Leibniz Online, Jahrgang 2015, Nr. 18
Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e. V.
ISSN 1863-3285
http://www.leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2015/03/buelow.pdf

Martin Bülow

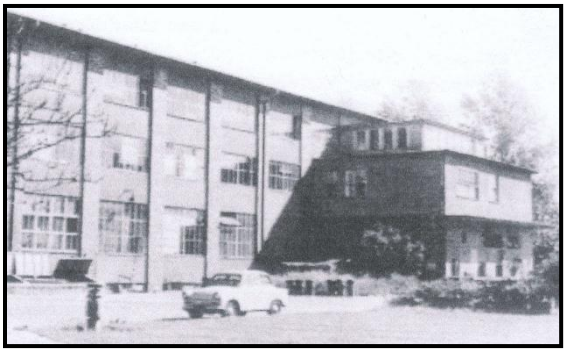
Wissenschaftliche Zusammenarbeit zur Zeolith-Forschung am Zentralinstitut für Physikalische Chemie der Akademie der Wissenschaften der DDR. – 1963-1991

Wir werden alles bis auf den Grund zerstören und danach neu aufbauen.
Sie dürfen vielleicht daran teilnehmen.

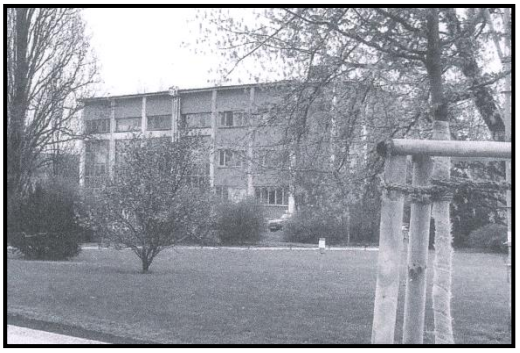
G. Kreysa, DECHEMA, im Gespräch mit *MB*, 199*1*

Das Zentralinstitut für Physikalische Chemie (*W. Schirmer*, ZIPC, s. Bilder 1a-b) der Akademie der Wissenschaften der DDR in Berlin, AdW, hervorgegangen im Jahre 1968 aus den Instituten für physikalische Chemie (*P.A. Thiessen*), für anorganische Katalyseforschung (*G. Rienäcker*), für Strukturforschung (*K. Boll-Dornberger*)[1] sowie den selbständigen Abteilungen für Physikalische Methoden der Analytischen Chemie (*H. Kriegsmann*) und für Theoretische Chemie (*K. Altenburg*), welche Mitte der 1950er Jahre gegründet worden waren, ist am 31. Dezember 1991 gemäß dem Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Deutschen Demokratischen Republik über die Herstellung der Einheit Deutschlands (Einigungsvertrag) aufgelöst worden.

1a



1b



***Bilder 1a-b**. Teilansicht an der Justus-von-Liebig-Straße (links) und Technikum (rechts) des ZIPC (R. Hinte).*

Die Forschung auf dem Gebiet der selektiven Adsorption, speziell an zeolithischen Molekularsieben (s. Anhang 1), und die sich anschließende Nutzung ihrer Resultate für industriell relevante Stofftrenn-Vorhaben hatten in der DDR am Ende der 1980er Jahre ein Niveau erreicht, das die internationale Entwicklung auf diesem Gebiet wesentlich beeinflusste und in einigen Teilen bestimmte. Diese Arbeiten wurden vor allem von den am ZIPC der AdW tätigen Wissenschaftlern erbracht. Sie sowie weitere in der DDR auf dem Gebiet der zeolithischen Molekularsiebe tätigen Wissenschaftler – vor allem an einigen Universitäten – kooperierten überwiegend sowohl mit der chemischen Industrie ihres Landes als auch mit Wissenschaftlern damaliger sozialistischer Länder. Dabei nutzten sie vorzugsweise das traditionsreiche Potential der UdSSR auf dem Gebiet der Adsorption. Diese Zusammenarbeit beruhte

[1] In den Klammern sind die Gründungsdirektoren der Vorgänger-Institute genannt; das Gründungsdatum des ZIPC ist der 1. Mai 1968. Die Institute befanden sich in 1199-Berlin-Adlershof, Rudower Chaussee 5, auf dem Gelände der ehemaligen Forschungsgemeinschaft der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

auf Kooperations-Verträgen zwischen der dem Ministerrat der DDR direkt unterstellten AdW und jenen zentralen Ministerien der Länder, denen die Akademien und Universitäten angehörten. Aus den Kooperations-Verträgen wurden spezifische Arbeitsprogramme für die wissenschaftlichen Institute und Forschungsgruppen abgeleitet. Die Arbeitsprogramme umfassten ausgewählte Themen der sogenannten wissenschaftlichen Vorlaufforschung. Sie waren thesenhaft und arbeitsteilig formuliert, dabei dennoch so präzis, dass sie bei zeitlichen Vorgaben auch abrechenbar wurden. Des Weiteren enthielten sie Festlegungen für kurz-, mittel- und langfristige wissenschaftliche Gastaufenthalte. Diese dienten der gemeinsamen Themenbearbeitung auf experimentellen und theoretischen Gebieten, der komplementären Nutzung von Forschungstechnologie (speziell origineller Methoden und teurer Großgeräte), der Bereitstellung von Rechenprogrammen, dem Entwurf und der Ausführung von Doktorarbeiten, dem Austausch und auch der Anfertigung von Geräten und Proben. Auf regelmäßigen und in den kooperierenden Ländern wechselweise durchgeführten Fachsymposien wurden die Ergebnisse in der Regel jährlich dargestellt und bewertet, sowie weiterführende Arbeiten wurden empfohlen oder festgelegt. Gemeinsame Publikationen von Resultaten waren erwünscht, stellten aber keine Bedingung für die Einschätzung der erreichten Qualität dar, da jene häufig auch in die lokale Anwendungsforschung für die jeweilige chemische Industrie eingingen.

Die AdW der DDR, hier speziell das ZIPC, koordinierte in der DDR die internationale Zusammenarbeit auf den Gebieten der Adsorption und Molekularsiebe. In der UdSSR war es ebenfalls die Akademie der Wissenschaften (AW) und in dieser das Frumkin-Institut für Physikalische Chemie (IPhCh Moskau; *M.M. Dubinin*), vgl. Bild 2. DDR-seitig koordinierte das ZIPC die Mitarbeit aller AdW-Institute sowie Universitäten, in denen Zeolith- und Adsorptionsforschung betrieben wurde. Dies waren die Institute für anorganische bzw. organische Chemie sowie für chemische Technologie der AdW, die Karl-Marx-Universität Leipzig (Sektionen Physik (*H. Pfeifer*) und Chemie (*R. Schöllner*)), die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Sektion Chemie (*F. Wolf, W. Schwieger*)), die Technische Hochschule für Chemie Leuna-Merseburg (*H. Bremer*) und die Friedrich-Schiller-Universität Jena (*P. Bräuer*).

Ähnlich wirkte das Moskauer Frumkin-Institut. Es bezog aus der sogenannten „großen Akademie“ die Institute für organische Chemie (Moskau, *V.B. Kazansky*) bzw. für Silikatchemie (Leningrad, *S.P. Zhdanov*) wie auch das Melikishvili-Institut für physikalische und organische Chemie der Grusini-

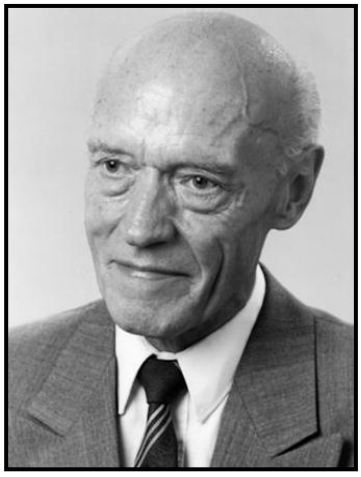


Bild 2. *Mentoren der Adsorptions- und Zeolithforschung und Partner einer langjährigen Zusammenarbeit:*

Wolfgang Schirmer	*Michail M. Dubinin*	*Harry Pfeifer*
(1920 - 2005)	*(1900/1901 – 1993)*	*(1929 – 2008)*

schen Akademie der Wissenschaften (Tbilisi, *G.V. Tsitsishvili*) und das Dumanski-Institut für Kolloidchemie und Chemie des Wassers der Ukrainischen Akademie der Wissenschaften (Kiev, *Ju.I. Tarasevich*) in die Arbeit ein. Von sowjetischer Seite waren zudem die Lomonosov-Universität Moskau

(Problem-Laboratorium für Adsorption und Chromatographie, *A.V. Kiselev*), s. Bild 3, und die Zhdanov-Universität Leningrad (Laboratorium für Oberflächen-Phänomene bzw. Department für Kolloidchemie, *A.I. Rusanov*) über spezielle Vereinbarungen mit dem ZIPC assoziiert. In der ersten Hälfte der 1980er Jahre wurde begonnen, die zunächst bilaterale Kooperation zwischen der DDR und der UdSSR auf dem Gebiet der Selektivadsorption an Molekularsieben multilateral zu gestalten. Es kamen dann entsprechende Arbeitsgruppen von Akademie-Einrichtungen weiterer vormals sozialistischer Länder hinzu: das J. Heyrovsky-Institut für physikalische und Elektrochemie der Akademie der Wissenschaften der ČSSR, Prag, die Akademie für Bergbau und Hüttenwesen Krakau und die Technische Militärakademie Warschau sowie das Krakauer Institut für Katalyse und Oberflächenchemie, Polen. Auch mit Universitäts-Laboratorien Polens, mit denen das ZIPC weitgehend unbürokratisch, d.h. ohne spezielle Vereinbarungen, kooperierte, entwickelte sich eine mehrseitige arbeitsteilige Forschung auf den Gebieten der Synthese und Adsorptionseigenschaften von mikroporösen Adsorbentien. Dabei handelte es sich im Einzelnen um Arbeitsgruppen der Maria-Skłodowska-Curie Universität Lublin (*J. Oscik*) und der M. Kopernikus Universität Toruń (*M. Rozwadowski*). Verbindungen bestanden auch mit der Jagiellonen-Universität Krakau.

Bild 3. *International führende Wissenschaftler als Kooperationspartner des ZIPC:*

Andrej V. Kiselev	*Georgij V. Tsitsishvili*	*Sergej P. Zhdanov*
(1908-1984)	*(1915-2012)*	*(1912-2005)*

Zentrale wissenschaftliche Aufgaben, die für die gesamte vereinte Tätigkeit typisch waren, ergaben sich innerhalb der folgenden Themengruppen: (*i*) Synthese und Charakterisierung von porösen, speziell mikroporösen Adsorbentien im weitesten Sinne inklusive einer Beschreibung ihrer Porensysteme mittels physikalischer Methoden und mathematischer Modelle; (*ii*) Beschreibung der Adsorptionsprozesse in den Porensystemen unter Betrachtung von sowohl Gleichgewichts- als auch Nichtgleichgewichts-Erscheinungen; (*iii*) Modellierung von Adsorptionsvorgängen auf unterschiedlichen Ebenen mit Hilfe von Methoden der klassischen sowie der statistischen Thermodynamik, quantenchemischer Näherungsverfahren und *Monte Carlo*-Methoden; (*iv*) Erarbeitung von Grundlagen der Gemischadsorption, um sie speziell in der industriellen Praxis von Reinigung und Trennung von Gemischen fluider Phasen zu nutzen. Zu den einzelnen Themen wurden federführend von sowjetischen Forschern seit den 1960er Jahren Allunions-Tagungen, aber auch weitere internationale Konferenzen über die theoretischen Grundlagen der Phänomene und über die neuesten Entwicklungen von Adsorbentien durchgeführt.

----- ----- -----

Eine hervorragende Stellung für die Erforschung und Anwendung der Eigenschaften von zeolithischen Molekularsieben in der DDR nahm die Kooperation zwischen der AdW und der chemischen Industrie ein. Diese Bemühungen stellten das Rückgrat der Zeolith-Forschung in der ehemaligen DDR dar (*ca.* 50 % des Gesamtbudgets). Die ersten Arbeiten auf diesem Gebiet erfolgten zu Beginn der 1960er

Jahre durch *F. Wolf*, *H. Fürtig* und *U. Hädicke* in der Farbenfabrik Wolfen, später Chemiekombinat Bitterfeld. Dabei handelte es sich um Synthesen der Zeolith-Typen LTA und FAU (Spezies 4A, 5A bzw. 13X), den Kationenaustausch in diesen Sorbentien (inspiriert durch die erfolgreichen Wolfener Entwicklungen zu Ionenaustauscherharzen) sowie um Basis-Untersuchungen der Flüssigphasen-Sorptionskinetik langkettiger n-Paraffine an Zeolithen des 5A-Typs in Kooperation mit der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (*K. Pilchowski*).

In Wolfen erlebte zudem die industrielle Zeolith-Synthese (Pilotanlagen-Maßstab) ihre Weltpremiere. *F. Wolf* meldete 1964 auch das erste Patent zur Synthese von LSX-Zeolithen an (LSX: Low Silica X (Gerüstatom-Verhältnis Si/Al → 1); als solches Material im Patent nicht explizit benannt). Abkömmlinge dieser Gruppe erlangten allerdings erst in den 1990er Jahren die ihnen zustehende außerordentliche Bedeutung für neue Adsorptions-Verfahren, z.B. der Druckwechsel-Adsorption, PSA, für eine effektive Bereitstellung von Sauerstoff (*ca*. 95–98 % Reinheit) und die Reinigung der Luft *up front* ihrer Tieftemperatur-Destillation. Den Wolfener Arbeiten zur Produktion der Zeosorb-Spezies folgten die industriellen Synthesen der LTA- und FAU-Typen der Bayer AG sowie des Wessalith-DAY-Zeoliths der Degussa AG. Die Arbeiten in Wolfen und Halle/Saale. wurden befördert durch die Entwicklung und großtechnische Nutzung des PAREX-Prozesses der Leuna-Werke (*G. Seidel, K. Wehner, J. Welker*) (PAREX: PARaffin-EXtraktion), der sie zunächst auch ausschließlich dienten. Dieser Prozess wurde in den 1960er Jahren für die sorptive Gewinnung von n-Paraffinen aus ihren Gemischen mit iso-Paraffinen (d.h. Erdöl-Destillaten) der Kettenlängen C_{10} bis C_{18} in der Dampfphase bei Temperaturen zwischen 300 und 400 °C (zumeist 360-380 °C) zur großtechnischen Reife gebracht. Ein Prinzipschema dieses Prozesses ist in Bild 4 gezeigt.

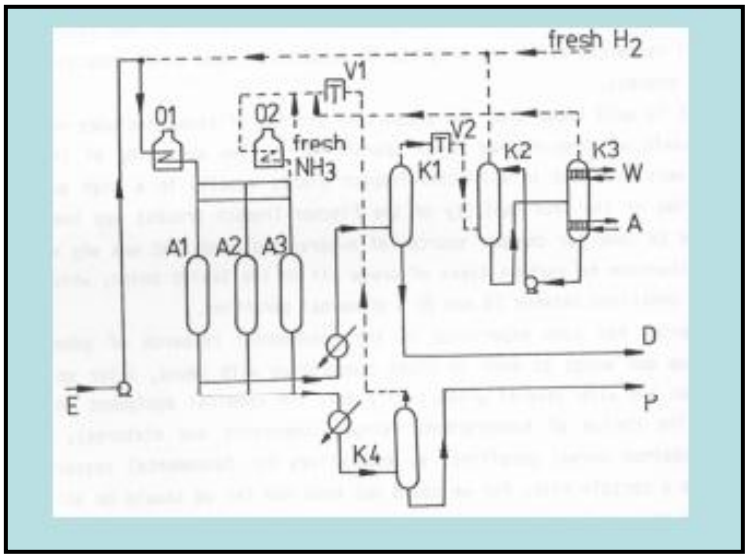


Bild 4. *Flow Scheme des PAREX-Prozesses: Sorbent … 5A-Zeolith, T … 360-380° C, A … Adsorber, E … Einsatzprodukt, D…n-Paraffin-Produkt (Ausbeute: 95 %, Reinheit: 98 %), NH_3…Desorptionsmittel*
(W. Schirmer et al. Stud. Surf. Sci. Catal. ***46*** *(1989) 439).*

Mit diesem technischen Adsorptionsverfahren – doch nur mit diesem – bewegte man sich praktisch auf Augenhöhe mit der UOP, USA (sie bevorzugte für die n-Paraffin-Abtrennung an LTA-Zeolithen den Flüssigphase-Sorptionsprozess MOLEX). Nur wenig später – etwa ab 1963/64 – wurde am ZIPC der AdW von *W. Schirmer* eine Arbeitsgruppe gegründet, die sich der Synthese, Charakterisierung und Anwendung von Zeolithen in der adsorptiven Stofftrennung im weitesten Sinne widmen sollte. Die ersten Mitarbeiter dieser Gruppe waren *G. Fiedrich, D. Gelbin, A. Großmann* und *K.-H. Sichhart*. [2] Die Philosophie ihrer Bestrebungen – auch für alle folgenden Jahre – bestand in der Erarbeitung komplexen Wissens über die Grundlagen der Adsorption an volkswirtschaftlich relevanten Stoffsystemen, was über Forschungsverträge mit Finanzierung durch die DDR-Industrie zu einer engen Verflechtung

[2] Im Dezember 1965 wurde der Autor dieses Aufsatzes wissenschaftlicher Mitarbeiter dieser Gruppe.

der Grundlagenforschung (als dem prinzipiellen Auftrag der Akademie-Forschung) mit industriellen Zielstellungen führte. (Dahinter stand die politisch-ökonomische Absicht, beides eng mit einander zu verbinden; das Geld für diese Forschung floss über die Industrie, die es zweckgebunden aus dem Staatshaushalt erhielt.) Beispielsweise wurde über viele Jahre das PAREX-Verfahren der Leuna-Werke, dessen erste Anlage im Petrolchemischen Kombinat (PCK) Schwedt/Oder arbeitete, hinsichtlich Optimierung, Pflege und Weiterentwicklung, Schadens- und Schadstoffeinfluß-Analyse sowie Adsorbens- und Prozess-Modellierung begleitet.

Die Prozessmodelle, auch für die Anlagen-Auslegung, wurden durch neueste Erkenntnisse zu Mechanismen und Daten für Gleich- sowie Nichtgleichgewichte der Adsorption an prozessgerecht modellierten Adsorbentien (*G. Fiedrich, A. Großmann, D. Gelbin, M. Bülow, H. Stach, P. Struve, K-H. Radeke, K.P. Roethe,*) bzw. mathematischen Simulationsverfahren (*K. Fiedler, H.J. Ortlieb, M. Suckow*) auf den jeweils modernen Stand gebracht und angewendet. Die weltweit ersten Untersuchungen von Hochtemperatur-Gasadsorptions-Gleichgewichten von n-Paraffinen der Kettenlängen n-C_{10} bis n-C_{18} wie auch von einigen ihrer binären Gemische (an Ca-LTA-Zeolithen) erfolgten somit logischerweise am ZIPC (*G. Fiedrich*, *M. Bülow*). Daneben wurden sehr umfangreiche und unikale Arbeiten auch zu den Hochtemperatur-Adsorptionsgleichgewichten von Einzelstoffen und Gemischen zwecks Auswahl neuer Desorptionsmittel, z.B. Ammoniak, durchgeführt (*M. Bülow, A. Großmann, T. Peinze, H. Stach*). Kalorimetrische Bestimmungen von Adsorptionswärmen und Wärmekapazitäten zeolithischer Systeme ergänzten die thermodynamischen Datensätze (*K.H. Sichhart, P. Kölsch, H. Thamm*). Schließlich erlaubte der gemeinsame Einsatz von verbesserten sorptionskinetischen Mess- und Auswerteverfahren (*M. Bülow, P. Struve*) und neuen Methoden der NMR-Feldgradientenimpuls-Technik (*H. Pfeifer, D. Freude, J. Kärger*) zur Charakterisierung der intra- und interkristallinen Diffusion die Bestimmung des Transportverhaltens von n-Paraffin-Molekülen in intrakristallinen und Kristallgrenzschicht-Bereichen von Zeolithen. Diese Arbeiten führten zu völlig neuen Einblicken in die im realen industriellen Prozess – nicht nur des PAREX-Verfahrens – auftretenden, die Geschwindigkeit der sorptiven Stoffaufnahme bestimmenden Schritte sowie in die Mechanismen der Zeolith-Schädigung bzw. des Wirkens von Schadstoffen. Initiiert durch diese Forschungen setzte weltweit eine kritische Überprüfung der im ad- und desorptionskinetischen Regime gewonnenen Molekültransport-Daten ein. Sie zeigte, dass hier oft ganz andere Vorgänge als die Diffusion im intrakristallinen Bereich der Zeolith-Kristalle die beobachtete sorptive Stoffaufnahme bzw. -abgabe bestimmen. Es wurden vielfältige Phänomene identifiziert, die im sorptionskinetischen Regime als sogenannte Grenz- oder Oberflächen-Barrieren wirken können. Für diese Arbeiten wurde im Jahre 1980 ein internationales Team (*M. Bülow*, Berlin, *J. Kärger*, Leipzig, *M. Kočiŕik,* Prag, und *A.M. Voloshchuk*, Moskau) mit der G.W. Leibniz-Medaille der AdW ausgezeichnet.

Insgesamt wurden die Voraussetzungen – auch seitens der Sorptionsdynamik in Kolonnen (*D. Gelbin, K. Fiedler, H.-J. Ortlieb, K.P. Roethe, K.H. Radeke*) – ,0für die Modellierung, die Auslegung, den Bau und schließlich Export von zwölf im SKL Magdeburg [3] gebauten Großanlagen in die UdSSR mit Jahres-Kapazitäten von jeweils 500 000 Tonnen Erdöldestillat (*ca*. 100 000 Tonnen n-Paraffin-Produkt pro Jahr) geschaffen. Als Referenz- und Testanlage diente die im Mai und Dezember 1971 in den Probe- bzw. Dauerbetrieb und viele Jahre für etwa 60 000 Jahrestonnen Einsatzprodukt erfolgreich betriebene PAREX-Erstanlage im PCK Schwedt/Oder. Eine weitere PAREX-Anlage wurde in der Erdöl-Raffinerie Burgas/Bulgarien genutzt. Mitarbeiter der Berliner Forschungsgruppe arbeiteten auch vor Ort in der UdSSR bei der Inbetriebnahme von PAREX-Anlagen (*M. Noack*), für die Verfahrenspflege sowie die stets kurzfristige Beantwortung von Fragen, die bei Änderungen von Einsatzprodukt-Eigenschaften, bei Schädigungen des Molekularsiebes oder bei Havarien auftraten. Für einige dieser Arbeiten wurden neben anderen auch AdW-Forscher mit zwei DDR-Nationalpreisen ausgezeichnet (*W. Schirmer, G. Fiedrich, D. Gelbin, K. Fiedler, H. Stach, K.H. Sichhart*). Die im Rahmen des PAREX-Prozesses erlangten Erfahrungen zur Fertigung transport-optimierter LTA-Zeolithe (jedoch auch an-

[3] SKL steht für Schwermaschinenbau „Karl Liebknecht“ Magdeburg in der Traditionslinie der Maschinenfabrik Buckau R. Wolf AG

derer Molekularsieb-Typen) konnten später bei der Konzipierung neuer Produktionsanlagen für Zeolithe, z.B. des Chemiewerkes Bad Köstritz und der Tricat, Bitterfeld, genutzt werden.

Eine weitere umfangreiche Industrie-Zusammenarbeit der AdW wurde mit dem Chemie- und Tankanlagenbau CTA Fürstenwalde zur Entwicklung von Adsorbentien und Verfahren der adsorptiven Entschwefelung von einheimischen Erd- sowie Prozessgasen gepflegt (*W. Lutz, P. Fellmuth, M. Bülow*, *M. Suckow*). Sie erlaubte, bisher unbekannte Phänomene, speziell zur Bildung von Kohlenoxysulfid, COS, an Zeolithen, die bei der adsorptiven Abtrennung von H_2S in Gegenwart von H_2O und CO_2 eine Rolle spielen können, zu erkennen, zu nutzen oder auch zu umgehen. Eine Anwendung der Ergebnisse in einer zwischenzeitlich verfügbaren halbindustriellen Anlage scheiterte, da das infrage kommende thüringische Gasfeld infolge der Dislozierung sowjetischer *SS-20*-Mittelstreckenraketen und Exekution des Raketen-Doppelbeschlusses in der Bundesrepublik Deutschland blockiert wurde.

Mit dem SKL und der Technischen Hochschule Magdeburg wurden des Weiteren umfangreiche Arbeiten zur adsorptiven Entaromatisierung von Erdölprodukten (*K.P.* und *A. Roethe*) bzw. Auftrennung von langkettigen n-Paraffin- und iso-Paraffin-Gemischen in flüssiger Phase (*D. Gelbin*) vorgenommen. Ein anderes Feld der Kooperation mit der Universität Leipzig (*R. Schöllner, R. Broddack*) und den Leuna-Werken war die Auftrennung von kurz- und mittelkettigen Olefin-Paraffin-Gemischen bzw. von Raffinerie- und Prozessgasen durch selektive Adsorption an zeolithischen Molekularsieben (*J. Caro, M. Bülow*). Das auch international mit großem Interesse verfolgte Entaromatisierungs-Verfahren für Destillate und Rückstände mit Hilfe überkritischer Fluide, z.B. CO_2, das von der Gruppe um *K.P.* und *A. Roethe* entwickelt wurde, erlangte den höchsten Reifegrad. Seine großtechnische Realisierung scheiterte allein am Fehlen der notwendigen Investitions-Kapazität in der DDR. Die Anwendbarkeit des Grundprinzips wurde alsdann für eine ganze Reihe anderer Stoffsysteme gezeigt**.**

----- ----- -----

Die Berliner Zeolith-Forschung beschränkte sich keineswegs auf Kooperationsthemen der adsorptiven Trennung und Reinigung von fluiden Gemischen mit der Industrie. Sie war des Weiteren mit etwa der Hälfte ihrer Kapazität auf die vom Ministerium für Wissenschaft und Technik (MWT) der DDR-Regierung finanzierte Grundlagenforschung konzentriert. Diese verkörperte ein komplexes System der Entwicklung und Anwendung von modernen Adsorptions-Techniken, z.B. für die Messung von Adsorptionsgleichgewichten von sowohl Einzelstoffen als auch multinären Gemischen speziell im Hochtemperatur-Bereich, für die kalorimetrische Bestimmung von Adsorptionswärmen und Wärmekapazitäten zeolithischer Systeme, für die Aufnahme und Modellierung von Durchbruchskurven in Säulenprozessen und die Erforschung von kinetischen Vorgängen bei der Ad- und Desorption von Einzelstoffen und binären Gemischen. Internationale Anerkennung fanden insbesondere die Arbeiten zur Adsorptionskinetik an Zeolithen (*M. Bülow, P. Struve*, *J. Caro, A. Micke*). Die Synthese und detaillierte Charakterisierung monodisperser großkristalliner Zeolithproben unterschiedlicher Typen (*G. Finger*) sowie ultrastabiler dealuminierter Zeolithe des Y-Typs (*U. Lohse*) [4] stellten weitere wichtige Arbeitsgebiete dar. Jene waren vor allem für die Aufklärung der Transportprozesse in Molekularsieb-Kristallen von hoher Aktualität und großem Wert.

[4] An ultrastabilen, durch Extraktion des Gitter-Aluminiums in Y-Zeolith-Kristallen hergestellten dealuminierten Zeolithen der Modifikation US-Ex wurde von *U. Lohse* am ZIPC in Zusammenarbeit mit *V. Patzelova* (Prag) erstmalig gezeigt, dass Zeolithe auch hydrophob sein können. Wegen der damals damit verbundenen Überraschung in Fachkreisen wurde die Veröffentlichung dieses Ergebnisses über Gebühr verzögert, was zum Verlust der Priorität führte.

Bild 5. *Thermolabor des ZIPC, erbaut 1959-62 in Berlin-Adlershof. Neben dem Gebäude der ehemaligen Strukturforschung ist es das einzige Überbleibsel des ZIPC und zugleich sein Memorial (Quelle: A. Seiffert)* [5].

Diese Arbeiten wurden durch den Einsatz einiger am ZIPC betriebener moderner Methoden der physikalischen Analyse gestützt. Dabei handelte es sich speziell um verschiedene röntgenographische Verfahren (*U. Steinike, H. Fichtner-Schmittler, K.-O. Backhaus*, *R. Kuban*), die hochauflösende Festkörper-NMR (*G. Engelhardt*), die IR-Spektroskopie (*D. Kunath*), die Schwingungsspektroskopie (*Chr. Peuker*) sowie auch die klassische anorganische Analyse (ZI für anorganische Chemie; *B. Fahlke, W. Wieker*, *W. Lutz*) und die theoretische Chemie (*K. Fiedler, J. Sauer*). Der eigenständige, von der Zeolithforschung unabhängige Einsatz all dieser Methoden war zudem für das ZIPC profilgebend und erfolgreich. Die Kooperation mit der Zeolithforschung führte außerdem zur Ausarbeitung von hypothetischen, bislang unbekannten Molekularsieb-Strukturen (*R. Kuban*, *K.-O. Backhaus*), ein Teil derer später experimentell – wenngleich nicht durch ZIPC-Mitarbeiter – zugänglich wurden.

----- ----- -----

Auf dem Gebiet der Beschleunigung von Reaktionsgeschwindigkeiten in organisch-chemischen Systemen mit Hilfe katalytisch aktiver Zeolithe wurden erste Arbeiten schon in der zweiten Hälfte der 1960er Jahre in einem der Vorgänger-Institute des ZIPC, dem Institut für anorganische Katalyseforschung, durchgeführt (*M. Selenina, K. Wenke)*. Hauptanliegen dieser Arbeiten war die Herstellung von Nickel-Trägerkatalysatoren durch Kationenaustausch in Zeolithen der Typen A, X und Y und deren physikochemische und katalytische Charakterisierung. Anknüpfend an besondere Eigenschaften von Zeolithen, *viz*., definierte reguläre innere Struktur, kontrollierbare chemische Zusammensetzung mit relativ leichtem, reproduzierbarem Ionenaustausch, sollte ein Beitrag zur Beantwortung von Fragen, die in der Chemie von Trägerkatalysatoren von erheblicher Bedeutung sind, geleistet werden. So konnte u. a. nachgewiesen werden, dass metallisches Nickel nicht in atomarer Form, wie damals oft postuliert, vorliegt und sowohl an der Außenoberfläche wie auch im Poreninneren abgeschieden wird. Die unterschiedlichen primären Eigenschaften von Zeolithen der Typen A und X erwiesen sich als Träger einer aktiven Nickelkomponente ohne Einfluss auf die spezifische Aktivität für die Hydrierung von Benzen.

---

[5] Die Innentemperatur im thermo-konstanten Kugel-Labor schwankte lediglich um ± 0,01° C, war also nahezu konstant. Dies wurde durch einen aufwendigen Wandaufbau aus 10 cm starken Stahlbetonschalen innen und einer aufgebrachten Wärmedämmung von *ca*. 1,25 m Dicke erreicht. Die ersten Experimente zur direkten Bestimmung von spezifischen Wärmekapazitäten zeolithischer Adsorptionssysteme fanden Ende der 1960er Jahre in diesem Labor statt (*P. Kölsch, H. Peters*). Ihre Resultate erfreuten sich lebhafter internationaler Resonanz.

Erst Jahre später, in den 1980er Jahren, als in der Katalyse-Forschung und -Anwendung durch die Synthese der Pentasil-Strukturen [6] das Interesse an Zeolith-Katalysatoren international stark zugenommen hatte und in der DDR aus Gründen des Rohstoffmangels der Synthesegas-Chemie auf Basis von Kohle wieder verstärkte Aufmerksamkeit zuteil wurde, erfolgten am ZIPC grundlegende Arbeiten zur Natur und zum Mechanismus der Modifizierung von siliziumreichen Pentasilen mit Phosphorsäure. Dies führte zu einem Katalysator, der die Umwandlung von Methanol in niedere Olefine mit hohen Ausbeuten sehr vorteilhaft beschleunigte (*G. Öhlmann*, *G. Lischke, H.-G. Jerschkewitz, B. Parlitz, E. Schreier, E. Löffler, B. Zibrowius*). Die auf diesen Ergebnissen basierende Entwicklung eines Verfahrens musste jedoch – hauptsächlich wegen des in der DDR ungünstigen Preisverhältnisses von Methanol zu den niederen Olefinen – zurückgestellt werden. Am ZIPC war allerdings eine Fortsetzung der entsprechenden Grundlagenforschung in Kooperation mit den Leuna-Werken vorgesehen. Dies betraf zunächst ein Versuchsprogramm für einen Wirbelschicht-Prozess, der – von den Leuna-Werken koordiniert – gemeinsam mit sowjetischen Partnern aus dem Boreskov-Institut für Katalyse, Novosibirsk, konzipiert war und vor seiner Erprobung stand. Wegen der politischen Ereignisse zu Beginn der 1990er Jahre, die zur Vereinigung der beiden deutschen Staaten und zur Auflösung der UdSSR führten, ist es dazu jedoch nicht gekommen.

Nahezu zeitgleich wurde die Synthese von niederen Olefinen durch direkte Umsetzung von Synthesegas an einem Mischkatalysator – bestehend aus einem Methanol-Kontakt und modifizierten Zeolith-Katalysatoren – Gegenstand einer erkundenden Grundlagenforschung (*G. Öhlmann, G Lischke, W. Hanke, H. Ehwald, M. Hermann, I. Schulz, A. Seidel. K.-D. Vollgraf, U. Roost).* Es sollten mögliche Vorteile einer einstufigen Synthese, d.h. Einsparung einer Anlage durch Verschiebung des Gleichgewichtes des intermediär gebildeten Methanols durch dessen sofortige Umsetzung zu Olefinen, genutzt werden. Damit wäre eine Basis für die Entscheidung zwischen den ein- und zweistufigen Prozess-Varianten gegeben. Leider gelang es nicht, für die untersuchten Mischkatalysatoren einen ausreichend günstigen Arbeitsbereich zu finden, in dem unerwünschte Nebenreaktionen (Hydrierung sowie Aromatisierung der Olefine) so weit unterdrückt worden wären, dass die Ergebnisse mit jenen des zweistufigen Prozesses hätten konkurrieren können. Bei räumlicher Trennung beider Stufen in einem Prozess-Strang (zwei Reaktoren) ließen sich nämlich die unerwünschten Nebenreaktionen vermeiden. Damit wäre es möglich, in der ersten Stufe ein Produktgas zu erzeugen, das hinsichtlich seines Oxygenatgehaltes (Methanol und Dimethylether) dem Edukt des Prozesses der Umwandlung von Methanol zu Olefinen entspräche und bezüglich der Raum-Zeit-Ausbeuten vergleichbare, wenn auch keine besseren Werte lieferte. Außerdem lag der Ausnutzungsgrad des Kohlenmonoxids im Synthesegas deutlich zu niedrig. Die Arbeiten zur Umwandlung von Synthesegas bzw. Methanol zu Olefinen waren partiell eingebunden in die Kooperation des ZIPC mit dem Institut für Theoretische Grundlagen der Chemischen Technik, AdW der ČSSR, Prag, zu Fragen der hydrodynamischen und reaktionskinetischen Grundlagen der Synthesegas- und Methanol-Chemie (*K. Winkler, L. Ebner*).

Im gleichen Zeitraum wurden Grundlagen-Untersuchungen durchgeführt, die – ähnlich der obigen Aufgabenstellung – klären sollten, ob der direkte Weg vom Synthesegas zu Vergaser-Kraftstoffen an Mischkatalysatoren vergleichbare oder bessere Ergebnisse liefere als die Umwandlung von Methanol zu Vergaser-Kraftstoffen (MzV-(MtG)-Verfahren) [7] *(J. Völter, S.Lietz, H. Ehwald, U. Kürschner)*. Trotz gewisser Erfolge – vor allem bei der Verlängerung der Standzeit des verwendeten Zeolith-Katalysators - war es nicht möglich, die vorgegebenen, vom erreichten Entwicklungsniveau des MtG-

[6] Als Pentasil wird jede Familie von Silikatstrukturen bezeichnet, die aus regulären dreidimensionalen Pentagon-Anordnungen von Atomen besteht. Eine Pentasil-Einheit besteht aus acht 5-gliedrigen Ringen. Mehrere Pentasil-Einheiten ergeben eine Pentasil-Kette. Beispiele sind der synthetische Zeolith ZSM-5 (*Zeolite Socony Mobil*), dessen siliziumfreies Analogon Silikalit und das in der Antarktis gefundene Aluminosilikat-Mineral Mutinait.

[7] Methanol to Gasoline (MtG) (oder Methanol zu Vergaserkraftstoff (MzV)) ist ursprünglich ein Verfahren der Mobil, um aus Methanol oder Dimethylether durch katalytische Umsetzung an einem Pentasil-Zeolith-Katalysator einen Vergaserkraftstoff mit hoher Oktanzahl herzustellen. Durch Variation von Katalysator und Prozess-Bedingungen können andere Zielprodukte entstehen, z.B. Olefine (MtO) oder Aromaten (MtA).

Prozesses abgeleiteten Raum-Zeit-Ausbeuten und Standzeiten zu erreichen, geschweige denn, sie gar zu überbieten. Das galt auch für eine Versuchsanordnung mit zwei konsekutiven, räumlich getrennten Reaktionsstufen.

----- ----- -----

Bereits Mitte der 1980er Jahre war es offensichtlich geworden, dass die in der DDR unzureichende Verfügbarkeit neuer Typen von zeolithischen Molekularsieben, deren Zahl international rapide anwuchs, zu einem Hemmnis für die Entwicklung neuer technischer Prozesse der Selektivadsorption und Katalyse werden würde. Auf Initiative des ZIPC (*G. Öhlmann, M. Bülow*) und mit Unterstützung der Abteilung Katalysatoren der Leuna-Werke (*K. Becker, M. Prag*) befasste sich deshalb die Gruppe „Chemie und Chemietechnik" des Forschungsrates der DDR im April 1987 mit Aufgaben und Problemen der Forschung zur Synthese kristalliner mikroporöser Stoffe, insbesondere Zeolithe, und ihrer breiten Anwendung in Katalyse und Stofftrennung. Die Gruppe empfahl, ein Objektkollektiv zur Koordinierung der Arbeiten zur Synthese und Anwendung neuer Zeolithe unter Leitung eines Industriepartners zu bilden. Der Minister für chemische Industrie beauftragte daraufhin die Leuna-Werke mit der Bildung des Objektkollektivs „Neue Molekularsiebe" und verfügte die Bereitstellung der erforderlichen Mittel. In das Programm des Objektkollektivs wurden die entsprechenden Forschungsaktivitäten der Chemiewerke Leuna, Bitterfeld, Bad Köstritz, in den drei chemischen Zentralinstituten (ZI für physikalische, organische und anorganische Chemie) und dem Institut für chemische Technologie der AdW, in der Karl-Marx-Universität Leipzig (Sektionen Physik und Chemie) und in der Technischen Hochschule Leuna-Merseburg (Wissenschaftsbereich „Heterogene Katalyse") einbezogen bzw. mit einander abgestimmt. Das Programm erstreckte sich über die Jahre 1987 - 1990. Es gab auch – wie später bekannt wurde – ein wichtiges Signal (*H. Kriegsmann*) für die Konzipierung und Koordinierung der Zeolith-Forschung in den alten Bundesländern Deutschlands unter dem Dach der DECHEMA. Das Programm stimulierte in vielfältiger Weise die Forschungsarbeit wie auch die Kooperation zwischen und innerhalb der beteiligten Organisationen. Am ZIPC gelang in jenen Jahren u. a. die reproduzierbare Synthese ausgewählter Aluminophosphat- und Silicoaluminophosphat-Zeolithe unterschiedlicher Poren- und Kristallgröße, speziell auch in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der M. Kopernikus Universität Toruń, Polen (*G. Finger, J. Kornatowski*). Die erste Synthese des 18-gliedrigen Aluminophosphat-Rings, Molekularsieb VPI-5, gelang am ZIPC (*E. Jahn* , Kooperationspartner: Leuna, VAW Bonn).

Von 1989 an wurde die Zeolith-Katalyseforschung auf modifizierte mikroporoöse Aluminophosphat-Strukturen und die Skelett-Isomerisierung niederer Olefine erweitert. Die Untersuchung der katalytischen Eigenschaften weitporiger Aluminophosphat- und Aluminosilikat-Molekularsiebe und ihrer post-synthetischen Modifizierungen waren ebenfalls von Interesse. Im Kontext zu diesen Arbeiten wurde versucht, in größerem Maßstab die Synthese des ZSM-5-Zeoliths ohne teure strukturdirigierende Ingredentien, d.h. templatfrei, durchzuführen. Dies gelang nach unterschiedlichen Verfahren im Maßstab von Pilotanlagen kurioserweise zeitgleich und völlig unabhängig voneinander diesseits und jenseits der Staatsgrenze DDR-BRD, nämlich in den Chemiewerken Bitterfeld und Bad Köstritz (*W. Schwieger*) bzw. in der VAW Aluminium AG Schwandorf (*A. Tißler*). Diese Arbeiten standen im Zusammenhang mit den Folgen der Erdöl-Krise der 1980er Jahre, die weltweit Bemühungen für das Erschließen neuer Quellen für die Produktion von Energieträgern und anderen organischen Grundstoffen anstießen.

----- ----- -----

Vom Standpunkt der Adsorption, des der katalytischen Reaktion stets vorgelagerten Prozesses, wurden vielfältige Struktur-Eigenschafts-Beziehungen der betrachteten Zeolith-Katalysatoren, speziell des MFI-Typs in nationaler und internationaler Kooperation erforscht (*J. Caro, J. Kärger,* DDR*, J. Kornatowski, R. Mostowicz, M. Derewinski*, Polen, *H. Jobic,* Frankreich). Innerhalb des vom MWT finanzierten Wissenschaftsprogramms „Physikalische Chemie" entwickelte sich die erwähnte, sehr enge Zusammenarbeit zwischen dem ZIPC und der von *H. Pfeifer* formierten Leipziger Schule (Sektion Physik der Karl-Marx-Universität). Sie war langfristig und erfolgreich. Insbesondere führte sie zu wesent-

lichen Beiträgen der NMR-Spektroskopie für das Zeolith-Gebiet, z. B. Festkörperhochauflösung der Gerüstbausteine von Zeolithen, insbesondere des Aluminiums, *in situ* Beobachtung katalytischer Re-

Bild 6. *Übergabe des Donald W. Breck Award der IZA auf der 7. Internationalen Zeolith-Konferenz, Tokio 1986, an Dieter Freude, Jörg Kärger (Leipzig) und Martin Bülow (Berlin) (ganz rechts) durch einen Vertreter der Union Carbide Corp. (v.l.n.r.). Der weitere Preisträger Harry Pfeifer (Leipzig) ist nicht im Bild.*

aktionen, Quantifizierung von Azidität und Basizität sowie Selbstdiffusion und ^{13}C-spektroskopische Beschreibung von zeolithischen Sorbat-Strukturen (*B. Zibrowius*), die zu großen Teilen gemeinsam mit der AdW erbracht wurden. Für Pionierleistungen auf ausgewählten Gebieten erhielten *H. Pfeifer, D. Freude, J. Kärger* (Leipzig) und *M. Bülow* (Berlin) 1986 den prestigeträchtigen *Donald W. Breck Award* der Internationalen Zeolith-Assoziation, IZA, s. Bild 6. Leipziger Kollegen warteten später mit bedeutenden Weiterentwicklungen der NMR-Methodik auf, so z.B. zur Messung bei sehr hohen Magnetfeldern und Drücken. Bedeutsam hierfür war u. a. der gemeinsam von Wissenschaftlern der Leipziger Universität und des ZIPC erbrachte überraschende Befund, dass NMR-Selbstdiffusionskoeffizienten um bis zu fünf Größenordnungen über den bisher bekannten, mittels Ad- und Desorptionsverfahren bestimmten Diffusionskoeffizienten lagen. Internationale Anerkennung verdienten die Arbeiten zur Aufklärung der damit verbundenen mikrophysikalischen, zeolith-chemischen und molekül-spezifischen Phänomene (*J. Kärger, M. Bülow*). [8] Jüngst haben die Arbeiten der Leipziger Forscher einen bewundernswerten Fortschritt beim Einsatz der Interferenz-Mikroskopie und der IR-Mikroskopie zur direkten Beobachtung intrakristalliner transienter Konzentrationsprofile (*microimaging*) sowie bei der Erforschung der Besonderheiten der Diffusion in Mesoporen erbracht (*J. Kärger*, *F. Stallmach, Chr. Chmelik*, *R. Valiullin*).

Die Kooperation zwischen dem ZIPC (*M. Bülow*, *P. Struve*) und dem Karl-Weierstraß-Institut für Mathematik (*A. Micke, Chr. Wisotzki, G. Tschirch*) der AdW führte zu einer Weiterentwicklung der sorptionskinetischen Technik und zu neuen, auf der Nutzung von Volterra-Integralgleichungen basierenden Verfahren für die Auswertung der damit gewonnenen experimentellen Daten (Software-Paket ZEUS, d.h. *ZEolite Uptake Simulator*). Dies erlaubt, für Auswertungen der piezometrisch, d.h. bei konstantem Volumen und variabler Konzentration, bestimmten sorptionskinetischen Kurven, zwecks Berechnung der Diffusionskoeffizienten die Lösungen der Transportgleichungen für konstante

[8] Die Ergebnisse auch dieser Arbeiten trafen auf erheblichen Widerstand einer ganzen Reihe von arrivierten Wissenschaftlern – speziell auch am ZIPC –, und sie mussten sich über einen längeren Zeitraum gegen zum Teil unsachliche, dem wissenschaftlichen Problem wenig dienende und lähmende sowie häufig ins Persönliche abgleitende Kritik durchsetzen. Sie betraf insbesondere die Formulierung der Existenz von Oberflächenbarrieren an Zeolith-Kristallen, die – neben anderen Erscheinungen – die Geschwindigkeit der sorptiven Stoffaufnahme nicht nur beeinflussen, sondern unter spezifischen Bedingungen auch bestimmen können. Diese Querelen behinderten zudem die Publikationstätigkeit beträchtlich und damit das wachsende internationale Ansehen des ZIPC auf dem Fachgebiet. Oberflächenbarrieren wurde später von *J. Kärger* und Mitarbeitern (Leipzig) durch verschiedene Verfahren, die eine ***direkte*** Beobachtung der Propagation von Konzentrationsprofilen in Molekularsieb-Kristallen erlauben, eindrucksvoll bestätigt.

Randkonzentration zu benutzen. Dies ist von außerordentlich hohem Wert, da – wie gefunden wurde – bei der Sorptionskinetik an Zeolith-Kristallen in der Regel komplexe Vorgänge nach unterschiedlichen, sich überlagernden mikrophysikalischen Mechanismen auftreten, welche sodann auch quantitativ voneinander getrennt werden können.

Internationale Anerkennung erfuhr die DDR-Zeolithforschung durch die Wahl von *W. Schirmer* und *M. Bülow* zu Mitgliedern des Council der Internationalen Zeolith-Assoziation für die Jahre 1966-71 bzw. 1989-94. Die Mitarbeit im Zeolith-Ausschuss der DECHEMA wurde ab 1990 möglich (*M. Bülow*, *H. Pfeifer*). Insbesondere wurde die sich nun ergebende Ost-West-Kooperation von *K.K. Unger, N.I. Jaeger, G. Schulz-Ekloff, G. Emig, H.G. Karge, J. Weitkamp* und *D. Behrens* (DECHEMA) gefördert. Es entwickelte sich eine über frühere politische Grenzen reichende Kooperation mit der chemischen Industrie, z.B. zwischen dem ZIPC und den VAW Bonn-Berlin, die auch zu gemeinsamen Patent-Anmeldungen führte.

Die Verwendung von zeolithischen und anderen Molekularsieben in Form von Membranen anstelle der sonst üblichen Schüttungen von Formlingen gestattet eine kontinuierliche selektive Trennung von Molekülgemischen nach Größe und Struktur ihrer Komponenten. Dabei sind in Analogie zum Adsorptionsprinzip keine Unterschiede in ihren Siedepunkten – wie bei der Destillation – erforderlich. Diesem noch von *W. Schirmer* avisierten Forschungsgegenstand begannen sich *J. Caro, P. Kölsch* und *M. Noack* gegen Ende der Existenz des ZIPC verstärkt zu widmen. Auch wurden Untersuchungen der Wärmespeicher-Eigenschaften von Zeolithen und mesoporösen Materialien begonnen, die nach Auflösung des ZIPC in der ZeoSys GmbH Berlin verstärkt fortgesetzt wurden sollten (*H. Stach, J. Jänchen*). [9]

Neben der oben bereits beschriebenen engen arbeitsteiligen Kooperation mit Instituten der Forschungsakademien der früheren sozialistischen Länder gab es erfolgreiche Beziehungen zu international renommierten Gruppen ihrer Universitäten. Es nahmen viele Forscher daran teil; stellvertretend seien die Namen von *M.M. Dubinin, B.P. Bering, V.V. Serpinski, A.V. Kiseljev, A.A. Isirikjan, V.V. Baka-*

Bild 7 *Teilnehmer des 1. International Workshop Adsorption of Hydrocarbons in Zeolites in Berlin, 1979. (1. Reihe: 2.v.l.: A.V. Kiselev (Moskau), 3.v.l.: W. Schirmer, zwischen beiden versetzt H. Pfeifer (Leipzig), 4.v.l. : G.V. Tsitsishvili (Tbilisi); r. schräg hinter ihm: S.P. Zhdanov (Leningrad); 3. Reihe: 4.v.r.: M. Bülow).*

[9] Für Arbeiten zur Erforschung des Trennverhaltens von Membranen auf Basis nanostrukturierter Zeolithe und metall-organischer Netzwerke (MoF-Strukturen) wurden *J. Caro* und *M. Tsapatsis*, University of Minnesota, USA, nach weiteren zwanzig Jahren (2013) mit dem *Donald W. Breck Award* der IZA geehrt.

jev, A.A. Fomkin, T.S. Jakubov, A.M. Voloshchuk, P.P. Zolotarjev, K.O. Murdmaa, O.N. Kabanova, O.G. Larionov, S.P. Zhdanov, N.N. Feoktistova, S.S. Khvoshchev, G.V. Tsitsishvili, V.G. Tsitsishvili, Ju.I. Tarasevich, R.M. Marutovsky, N.N. Redkowsky, R.S. Vartapetian (UdSSR), J. Oscik, M. Jaroniec, W. Rudzinski, A. Dabrowski, *S. Pikus, M. Lasoń*, J. Kornatowski, M. Rozwadowski (Polen), O. Kadlec, A. Zikanova, V. Bosaček, M. Kočiŕik, und V. Patzelova (ČSSR) genannt.

Die zentralen Allunionskonferenzen, die zu den verschiedenen Entwicklungsrichtungen der Adsorptions- und speziell der Molekularsieb-Forschung in Moskau oder Leningrad, dem jetzigen St. Petersburg, stattfanden, wurden durch regelmäßige Arbeitstagungen sowie vom ZIPC organisierte Workshops (oft auch mit Forschern aus westeuropäischen Ländern) – vor allem während der 1980er Jahre – ergänzt. Diese Arbeitstagungen fanden turnusmäßig in der UdSSR, DDR, ČSSR und Polen statt. Auch kurz- und langfristige wechselseitige Studien- und Promotionsaufenthalte waren wesentliche Ereignisse der Zusammenarbeit. Für diese waren in der DDR neben *W. Schirmer* und *H. Pfeifer* viele ihrer Mitarbeiter tätig, z.B. *D. Freude, J. Kärger, D. Michel, E. Brunner, H. Ernst, B. Hunger, M. Hunger, J. Haase, R. Haberlandt, S. Fritzsche* (Leipzig) bzw. *D. Gelbin, H. Stach, K. Fiedler, M. Bülow, P. Struve, J. Caro, G. Finger, G. Schön, B. Zibrowius, H. von Löwis, J. Sauer, L.F. Smirnova, W. Lutz, U. Lohse, H. Thamm, J. Jänchen, M. Hollnagel, M. Noack, Chr. Peuker, E. Löffler, G. Engelhardt, U. Noack (Werner), K.-H. Radeke, A. Seidel-Morgenstern, B. Rosahl, P. Paul, A.* und *K.P. Roethe* (Berlin).

Die von *W. Schirmer* und *M.M. Dubinin* geleiteten Gruppen in Berlin bzw. Moskau waren für ihre gemeinsamen Erfolge bereits im Jahre 1976 mit dem „International Collaboration Award for Achievements in Fundamentals of Adsorption“ der Präsidenten der Wissenschafts-Akademien der USSR und der DDR ausgezeichnet worden. Dem entsprach die Durchführung des 1. International Workshop *Adsorption of Hydrocarbons in Zeolites* an der AdW in Berlin bereits im Jahre 1979 (organisiert von *M. Bülow*), vgl. Bild 7. Durch die erstmals auf diesem Workshop vorgetragenen Resultate der Anwendung der hochauflösenden Festkörper-MAS-NMR, speziell für ^{29}Si und ^{27}Al, auf NaA-Zeolith, wurde von *G. Engelhardt* (ZIPC) eine dramatische, ein Jahrzehnt anhaltende internationale Entwicklung in der Erforschung von Festkörpern wie anorganischen Silikaten, Aluminosilikaten und speziell Zeolithen ausgelöst (Kooperation mit *E. Lippmaa*, Akademie der Wissenschaften der Estnischen SSR, Tallinn). [10] Dem ersten Workshop folgten Anfang der 1980er Jahre zwei weitere gleichartige Veranstaltungen, für die *P. Struve* bzw. *J. Sauer* verantwortlich zeichneten. Anfang der 1990er Jahre wurde unter der Leitung von *G. Öhlmann* die europäische Konferenz *Catalysis and Adsorption by Zeolites*, ZeoCat 90, in Leipzig durchgeführt. Die Kontakte zwischen Ost und West nahmen in den 1980er Jahren sprunghaft zu. Sie wurden durch zentrale internationale Tagungen stimuliert (z.B. der International Zeolite Association, der British Zeolite Association und der International Adsorption Society, für die *M. Bülow* während vieler Jahre als Direktor tätig war), aber auch durch die Wahrnehmung – trotz personeller Einschränkungen – wechselseitiger Kurzbesuche, z.B. von *R.M. Barrer, L.V.C. Rees, R.P. Townsend, A. Dyer, D.M. Ruthven*, *D.T. Hayhurst*, *D.B. Shah,* sowie von Arbeitsaufenthalten gemäß Vereinbarungen zwischen der AdW und Forschungsstätten westeuropäischer Länder.

Nachdem die AdW in den 1980er Jahren ein *Joint Research Project* zur „Adsorption und Diffusion in Zeolithen“ mit der Royal Society of Great Britain und dem Imperial College of Science, Technology and Medicine London, ICSTM, (*L.V.C. Rees*) abgeschlossen (wofür das Statut der AdW verändert werden musste) und erfolgreich durchgeführt hatte – in dessen Rahmen auch Doktoranden des ICSTM Teile ihrer Dissertationen am ZIPC erarbeiteten – ,folgten ähnliche Projekte mit der CNRS, Frankreich, der Universität Leuven, Belgien, und dem Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft (*H.G. Karge*), Berlin-Dahlem. Diese trugen wesentlich zur vertieften Untersuchung der Eigenschaften neuer Zeolith-Molekularsiebe, insbesondere der Diffusion unter den Bedingungen von Gleichgewicht und Nichtgleichgewicht bei. Hierbei seien vor allem die Methoden der Frequency Response (*L.V.C. Rees*),

[10] Unmittelbar nach Einreichen entsprechender Veröffentlichungen von *G. Engelhardt et al.* bei *J. Phys. Chem*. publizierte die Gruppe um *J.M. Thomas* (University of Cambridge) eine Reihe ähnlicher Forschungsergebnisse. Eine ursprünglich postulierte Verletzung der *Loewenstein*-Regel wurde alsbald widerrufen. Im Jahre 1992 wurden *G. Engelhardt* und *E. Lippmaa* mit dem *Max-Planck-Forschungspreis* ausgezeichnet.

der Neutronenstreuung (*H. Jobic*) sowie weiterer Charakterisierungsverfahren (*P.A. Jacobs*), die der Berliner Gruppe zugänglich wurden, genannt. Hochreine am ZIPC synthetisierte Proben des ersten Molekularsiebes mit 18-gliedriger Ringstruktur, des mikroporösen Aluminophosphat-Typs VPI-5, erlaubten die Bestimmung der Feinstruktur dieses Materials an der ETH Zürich, Schweiz (*L.B. McCusker, Cr. Baerlocher*, ETH), s. Abteilung Gemischadsorption und Kinetik. Neue Arbeitskontakte entwickelten sich in der ersten Hälfte der 1980er Jahre auch mit US-amerikanischen Forschern, insbesondere zwischen *M. Bülow* und *A.L. Myers* (University of Pennsylvania; Gleichgewichte der Gemischadsorption), *D.T. Hayhurst*, *D.B. Shah* und *O. Talu* (Cleveland State University) auf den Gebieten der Synthese von Zeolith-Einkristallen bzw. Adsorptionsgleichgewichte. Auf verschiedenen Feldern der theoretischen Chemie kam es zu Beziehungen mit dem J.-Heyrovsky-Institut Prag (*R. Zahradník*) sowie der Universität Karlsruhe (*R. Ahlrichs*). Hier gab es richtungweisende Entwicklungen zu aktiven Zentren und zur Fähig-

Bild 8. *Teilnehmer eines Koordinierungstreffens der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Adsorption (6. Tschechoslovakische Konferenz zur Adsorption) in Liblice, ČSSR, 10.-14. Juni 1985: UdSSR, DDR, Polen und ČSSR..*

keit von SiO_2- und Zeolith-Oberflächen zu adsorptiven Wechselwirkungen (*J. Sauer*). Speziell wurden realistische Modelle für komplexe Strukturen (beispielsweise Cluster-Modelle) in zeolithischen Systemen erstellt.

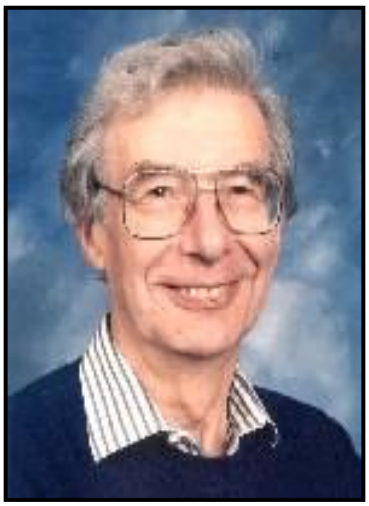
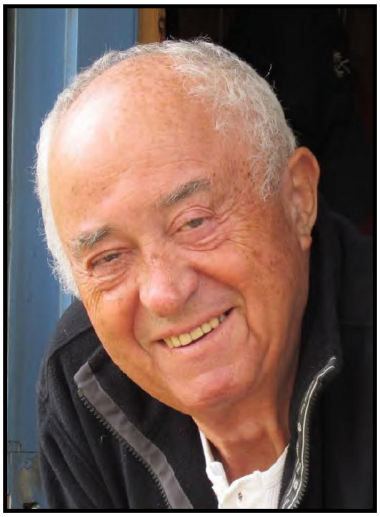



Bild 9. *Förderer und Partner der Zeolith- und Adsorptionsforschung am ZIPC:*

Richard M. Barrer	*Loval V.C. Rees*	*Klaus K. Unger*
(1910-1996)	*(1927-2006)*	*(* 1936)*

Die Zusammenarbeit zwischen dem ZIPC und der Universität Leipzig machte einen vielfältigen, uneigennützigen wissenschaftlichen Austausch sowie die Vermittlung von wissenschaftlichen Kontakten möglich. Der regelmäßige gegenseitige Besuch von Seminaren und Kolloquien, die Qualifizierung von Doktoranden und gemeinsame wissenschaftliche Veröffentlichungen waren an der Tagesordnung. Herausragende gemeinsame Ergebnisse wurden insbesondere zur Azidität an Zeolithen von *D. Freude*, *U. Lohse* und *V. Patzelova* erbracht. Über die Kontakte mit dem ZIPC kam es auch zu einer ergebnisreichen Kooperation zwischen *J. Kärge*r und *D.M. Ruthven* (University of New Brunswick, Fredericton, Kanada, später University of Maine, Orono, USA). Dank kluger Förderung durch ihre Leitung konnte die Sektion Physik der KMU Leipzig ihrerseits zusätzliche enge Kontakte mit Kollegen der Bundesrepublik pflegen, z.B. mit *L. Riekert, H. Lechert, W. Müller-Warmut* und *B. Boddenberg* sowie mit *J. Fraissard* (Paris). Bleibender Ausdruck dieser Phase der deutsch-deutschen Kooperation ist eine Reihe gemeinsamer Arbeiten der Berliner und Leipziger Gruppen mit Forschergruppen des Westens. So mögen als bemerkenswerte Erträge der Zusammenarbeit Publikationen der Berliner Gruppe mit *L.V.C. Rees*, London, sowie gemeinsam verfasste Monographien von *J. Kärger* und *D.M. Ruthven* bzw. *G. Engelhardt* und *D. Michel* dienen [11].

----- ----- -----

Einige der bestehenden Kontakte mit Wissenschaftlern aus mittel- und osteuropäischen Ländern wurden nach dem Beitritt der DDR zur Bundesrepublik fortgesetzt, die meisten endeten aber unverdientermaßen infolge der weitestgehend ungerechtfertigten Abwicklung der AdW-Institute und partiellen Reorganisation anderer Einrichtungen der ehemaligen DDR. Der zwar schwache, doch letztlich wachsende wissenschaftliche Austausch zwischen der DDR und der deutschen Bundesrepublik erfuhr nach der Öffnung der „Berliner Mauer“ im Herbst 1989 einen raschen, doch leider nur kurzen Auftrieb. Insgesamt jedoch verlieh die Wiedervereinigung der deutschen Zeolithforschung einen deutlichen Innovationsschub. Eine besonders enge Kooperation entwickelte sich in den Jahren 1989-92 zwischen den Gruppen von *K.K. Unger* (Universität Mainz) und *M. Bülow* (bis 1992 WIP-Zentrum für Heterogene Katalyse, Berlin). Gegenseitige Arbeitsaufenthalte, gemeinsame Aufsätze und Symposien im internationalen Rahmen wurden bis zur Auflösung des institutionellen Rahmens Alltag. *J. Sauer* nahm ab 1990 bei BIOSYM Techn. (USA) längere Zeit an der Entwicklung einer Modellierungs-Software für das Catalysis and Sorption Consortium teil.

[11] *G. Engelhardt, D. Michel*, High Resolution Solid State NMR of Silicates and Zeolites, Wiley, New York, 1987; *J. Kärger, D.M. Ruthven*, Diffusion in Zeolites and other Microporous Solids, Wiley, New York, 1992

Bald wurde es auch für Organisationen, Politiker und sonstige Entscheidungsfäller der alten Bundesrepublik evident, dass die wissenschaftlichen und ingenieurtechnischen Arbeiten auf dem Gebiet der Selektivadsorption an Molekularsieben in der DDR einen hervorragenden Stellenwert besessen hatten. Doch es war zu spät und – vor allem – politisch nicht gewollt, sie zu erhalten. Einerseits wurde an der AdW hochwertige Grundlagenforschung betrieben, die schließlich in Zusammenarbeit mit der Industrie (Leuna, Magdeburg, Bitterfeld, Fürstenwalde) aber auch mit Universitäten in adsorptive Trennverfahren für den technischen Maßstab mündete, andererseits wurde dieses Zentrum mit seinem einzigartigen Netzwerk der Forschungskooperation, das sich zu einem der leistungsfähigsten Europas entwickelt hatte, Opfer des politischen Beitrittsprozesses, gemäß welchem die AdW aufzulösen war. Für die Integration und Rekonsolidierung auf dem Gebiet der Zeolithforschung zwischen beiden Teilen Deutschlands war letztlich mehr als ein Dutzend Jahre erforderlich. Betrachtet man es heute, dann sind Nachwuchswissenschaftler sowohl in West als auch in Ost in gleicher Weise aktiv. Insgesamt gilt – wenngleich nicht überall –, dass die Wiedervereinigung Deutschlands – abgesehen von der Zerschlagung des Berliner Zentrums und dem Resultat einer größeren Anzahl bedrückender persönlicher Schicksale – auch aus ostdeutscher Sicht einen positiven Einfluss auf die deutsche Zeolith-Forschung gehabt haben mag.

Bild 10. *MB mit Dr. Martin Nywlt, Akzo Research Laboratories Obernburg, und Prof. Günter Emig, Universität Erlangen-Nürnberg (v.l.n.r.) auf der Konferenz ZeoCat 90 in Leipzig, August 1990.*

Bild 11a-b. *Internationale Konferenz ZeoCat 90, Leipzig; linkes Bild: L.V.C. Rees (London), A. Zikanova (Prag), Ch.M. Minachev (Moskau); rechtes Bild: R.M. Barrer (London), M. Kočiřík (Prag).*

Mehrere Zeolith-Wissenschaftler des ZIPC wurden nach dessen Auflösung im Einklang mit dem Einigungsvertrag befristet in das sogenannte, am Ende aber recht erfolglose Wissenschaftler-Integrationsprogramm (WIP) aufgenommen; einige davon mit einer Perspektive in dem zu bildenden Leibniz-Institut für Katalyse (Rostock). Andere gingen sofort in die Privatwirtschaft oder bewarben sich erfolgreich in verschiedenen Instituten. Einige wenige setzten ihre Tätigkeit im Ausland fort. [12] Mehrere Wissenschaftler mit hervorragender Reputation hangeln sich jedoch noch heute, d.h. über zwei Jahrzehnte, von Forschungsprojekt zu Forschungsprojekt. Vereinzelt gab es aber auch Professuren an einer der deutschen Universitäten. [13] Von damit verbundenen Übernahmen in das Beamtenverhältnis ist dem Verfasser dieses Essays jedoch nichts bekannt geworden, doch Ausnahmen mögen die Regel bestätigen.

Bild 12. *Treffen von Wissenschaftlern Japans und der AdW der DDR zur Kooperation auf dem Gebiet der C_1-Chemie im November 1990 (v.l.n.r. in vorderer Reihe: Profs. T. Inui (Kyoto), K. Anders (Leipzig), H. Tominaga (Tokio), S. Nowak (Berlin); in hinterer Reihe: H. Miesner, M. Bülow (Berlin), 4.v.l.: H. Schulz (Karlsruhe), 5.v.l.: N. Jaeger (Bremen), 9.v.l.: B. Lüccke*

Im Laufe der 1990er Jahre, als sich in Deutschland der Zeolithforschung sowie ihren verwandten Gebieten attraktive Möglichkeiten eröffneten und durch umfangreiche Mittel unterstützt wurden, kehrten einige der im Ausland arbeitenden jüngeren Wissenschaftler zurück. Dabei handelte es sich um Forscher, die aus den alten Bundesländern stammten. Sie sind gegenwärtig erfolgreiche Mitglieder der deutschen Molekularsieb-Gemeinde in ihrem weitesten Sinne. Ihre Rückkehr fiel in eine Zeit, da ältere Wissenschaftler in den Ruhestand gingen und Vakanzen hinterließen, die nun sinnvoll besetzt

[12] *M. Bülow* war im Zeitraum 1992-2005 im Industrieforschungs-Zentrum der BOC Group, Murray Hill, NJ, USA, tätig, wohin ihm *A. Micke* später folgte.

[13] Als Beispiele mögen *Jürgen Caro, Joachim Sauer*, *Andreas Seidel-Morgenstern* und *Matthias Suckow* dienen, die erfolgreich an der G.W. Leibniz Universität Hannover, der Humboldt Universität zu Berlin, der Otto-von-Guericke Universität und am Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme Magdeburg bzw. an der Brandenburgisch-Technischen Universität Cottbus-Senftenberg tätig sind.

werden konnten – doch nur sehr vereinzelt wurden Forschern aus der ehemaligen DDR solche Chancen geboten.

Es darf mit Recht behauptet werden, dass das Berliner Zentrum nach seiner Auflösung von keinem deutschen Arbeitskreis an Vielseitigkeit, Bemühen um weltoffene Kooperation, synoptischer Wirkung und Relevanz bei der Vereinigung von Grundlagen- und angewandter Forschung auf dem Gebiet der Selektivadsorption sowie Katalyse an Molekularsieben übertroffen worden ist. Die Berliner Kollegen hatten es vermocht, widrige politische und ökonomische Bedingungen durch eine kluge Philosophie, Einfallsreichtum, Fleiß und Beharrlichkeit zu überwinden, ihre Wissenschaft voranzubringen und Nutzen für die Gesellschaft zu schaffen. Im Nachhinein kann man es nur als einen wissenschaftspolitischen Fehler hohen Ranges ansehen, dieses Team – eventuell in einer konzentrierten Form – nicht in eine der bundesdeutschen Forschungsgesellschaften integriert zu haben, zumal hierfür sowohl eine positive fachliche Evaluation durch den Wissenschaftsrat des Landes als auch vielfache konkrete und ausgewogene Vorschläge existierten.

----- ----- -----

Die Abteilung Gemischadsorption und Kinetik des ZIPC, Berlin

Allgemeines. Die Adsorptionsforschung an Molekularsieben am ZIPC fand im Wesentlichen im Bereich „Modellierung und Grundlagen der Adsorption“ statt (nacheinander geleitet von *W. Schirmer*, *D. Gelbin, H. Stach* und *J. Caro*), der per 7. November 1990 *ca*. 60 Mitarbeiter (inkl. Hilfskräfte) umfasste. Der Bereich gliederte sich in vier Abteilungen (in Klammern: Namen der Abteilungsleiter):

1. Adsorptionsgleichgewichte von Einzelstoff-Systemen (*Helmut Stach*)
2. Gemischadsorption und Kinetik (*Martin Bülow*)
3. Adsorptionsdynamik *(David Gelbin* später *Klaus-Peter Roethe*)
4. Mathematische Modellierung sowie Rechenzentrum und die Arbeitsgruppe für quantenchemische Verfahren (*Klaus Fiedler* bzw. *Joachim Sauer*)

Exemplarisch sei in Kürze das Profil der Abteilung Gemischadsorption und Kinetik skizziert. Ihr gehörten zumeist sieben wissenschaftliche Mitarbeiter oder Doktoranden an; über die Jahre waren es *M. Bülow, A. Bergmann, H. Blank, J. Caro, P. Fellmuth, G. Finger, H. Friedrich, J. Hille, U. Härtel, E. Jahn, P. Lorenz, W. Lutz, A. Micke, W. Mietk, Nguyen van Phat, U. Noack, B. Röhl-Kuhn, H. Schlodder, G. Schön, P. Struve, H. Thamm, W. Tschirch*, *H.J. Wappler* und *B. Zibrowius*.

Forschung

1. Arbeitsgebiete

Synthese und Modifizierung von Molekularsieben, MS, sowie ihre festkörperphysikalische und chemische Charakterisierung; Aufklärung der Stoffwandlungsmechanismen von MS in Prozessen ihrer Herstellung und Applikation; Gleichgewichts- und Nichtgleichgewichts-Phänomene der Adsorption von fluiden Mono- und Multikomponenten-Raumphasen an porösen, speziell MS-Sorbenzien; Charakterisierung molekularer Transportprozesse auf mikrophysikalischer Ebene; makroskopische Untersuchung von Zeitkonstanten der sorptiven Stoffaufnahme durch MS; mathematische Modellierung von komplexen physikalischen Vorgängen in Festkörper-Porensystemen; technische Nutzung von Sorptionsprozessen; Bereitstellung von Primärdaten für die Modellierung und Auslegung von Verfahren der sorptiven Stofftrennung; Einsatz von MS in *composite*-Membranen sowie der Sorptionskatalyse; MS-Synthese und -Modifizierung für spezielle Gasreinigungsprozesse.

2. Methoden

Hydrothermale Methoden der MS-Synthese, drucklos und unter autogenem Druck in Labor-Autoklaven mit struktur-physikalischer und -chemischer Charakterisierung der Produkte nach modernen Methoden zur Bestimmung der Nah- und Fernordnung bzw. diverser spektroskopischer Verfahren (in Kooperation). Isostere, isotherme und sorptionsdynamische Experimente für die Bestimmung von Sorptionsgleichgewichten zwischen fluiden Mono- und Multi-Komponentenphasen und

porösen Festkörpern (GC- und MS-Analytik). Sorptionskinetische Messverfahren bei konstantem Volumen und variabler Konzentration sowie gleichzeitigem Verfolgen der Sorptionswärme-Kinetik; Gemischsorptionskinetik und Reaktionskinetik aus der Gasphase bei konstantem Volumen und variabler Konzentration mit massenspektrometrischer Analytik. Beobachtung der Molekülbeweglichkeit in Molekularsieben mit Hilfe der Verfahren der Frequency Response (in Kooperation), der Protonen-, Deuterium- und ^{13}C-NMR sowie der quasi-elastischen Neutronenstreuung (in Kooperation). Einsatz von Volterra-Integralgleichungen zur Modellierung von komplexen Prozessen des Stofftransports und chemischer Reaktionen in porösen Festkörpern (in Kooperation) (Software-Paket ZEUS). Verfahren zur Bestimmung von Durchbruchskurven (bis zu atmosphärischem Druck) zur Lösung von Stofftrenn- und -reinigungsproblemen für technisch relevante Systeme. Katalytische Testreaktionen.

3. Benennung wesentlicher Resultate

3.1 Synthese von Molekularsieben:

Synthesevorschriften für homogene, monodisperse Phasen großkristallinen MS-Materials, speziell für A-, X- und MFI-Zeolithe. Kristallwachstumskinetik (Silikalit, $AlPO_4$-5, SAPO-5), Synthese der 18-gliedrigen Ringstruktur VPI-5 (templatfreies Verfahren); Synthese großkristalliner MS: SAPO-5 (bis 600 µm) bzw. $AlPO_4$-5 (bis 900 µm); Einbau von Heteroatomen in AFI- und AEI-Strukturen; Einfluss der Zusammensetzung des Reaktionsgels auf die resultierende MS-Kristallgröße und -morphologie, die Art des Silizium-Einbaus in die Struktur und die Phasenreinheit; MS-Synthese und -Modifizierung für die Gasentschwefelung (Entwicklung von MS, die kein COS bilden).

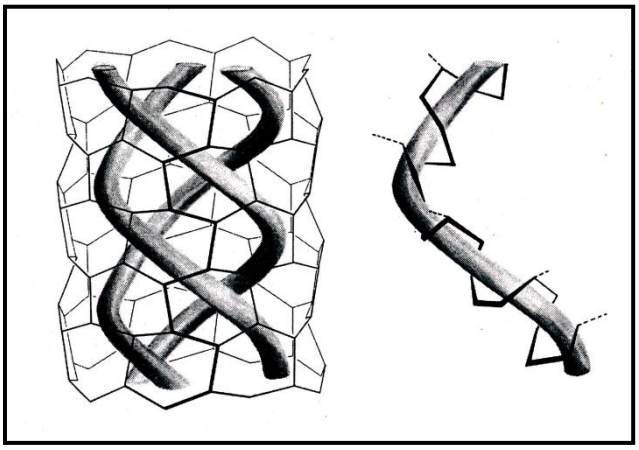
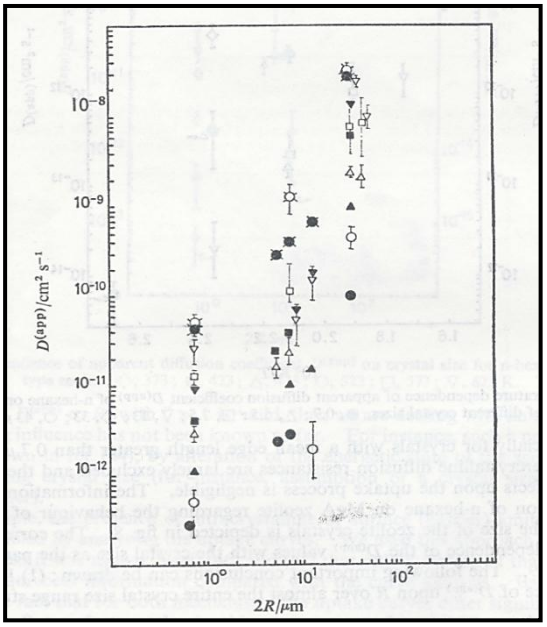


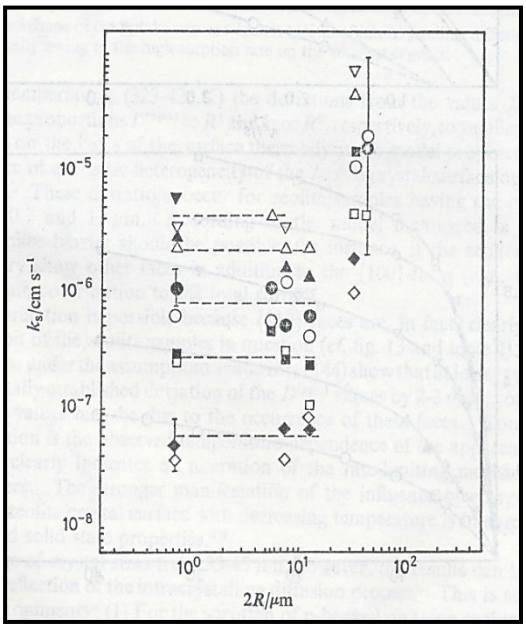
Bild 13. *Triple Helix der Anordnung von Wassermolekülen im 18-gliedrigen Ringkanal des mikroporösen Aluminophosphates VPI-5 (L.B. McCusker, Ch Baerlocher, E. Jahn und M. Bülow, Zeolites **11** (1991) 308-313).*

3.2. Molekültransport in mikroporösen Sorbenzien:

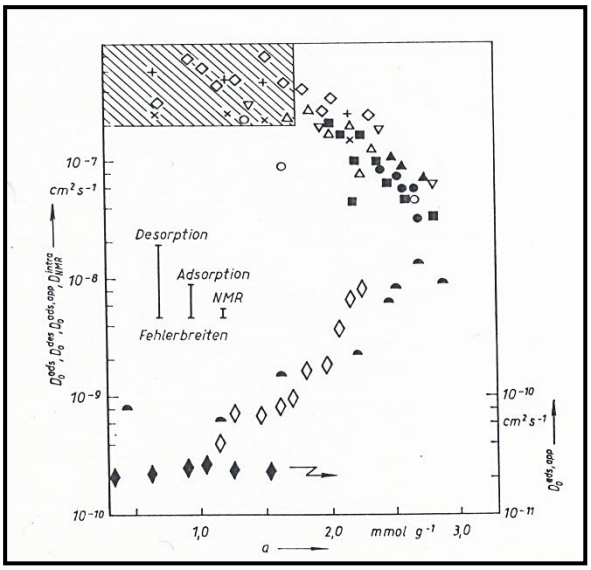
Aufklärung von Stofftransport-Mechanismen in MS, von Beziehungen zwischen Diffusions- und Selbstdiffusionsvorgängen bzw. -koeffizienten, von Diskrepanzen zwischen sorptions-kinetisch bzw. mit NMR-Methoden bestimmtem Stofftransport in MS (z.B. für das über viele Jahre in der Literatur / auf Konferenzen häufig und anhaltend diskutierte sorptionskinetische System Benzen / NaX-Zeolith); Aufdeckung und ausführliche Beschreibung der Natur von Oberflächen-Barrieren an MS-Kristallen sowie ihrer Bedeutung für sorptive Stofftrennungen im Nichtgleichgewichts-Regime; mathematische Modellierung komplexer Transport-Phänomene bei der Adsorption; Entwicklung von Verfahren für die Untersuchung und Auswertung der Gemischsorptionskinetik mit Einbeziehung chemischer Reaktionen (Erarbeitung inverser Verfahren für die Berechnung von Diffusionskoeffizienten-Matrices); Entwicklung der Volterra-Integralgleichungsmethode als eines Verfahrens für den mathematischen Übergang von den Bedingungen konstanter zu jenen variabler Randbedingungen (Kooperation mit dem Karl-Weierstraß-Institut für Mathematik, Berlin); Entwicklung des Software Paketes ZEUS; komplexe Untersuchung vielfältiger Struktur-Eigenschaft-Beziehungen für die molekulare Diffusion und den Stofftransport u. a. in unterschiedlichen MS-Systemen; Vorhersage der sorptiven Stofftrennung unter Nichtgleichgewichts-Bedingungen.

3.3 Gemischadsorptions-Gleichgewichte:
Entwicklung von Verfahren für die experimentelle Untersuchung, speziell bei hohen und sehr tiefen Temperaturen, sowie die theoretische Auswertung von Multikomponenten-Sorptions gleichgewichten; Ausdehnung dieser Methoden auf Gemische kondensierbarer Dämpfe; Anwendung der Lösungsthermodynamik auf die Multikomponenten-Sorption; Entwicklung





Bilder 14-15. *Nachweis der Oberflächenbarriere bei der n-Hexan-Kinetik an MgA-Zeolith via Kristallgrößen-Variation. Der errechnete scheinbare Diffusionskoeffizient $D^{(app)}$ hängt von der Kristallgröße ab, charakterisiert also nicht die intrakristalline Diffusion (links). Der Oberflächenbarrieren-Koeffizient k_s hängt hingegen nicht von der Kristallgröße ab, charakterisier also den beobachteten Prozess der sorptiven Stoffaufnahme (rechts) (Parameter: Temperatur, Bereich: 423-623 K) (M. Bülow et al., J.Chem.Soc. Faraday I, **76** (1980) 597-615).*



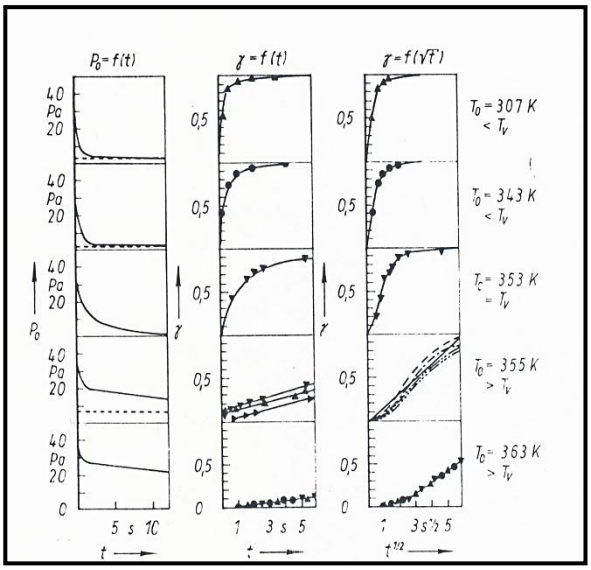


Bild 16. *Molekülbeweglichkeit von Benzen in NaX bei 353 und 373 K (Symbole: s. Tab.1; im schraffierten Bereich ist Desorption nicht quaantitativ zu verfolgen).*

Bild 17. *Typische Sorptionskurven von Benzen an NaX bei variierten T_o und T_v = 353 K; n = 1,2 mmol/g (Symbole: s. Tab.1)*

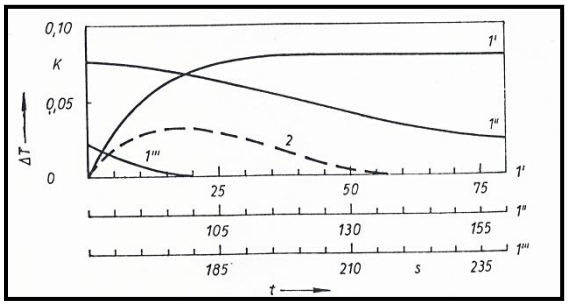


Bild 18. *Scheinbare T-Änderung von NaX-Kristallen bei Adsorptionskinetik von Benzen und unterschiedlichen äußeren thermischen Bedingungen als Zeitfunktion (Kurve 1: $T_o = T_v = 373K$; Kurve 2: $T_o = 313\ K < T_v = 373K$)*

Tabelle 1 Erläuterungen zu Bild 5

Symbol	D	Kristallgröße/ µm	T_v/K	T_0/K	Richtung von Wärme-konvektion und -leitung in der Apparatur*)	Geschwindigkeitsbestimmender Prozeß
×	D^{intra}_{NMR}	18	353	—	—	Intrakristalline Selbstdiffusion
+	D^{intra}_{NMR}	18	373	—	—	Intrakristalline Selbstdiffusion
△	D^{ads}_0	120	353	307	$V_v \rightarrow V_0$	Intrakristalline Diffusion
◊	D^{ads}_0	120	373	313	$V_v \rightarrow V_0$	Intrakristalline Diffusion
○	D^{ads}_0	145	353	303	$V_v \rightarrow V_0$	Intrakristalline Diffusion
▽	D^{ads}_0	145	373	308	$V_v \rightarrow V_0$	Intrakristalline Diffusion
◇	$D^{ads,app}_0$	120	353	353	$V_v \leftarrow V_0$	Wärme-Dissipation
♦	$D^{ads,app}_0$	120	353	363	$V_v \leftarrow V_0$	Wärme-Dissipation
◓	$D^{ads,app}_0$	145**)	353	363	$V_v \leftarrow V_0$	Wärme-Dissipation
●	D^{des}_0	145	353	303	$V_v \rightarrow V_0$	Intrakristalline Diffusion
■	D^{des}_0	145	353	363	$V_v \leftarrow V_0$	Intrakristalline Diffusion
▲	D^{des}_0	145	373	308	$V_v \rightarrow V_0$	Intrakristalline Diffusion

*) V_v... Sorptionsraum; V_0... Dosierraum
**) Silberplatte als Kristall-Unterlage (Boden des Sorptionsgefäßes)

Tabelle 1. *Erläuterungen zu Bild 16: Die Werte im oberen Bereich von Bild 16 kennzeichnen intrakristalline Diffusion und stimmen mit NMR-Selbstdiffusion überein. Erfolgen Wärmekonvektion und -leitung in Richtung Zeolith → Gasraum, so ist die Geschwindigkeit der sorptiven Stoffaufnahme n durch die Wärme-Dissipation (nicht Diffusion) bestimmt (M. Bülow et al., J. Chem. Soc., Faraday Trans. I, **79** (1983) 2457-2466; **80** (1984) 813-822*

Entwicklung von Verfahren für die Bestimmung von Aktivitätskoeffizienten bei der Sorption in MS; Ausarbeitung von Berechnungsverfahren für die Gemischsorption auf der Grundlage der Isothermen der Einzelstoff-Sorptionsgleichgewichte. Behandlung praxisrelevanter Stofftrenn- und -reinigungsprobleme, z.B. Entschwefelung von Erd- und Biogasen, Edelgastrennung und -hochreinigung, Trennung gerad- und verzweigtkettiger Paraffine; Aromaten-Abtrennung und -Reinigung. Durchführung o. g. Arbeiten im Zusammenhang mit sorptionsdynamischen Arbeiten und mit der Anwendung von Methoden der mathematischen Prozeß-Modellierung; Einsatz des Gesamtkomplexes der Verfahren für die Aufklärung der Ursachen von MS-Alterungsprozesses in konkreten technischen Stofftrennverfahren.

4. Kooperationsbeziehungen:

Es bestand eine entwickelte, über einen langjährigen Zeitraum erfolgreich betriebene, arbeitsteilige Kooperation mit Universitäten auf dem Territorium der ehemaligen DDR, z.B. Universität Leipzig, der Bundesrepublik Deutschland, z.B. Universitäten Mainz, Bremen, Frankfurt/Main, Karlsruhe, mit Forschungsstätten Osteuropas, z.B. dem J.-Heyrovsky-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Prag, dem Institut für Kolloidchemie der Ukrainischen Akademie der Wissenschaften, Kiev, der Maria-Skłodowska-Curie-Universität Lublin u. a., sowie Westeuropas, z.B. Imperial College of Science, Technology and Medicine, London, Katalyse-Institut der CNRS, Villeurbanne. Resultate der Arbeiten der Abteilung GK waren per November 1990 in mehr als 200 wissenschaftlichen Publikationen in internationalen Zeitschriften und mehr als 30 Patenten niedergelegt (jährlich *ca*. 10-15 Veröffentlichungen). Hinsichtlich von Lehraufgaben war die Betreuung und Anfertigung von Diplom- und Doktorarbeiten gemäß dem Profil der Abteilung üblich. Die Graduierungen erfolgten vorzugsweise im

Fach Physikalische Chemie. Dies war bis zum Ende der Existenz der Akademie der Wissenschaften, da sie das Promotionsrecht besaß, aber auch an Universitäten möglich. Sehr bereichernd für die Abteilung war die Einstellung von Absolventen der Universität Leipzig (Sektion Physik: *B. Zibrowius, P. Lorenz*; Sektion Chemie: *J. Caro*) und Mitarbeitern des Karl-Weierstraß-Instituts für Mathematik der AdW *(A. Micke, W. Tschirch*), die mit modernen physikalischen bzw. mathematischen Verfahren das klassische physiko-chemische Profil der Abteilung ergänzten und neu prägten.

Prinzipiell sollten alle wissenschaftlichen Mitarbeiter der Abteilung zeitweise bei Kooperationspartnern des Auslandes tätig sein, im Einzelnen waren es: *M. Bülow* (Universität Leningrad (St. Petersburg), 6 Monate; ICSTM London, 5 Monate)*, A. Bergmann* (ICSTM London, 1 Jahr)*, P. Brückner* (Gast, ICSTM London, 6 Monate), *J. Caro* (ICSTM London, 4 Monate)*, P. Fellmuth* (Universität Moskau, Studium und Aspirantur)*, G. Finger* (Universität Toruń, 3 Monate)*, P. Lorenz* (IPhCh Moskau, 3 Monate)*, W. Lutz* (Institut für Silikatchemie Leningrad (St. Petersburg), 3 Monate)*, Nguyen van Phat* (vietnamesischer Gast-Aspirant: Universität Leipzig, 4 Monate)*, U. Noack* (IPhCh Moskau, 3 Monate)*, G. Schön* (IPhCh Moskau, Aspirantur: 5 Jahre)*, P. Struve* (Institut für Physikalische und Elektrochemie Prag, 6 Monate)*, H. Thamm* (IPhCh Moskau, 3 Monate). *B. Zibrowius* und *P. Lorenz* weilten zudem regelmäßig für NMR-Arbeiten an der Universität Leipzig.

Bild 20. *Mitarbeiter der Abteilung GK des ZIPC, 1988. Sitzend v.l.n.r: Eleonore Keim, Petra Fellmuth, Wolfgang Mietk, Gerd Finger, Uta Noack; stehend v.l.n.r.: Peter Lorenz, Bernhard Reeck, Peter Struve, Heike Schlodder, Christel Redszus (halb verdeckt), Wolfgang Lutz und Martin Bülow.*

Daneben gab es häufige ein- bis zweiwöchige Austauschreisen. Mittelfristige Gastaufenthalte in Berlin wurden oft von ausländischen Kollegen wahrgenommen, z.B. *M. Kočirík*, *A. Zikanová* (Prag), *J. Kornatowski* (Torun), *M. Jaroniec* (Lublin), *N. Regent* (Moskau), *S. Patel*, *N. Adams* (London), S. Amin (Salford), *D. Kumar*, *A. Brenner* (Mainz), *V.G. Tsitsishvili* (Tbilisi), *R.M. Marutovsky* (Kiev).

Bild 21. *MB (Mitte) mit den Professoren G. Öhlmann (links, langjähriger Direktor des ZIPC) und S. Novak (rechts, langjähriger Direktor des Forschungsbereiches Chemie und des Zentralinstitutes für organische Chemie).*

Von Mitarbeitern der Abteilung Gemischadsorption und Kinetik wurden des Weiteren die folgenden wissenschaftlichen Monographien auf dem Gebiet der Grenzflächen-Thermodynamik und Adsorption aus der russischen in die deutsche Sprache übersetzt bzw. herausgegeben und somit einem breiteren Publikum zugänglich gemacht:

1. *D.P. Timofejev*, Adsorptionskinetik, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1967 (Übersetzer: *M. Bülow, A, Großmann, H. Stach*)
2. *A.I. Rusanov*, Phasengleichgewichte und Grenzflächenerscheinungen, Akademie- Verlag, Berlin, 1978 (Übersetzer: *M. Bülow*)
3. *A.V. Kiselev*, *J.I. Jashin*, Gas- und Flüssigkeits-Adsorptionschromatographie, Akademie-Verlag, 1985, Berlin (neu im Hüthig-Verlag, Heidelberg, 1998) (Übersetzer: *H. Thamm*)
4. *F.C. Goodrich, A.I. Rusanov* (Eds.), The Modern Theory of Capillarity to the Centennial of Gibbs' Theory of Capillarity, Akademie-Verlag, Berlin, 1981, (Herausgeber beim Akademie-Verlag: *H. Sonntag, M. Bülow*)

Danksagung. Der Autor dankt Herrn Professor *G. Öhlmann*, Berlin, für viele Jahre freundschaftlicher Zusammenarbeit sowie seine Ratschläge zur vorstehenden Beschreibung der Zeolith-Katalyse am ZIPC. Herrn Professor *K.K. Unger*, Seeheim, sei für inspirierende Unterstützung speziell während der Jahre 1988-1992 gedankt. In ehrender Erinnerung bleiben die Herren *B.P. Bering* und *V.V. Serpinski*, Moskau, und zahllose Diskussionen mit ihnen.

Die in den 1950er Jahren in Berlin-Adlershof erbauten Institute für physikalische Chemie bzw. anorganische Katalyseforschung der Akademie der Wissenschaften zu Berlin (später der DDR) sind tatsächlich nach ihrer Abwicklung in den 1990er Jahren – bis auf das Thermolabor – abgerissen worden. An ihrer Stelle stehen heute öffentliche Gesundheitszentren. Doch anderenorts in Berlin-Adlershof sind neue Forschungszentren entstanden.

Adresse des Verfassers: mrtnblw@gmail.com

Anhang 1. Was sind Zeolithe?

Zeolithe sind kristalline Alumosilikate, die in zahlreichen Modifikationen in der Natur vorkommen, aber vor allem auch synthetisch hergestellt werden können. Sie bestehen aus mikroporösen Gerüststrukturen, die von AlO_4^-- und SiO_4-Tetraedern gebildet werden. Dabei sind die Aluminium- und Silizium-Atome untereinander durch Sauerstoffatome verbunden. Zum elektrischen Ladungsausgleich der negativ geladenen Aluminium-Tetraeder werden Kationen benötigt, die nicht in das Hauptgitter des Kristalls eingebaut sind, sondern sich in den intrakristallinen Hohlräumen des Gitters aufhalten. Diese können innerhalb der Hohlraumstruktur des Gitters an bestimmten Plätzen lokalisiert oder – unter Wahrung der Ladungsneutralität - beweglich sein. Nach der Synthese können sie gegen andere positive Ladungsträger ausgetauscht werden.

Je nach Strukturtyp ergibt sich ein dreidimensionales Netzwerk aus gleichförmigen Poren und/oder Kanälen, in denen Stoffe sorbiert werden können. In den Porensystemen der natürlichen oder synthetischen Kristalle ist in der Regel Wasser enthalten, das durch Erhitzen aus den Poren entfernt werden kann, ohne dass sich die zeolithische Gerüststruktur selbst ändert. *Zeolithe* können damit gleichsam als Siebe verwendet werden, da nach der Wasser-Desorption andere Molekülsorten aufgenommen werden können, doch nur solche Moleküle, die einen kleineren kinetischen Durchmesser besitzen als den der Porenöffnungen der Zeolithstruktur selbst. *Zeolithe* fallen daher in die Gruppe der Molekularsiebe. Neben diesem stereoselektiven Trenneffekt existieren weiterhin ein energetischer und ein kinetischer, bei denen die Stofftrennung auf Grund unterschiedlicher Wechselwirkungsenergien bzw. Transportgeschwindigkeiten der aufzutrennenden Molekülsorten im intrakristallinen Raum des Festkörpers erfolgt. Adsorptive Trennverfahren nach einem jeden dieser drei Prinzipien der Selektivadsorption werden in der Praxis der chemischen Industrie genutzt. Zeolithische Molekularsiebe dienen weiterhin als Katalysatoren für wichtige chemische Reaktionen, die ebenfalls in der Technik genutzt werden. Die Bedeutung dieser Stoffgruppe ist vielfältig.

Der Name *Zeolith* leitet sich aus dem altgriechischen ζέω *zeein* für „sieden“ und altgriechischen λίθος *lithos* für „Stein“ her, bedeutet also „siedender Stein“. Er bezieht sich auf das lebhafte Aufbrausen (Sieden) des Minerals beim Erhitzen, da das ursprünglich gebundene Wasser bei Temperaturerhöhung freigesetzt wird.

Durch vielfältige *ante*-Synthese-Substitutionen der Al- und Si-Atome in den Synthese-Ingredentien werden mannigfaltige *Zeotyp*-Strukturen zugänglich. Seit etwa zwei Jahrzehnten erfährt außerdem eine neue Stoffklasse von Molekularsieb-Strukturen, die metallorganischen Netzwerk-Verbindungen (MOF, d.h. *metal-organic framework*), eine stürmische Entwicklung.

Anhang 2. Im Zusammenhang mit der Abwicklung des ZIPC verfasste Einschätzungen der Leistungsfähigkeit des Bereiches *Modellierung und Adsorption* der AdW durch international führende Experten (*R.M. Barrer* †*, L.V.C. Rees* †*, P.A. Jacobs* und *D.M. Ruthven*).

Prof. *R.M. Barrer*, Fellow of the Royal Society, Imperial College London, Great Britain:

The Institute of Adsorption Processes in the Central Institute for Physical Chemistry of the Academy of Science of the D.D.R.

It is understood that the Academy of Science has to make difficult and drastic re-appraisals involving closures and streamlining of its Institutes. The purpose of this note is to draw attention to the high reputation enjoyed by the Institute of Adsorption Processes in countries outside the G.D.R. The excellence of the research performed in this institute, the continuing respect accorded to the results, and their relevance in both academic and applied areas, have all served to create this reputation. It would be a matter of great regret to many who study surface science if this excellent institute were no longer to continue. I therefore express the hope that the Academy, despite its difficult task, will succeed in maintaining the Institute.

Richard M. Barrer, F.R.S., D.Sc.., Sc.D.,
Emeritus Professor, London University,
and Senior Research Fellow of the
Imperial College of Science, Technology and Medicine.

Richard M. Barrer.
Sept. 3rd 1990

Prof. *L.V.C. Rees*, Professor of the Imperial College London und the University of Edinburgh, Great Britain:

IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Chemistry Department
London SW7 2AY
Telephone: 01-589 5111 Ext. 4606
Telex: 261503 Fax: 01-584 7596

Professor L.V.C. Rees

Professor Martin Bülow,
Zentralinstitut fur Physikalische Chemie,
Akademic der Wissenschaften der DDR
1199 Berlin-Adlershof,
Rudower Chaussee 5,
Berlin,
Germany.

14th September, 1990

Dear Martin,

First of all may I thank you for making the visit of Elizabeth and myself to Leipzig and Berlin so enjoyable. The Zeocat 90 Meeting at Leipzig was most successful. I thought the format of the meeting was excellent and certainly will be used as the model for future zeolite meetings. I was honoured to be invited to give the one after-dinner speech at the banquet and was pleased with the response to my sincere remarks from many of the participants from many countries.

During the Leipzig meeting and the subsequent few days at the Academy I became fully aware of the problems and fears of yourself and my many friends and colleagues at the ZIPC. During the past few years through the agreement signed by the Academy and the Royal Society, London we have collaborated in some exciting, undoubtedly important, fundamental studies in adsorption of single component and binary gas mixtures in zeolites and in the diffusion of sorbate molecules in the intracrystalline channels of zeolites. Both our groups have benefitted greatly from the collaboration.

During the present visit to the GDR we have made plans for the continuation of this collaborative programme of research even though the future is not clear. It would be a great pity if these plans were not implemented as we are both aware that we are now at a stage in these studies where we have much excellent data awaiting analysis. Between our two groups we should be able to test several theoretical models predicting binary gas mixture adsorption phenomena from single component data. This modelling should

/Cont...

/Cont...2

greatly advance our knowledge of the effect of a second sorbate component on the sorption of a first component and improve our knowledge of sorbate interactions at a sorbent surface. This modelling work is, also, I presume important in the development of pressure and temperature swing separation processes which, undoubtedly, will be used in the separation of gas mixtures in the not too distant future when energy becomes more and more expensive.

The frequency-response methods developed at Imperial College are now capable of measuring a wide range of diffusion coefficients in zeolites and other microporous adsorbents. These diffusion coefficients are of considerable importance in the testing of your sorption rate measurements at ZIPC and complement the pulsed field gradient NMR diffusion coefficients determined at Leipzig University.

Apart from our specific studies much of the work being carried out at ZIPC has received international recognition. The studies of Jurgen Caro, Joachim Sauer and Dr Fielder have advanced our knowledge of many different aspects of zeolite science. It would be a great pity if these groups were split up as there are few research institutes and University laboratories anywhere in the world where such expertise is concentrated in one establishment.

I hope that my worst fears do not materialise and that I hear from you in the not too distant future that the zeolite work at ZIPC, at least, is being allowed to continue. There may need to be a reduction in the number of scientist employed in these researches but I hope that those who have established an International reputation continue to be employed at ZIPC.

Yours sincerely,

Lovat VC Rees

Professor Lovat V.C. Rees

Prof. *P.A. Jacobs*, Präsident der Internationalen Zeolith-Assoziation, Katholieke Universiteit Leuven, Belgien:

Katholieke
Universiteit
Leuven
FAKULTEIT LANDBOUWWETENSCHAPPEN
Laboratorium voor Oppervlaktechemie
Kardinaal Mercierlaan 92
B-3030 LEUVEN (HEVERLEE) BELGIUM

To whom it may concern

Uw kenmerk	Ons kenmerk	Uw brief van	Leuven,
--	--	bostatpj.doc	October 19, 1990

Statement

This to certify that for the reasons explained below, the scientific work of the:

"Department of Fundamentals of Adsorption" from the Central Institute of Physical Chemistry, Rudower Chaussee 5, Berlin Adlershof O-1199, Germany,

is highly estimated by their peers.

The group consisting of approximately 70 persons, including technical staff, has an average production rate of scientific papers in international journals of some 60 per year, corresponding to more than one a year per academic staff member. This is high and indicates efficiency and productivity of the team and relevance of the research topics. On top of that some 10 patents a year have been granted, indicating the socio-economic relevance of this research. Several reviews on scientific topics in the field have been made by members of the group upon invitation of editors of international journals.

The group recieved international recognition as organizers of their annual workshop on adsorption and by the recently organized symposium on zeolites (Zeocat 90). Moreover, they have actively contributed to almost all previous International and Regional Zeolite meetings.

One of the members is presently member of the board of the International Zeolite Association (IZA) and in the past gave their active support to this organization.

../..

Scientifically, their models based on statistical thermodynamics to explain adsorption behaviour are very relevant. They were the first (together with the NMR group in Leipzig) to correlate adsorption data and NMR self-diffusion coefficients. Their work on dealumination of zeolite Y is well appreciated.

They recieved formal international recognition for their work by the International Zeolite Community as they have been granted the "Breck Award". This award is granted every 3 years for the most significant contribution to Zeolite Science and Technology.

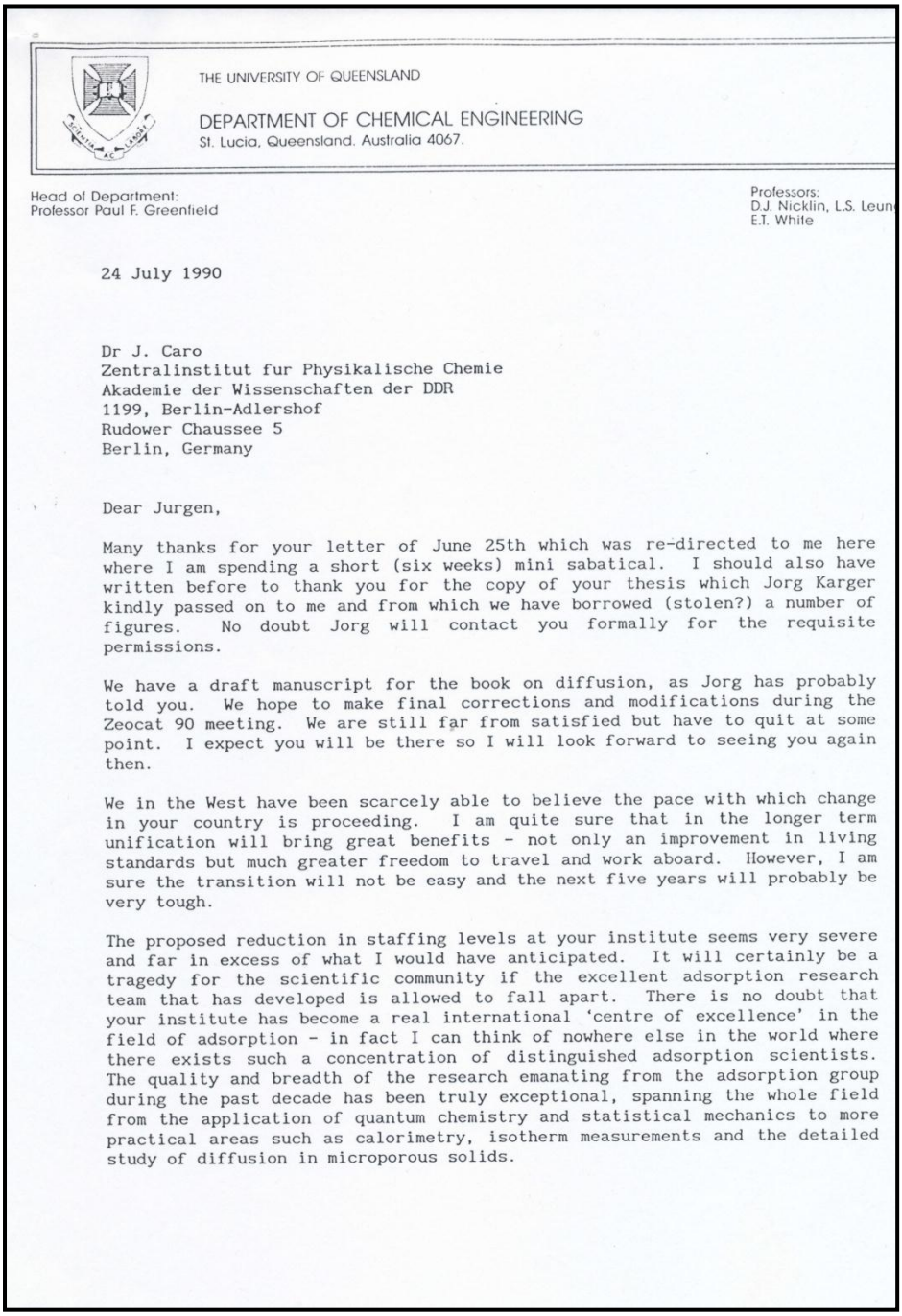
Personally, I have known for long the representative members of this group, and allways very highly estimated their scientific performances.

Pierre Jacobs

Pierre A. Jacobs,

Professor Ordinarius
President of the International Zeolite
Association (IZA)

Prof. *Douglas M. Ruthven*, University of New Brunswick, Canada, and University of Maine, Orono, USA:



THE UNIVERSITY OF QUEENSLAND

DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
St. Lucia, Queensland, Australia 4067.

Head of Department:
Professor Paul F. Greenfield

Professors:
D.J. Nicklin, L.S. Leun
E.T. White

24 July 1990

Dr J. Caro
Zentralinstitut fur Physikalische Chemie
Akademie der Wissenschaften der DDR
1199, Berlin-Adlershof
Rudower Chaussee 5
Berlin, Germany

Dear Jurgen,

Many thanks for your letter of June 25th which was re-directed to me here where I am spending a short (six weeks) mini sabatical. I should also have written before to thank you for the copy of your thesis which Jorg Karger kindly passed on to me and from which we have borrowed (stolen?) a number of figures. No doubt Jorg will contact you formally for the requisite permissions.

We have a draft manuscript for the book on diffusion, as Jorg has probably told you. We hope to make final corrections and modifications during the Zeocat 90 meeting. We are still far from satisfied but have to quit at some point. I expect you will be there so I will look forward to seeing you again then.

We in the West have been scarcely able to believe the pace with which change in your country is proceeding. I am quite sure that in the longer term unification will bring great benefits - not only an improvement in living standards but much greater freedom to travel and work aboard. However, I am sure the transition will not be easy and the next five years will probably be very tough.

The proposed reduction in staffing levels at your institute seems very severe and far in excess of what I would have anticipated. It will certainly be a tragedy for the scientific community if the excellent adsorption research team that has developed is allowed to fall apart. There is no doubt that your institute has become a real international 'centre of excellence' in the field of adsorption - in fact I can think of nowhere else in the world where there exists such a concentration of distinguished adsorption scientists. The quality and breadth of the research emanating from the adsorption group during the past decade has been truly exceptional, spanning the whole field from the application of quantum chemistry and statistical mechanics to more practical areas such as calorimetry, isotherm measurements and the detailed study of diffusion in microporous solids.

I do not have a sufficiently detailed knowledge of the industrial situation in your country to make any really informed comment on future research directions. However, it seems to me that you should try to make the case that the adsorption group at ZIPC is indeed an exceptional national resource which will in the future provide a research base for the chemical and process industries throughout the whole country. Is there a possibility of obtaining partial funding from the large West German chemical and petrochemical companies - perhaps in exchange for an agreement to work on topics of longer term (but probably not proprietory) interest to them? I suspect that with the lower salary levels you are probably able to deliver research results at a lower cost than these companies themselves. You might consider Bergbau-Forschung, which is supported by the West German coal industry, as a role model.

There seems little doubt that adsorption is an industrially important area and it is being actively pursued by the larger American oil companies as well as by the multinational giants such as ICI and Air Liquide. Two particular topics which seems to have good practical potential are the development of inorganic (high temperature) perm-selective membranes for gas separation and the development of highly selective adsorbents for preparation of the ultrapure gases required in the manufacture of semi conductors and other electronic devices. In this context an understanding of transport in microporous solids and the fundamentals of surface adsorption, in zeolites and other microporous materials, are obviously the basic building blocks. It seems likely that in the future you may have to work on projects which are perhaps more directly related to potential applications (i.e. shorter time frame) than in the past but although such projects may not lend themselves to profuse publications they can be just as rewarding as the more academic studies.

To single out individuals is difficult but it is quite clear that your own contributions, as well as those of Fiedler, Stach, Sauer, Lohse and Bulow have become key references in the adsorption literature. There is little doubt that the concentration of a wide range of different experts in your institution has had a synergistic effect. It would certainly be a tragedy if this leading research group is allowed to disintegrate.

I hope these brief and rather general comments will be helpful and I look forward to seeing you in Leipzig.

Yours sincerely,

Douglas Ruthven

Douglas Ruthven

Dr. D.M. Ruthven FRSC
Professor of Chemical Engineering
University of New Brunswick
Fredericiton, N.B., Canada

Anhang 3. Resignation und schließlich *Exit Ghost* [14].

Im Jahre 1991 trug der Autor dieses Aufsatzes vielfach nutzungsrelevante Ergebnisse und Leistungsangebote seiner Abteilung in Zentren der chemischen Industrie und der Chemie-Ingenieurtechnik der alten Bundesländer vor. Dabei handelte es sich u. a. um die BASF, Hoechst AG, Degussa AG, Mahler AGS. Das Ergebnis dieser Gespräche bestand stets und im Wesentlichen in der Feststellung des hohen Niveaus der Arbeiten – verbunden mit freundlichem Interesse und aufmunternden Worten - seitens der besuchten Firmen. Von beiden Seiten avisierte Absichten für eine vertraglich zu bindende Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung scheiterten an der allgemeinen Unklarheit über die weitere Existenz der Berliner Gruppe nach der bevorstehenden Abwicklung der Akademie.

UNIVERSITY of PENNSYLVANIA

215-898-7078	Office
215-898-2511	Lab
609-694-0450	Home
215-898-1130	FAX
myers@cheme.seas.upenn.edu	INTERNET

Department of Chemical Engineering
220 South 33rd Street
Philadelphia, PA, 19104-6393, USA

March 1, 1991

Prof.Dr. M. Bülow
Leninallee 222
D-O-Berlin-Lichtenberg
Germany

Dear Martin,

You've confirmed my fear. I'd like to help. Times are tough here now because the past decade has seen a benign neglect of research, especially in industry. At the same time, so much has been spent on defense that less is left over for academic research. Personally I've managed to sustain a modest research program involving 3 to 5 PhD students. For many individuals unable to obtain funding, the situation is one of quiet desperation. However, our funding problems here pale in comparison to what you've described.

Please let me know if you decide to look for a position in the USA. It wouldn't be easy but *vouloir, c'est pouvoir*! The procedure is to prepare a form letter for writing to companies and/or universities, accompanied by a biography. The company letter would be different than the university letter, and would include references in the USA (I could be one of those) and a statement of career plans and interests. If you prepare a first draft of a letter and send your biography, I'll make suggestions and do the mailing for you.

I pray that attractive opportunities arise for you in Germany. That's where you belong and frankly Germany may be where I belong; I've always felt very comfortable there and have the unlikely dream of retirement someday in Germany (supplemented by frequent visits to California). A more likely scenario for us is London, where my daughter seems to be settling down permanently.

With best regards,

Alan

Alan L. Myers
Professor

ALM/jf

[14] *In Anlehnung an den Titel eines resignativen späten Romans von Philip Roth - frei nach einer Regie-Aanweisung für den Abgang von Banquo's Geist in Shakespearse's Tragödie Macbeth*

Prof. Dr. habil. M. Bülow
Landsberger Allee 222
D-(O) 1156 Berlin
Tel.: 0372 975 4645

An die
Deutsche Forschungsgemeinshaft
z. Hd. Frau D. Brennecke-Schröder
Postfach 20 50 04
Kennedyallee 40
D-(W) 5300 Bonn 2

Berlin, den 25. Mai 1992

Betr.: Az. Bu 786/1-1; Antrag vom 22. 6. 1991; Alumophosphate und ihre Abkömmlinge

Sehr geehrte Frau Brennecke-Schröder,

hiermit gebe ich die mir bewilligten Mittel im o.g. DFG-Projekt zurück. Eine Bearbeitung in Berlin, die am zu gründenden Zentrum für Heterogene Katalyse stattfinden sollte oder anderswo, wohin ich mich im Rahmen des WIP-HEP für die neuen Bundesländer, bemüht hatte, ist nach letztem Gang der Dinge unmöglich geworden, so daß ich eine weitere Verantwortung für das Projekt nicht mehr tragen kann:

* die KAI e.V. übernimmt nach jüngster Information und langer "Denkphase" die Verantwortung für Drittmittel als möglicherweise zuständige Dachorganisation nicht;
* das Zentrum für Heterogene Katalyse, welches seit längerem gegründet sein sollte und dem ich mit einem WIP-Förderprojekt angeschlossen sei, existiert auch heute nur als eine lose Sammlung von Projektgruppen, deren Zukunft alles in allem offen ist;
* Arbeitsverträge mit uns, d.h. den mehrfach "positiv evaluierten" Wissenschaftlern der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR, sind bis dato - entgegen jeder Rechtspraxis - nicht abgeschlossen worden, so daß ich mich außerstande sehe, einen "Privatarbeitsvertrag" mit dem vorgesehenen Wissenschaftler, Herrn Dr. G. Finger, zu vereinbaren;
* diese Unsicherheit überträgt sich natürlich auch auf Herrn Dr. Finger;
* auf meine Bemühungen, die beteiligten Wissenschaftler und mich - selbst zu BAT-O-Bedingungen - an eine Universität - entweder in Ost oder West - zu überführen, hat die KAI bis heute nicht reagiert; Erkundigungen oder Nachfragen blieben unbeantwortet;
* durch die Überführung der festkörperanalytischen Kapazitäten an die BAM ist die Identifizierung der Syntheseprodukte künftig mit Kosten verbunden, die weder durch die Projektmittel selbst noch durch die WIP-Förderprojekt-Mittel, in deren Rahmen

wir z.Zt. finanziert werden, aufgebracht werden können (über die Situation der alten und neuen Berliner Infrastruktur hatte ich die DFG im Rahmen der Projekt-Einwerbung mehrfach deutlich informiert).

Da sich diese Situation nicht im Einklang mit den Empfehlungen des Wissenschaftsrates befindet, darf ich für die Zukunft nur hoffen, daß sich die Wissenschaftspolitik im neuen Deutschland ändere, den Empfehlungen des Wissenschaftsrates nachkomme und den wirklichen Bedürfnissen hierzulande gerecht werde.

Als besonders bedrückend empfinde ich, daß der zur Disposition gestellte Projektteil noch vor der Einigung Deutschlands mit großem Elan ausgearbeitet und in Angriff geworden war, und daß nach Herstellung der Einheit dieses Landes die im Osten entstandenen Bedingungen eine verantwortungsvolle und erfolgreiche Bearbeitung - zumindest aus meiner Sicht - unmöglich machen.

Hinsichtlich der weiteren Bearbeitung des Projektes könnte ich mir vorstellen, daß ggf. Herr Dr. J. Caro von der hiesigen Einrichtung, falls er und Dr. G. Finger die Verantwortung zu tragen bereit wären, als verantwortlicher Kooperationspartner für Herrn Professor Baur, Universität Frankfurt, figuriere. Andererseits wäre es sicherlich auch möglich, Herrn Professor Baur das Gesamtprojekt anzutragen. Selbstverständlich werde ich beiden Herren meinen Vorschlag unterbreiten.

Bei allen beteiligt gewesenen Mitarbeitern der DFG, die wissenschaftlichen Gutachter möchte ich ausdrücklich einbeziehen, möchte ich mich - trotz allen Bedauerns - sehr herzlich für die gezeigte Kooperativität und Unterstützung, die letztlich zur Bewilligung geführt hatten, bedanken.

Mit freundlichem Gruß

Martin Bülow

Prof. Dr. habil. M. Bülow

Kopien: Prof. Baur, Frankfurt/M.
Dr. Caro, Berlin
Dr. Finger, Berlin

2