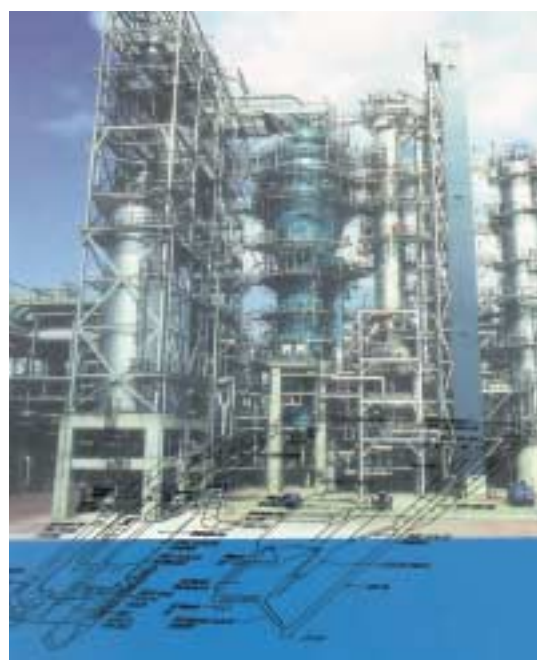


Abb. 3: Ein Großreaktor für die Petrochemie [4]

Was läuft in diesen Reaktoren – übrigens von der Dimension die größten in der Petrochemie – ab? Abbildung 5 zeigt eine vereinfachte Darstellung der Vorgänge.

Man erkennt, daß man über den Einsatz unterschiedlicher Katalysatoren die Möglichkeit hat, ein großes Spektrum von Produkten herzustellen. Nur um auch hier die Dimension zu verdeutlichen: In Europa allein werden pro Jahr 177 Mio. Tonnen Kraftfahrzeugbenzin erzeugt. Und bei diesen Mengen soll in Zukunft – nach EU-Richt-

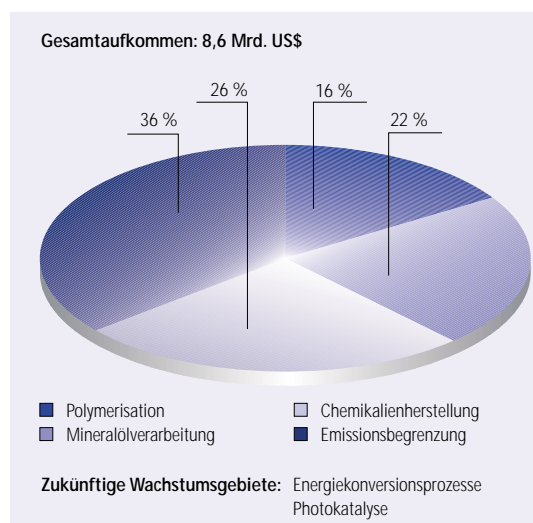


Abb. 4: Weltmarkt für Katalysatoren 1995 [3]

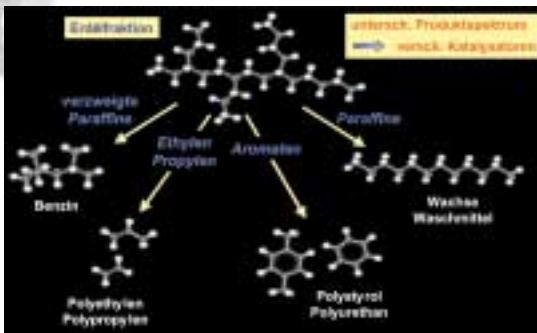


Abb. 5: Katalytisches Cracken einer Erdölfraktion

linien – der Schwefelgehalt gesenkt, der Benzolanteil erniedrigt und der Aromatenanteil verringert werden. Dies kann nur über weiter verstärkten Einsatz von selektiven Katalysatoren geschehen.

Das erzeugte Benzin wird von uns allen beim Autofahren verbrannt. Dadurch entstehen z. Zt. noch ungeheuere Mengen an schädlichen Emissionen – mit weltweit steigender Tendenz. Diese Emissionen kurzfristig und schnell in den Griff zu bekommen, war nur durch den Einsatz von Autoabgaskatalysatoren möglich. Alle kennen den bekannten 3-Wege-Katalysator für die drei Schadstoffe Stickoxide, Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe.

Da auf der Erde bald eine Milliarde Kraftfahrzeuge fahren werden, ist dies der Chemiereaktor mit der größten Zahl an Exemplaren. Katalysatoren sind die Edelmetalle Platin, Palladium und Rhodium. Dadurch wird der Edelmetallverbrauch heute durch die Autoabgaskatalyse

bestimmt. Bei Rhodium sind 90% des weltweiten Bedarfs durch den 3-Wege-Katalysator bedingt.

Aber trotz der großartigen Leistung der Katalysatoren in der Autoabgasreinigung – es ist und bleibt eine „end of the pipe“-Lösung.

Eine schadstofffreie Lösung des Antriebs wäre die Brennstoffzelle, die heute in aller Munde ist. Aber auch bei der Brennstoffzelle gibt es keinen Erfolg oder Fortschritt ohne den Einsatz geeigneter Katalysatoren. Den Fall, daß man das Fahrzeug nicht mit Wasserstoff direkt, sondern z. B. mit Methanol als flüssigem Treibstoff fahren will, zeigt die Abbildung 6.

Dazu muß Methanol mit Wasser in einem ersten Schritt – unter Einsatz von Katalysatoren – in ein wasserstoffreiches Gas konvertiert werden („Katalytische Reformierung“). Da dieses Gas aber noch größere Mengen an Verunreinigungen enthält, die, wie z. B. CO den in der eigentlichen Brennstoffzelle befindlichen Katalysator vergiften können, muß es in einem zweiten Schritt von dem Großteil der Verunreinigungen befreit werden, was wieder zum Teil katalytisch erfolgt. Je nach geforderter Reinheit kann sich hier ein beträchtlicher Aufwand ergeben. Es muß also im Fahrzeug eine kleine chemische Anlage mit mehreren Stufen untergebracht werden.

Brennstoffzellenanwendung ist heute schon Realität, sowohl im mobilen als auch stationären Bereich. Bis zum Jahr 2020 wird nach einer neuesten Shell-Studie ein Anteil der Brennstoffzellen-Fahrzeuge am PKW-Bestand

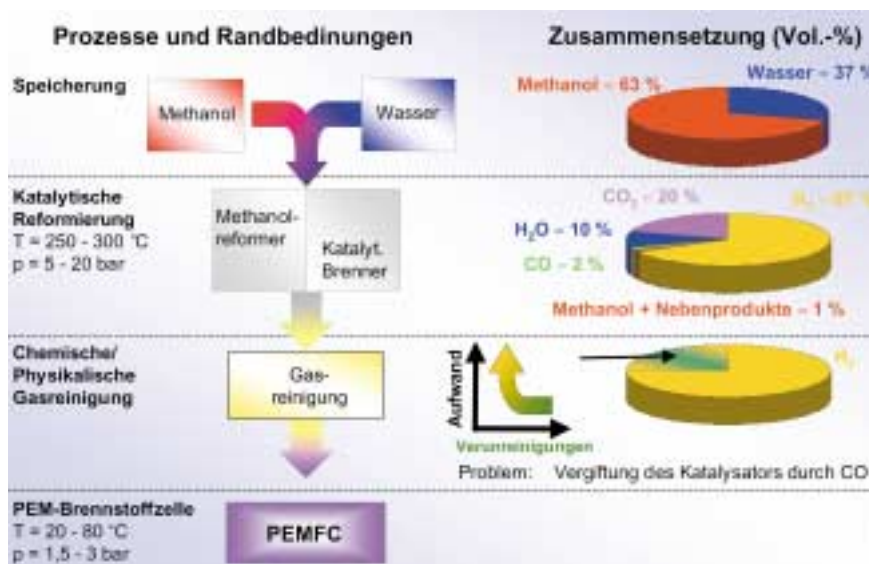
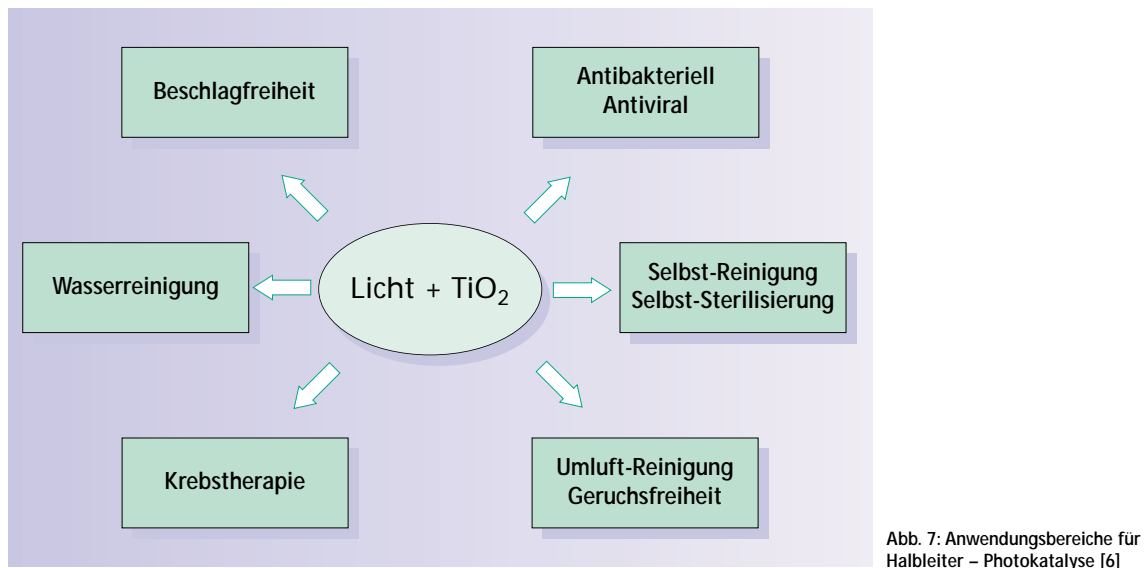


Abb. 6: Brennstoffaufbereitung zur Erzeugung eines wasserstoffreichen Gases [5]



von 20% erwartet, allein für Deutschland bedeutet dies 10 Mio. Fahrzeuge. Es lohnt sich also, Entwicklungsarbeit in die notwendigen Katalysatoren zu stecken, z. B. um direkt den flüssigen Brennstoff Methanol in der Brennstoffzelle einsetzen zu können, ohne die vorgelagerten Schritte zur Wasserstoffherzeugung zu benötigen.

Wenn wir schon bei dem Blick in die Zukunft sind, dürfen wir nicht die Anwendung der Photokatalyse und ihre Möglichkeiten vergessen. Dies bedeutet den Einsatz von Sonnenlicht als Energiequelle in Verbindung mit Katalyse. Dazu sind zwei Faktoren notwendig: UV-Licht als Energielieferant und der Halbleiter Titanoxid als Photokatalysator. Der Katalysator wird als dünner Film auf entsprechenden Flächen, die der Sonne ausgesetzt sind, aufgebracht. Durch die Einwirkung des Lichts entstehen in dem Photokatalysator zwei aktive Zentren, die dann unterschiedliche chemische Reaktionen eingehen können. So kann man beispielsweise schädliche organische Verbindungen zu Kohlendioxid und Wasser umsetzen.

Das Potential der Titandioxid (TiO₂)-Photokatalyse ist vielfältig. Sie kann überall eingesetzt werden, wo die Kombination von Licht und Katalysator gegeben ist (Abb 7). Hier entwickelt sich ein faszinierendes Gebiet, das in Zukunft alle Bereiche des täglichen Lebens berühren wird.

Zukünftige Entwicklung der Katalyse

Die Zukunft der Katalyse ist nicht einfach Fortsetzung der Vergangenheit. Zukunft ist geprägt durch Technologiesprünge oder Diskontinuitäten, die in einer Folge

von S-förmigen Wachstumskurven zum Ausdruck kommen, wie es in der Abbildung 8 für zwei Fälle A und B schematisch dargestellt ist.

Im Bereich der Sättigung dieser Kurven wird weiteres Potential nur durch einen Entwicklungssprung möglich – in unserem Fall durch einen neuen Katalysator oder ein neues Reaktorkonzept, was dann zu einer neuen Wachstumskurve führt. Ein solcher Entwicklungssprung ist beispielsweise möglich, wenn man bei der schon angeführten Brennstoffzellenanwendung im mobilen Bereich anstelle herkömmlicher Reaktoren die in neuester Zeit entwickelten „Mikroreaktoren“, wie sie in der Abbildung 9 dargestellt sind, einsetzt.

Es ist einleuchtend, daß man in diesem Fall möglichst kleine Dimensionen der eingesetzten Reaktoren, z. B. zur „on board“-Erzeugung von Wasserstoff, anstrebt. Die im



Abb. 8: Wachstumskurven für Katalysatoren und Verfahren



Abb. 9: Dimension und Aufbau von Mikroreaktoren (Hergestellt am Forschungszentrum Karlsruhe) [7]

Bild gezeigten wabenförmigen Öffnungen stellen parallele Reaktionskanäle dar. Die Schwierigkeit besteht darin, sie gleichmäßig und reproduzierbar mit Katalysator zu beschichten. Hat man dies aber erreicht, kommt man aufgrund der kleinen Dimensionen in Reaktionsbereiche, die man bei normalen Reaktordimensionen nicht erreichen kann. So wird beispielsweise auch eine Katalyse mit explosiven Gemischen gefahrlos möglich.

Die Richtung der zukünftigen Entwicklung in der Katalyse läßt sich an drei generellen Trends beispielhaft zeigen:

1. Trend:

Direkter Einblick in den atomaren Maßstab

Zumindest bei den einfachen Reaktionen, wie der Umsetzung von Wasserstoff mit Sauerstoff an Platinoberflächen, weiß man heute ganz genau, wie der Mechanismus im Detail abläuft, weil man mit den modernen Oberflächenmethoden direkt einzelne Atome und Moleküle auf der Oberfläche beobachten kann. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, auf Basis der genauen Kenntnis der Mikrokinetik Katalysatorentwicklung zu betreiben.

2. Trend:

Schnellere Katalysatorentwicklung durch Miniaturisierung und Automatisierung

Die gerade erwähnten Mikroreaktoren, gekoppelt mit kombinatorischer Chemie, führen zur parallelisierten Katalysatorentwicklung im „Hochdurchsatz“ – (High-Throughput)-Verfahren (Abb. 10).

Auf der linken Seite des Bildes sieht man sehr viele parallele Mikroreaktoren mit jeweils unterschiedlichen Katalysatoren gekoppelt mit einer automatisierten Probenahme. Dies führt zu einer großen Anzahl von Meßergebnissen für unterschiedliche Katalysatoren, wie sie auf der rechten Seite beispielhaft dargestellt sind.

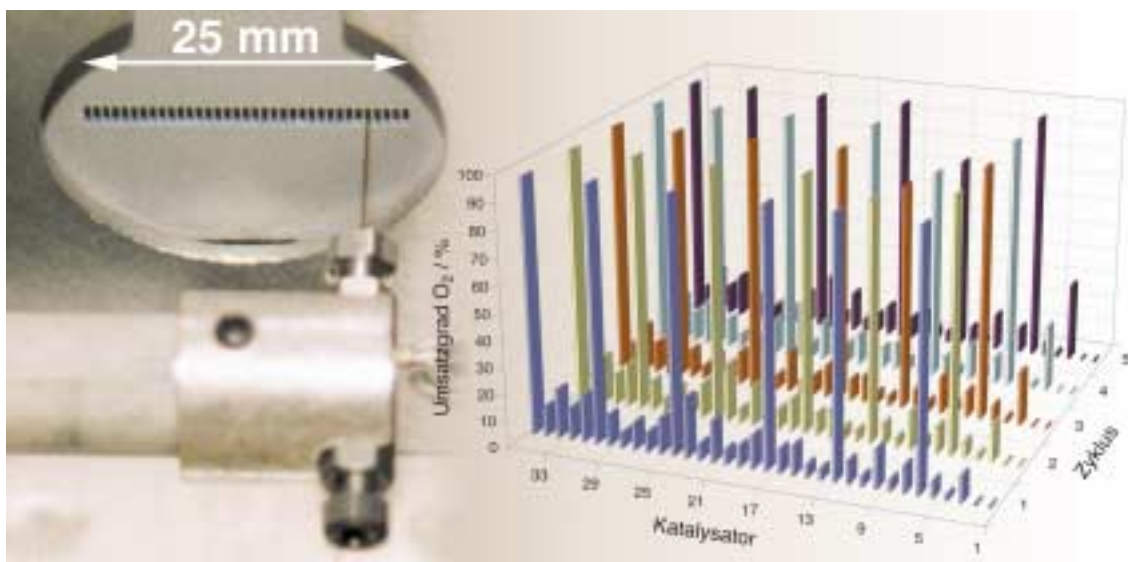


Abb. 10: Parallelisierte Entwicklung von Katalysatoren [8]

z. B. ein Aromat, in eine hydroxylierte Verbindung umgewandelt – hier mit Lachgas (N_2O) als Oxidationsmittel, das unter Stickstoffabspaltung ebenfalls aktiven Sauerstoff liefert.

Zeozyme dieser Art haben den Vorteil gegenüber Enzymen, daß sie größere Temperaturstabilität und längere Lebensdauer aufweisen. Diese angedeuteten Entwicklungstendenzen sollen demonstrieren, welche interessanten und überraschenden Methoden und Anwendungen hier noch zu erwarten sind und daß der Schlüssel zum Erfolg bei diesen Anwendungen immer die Katalyse darstellt.

Beiträge der DECHEMA zur Weiterentwicklung der Katalyse

Die Gründung der DECHEMA im Jahre 1926 und ihre Entwicklung bis heute sind eng mit der Katalyseforschung und deren industriellen Anwendungen verbunden. Standen zu Beginn die Entwicklung von Hochdruckreaktoren und dafür geeigneter Werkstoffe im Vordergrund, so hat sich das Aufgabengebiet zunehmend auf damit im Zusammenhang stehende reaktionstechnische Fragestellungen und die Entwicklung neuer Katalysatoren ausgeweitet. Die enge Zusammenarbeit von Chemikern und Ingenieuren, das wesentliche Motiv für die Gründung der DECHEMA, war hierfür eine unabdingbare Voraussetzung.

Die heutigen Aktivitäten der DECHEMA im Bereich der Katalyse sind im wesentlichen auf den Forschungsausschuß „Chemische Reaktionstechnik“ konzentriert. Bereits zum Zeitpunkt der Gründung im Jahre 1956, damals unter dem Namen „Fachausschuß Chemische Reaktionstechnik“, nahmen sechs Arbeitsausschüsse ihre Tätigkeit auf, darunter auch der Arbeitsausschuß „Hete-

rogene Katalyse“. Den ersten Vorsitz des Fachausschusses übernahm damals Prof. Franz Patat aus Karlsruhe (1956 bis 1975). Die Leitung des Katalyse-Ausschusses lag bei Prof. Georg-Maria Schwab, München. Im Jahre 1975, als Prof. Kurt Hedden den Vorsitz des Fachausschusses übernahm, hatte sich das Aufgabenspektrum bereits auf elf Arbeitsausschüsse erweitert.

Seit 1993 liegt die Leitung des Fachausschusses bei Prof. Gerhard Emig, die Zahl der Arbeitsausschüsse hat sich inzwischen auf 16 erweitert, die „Jüngsten“ gelten dem Gebiet der Mikroreaktionstechnik (1996) und der Chemischen Nanotechnologie (2001). Die enge Vernetzung der Aufgaben dieses Forschungsausschusses und seiner Arbeitsausschüsse und der Bedarf der interdisziplinären Fachwelt an öffentlicher Diskussion zu aktuellen Fachthemen zeigt sich in besonderer Weise in den aus seinen Arbeitsgebieten hervorgegangenen Fachsektionen. Bereits 1993 wurden die Fachsektionen Deutsche Zeolith-Vereinigung sowie Katalyse gegründet. Diesem Beispiel folgte 1996 die gemeinsame DECHEMA/GVC-Fachsektion Reaktionstechnik.

Bereits 1976 wurde im Rahmen einer Programmstudie zur Sicherung der Rohstoffversorgung im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Forschung und Technologie für den Bereich „Chemische Technik: Rohstoffe, Prozesse und Produkte“ ein Band zur Katalyse herausgegeben. In der Einführung heißt es dort: „Die Studie enthält eine Bestandsaufnahme derjenigen mit der Katalyse im Zusammenhang stehenden Probleme der Chemischen Technik, von deren Lösung ein Beitrag zur Rohstoffsicherung erwartet werden kann. Darüber hinaus enthält sie Vorschläge, die für die weitere Entwicklung der Katalyseforschung allgemein von Bedeutung sein können.“ Themen wie katalytische Verfahren unter Rohstoff- und

DECHEMA und Katalyseforschung

1976	Programmstudie „Sicherung der Rohstoffversorgung“ für BMFT	1996	Statusseminar „Katalyse“
ab 1976	BMFT-Förderung der Katalyse	1998	Fact-Finding-Reisen in europäische Nachbarstaaten
1988	„Grüne Studie“ – Beitrag der Katalyse zur zukünftigen Ressourcenschonung	1999	BMBF-Ausschreibung „Kombinatorische Katalyse- und Materialforschung“
1991	Stop der Katalysförderung	2000	Strategiegespräch mit dem BMBF: „Zukünftige Förderung der Katalysforschung“ · Gründung von ConNeCat · Ad-hoc-Kommissionen für Leuchtturmprojekte
1993	Positionspapier „Zukunft der Katalysforschung“ · 1. BMBF-Ausschreibung „Katalys“ · Projektförderung für Verbundvorhaben	2001	Förderbeginn im Rahmen von ConNeCat
1995	2. BMBF-Ausschreibung „Katalys“		

Anteil der BMFT/BMBF-Förderung im Bereich der Katalyse

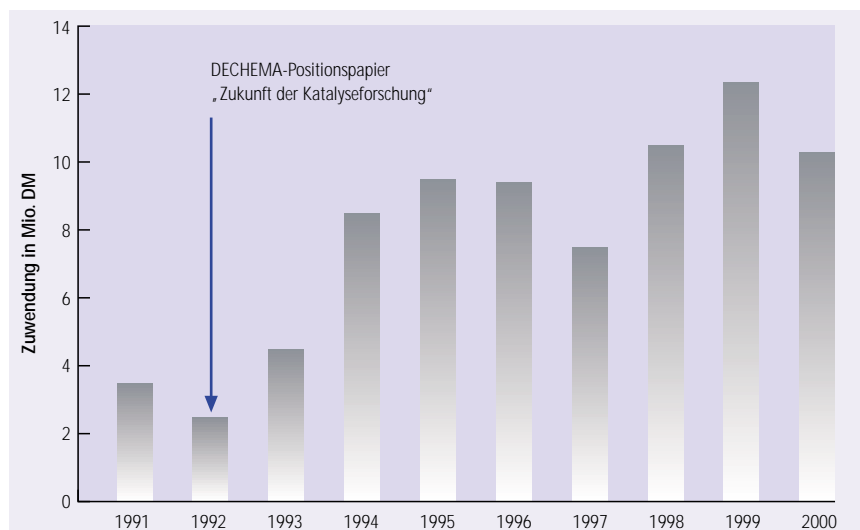


Abb. 13:
BMFT/BMBF-Finanzrahmen der
Katalyseforschung seit 1991

Energieaspekten, Elementarvorgänge zur heterogenen Katalyse, Katalysatoren sowie Reaktoren und Reaktionsführung standen schon damals im Mittelpunkt der Analysen und Schlußfolgerungen. Die Fachkompetenz des Karl-Winnacker-Instituts auf dem Gebiet der Technischen Chemie und besonders der Katalyseforschung als wertvolles Instrument, die bis heute noch erweitert und ausgebaut werden konnte, erwies sich für diese Arbeiten schon damals als sehr wertvoll.

Wie maßgeblich die DECHEMA die Katalyseforschung in den letzten 25 Jahren positiv beeinflusst hat, kommt


noch deutlicher in den Aktivitäten zur Forschungsförderung auf diesem Gebiet zum Ausdruck, die in der jüngsten Aktivität, der Führung des Sekretariats für das Kompetenznetzwerk Katalyse ConNeCat, ihre Fortsetzung findet.

Schon 1976 nach der Rohstoffstudie begannen gezielte Fördermaßnahmen auf dem Gebiet der Katalyse. Mit dem 1992 von der DECHEMA gemeinsam mit Experten aus Hochschulforschung und Industrie erarbeiteten Positionspapier „Zukunft der Katalyseforschung“ wurde ein neuer An Schub für die BMFT-Förderung im Bereich der Katalyse ausgelöst.

Leuchtturmprojekte in **CONNECAT** (Competence Network Catalysis)

- Membranen/Membranreaktoren (Selektiv-Verfahren)
(Kordinator: Dr. Caro, Institut für Angewandte Chemie, Berlin-Adlershof)
- Selektive Oxidationen
(Kordinator: Prof. Dr. Schlögl, Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin)
- Katalyse in Brennstoffzellensystemen
(Kordinator: Dr. Dittmeyer, DECHEMA e.V., Frankfurt)
- Innovative Methoden zur Charakterisierung von Katalysatoren
(Kordinator: Prof. Dr. Lercher, Technische Universität München)
- Autoabgaskatalyse – Katalytische Reinigung von Dieselabgasen von NO_x und Partikeln
(Kordinator: Dr. Strehlau, hta AG, Heidelberg)
- Molekular definierte katalytisch aktive Festkörper-Grenzflächen
(Kordinator: Prof. Dr. Vorlop, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig)
- Mehrphasenkatalyse / Zweiphasenkatalyse
(Kordinator: Priv.-Doz. Dr. Leitner, MPI für Kohlenforschung, Mülheim)



Mit Unterstützung des 



Leuchtturmprojekte in ConNeCat



Abb. 14: Mini- und Mikroreaktoren in der chemischen Produktion: Anlage der Merck KGaA mit mikrostrukturierten Bausteinen

Im Rahmen der im vergangenen Jahr gestarteten ConNeCat-Initiative wird die Katalyse erneut ein Schwerpunkt der öffentlichen Förderung sein. Das Kompetenznetzwerk soll die deutsche Forschung im Bereich der Katalyse bündeln und die nationale Kompetenz von Forschern und Anwendern stärker vernetzen, um Deutschland international wettbewerbsfähig zu halten und dies noch weiter auszubauen.

Zur Zeit werden sieben sogenannte Leuchtturmprojekte durch entsprechende Ad-hoc-Kommissionen vorbe-

reitet, um nach einer Begutachtung durch einen internationalen Sachverständigenrat durch das BMBF gefördert zu werden. Der Name Leuchtturmprojekte soll darauf hinweisen, daß hier wissenschaftlich herausragende und anwendungsrelevante, fach- und branchenübergreifende Fragestellungen bearbeitet werden sollen. Die Förderung der Projekte wird noch dieses Jahr beginnen.

Die Alltagstauglichkeit der Katalyse läßt sich auch aus den Themen der Projekte herauslesen: Die Autoabgaskatalyse, für die immer noch großer Forschungsbedarf besteht, oder in naher Zukunft Brennstoffzellen z. B. als Alternative für den herkömmlichen Benzin- bzw. Dieselmotor.

Man darf sicher feststellen, daß ohne diesen massiven Einsatz der DECHEMA die Förderung der Katalyseforschung in Deutschland wohl geringer ausgefallen wäre. Einen nicht unerheblichen Beitrag zur Förderung der Katalyse leistet die DECHEMA natürlich auch durch die Verleihung angesehener Forschungspreise, wie Alwin-Mitsch-Medaille, Otto-Roelen-Medaille, Jochen-Block-Preis und nicht zuletzt auch den DECHEMA-Preis, der schon häufig für Arbeiten im Bereich Katalyse vergeben wurde.

Wie schnell sich die DECHEMA mit ihrem Instrument „Forschungsausschuß Chemische Reaktionstechnik“ auf neue Entwicklungen einstellen kann und neue Themen anstößt, zeigt die Einrichtung und Tätigkeit des Arbeitsausschusses „Mikroreaktionstechnik“ seit 1996. Aufmerksam gemacht auf diese wichtigen Entwicklungen wurde bereits mit der Sonderschau „Mikrotechnik“ und einem speziellen Symposium zu diesem Thema zurACHEMA 1994.

In einem 1997 unter wesentlicher Mitarbeit des Arbeitsausschusses „Mikroreaktionstechnik“ erstellten Posi-

Arbeitsausschuß Mikroreaktionstechnik

- 1994** ACHEMA Sonderschau „Mikrotechnik“
- 1995** Workshop „Microsystem Technology for Chemical and Biochemical Microreactors“
- 1996** Gründungssitzung des Arbeitsausschusses „Mikroreaktionstechnik“
- 1995/97** DECHEMA-Positionspapier „Mikroreaktoren für die chemische Technik“
- 1997** 1. BMBF-Fördermaßnahme „Mikroreaktorsysteme in der chemischen Technik“

- ab 1997** International Conferences on Microreaction Technology (IMRET)



- IMRET 1 – 1997 Frankfurt
- IMRET 2 – 1998 New Orleans
- IMRET 3 – 1999 Frankfurt
- IMRET 4 – 2000 Atlanta
- IMRET 5 – 2001 Strasbourg

- 2000** 2. BMBF-Fördermaßnahme „Mikroreaktoren in der chemischen Technik“

- 2000** Gründung der Industriepattform „Modulare Mikroverfahrenstechnik“

tionspapiers „Mikroreaktoren für die chemische Technik“ der DECHEMA heißt es: „Die Entwicklung integrierter Mikroreaktorsysteme befindet sich trotz des beachtlichen Fortschritts auf dem Gebiet der Komponentenfabrikation durch die Mikrosystemtechnik noch immer im Anfangsstadium ...“ Mitgetragen durch die Initiative dieses Arbeitsausschusses starteten in den vergangenen vier Jahren **vielfältige** Aktivitäten, die wesentlich dazu beigetragen haben, daß Mini- und Mikroreaktoren heute verstärkt in der Forschung und in der Produktion eingesetzt werden.

Die ersten Mini- und Mikroreaktoren laufen bereits in der chemischen Produktion, wie die Anlage der Merck KGaA mit mikrostrukturierten Bausteinen demonstriert (Abb. 14).

Die Zusammenstellung der Aktivitäten des Arbeitsausschusses „Mikroreaktionstechnik“ belegt eindrucksvoll dessen breites Arbeitsspektrum, das von Tagungen über Forschungsstudien und Fördermaßnahmen bis zum industriellen Erfahrungsaustausch reicht.

Für das Gebiet der Mikroreaktionstechnik kann die DECHEMA beanspruchen, daß sie einen wesentlichen Beitrag dazu geleistet hat, daß Deutschland auf dem Gebiet von Forschung und Entwicklung dieses zukunftsreichen Gebietes weltweit eine führende Rolle einnimmt.

Die DECHEMA hat damit ähnlichen Weitblick bewiesen – und damit komme ich zu dem ersten Bild meines Beitrags zurück – wie Anfang des 19. Jahrhunderts Staatsminister Goethe durch die Unterstützung Döbereiners in Jena.

Ich hoffe, daß ich mit diesem Beitrag – der an der Oberfläche bleiben mußte – wenigstens mit Beispielen und Bildern einen Eindruck davon vermitteln konnte, welcher Stellenwert der Katalyse in unserem heutigen Leben schon zukommt und daß die Katalyse zumindest ein Schlüssel zur Lösung der anstehenden großen Probleme der Menschheit in Zukunft sein kann.

Literatur

- [1] O. Krätz : „Goethe und die Naturwissenschaften“ Callwey, München 1998
- [2] Folienserie des Fonds der Chemischen Industrie, Nr. 19 : „Katalyse“
- [3] H.-J. Quadbeck-Seeger : „Chemie Rekorde – Menschen, Märkte, Moleküle“, Wiley-VCH, Weinheim, 1997
- [4] H. Tominaga und M. Tamaki : „Chemical Reaction and Reactor Design“ John Wiley & Sons, Chichester, 1998
- [5] B. Höhle, P. Biedermann, D. Klemp, H. Geiß : „Verkehrsemissionen und Sommersmog“, Monographien des Forschungszentrums Jülich, Band 26/1996
- [6] A. Fujishima, K. Hashimoto, T. Watanabe : „TiO₂ Photocatalysis, Fundamentals and Applications“, BKC, Inc., Tokyo, 1999
- [7] Mikroreaktoren, hergestellt am Forschungszentrum Karlsruhe
- [8] Unterlagen von Prof. Hönicke, TU Chemnitz
- [9] Abb. 11 und 12 wurden erstellt mit Hilfe von
 - H. B. Dunford, in „Comprehensive Biological Catalysis – A mechanistic Reference, Vol. III, ed. M. Sinnott, Academic Press, San Diego 1998
 - SCOP-Datenbank, MRC Laboratory of Molecular Biology and Centre for Protein Engineering, Cambridge, England