



Zukunftstechnologie Katalyse

Prof. Wolfgang A. Herrmann
Präsident der Technischen Universität München

Rede anlässlich der Eröffnung der Katalysatorenfabrik

der Süd-Chemie AG in Heufeld/Bad Aibling

20. September 2002

Die Süd-Chemie AG ist ein wundervolles Beispiel für die *Allianz von Wissenschaft und Wirtschaft*. Es ist diese Allianz, die der Entwicklung der deutschen chemischen Industrie ab der Mitte des 19. Jahrhunderts eine unvergleichliche Schubkraft verliehen hat und zur Basis ihres nachhaltigen Erfolgs werden sollte. Heute gehört die Chemie zu den starken, besonders exportaktiven Säulen unserer Volkswirtschaft.

Die Allianz begann bei der damaligen *Bayerischen Aktiengesellschaft für landwirtschaftlich-chemische Produkte* vor 145 Jahren mit Justus von Liebig, dem „Nordlicht“, das unser kunstbeflissener König Max II. mit Weitblick nach München berufen hatte (1852). Mit weitblickenden Männern wie dem Baron von Hirsch wurde auf hohes Risiko eine erste Kunstdüngerfabrik im Agrarstaat Bayern gegründet. Es war also die Landwirtschaft, die an der Wiege der bayerischen Chemie stand. Der große Bogen wird bald zurückfinden zu dieser Landwirtschaft, die uns im Interesse der Aufrechterhaltung unserer stofflich so vielfältigen Welt neue Rohstoffe hervorbringen wird: die nachwachsenden, pflanzlichen Rohstoffe, in denen ich eine große, heute noch von wenigen wirklich ernstgenommene Herausforderung der Zukunft sehe. So wollen Sie, meine Damen und Herren, auch bitte verstehen, dass unter dem Dach unserer Technischen Universität München die Lebenswissenschaften in Weihenstephan und die Medizin in München dieselbe Bedeutung haben wie die Natur- und Ingenieurwissenschaften, mit denen man landläufig das Profil unserer Universität verbindet.

Die Allianz mit der Wissenschaft hat sich die Süd-Chemie bis auf den heutigen Tag erhalten. Die neue Katalysatorenfabrik ist ein

Wettbewerbsvorteil auch für die Wissenschaft, denn Forschung ohne Produktionsstandorte ist volkswirtschaftlich sinnlos und müsste unter dem fehlenden Umsetzungsbezug verkümmern. Die neue Fabrik ist des weiteren ein Bekenntnis zum historischen Ort der Süd-Chemie AG, aber auch ein Vertrauensbeweis in das Hochtechnologieland Bayern. Nicht zuletzt ist der heutige Tag ein Exempel für die Standorttreue unserer Industrie: Am Beispiel der Süd-Chemie AG ist aufzuzeigen, dass besondere Unternehmensvorteile dadurch erworben werden, wenn man Betriebe wie Heufeld auch als soziale Entität begreift. Dafür stehen die „Zwölf-Apostel-Häuser“ mit Blick auf den Wendelstein – neben der Garchinger Salvisberg-Siedlung die erste Sozialeinrichtung der bayerischen chemischen Industrie.



Nun zum heutigen Anlass aus fachlicher Sicht:

Wenn man von *Katalyse* sprechen hört, dann ist damit oft gemeint, dass „*man die Leute zusammenbringt*“ oder dass man Ideen und gegenseitiges Verständnis fördert. Auch „*eine Sache anstiften*“ oder einen Entwicklungsgang beschleunigen, versteht man landläufig unter Katalyse. Beispielsweise wirkt einer als Katalysator, wenn er einen Streit ausräumt oder eine gute Sache auf den Weg bringt. Wissenschaftlich gesehen, ist *Katalyse der Weg*, um chemische Reaktionen unter geringstmöglichem Energie- und Stoffaufwand in gezielter Weise durchzuführen. Angesichts der gewaltigen Volumina stofflicher Umsetzungen und der damit verbundenen Rohstoff-, Energie- und

Abfallprobleme ist die Katalyse ein *wissenschaftliches Thema* ersten Ranges. Sie ist die Voraussetzung für die Fortentwicklung, aber auch für die Beherrschung einer Welt, die auf ein differenziertes, stoffliches Spektrum angewiesen ist. Daraus resultierend ist die Katalyse aber auch ein *ökologisches*, ein *wirtschaftliches* und ein *politisches Thema*. Dass dieser Zusammenhang in der politischen Klasse nur vereinzelt begriffen wird, erstaunt selbst dann, wenn die zunehmende Energie- und Rohstoffverknappung erst gar nicht in Betracht gezogen wird.

Die wissenschaftliche Dimension

Chemieprodukte sind dann attraktiv, wenn sie vorteilhafte Produkteigenschaften haben. Das gilt für die wärmedämmende, atmungsaktive Kunstfaser genauso wie für den Antitumorwirkstoff. An den Produkteigenschaften orientiert sich die chemische Struktur, und an der Struktur orientiert sich die Herstellung dieser Stoffe. Viele Herstellverfahren sind dadurch belastet, dass sie entweder von ungünstigen Einsatzstoffen ausgehen müssen oder dass sie unerwünschte Beiprodukte mit sich bringen. Der Grund liegt oft darin, dass der gezielte Aufbau aus einfachen Vorstufen deshalb nicht gelingt, weil der Reaktionsroute hohe Aktivierungsbarrieren entgegenstehen und die zu deren Absenkung erforderlichen Katalysatoren nicht vorhanden sind. Hier ist der größte Forschungsbedarf. Es zeigt sich immer wieder, dass auf der Basis solider Grundlagenforschung die „Forschung am Objekt“ – also am konkreten Produktziel – erforderlich ist. Tausende und Abertausende alter wie neuer Produkte stellen einen gigantischen Forschungsaufwand in Aussicht. Ebenso gigantisch dürfte aber die

Wertschöpfung sein, die solche Forschung erbringt. Die dem Aufwand nach bisher hoffnungslos erscheinende Testung zahlloser Katalysatorvarianten beginnt jetzt festen Boden zu bekommen: Ermöglicht durch die fortgeschrittene Miniaturisierung und Automatisierung der Technik (Mikrosystemtechnik) sind Verfahren bekannt geworden, mit deren Hilfe eine „parallelisierte Katalysatorentwicklung“ möglich ist: Viele unterschiedliche Katalysatoren sind mit einer automatisierten Probenahme gekoppelt, wodurch ein beschleunigtes, kombinatorisches Katalysator-Screening Realität wird. Diese Entwicklung, wie sie für die Metallorganische Homogenkatalyse beispielsweise von der Symyx Corp. in Palo Alto/Calif. vorangetrieben wird, revolutioniert derzeit die klassische Katalyseforschung. Hier hat Deutschland eine besondere Chance, wenn hochentwickelte Wissenschaftskulturen zur Verschränkung kommen: Synthesechemie einerseits, Mikrosystemtechnik und Robotik andererseits. Daran zeigt sich, dass die weitere Kompartimentierung der Naturwissenschaften und des Ingenieurwesens ein Hemmnis auf einem Technologiesektor wäre, der morgen die Industrie revolutionieren wird.

Eine zweite große Chance für die Katalyse eröffnet sich dadurch, dass die modernen Supercomputer Modellrechnungen beherrschen, deren Programme in den letzten Jahren aus „trial- and error-Verfahren“ wird dadurch keineswegs überflüssig, aber er findet in hochentwickelten Modellrechnungen, die auch komplizierte Molekülstrukturen realitätsnah erfassen, einen wichtigen Partner. Solide Laborchemie auf der Basis rechnergestützter Modellbetrachtungen und parallelisiertes Katalysator-Screening durch Verfahrenstechnik *en miniature* - das ist das

Erfolgsrezept der neuen „kombinatorischen Katalysechemie“. Katalyse im Nanogrammbereich stellt ganz neue Ansprüche an die Chemie. So stellt sich die Frage, wie sich so geringe Stoffmengen beim Durchgang durch miniaturisierte Reaktionskanäle verhalten – eine Frage an die Katalysatorchemie!

Die ökologische Dimension

Nachhaltigkeit ist ein Prinzip, dem die Chemie in besonderer Weise verpflichtet ist. Jede wie auch immer geartete Stoffumwandlung greift in die Chemie der Stoffe ein, ist also ein chemischer Prozess. Nachhaltig handeln wir Chemiker, wenn wir toxische oder deponieträchtige Begleitstoffe chemischer Synthesen dadurch vermeiden, dass wir alternative Syntheserouten wählen, möglichst ausgehend von einfachen, billigen Rohstoffen. Dabei steht fast immer die Suche nach effizienten Katalysatoren im Vordergrund, denn anders sind „schlanke Reaktionswege“ nicht realisierbar.

Die Beispiele sind Legion. Genannt sei eine Errungenschaft, die in meiner Forschungsgruppe von Dr. Richard Fischer – heute Chemiker bei Süd-Chemie AG – erzielt wurde: Vitamin-K₃ wird in den USA flächendeckend in der Tiermedizin eingesetzt und spielt in der Humanmedizin als Antikoagulationsvitamin bei Neugeborenen eine gewisse Rolle. Vitamin-K₃ wird „klassisch“ durch Oxidation von 2-Methylnaphthalin mit Chromsäure hergestellt. Dabei entstehen pro Kilogramm Produkt 16 kg toxische chromhaltige Abfälle als „Zwangsanfall“. Unser neuer katalytischer Weg gelingt neuerdings mit Wasserstoffperoxid unter

Verwendung des hocheffizienten Homogenkatalysators Methyltrioxorhenium, CH_3ReO_3 . Derselbe Katalysator bewirkt die oxidative Herstellung von Vanillin aus Bioabfällen und die Oxidation von Stärke, in beiden Fällen mit dem wohlfeilen, umweltfreundlichen Oxidationsmittel Wasserstoffperoxid.

Die ökologische Dimension wird mit dem Hinweis auf die Verknappung der fossilen Chemierohstoffe Erdöl und Kohle noch deutlicher. Da wir auf die hochdifferenzierte erdöl- und kohlebasierte Produktpalette gar nicht mehr verzichten *können*, sind Alternativen zu suchen, die hier den Einstieg gestatten. Hier kann Erdgas Zwischenlösungen eröffnen, wenn dessen CH-Aktivierung auf katalytische Weise gelingt. Langfristig halte ich jedoch die Nachwachsenden Rohstoffe für die einzig denkbare Lösung.

Allerdings wird es uns gelingen müssen, Pflanzen auf nicht überall sehr reichen Böden rasch wachsen zu lassen, so dass sie gezielt Inhaltsstoffe produzieren, deren Ernte sich lohnt. Ohne Hilfestellung aus der Pflanzengenetik wird dieses Ziel weder chemisch noch ökonomisch erreichbar sein, aber dies ist ein anderes Thema. Jedenfalls wird es die katalytische Weiterverarbeitung solcher Inhaltsstoffe sein, die dereinst Erdöl und Kohle als Basisprodukte ersetzbar machen. Nachwachsende Rohstoffe „überholen“ gewissermaßen die Produktlinie der klassischen Chemie, womit gemeint ist, dass wir auf einem höheren, d. h. komplexeren stofflichen Niveau einsteigen. Ohne Katalysatorforschung wird diese Vision eine Illusion bleiben.

Auch bei der Schadstoffvermeidung, ob natürlichen Ursprungs oder anthropogen, ist die Katalyse das Mittel der Wahl. Das Massenbeispiel des Autoabgas-Katalysators mag der Anschaulichkeit halber genügen, und von der Brennstoffzellentechnologie mit dem vorrangigen Ziel der Emissionsvermeidung von Fahrzeugen war oben schon die Rede. Alle namhaften Automobilhersteller sind auf diesem Gebiet tätig. Selektive, effiziente und langlebige Katalysatoren sind der Schlüssel zum Erfolg. Soeben liest man im *Nature*, dass Erdgas als Treibstoff möglich ist, wenn Kupfer- und Samarium-oxidhaltige Katalysatoren verwendet werden.

Die wirtschaftliche Dimension

Das „Board of Chemical Sciences and Technology“ hat vor einigen Jahren für den amerikanischen Präsidenten festgestellt, dass die Katalyse die Bedeutung einer nationalen Schlüsseltechnologie habe:

„Our current position of world leadership can be attributed to our strength in the field of chemical catalysis.“ Schätzungsweise 20 % des amerikanischen Bruttonationaleinkommens *„is generated through the use of catalytic processes that assist in satisfying such diverse societal needs as food production, energy conservation, defense technologies, environment protection, and health care. On the horizon, the extensive use of catalysts will tap new energy sources ... Chemical catalysis will figure strongly in the health of our chemical industry ...“*

Tatsächlich umfasst der Katalysatormarkt derzeit ca. 12 Mrd. US-\$ p.a. mit einem Produktmarkt von schätzungsweise 1,2 - 6 Bio. US-\$ (Faktor 100-500). Damit beruhen >80 % der Wertschöpfung allein der chemischen Industrie auf katalytischen Verfahren. Deutschland ist mit ca. 4 % ein unbedeutender Player unter den Katalysatorherstellern, eine bedenkliche Entwicklung zum Entwicklungsland. Ohne Süd-Chemie AG hätten wir hier wenig zu melden.

Die Katalyse führt Spezialexpertisen aus unterschiedlichsten Disziplinen zusammen. Wer diese Stärken entwickelt, hat eine Spitzenstellung. Die Süd-Chemie AG ist ein exzellentes Beispiel. Das zeigt sich allein daran, dass 80 % des Umsatzes im Ausland erbracht werden. Katalyse ist also ein *internationales* Geschäft.

Die strategische Positionierung der Katalyse unter die Zukunftstechnologien ist für Deutschland und Mitteleuropa um so weitreichender, als sich unsere geopolitische Bedeutung immer stärker an technischen Innovationen festmacht, die leicht exportierbar und im obersten Bereich der Wertschöpfungskette sind. Mit einem neuen Katalysator kommt praktisch immer auch ein neues Produkt, ein neues Verfahren, oder eine neue Dienstleistung. Katalysatoren sind an Stoffumwandlungen gebunden; Stoffumwandlungen aber sind der Job der chemischen Industrie einschließlich der *Life Sciences*. Gerade im letztgenannten Bereich, jenem von Medizin und Gesundheit, gibt es ein im Prinzip unbegrenztes Wachstum. Neue Katalysatoren sind Jobmaschinen im wahrsten Sinne des Wortes, denn sie veranlassen die

weitere Differenzierung in der chemischen Industrie und aller ihrer Folgeindustrien (z. B. Pharma).

Die politische Dimension

Die wissenschaftliche, ökologische und ökonomische Bewertung verdichtet sich zum *politischen Thema*. Politiker erfinden keine neuen Katalysatoren, aber sie schaffen die Rahmenbedingungen für Forschertalente. Es gibt in Deutschland eine Vielzahl „zersplitterter Valenzen“, jedoch hat die Katalyseforschung insgesamt keine Gestalt. Sie wirkt international nicht profiliert, trotz der großen Einzelerfolge im Erfinderland der Katalyse.

Gefordert ist hier eine Bundesforschungspolitik in Bund und Ländern im Sinne einer nationalen Anstrengung. Ausgehend von regionalen „hot spots“, aus denen sich Katalyseforschung trotz ihrer Vielfalt zu verdichten beginnt, sollte ein nationaler Verbund geschaffen werden, der auf vorhandene Kompetenzen verstärkend und stetigend wirkt. Nur so kann eine Kultur der Zukunftstechnologie Katalyse entwickelt werden. In Bayern gibt es den Forschungsverbund Katalyse (FORKAT), der Hochschul- und Industrieforschung verbindet. Nach diesem Vorbild wurde der nordrhein-westfälische Katalyseverbund eingerichtet. Hier ist ein Weg vorgezeichnet, der die Bedeutung der Katalyse in das Bewußtsein der neuen Forschergeneration bringt. Ein „CataRegio“ würde nicht genügen. Was wir brauchen, ist eine gesamt-nationale Verbundlösung mit einem sichtbaren Zentrum.

Andere Länder erkennen die Chancen der Kräftebündelung, ohne die Ideenvielfalt aufzugeben, die auch und gerade eine zielgerichtete „Forschung am großen Thema“ braucht: Die Niederlande zum Beispiel errichten konsequent ein Forschungsnetzwerk der Katalyse (NIOK) und verbinden so die besten Forschergruppen von Hochschule und Industrie. Selbst die Spanier und Portugiesen, einstmals in der Chemie und Pharmaforschung nicht ernstgenommen, sind auf erfolgreicher Aufholjagd, neue Forschungszentren schießen aus dem Boden und füllen sich mit internationalem Publikum. China schickt begabte Jungforscher in die Katalyselaboratorien deutscher Universitäten. Denn auch in China ist bekannt, dass man sich auf den Weltmärkten nur mit hochveredelten Produkten behaupten kann. Das Land rüstet sich mit Hilfe der Hochtechnologien für die Zukunft. Es ist interessant und tragisch zugleich, dass das Land der ältesten Hochkulturen ab ca. 1800 am technischen Modernisierungsbedarf gescheitert ist, wie ihn eine rapide wachsende Bevölkerung erfordert hätte. Das völlig analoge Problem wurde in Europa durch den technischen Fortschritt gelöst, u. a. durch Chemieprodukte wie z. B. Ammoniak zur Ertragsverbesserung der Böden. Die Katalyse war das Erfolgsrezept.

Hieraus folgt, daß sich neben dem Staat als Träger und Förderer von Forschungskultur auch die Industrie als deren primärer Nutznießer am Kraftakt Katalysforschung beteiligen muss. Der Staat soll die jungen Talente fördern und ihnen beste Ausbildungsmöglichkeit zuhause und in der Welt ermöglichen, die Industrie soll die Forschungsarbeiten dieser Talente begleiten, mitgestalten und mitfinanzieren.

Deutschland könnte rasch zum führenden Katalysestandort in Forschung und Anwendung werden, wenn es sich zum Thema bekennt und handelt. Anders als bei der „grünen Gentechnik“, aus der wir uns im Gegensatz zu den USA und China auf weiteres verabschiedet haben, muß nicht erst um Akzeptanz für Katalysertechnologien geworben werden. Sie ist da.



Fassen wir zusammen. Es gibt kein anderes technisches Prinzip, das die ökonomische und ökologische Wertschöpfung so sehr miteinander verbindet wie die Katalyse. Als fortgeschrittene Technologiegesellschaft sind wir unausweichlich auf stoffliche Produktionsvielfalt angewiesen. Beherrschen werden wir sie technisch, wirtschaftlich und ökologisch nur, wenn mit Hilfe spezifischer, hochaktiver Katalysatoren Wertprodukte aufgebaut, Überflussprodukte abgebaut und Schadstoffe vermieden werden. Beispiele gibt es aus dem Gesamtbereich des stofflichen Geschehens. Aber auch in der Gewinnung, Speicherung und Umwandlung von Energie – einem weiteren Jahrhundertthema – wird der technische Fortschritt durch die Katalysatorforschung angetrieben sein, wie dies allein die Brennstoffzellenthematik zeigt. Dabei stehen Katalysatoren im Zentrum der großen Zukunftstechnologien, und verdienen so eine große, bevorzugte nationale Anstrengung.

Ich überbringe der Süd-Chemie AG heute die Glückwünsche der Wissenschaft, verbunden mit dem Dank für eine historische Leistung, die der neuen Zukunft des Katalysatorenwerkes vorausgegangen ist.

