



Michael Schütze

## Das Karl-Winnacker-Institut

### Die Vorgeschichte

Es ist sicher eher nicht die Regel, daß eine wissenschaftlich-technische Gesellschaft wie die DECHEMA ein eigenes Forschungsinstitut betreibt. Bereits Max Buchner hatte jedoch schon Pläne einer Institutsgründung erörtert aus dem Grundgedanken heraus, daß ein Verein wie die DECHEMA nur dann Mittelpunkt des wissenschaftlichen Lebens werden könne, wenn er nicht nur Vorträge und Erfahrung vermittelt, sondern auch von sich aus Probleme, die an anderen Stellen nicht bearbeitet werden, mit eigener experimenteller Erfahrung lösen könne. Darüber hinaus sollte ein solches Institut auch Unterrichtszwecken im Bereich der chemischen Technik dienen, wobei hier sowohl Studierende als auch Fachkollegen aus der Praxis, die einen Bedarf nach Weiterbildung haben, angesprochen werden sollten.

Kurz vor dem 2. Weltkrieg entstand innerhalb der DECHEMA eine „Forschungs- und Beratungsstelle für Betriebskontrolle“, die als ein gewisser Vorläufer für die Forschungstätigkeit innerhalb der DECHEMA betrachtet werden kann. Endgültig umgesetzt wurde die Idee eines eigenen Forschungsinstitutes mit dem Beschluß des DECHEMA-Vorstandes vom 11.12.1959, dem eine Beratung eines kleinen Komitees zu den Aufgaben und Zielen eines DECHEMA-Institutes am 15.10.1959 vorgegangen war. Als Ergebnis dieser Beratung wurde vorgeschlagen, mit Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der chemischen Reaktionstechnik anhand wichtiger konkreter Problemstellungen zu beginnen, die in Forschung und Technik häufig auftreten.

Als Beispiel wurde die Umesterung oder Polymerisation unter Verwendung neuer regeltechnischer Entwicklungen und neuer Laboratoriumsapparaturen genannt. Die Forschungsarbeiten des Instituts sollten dabei nicht durch von außen gestellte Aufgaben, insbesondere nicht durch vertraglich vereinbarte Auftragsarbeiten blockiert werden. Auf Beschluß des Vorstandes sollte das Institut in zwei Bauabschnitten entstehen. Der erste Bauabschnitt sah einen Kostenaufwand von 1,5 Mio. DM vor, wobei zunächst der heutige Max-Buchner-Hörsaal, die Bibliothek und einige Büroräume gebaut werden sollten.

Die Anregung eines Vorstandsmitgliedes, das Institut in Form eines Hochhauses auszuführen, wurde verworfen, da in diesem Fall die Kosten für den gesamten Bau auf einmal aufzubringen gewesen wären. Die Fundamente des zweiten Bauabschnittes sollten allerdings so verstärkt werden, daß eine spätere Aufstockung möglich war.



1941: Forschungs- und Beratungsstelle für Betriebskontrolle im DECHEMA-Haus



1961: Der erste Bauabschnitt des DECHEMA-Instituts mit Hörsaal, Bibliothek und Arbeitsräumen

### Die ersten Jahre

Der erste Bauabschnitt, dessen Gesamtkosten am Ende 2,4 Mio. DM betragen, wurde am 10. Juni 1961 durch den damaligen Vorsitzenden der DECHEMA Professor Karl Winnacker eingeweiht. Die Forschungstätigkeit am Institut wurde im Juli des gleichen Jahres aufgenommen, und ein erster Bericht zu den Themenstellungen und zum Stand der Forschungsarbeiten wurde auf der Vorstandssitzung am 1.12.1961 gegeben. Gleichzeitig wurde beschlossen, daß die Diskussion über die Forschungsarbeiten des Institutes zukünftig in einem zu bildenden Institutskuratorium geführt werden solle. Dieses Kuratorium tagte zum ersten Mal am 4.6.1962. In diesem Jahr wurde auch das erste DECHEMA-Praktikum mit dem Thema „Korrosion und Korrosionsschutz“ durchgeführt, und die Erfahrungen dieses Kurses sollten für die Vorbereitung der nächsten beiden Seminare und Praktika zum Thema „Technische Chemie“ ausgewertet werden.

Auf Beschluß des Vorstandes vom 29.11.1963, das Institut fertigzustellen, wurde am 31.8.1964 mit dem

zweiten Bauabschnitt begonnen. Der finanzielle Aufwand lag in der Größenordnung von 3,25 Mio. DM, wobei 2 Mio. von der VW-Stiftung und 0,25 Mio. vom Land Hessen beigesteuert wurden. Darüber hinaus wurde vom Land Hessen ein zinsloses Darlehen über 1 Mio. DM gewährt mit einer Laufzeit von 40 Jahren. Die endgültige Fertigstellung des Institutes erfolgte zur DECHEMA-Jahrestagung 1966.

Die wissenschaftlichen Mitarbeiter der ersten Stunde waren in der Abteilung Apparatechnik Dr. Kurt Kirchner für den Bereich Technische Chemie und Diplomphysiker Volkmar Gundelach für den Bereich Messen und Regeln. Die Abteilung Werkstoffe bestand aus Dr.-Ing. Carl-Max von Meysenbug für den Bereich Werkstofftechnik, Dr. Ewald Heitz für den Bereich Elektrochemie und Korrosion und Herbert Puschmann ebenfalls für den Bereich Korrosion. Unterstützt wurden sie hierbei von zwei Laborantinnen und einem Werkstattmeister. Neben der wissenschaftlichen Arbeit bestanden die Aufgaben im wesentlichen zunächst im Aufbau des DECHEMA-Seminars und -Praktikums für die Bereiche Technische Chemie, Messen und Regeln sowie Korrosion und Korrosionsschutz. Darüber



Mit einer Festveranstaltung im neuen Hörsaal erfolgt die Einweihung des DECHEMA-Instituts anläßlich der AICHEMA 1961.



1966 wurde der zweite Bauabschnitt des DECHEMA-Instituts fertiggestellt.

hinaus sollten in beiden Abteilungen Literaturdienste entwickelt und angeboten werden einschließlich der noch heute bestehenden DECHEMA-Werkstofftabelle. Weitere Aufgaben waren die Mithilfe bei Vortragstagungen, Symposien und Kolloquien sowie die Betreuung der DECHEMA-Arbeitsausschüsse.

Die ersten vier Forschungsvorhaben am Institut befaßten sich mit der Untersuchung des Zeitstandverhaltens von Nichteisenmetallen, der Messung der Strukturviskosität hochviskoser Lösungen, der Stromlinienverteilung bei der Elektrolyse und mit dem Korrosionsverhalten von Metallen und metallischen Werkstoffen in organischen Lösungsmitteln. Aus heutiger Sicht war der finanzielle Aufwand für diese Forschungsvorhaben relativ bescheiden und bewegte sich im Schnitt pro Jahr zwischen 20.000 und 40.000 DM. Der Gesamthaushalt für das Jahr 1962 hatte ein Volumen von 432.000 DM einschließlich aller Personal- und Nebenkosten.

### **Das Institut nimmt den vollen Betrieb auf**

Mit Beendigung des zweiten Bauabschnitts stieg die Forschungsaktivität des Institutes rapide an. Im Jahr 1965 wurde die Abteilung Werkstoffe durch Dr. Alfred Rahmel verstärkt, der vom Mannesmann-Forschungsinstitut zur DECHEMA gewechselt hatte. Aus den wissenschaftlichen Mitarbeitern der ersten Stunde sollte sich später die Führungsriege des Karl-Winnacker-Instituts entwickeln, die bis in die 90er Jahre hinein die Forschungsarbeiten bestimmte. Die Themen der genannten ersten vier Forschungsvorhaben lassen bereits Schwerpunkte erkennen, die im weiteren Verlauf deutlich ausgebaut wurden. Insbesondere die Zeitstanduntersuchungen und das Korrosionsverhalten in organischen Medien spielten über viele Jahre hinweg eine zentrale Rolle in der Abteilung Werkstoffe.

1966 umfaßte das Institut 15 wissenschaftliche Mitarbeiter, zehn technische Mitarbeiter, drei Mitarbeiter in der Werkstatt und fünf Bürokräfte. Erstmals wird in diesem Jahr auch die Einstellung von Doktoranden diskutiert. In einer der Kuratoriumssitzungen wird dann auch bemerkt, daß die Zahl der Doktoranden an den Hochschulen zu groß sei, um alle Doktorarbeiten in den Universitätslaboratorien durchführen zu können. Aus diesem Grunde wurde begrüßt, daß das Karl-Winnacker-Institut die Möglichkeit bietet, die Doktorarbeit im Rahmen eines Forschungsvorhabens unter Betreuung eines der Arbeitsgruppenleiter durchzuführen und am Ende an einer deutschen Hochschule zu promovieren. In den Folgejahren sollte sich diese Regelung zu einer wesentlichen Stütze der Forschungsarbeiten am Institut entwickeln, ohne die bis zum heutigen Tage diese Vielzahl von Forschungsarbeiten nicht möglich gewesen wäre.

Der Beginn der Mitarbeit von Doktoranden erfolgte in Form von vier Doktorandenstellen in den Bereichen Technische Chemie und Korrosion im Jahre 1968, wobei zu diesem Zeitpunkt bereits 15 mit Drittmitteln geförderte Vorhaben am Institut bearbeitet wurden. Zwei dieser Vorhaben wurden vom Land Hessen unterstützt, eines von der DFG gefördert und die restlichen Vorhaben vom Bundeswirtschaftsministerium über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) finanziert. Im gleichen Jahr hatte sich die Mitarbeiterzahl auf 55 erhöht und damit im Prinzip den Personalstand erreicht, der mit Schwankungen nach oben und unten auch heute noch besteht. Zu den bereits genannten Forschungsschwerpunkten kamen in diesen Jahren noch die Themen Hochtemperaturkorrosion (Verzunderung von Werkstoffen und Korrosion in Salzschnmelzen), mechanische Eigenschaften und Korrosionsverhalten von Kunststoffen sowie die Polymerisation hinzu. Im Jahr 1966 war auch mit ersten Über-

legungen auf dem Gebiet des Umweltschutzes begonnen worden in Form eines Forschungsantrags zur Entfernung von Gasen geringer Konzentration aus Abluft.

Wenig später begannen in der mittlerweile in Technische Chemie umbenannten Abteilung Apparatechnik Arbeiten auf dem Gebiet der Biotechnologie. Diese führten 1970 zur Gründung einer eigenen Arbeitsgruppe unter der Leitung von Dr. Klaus Buchholz, die heute den Namen Bioverfahrenstechnik trägt. Zur damaligen Zeit lagen die Schwerpunkte der Arbeiten dieser neuen Gruppe im Bereich Biokatalysatoren und Produktaufarbeitung. In der Abteilung Technische Chemie traten neben der Reaktionstechnik von Polyreaktionen und der Partikeltechnik mehr und mehr umwelttechnische Fragestellungen in den Vordergrund wie die Reaktion von Luftschadstoffen in der Troposphäre und die katalytische, chemische und biologische Reinigung von Abgasen.

1973 und in den Folgejahren wurde von Dr. Gerhard Kreysa das Forschungsgebiet Elektrochemie am Institut um Vorhaben zur Entwicklung, Modellierung und Optimierung elektrochemischer Prozesse für die Reinigung von schwermetallhaltigen Abwässern, für die elektrochemische Gasreinigung, die Metallgewinnung, die organische Elektrosynthese und die Wasserstoffgewinnung erweitert, dessen Leitung er 1978 übernahm.

1974 startete das Forschungs- und Entwicklungsprogramm „Korrosion und Korrosionsschutz“ (FE-KKs), für das die DECHEMA die Projektträgerschaft im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie (BMFT) übernommen hatte. Dieses Programm sollte nicht ohne Auswirkungen für die Forschungsarbeiten am Institut bleiben. So erfolgte die wissenschaftliche Betreuung dieses Förderprogramms durch Mitarbeiter des Karl-Winnacker-Instituts, und ab 1.8.1974 wurden auch Forschungsvorhaben aus diesem Programm am Karl-Winnacker-Institut selbst bearbeitet. Das erste trug den Titel „Mechanismus der Erosionskorrosion von legierten und unlegierten Eisenwerkstoffen in Wässern hoher Strömungsgeschwindigkeit“ und markierte einen Forschungsschwerpunkt in der Arbeitsgruppe Korrosion für die Folgejahre.

In der Arbeitsgruppe Hochtemperaturkorrosion begann 1977 ein Schwerpunkt zum Thema „Wechselwirkung zwischen Hochtemperaturkorrosion und mechanischer Beanspruchung“, der für viele weitere Jahre im Zentrum der Arbeiten dieser Gruppe stand und ganz wesentlich den heutigen Kenntnisstand auf diesem Gebiet prägte. Die Forschungsförderung im Rahmen des FE-KKs-Programms führte auch zu einem deutlichen Ausbau der

Korrosionsforschung am Institut, so daß diese für die nächsten 20 Jahre (Dauer des FE-KKs) sehr deutlich das Erscheinungsbild des Karl-Winnacker-Instituts nach außen prägte.

Am 20. November 1986 feierte das Karl-Winnacker-Institut sein 25jähriges Jubiläum mit einem Festkolloquium. Die Vortragsthemen dieses Festkolloquiums waren:

- Einsatz molekularbiologischer Methoden in der Biotechnologie (A. Driesel)
- Entwicklungstendenzen in der Meßtechnik (V. Gundelach)
- Neue Technologien – Neue Korrosionsprobleme (E. Heitz)
- Korrosion von Polymerwerkstoffen (R. Henkhaus)
- Abgasreinigung mit fixierten Bakterienkulturen (Biokatalysatoren) (K. Kirchner)
- Bioverfahrenstechnik und technische Biochemie zur Aufarbeitung von Bioprodukten (P. Krämer)
- Wechselwirkung zwischen Grundlagenforschung und Prozeßtechnik in der Elektrochemie (G. Kreysa)
- Strategien der Schadensverhütung unter komplexer Beanspruchung bei hohen Temperaturen (A. Rahmel).

Diese Themen spiegeln die Schwerpunkte im Arbeitsspektrum des Instituts in dieser Zeit wider, das damals auf zehn Arbeitsgruppen angewachsen war und z.B. im Jahr 1986 insgesamt 25 Doktoranden beschäftigte.

## **Aus- und Weiterbildung**

Neben der Forschung spielten auch immer die Ausbildung und die Weiterbildung am Institut eine ganz wesentliche Rolle. Im Jahr 1966 existierten bereits neun Kurse, die am Institut von den wissenschaftlichen Mitarbeitern durchgeführt wurden. Hierbei handelte es sich in der überwiegenden Zahl noch um Seminare für Studenten zusammen mit zwei Weiterbildungskursen für Mitarbeiter aus der Industrie auf den Gebieten Messen und Regeln in der chemischen Technik sowie Korrosion und Korrosionsschutz. Darüber hinaus fand bereits in diesem Jahr ein postgradualer Weiterbildungskurs für Dozenten aus Entwicklungsländern statt mit 15 Teilnehmern. Der Kurs Korrosion und Korrosionsschutz wurde in diesem Jahr zweimal durchgeführt mit Teilnehmerzahlen von 33 und 34. Gleiches gilt für den Kurs Messen und Regeln in der chemischen Technik, bei dem die Teilnehmerzahlen 30 und 32 betragen. Ausgehend von den Studentenseminaren zur Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses auf dem Gebiet Chemische Technik wurden auch für das Fach Technische Chemie entsprechende



Vorlesung im Hörsaal des  
DECHEMA-Weiterbildungszentrums

Weiterbildungskurse für Mitarbeiter der Industrie entwickelt, die somit ebenfalls zu den bereits seit der Gründungsphase des Instituts laufenden Kernaktivitäten im Bereich Weiterbildung gehören. Zu den bisher genannten Kursen kamen später die externen Kurse hinzu, die an Instituten außerhalb der DECHEMA durchgeführt wurden. Heute werden vom Karl-Winnacker-Institut zehn „interne“ Weiterbildungskurse und sieben Studentenseminare angeboten. Bei den externen Kursen beträgt die Zahl 20. Die Themen bewegen sich von der Technischen Chemie über das Patentwesen bis hin zum Gentechnikrecht und zur mikrobiell beeinflussten Werkstoffzerstörung unter Beibehaltung der ursprünglichen Kurse zu den Themen Messen und Regeln sowie Korrosion und Korrosionsschutz. Neben der Ausbildung in Form der Dechema-Seminare für Studenten und der Betreuung von Doktoranden in den Forschungsvorhaben erfolgt die Mitwirkung in der Lehre durch die wissenschaftlichen Mitarbeiter des Instituts in Form von Vorlesungen an sieben deutschen Hochschulen,

wo auch die Promotionsverfahren für die Doktoranden des Karl-Winnacker-Instituts durchgeführt werden.

Die starke Zunahme der Aus- und Weiterbildungsaktivitäten des Karl-Winnacker-Instituts war 1986 der Anlaß für die Realisierung der seit längerem bestehenden Pläne eines dritten Bauabschnitts. Dieser bestand in der Erweiterung des Institutsgebäudes um ein zusätzliches Stockwerk (die Fundamente waren ja in weiser Voraussicht verstärkt ausgelegt worden) im Bereich des zweiten Bauabschnitts. Dieses Stockwerk mit vier großen Laborräumen und einem kleinen Hörsaal mit ca. 80 Sitzplätzen wurde insbesondere auch für die Experimentalkurse des Instituts konzipiert und als Weiterbildungszentrum der DECHEMA e.V. im ersten Halbjahr 1987 mit dem Umzug der Praktikumseinrichtungen aus dem Hauptgebäude der DECHEMA in die neuen Räumlichkeiten in Betrieb genommen. Seitdem dient das Weiterbildungszentrum nicht nur der Durchführung von Seminaren und Kursen, sondern wird häufig



Mehr als 100 Versuchsaufbauten stehen für die Experimentalkurse im DECHEMA-Weiterbildungszentrum zur Verfügung.

auch für Workshops, Diskussionsforen und kleinere Tagungsveranstaltungen genutzt.

### Neuorientierung des Instituts

Nachdem die Grundausrichtung des Instituts über lange Jahre keine wesentliche Änderung erfahren hatte, erfolgte in den Jahren 1993 bis 1995 eine Neuorientierung bezüglich der Forschungsschwerpunkte und der Arbeitsgruppenstruktur. Bereits bei der Gründung des Instituts war in den Vorstandssitzungen festgehalten worden, daß ein DECHEMA-Institut nicht die gesamte Themen-

ursprünglich einmal elf in 1990 auf heute fünf reduziert, und es wurden Themenschwerpunkte gewählt, die sich an der veränderten Forschungslandschaft orientierten. Als ein Beispiel sei die Korrosionsforschung genannt, die früher in großer Breite am Institut abgedeckt wurde, aber nach dem Auslaufen des Förderprogramms FE-KKs des BMFT in der traditionellen Form an Bedeutung verloren hatte. Heutzutage spielen in diesem Bereich vielmehr extreme Beanspruchungsbedingungen, neu entwickelte Werkstoffsysteme und Schutzschichtsysteme bis hin zur Nanotechnologie eine wichtige Rolle. Biotechnologische Forschungsvorhaben, die früher z.T. in unterschiedlichen

| Forschungsschwerpunkte                             | Arbeitsgruppen           |                            |                             |                   |                   |                      |
|--|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
|  | Hochtemperaturwerkstoffe | Werkstoffcharakterisierung | Elektrochemie und Korrosion | Technische Chemie | Messen und Regeln | Bioverfahrenstechnik |
| Arbeitsgruppenleiter                               | Prof. Dr. M. Schütze     |                            | Prof. Dr. K. Jötner         | Dr. R. Dittmayer  | Dr. O. U. Langer  | Dr. D. Sell          |
| Schicht- und Oberflächentechnik                    | ●                        | ●                          | ●                           |                   | ●                 |                      |
| Neue Werkstoffsysteme                              | ●                        | ●                          |                             |                   | ●                 |                      |
| Werkstofflösungen für den Apparate- und Anlagenbau | ●                        | ●                          |                             |                   | ●                 |                      |
| Membranreaktoren                                   |                          | ●                          |                             | ●                 | ●                 |                      |
| Brennstoffzellen (SOFC)                            |                          | ●                          | ●                           | ●                 | ●                 |                      |
| Mikroreaktionstechnik                              |                          |                            |                             | ●                 | ●                 |                      |
| Leitfähige Polymere                                |                          | ●                          | ●                           |                   | ●                 |                      |
| Korrosionsschutz                                   |                          | ●                          | ●                           |                   | ●                 |                      |
| Neue Elektrodenmaterialien                         |                          | ●                          | ●                           |                   | ●                 |                      |
| Biologische Sensorsysteme                          |                          |                            |                             |                   | ●                 | ●                    |
| Stofftrennung                                      |                          |                            | ●                           | ●                 |                   | ●                    |
| Biotechn. Produktionsprozesse                      |                          |                            |                             |                   |                   | ●                    |

Forschungsschwerpunkte am Karl-Winnacker-Institut. Die Arbeitsschwerpunkte der jeweiligen Arbeitsgruppe sind blau unterlegt.

breite der DECHEMA abdecken könne. Dies traf im Laufe der Jahre immer mehr zu, da sich das Tätigkeitsfeld der DECHEMA zunehmend ausweitete. Im Jahr 1993 wurde daher eine Strukturkommission gebildet, die sich aus externen Fachkollegen der Industrie und der Hochschulforschung zusammensetzte und die in einer Klausurtagung am 3. und 4. Juni 1993 gemeinsam mit den Arbeitsgruppenleitern des Instituts ein neues zukunftsfähiges Konzept erarbeitete. Ein Ergebnis dieser Klausur war, daß ein Forschungsinstitut mit einer Vielzahl von kleinen Arbeitsgruppen unterschiedlichster Themenschwerpunkte in der heutigen Forschungslandschaft nicht mehr wettbewerbsfähig ist, so daß hier neue Wege beschritten werden mußten. Die Zahl der Arbeitsgruppen wurde daher von

Arbeitsgruppen bearbeitet wurden, sind nun sämtlich in der Gruppe Bioverfahrenstechnik zu finden, und die Arbeitsgruppe Technische Chemie fokussiert ihre Aktivitäten auf aktuelle Themen der heterogenen Katalyse, wobei hier vor allem multifunktionelle Reaktorkonzepte im Vordergrund stehen.

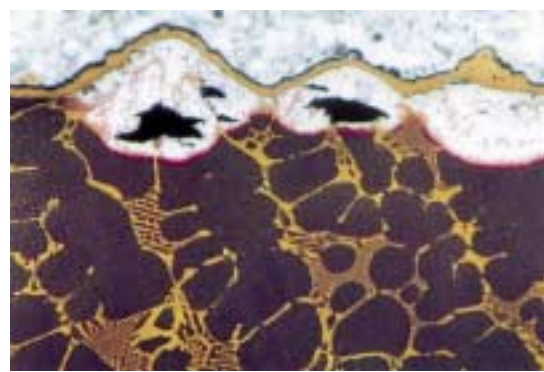
Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten werden seit 1993 auf einem jährlichen Berichtskolloquium der Öffentlichkeit vorgestellt. Zu diesem Kolloquium werden die Fachkollegen aus der Industrie, den Großforschungszentren, den Hochschulen und der Geldgeber eingeladen. Alle Projekte werden außerdem in einer ganzjährigen Posterschau im Weiterbildungszentrum erläutert, in der

Besuchern des Instituts das aktuelle Forschungsspektrum vorgeführt werden kann. Als weiterer Bestandteil einer intensivierten Öffentlichkeitsarbeit des Instituts wurden eine Institutsbroschüre in englisch und deutsch und eine entsprechende Internetdarstellung entwickelt.

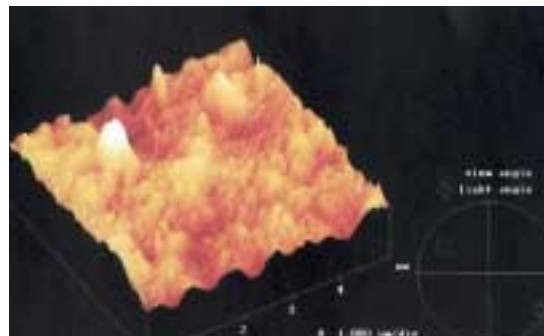
Die heutige Struktur, die Wechselwirkung zwischen den Arbeitsgruppen und die Forschungsschwerpunkte sind in der Tabelle auf Seite 91 zusammengefaßt. Sie verdeutlicht den interdisziplinären Charakter des Instituts, der in dieser Form und unter einem Dach im Bereich der Chemischen Technik sicher als einmalig bezeichnet werden kann. Das Institut ist Mitglied zahlreicher deutscher und europäischer Forschungsverbände, so daß die Vorteile der Interdisziplinarität im eigenen Hause insbesondere auch für die Zusammenarbeit mit Forschungspartnern außerhalb der DECHEMA genutzt werden. Auf die heutige fachliche Ausrichtung der einzelnen Arbeitsgruppen soll im folgenden etwas ausführlicher eingegangen werden.

### **Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet „Werkstoffe“**

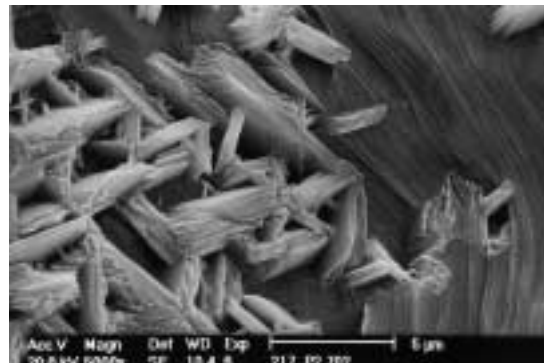
Im Bereich Werkstoffe, der aus der Arbeitsgruppe Hochtemperaturwerkstoffe und dem angegliederten Servicebereich Werkstoffcharakterisierung besteht, dominieren Forschungsthemen zu den Gebieten Schicht- und Oberflächentechnik, neue Werkstoffsysteme und Werkstofflösungen für den Apparate- und Anlagenbau. Selbst in dem traditionsreichen Wirtschaftszweig des Apparate- und Anlagenbaus steckt werkstoffseitig ein bedeutendes Entwicklungspotential, das einerseits neue Prozesse überhaupt erst ermöglicht und andererseits bestehende Prozesse zu höheren Wirkungsgraden bzw. höheren Umsatzgraden erweitern kann. Dieses Entwicklungspotential beruht darauf, daß in neuerer Zeit Werkstoff- und Schichtsysteme entwickelt wurden und noch entwickelt werden, die auf keramischen und intermetallischen Phasen basieren und zum Teil eine extrem hohe Beständigkeit gegenüber Prozeßumgebungen bei hohen Temperaturen aufweisen. Als Beispiel seien die intermetallischen Aluminide und Silizide genannt, deren Oxidationsbeständigkeit bei Temperaturen oberhalb 1700°C noch gewährleistet werden kann. So bieten sich diese Systeme auch gerade für Anlagenbauteile an, die extremen korrosiven Atmosphären und besonders hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Beispiele für solche Bedingungen sind hochchlorhaltige Prozeßumgebungen der chemischen Industrie und der Energieumwandlung sowie hochaggressive, H<sub>2</sub>S-reiche Atmosphären der Kohlevergasung, der Teerdestillation, der Rückstandsölvergasung und anderer petrochemischer Prozesse.



Schliffbild einer oxidierten Nickelbasis-Legierung nach ZnSe-Bedampfung



Topographische Darstellung der Oberfläche einer dünnen Oxidschicht auf Chlor-implantiertem TiAl (5 min oxidiert bei 900 °C)



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Eisensulfid auf einem Fe-Si-Cr-Gußwerkstoff



Eisensulfid-Kristalle auf einer TiAl-Schutzschicht nach Schwefelangriff bei 700 °C

In der Gruppe Hochtemperaturwerkstoffe werden Spritz- und Diffusionsschichten auf der Basis der intermetallischen Titanaluminide und verschiedener Silizide entwickelt, die in diesen extremen Umgebungen eine Anhebung der Betriebstemperatur um bis zu ca. 200 °C ermöglichen. Weitere Schichtsysteme sind für den Schutz unter Bedingungen des Metal-Dusting-Angriffs in der Entwicklung, wie er in der Petrochemie angetroffen wird und dort zu einem pulverartigen lokalen Zerfall der eingesetzten metallischen Werkstoffe führt.

Im Rahmen der Arbeiten wird insbesondere auch der verblüffende Mikrolegierungseffekt bezüglich der Erhöhung der Oxidationsbeständigkeit der neuen Werkstoffgruppe der intermetallischen Titanaluminide intensiv untersucht und weiterentwickelt. Bei diesem Effekt genügen „homöopathische“ Dosen (einige 10 ppm) an Halogenen, die z.B. über Ionenimplantation in die Werkstoffoberfläche eingebracht werden können, um die Oxidationsbeständigkeit bei Temperaturen von bis zu 1000 °C dramatisch um mehrere Größenordnungen zu erhöhen. Da insbesondere von industrieller Seite ein hohes Interesse an einer technischen Verwertung dieses Effektes besteht, laufen mittlerweile am Institut auch Arbeiten zu einer Übertragung des Effektes in technische Maßstäbe neben der Erprobung weiterer bisher noch nicht untersuchter Halogenzusätze.

In verschiedenen thermischen Prozessen besteht der Wunsch nach immer höheren Betriebstemperaturen. In der Arbeitsgruppe Hochtemperaturwerkstoffe laufen daher Untersuchungen zur Entwicklung von Gradienten- und Verbundwerkstoffsystemen, die auf der Basis von Siliziden und verschiedenen höchststabilen Oxidphasen aufgebaut sind und die Anwendungstemperaturen von bis zu 1800 °C ermöglichen sollen. Obwohl es sich bei diesen Phasen selbst um höchsttemperaturbeständige Werkstoffsysteme handelt, wird auch an Wärmedämmschichtsystemen für diese Werkstoffe gearbeitet.

Grundsätzlich ist das Thema keramische Wärmedämmschichtsysteme neben dem Gebiet der Entwicklung von Korrosionsschutzschichten für hohe Temperaturen wesentlicher Arbeitsschwerpunkt im Bereich Werkstoffe. Hierbei stehen die langzeitige Zuverlässigkeit der Schichtsysteme bzw. die Grenzen ihrer mechanischen Belastbarkeit im Vordergrund.

Auch das Forschungsgebiet Nanotechnologie ist am Institut nicht spurlos vorbeigegangen. Die hohe Sinteraktivität extrem feinkörniger Keramikpulver bietet sich an, um auf thermischem Wege neuartige anorganische Korro-

sionsschutzschichten für die Anwendung bei normalen Umgebungstemperaturen aufzubringen. Diese Entwicklungsrouten werden am Institut zunächst ausgehend von Aerosilpulvern (nanoskalige  $\text{SiO}_2$ -Pulver) beschriftet, da Aerosile bereits seit Jahrzehnten im Tonnenmaßstab hergestellt werden und damit gerade für Apparatebauanwendungen sehr preiswert und in großen Mengen zur Verfügung stehen. Neben dem rein thermischen Prozeß, bei dem zunächst die Nanopulver auf der Oberfläche aufgeschlämmt und anschließend bei Temperaturen von ca. 400 °C gesintert werden, wird auch ein kombiniertes Sol-Gel-/thermisches Verfahren entwickelt. Aufgrund der niedrigen Sintertemperaturen ist neben Anwendungen auf Stahl vor allem an die Aufbringung von anorganischen Korrosionsschutzschichten auf Leichtmetalle gedacht.

### **Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet „Chemische Prozeßtechnik“**

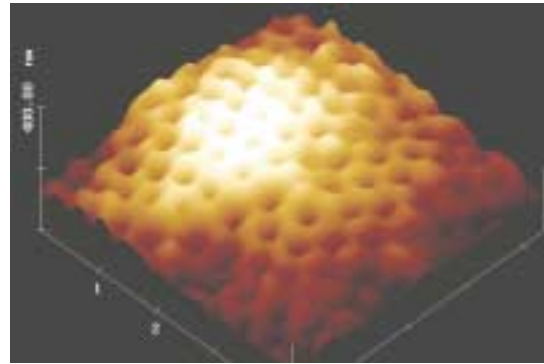
Die Arbeitsgruppe Technische Chemie konzentriert sich bei ihren Forschungsarbeiten auf verschiedene Membranreaktor-Konzepte für Anwendungen in der heterogenen Katalyse. Als Membranen zur Wasserstoffabtrennung bei Dehydrierungsreaktionen werden hierbei Palladiumkompositmembranen auf Keramik- und Sintermetallrohren entwickelt. Über stromlose elektrochemische Abscheidung werden zunächst fehlerstellenfreie Palladiumschichten mit einer Dicke von 2–15 µm aufgebracht. Über die anschließende Silberabscheidung und nachfolgende Temperung werden fehlerfreie Pd/Ag-Kompositmembranen hergestellt. Die Permeationseigenschaften lassen sich hierbei durch Variation der Schichtdicken steuern. Ziel dieser Arbeiten ist insbesondere auch eine Auslotung des Potentials der Ausbeutesteigerung und eine begleitende Modellierung für den Betrieb dieser Membranen.

Als zweites Forschungsgebiet der Arbeitsgruppe werden katalytisch aktive Membranen untersucht, für die z.B. Edelmetalle in die Deckschicht einer feinporösen keramischen Membran eingebracht werden. Die Deckschicht steht im Kontakt mit einer Flüssigkeit, die das umzusetzende Edukt enthält. Auf der Trägerseite der Membran befindet sich ein gasförmiger Reaktionspartner. Dieses Konzept des „katalytischen Diffusors“ besitzt mehrere Vorteile gegenüber dem gewöhnlichen Suspensionskatalysator. Die katalytisch wirksame Oberfläche ist im Reaktor fixiert und damit immobilisiert, und es können kurze Diffusionswege realisiert werden. Darüber hinaus läßt sich durch Anwendung eines erhöhten Druckes auf der Gasseite der Stoffübergang vom Gas in die Flüssigkeit beschleunigen. Bei diesem Konzept besteht auch die Möglichkeit, die Reaktionspartner von zwei verschiedenen Seiten in die kataly-

tische Zone einzubringen, wodurch die Konzentrationsverteilung der Reaktanden günstig beeinflusst werden kann.

Auch das Thema Zeolithmembranen beschäftigt die Arbeitsgruppe, wobei hier die Charakterisierung der Permeationseigenschaften der Membranen und Membran-Vorstufen sowie die mathematische Modellierung der Permeation bzw. von Permeation und Reaktion im Vordergrund stehen. Ein wichtiges Arbeitsgebiet stellt darüber hinaus die Mitwirkung bei der Entwicklung der Hochtemperatur-Festoxid-Brennstoffzelle SOFC dar. Hierzu wurden am Institut ein Testreaktor für scheibenförmige Zellen sowie eine aufwendige Mehrzellenapparatur mit 4 planaren Zellen einschließlich Peripherie (Verdampfer, Vorreformer) und Analytik aufgebaut. Diese Apparaturen erlauben Untersuchungen zum Umsatzverlauf kohlenwasserstoffhaltiger Brennstoffe in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen (Temperatur, Konzentrationsverhältnisse, elektrische Last). Ziel dieser Arbeiten ist es hierbei, das Ineinandergreifen von heterogen katalysierter Reformierung und elektrokatalytischer Oxidation an katalytisch modifizierten Brennstoffelektroden zu studieren. Die Ergebnisse dienen einer besseren Abstimmung der Reformierungs- und Oxidationsaktivität der Anode. Darüber hinaus sollen diese Untersuchungen Anhaltspunkte zur Unterdrückung der Verkokung des Anodenmaterials liefern.

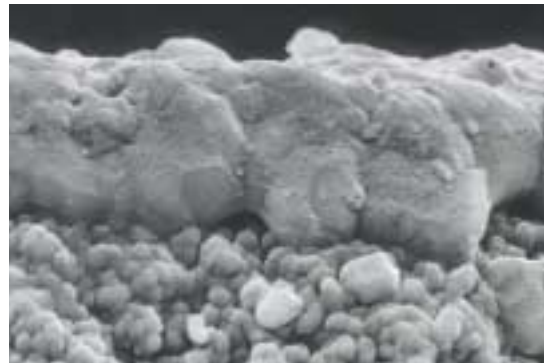
Für die Arbeitsgruppe MSR-Technik bildet die mathematische Modellierung des dynamischen Verhaltens von Anlagen und Regelungsstrukturen den Arbeitsschwerpunkt. Auf dieser Grundlage werden Fragen der optimalen Auslegung mittels Simulation und experimenteller Verifizierung behandelt. Seit einigen Jahren stehen dabei Mikrostrukturen, insbesondere Mikroreaktoren, im Mittelpunkt. Am Beispiel der Ethylenoxidsynthese wurde das Verhalten eines Mikroreaktors bei periodischer Prozeßführung untersucht. Für heterogen katalysierte Gasphasenreaktionen wird ein „Beratungs“-Programm entwickelt, das auf der Grundlage von Mikroreaktormodellen von unterschiedlichem Detaillierungsgrad Aussagen zum Potential von Mikroreaktoren für spezielle Synthesen bei stationärer und periodischer Prozeßführung trifft. Für vorzugebende Reaktorleistungen wird dabei die Basisauslegung des Mikroreaktors durchgeführt, so daß eine Abschätzung vorgenommen werden kann, ob der Einsatz eines Mikroreaktors aussichtsreich ist. Ein entsprechendes Beratungsprogramm für Flüssigphasenreaktionen in Mikrostrukturen wurde ebenfalls konzipiert. Dabei sollen die verwendeten Algorithmen durch direkte numerische Strömungsberechnungen (CFD), die mit reaktionskinetischen Modellen zu koppeln sind, abgesichert werden. Für die begleitenden experimentellen Untersuchungen ver-



Porenstruktur einer Membran aus anodisiertem Aluminium im Rasterkraftmikroskop



REM-Aufnahme des biotechnisch bedeutsamen grampositiven Bakteriums *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13032



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Palladium/Silber-Membran auf einem  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Träger



Hemmhöfe um Antibiotika produzierende Streptomyceten-Kolonien

schiedener Modellreaktionen und der Kinetik dieser Reaktionen ist die Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Technische Chemie vorgesehen.

Im Bereich der Arbeitsgruppe Elektrochemie steht vor allem die Entwicklung neuer Materialien für die elektrochemische Anwendung in der Energieumwandlung, der Katalyse, der Umwelttechnik, der Sensorik und im Korrosionsschutz im Vordergrund. Ein wichtiges Forschungsgebiet sind hierbei die Eigenschaften und die Anwendung leitfähiger Polymere. Für den Einsatz als elektrochemisch regenerierbarer Ionenaustauscher in der Trinkwasserbehandlung wird Polypyrrol in verschiedenen Modifikationen untersucht. Für die technische Anwendung wurde hierbei ein nanoskaliges Polypyrrolpulver mit hoher spezifischer Oberfläche entwickelt und zur Erzeugung einer dreidimensionalen Elektrodenstruktur in einer leitfähigen Kohlenstoffmatrix fixiert. Prototypen dieses Ionenaustauschers existieren und wurden bereits auf der AICHEMA 2000 vorgestellt.

Polypyrrol bietet sich aber auch als neuartiger Sensorwerkstoff für ionenselektive Elektroden, Referenz- und pH-Elektroden an. Als Ergebnis der Arbeiten am KWI wurden eine pH-Elektrode mit innerer Festableitung und ein Redoxsensor entwickelt. Das neuentwickelte nanoskalige Polypyrrolpulver kann auch als Katalysatorträger eingesetzt werden. Genutzt wird diese Eigenschaft bei der Entwicklung eines Katalysatorverbundsystems aus Platin und Polypyrrol für die anodische Umsetzung von Wasserstoff oder Methanol in Form von neuartigen Schichtstrukturen in Brennstoffzellensystemen. Die Einsatzmöglichkeiten dieser Katalysatorsysteme für die elektroorganische Synthese werden am Beispiel der Heckreaktion untersucht.

Die Anwendung von leitfähigen Polymeren für den Korrosionsschutz ist wiederholt diskutiert worden und wird am Institut mit der Entwicklung von Self-assembled Monolayers verfolgt. Die leitfähige Polymerschicht dient hierbei aber nicht als eigentliche Schutzschicht, sondern besitzt die Funktion eines molekularen Haftvermittlers für organische Beschichtungen. Sowohl bei der Entwicklung dieser Schichtsysteme als auch bei Untersuchungen zur Korrosion unter Beschichtungen und Gummierungen für den schweren Korrosionsschutz liefert die am Institut neu aufgebaute Rasterkelvinsonde wichtige Ergebnisse zur Stabilität der Phasengrenze zwischen Metall und Schichtsystem.

Neben polymeren Schichtsystemen werden auch Untersuchungen an leitfähigen CVD-Diamantschichten durchgeführt, da insbesondere diamantbeschichtete Elektroden aufgrund ihrer hohen chemischen und thermischen

Stabilität sowie ihrer Formbeständigkeit von großem Interesse für eine industrielle Nutzung sind.

### **Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet „Biotechnologie“**

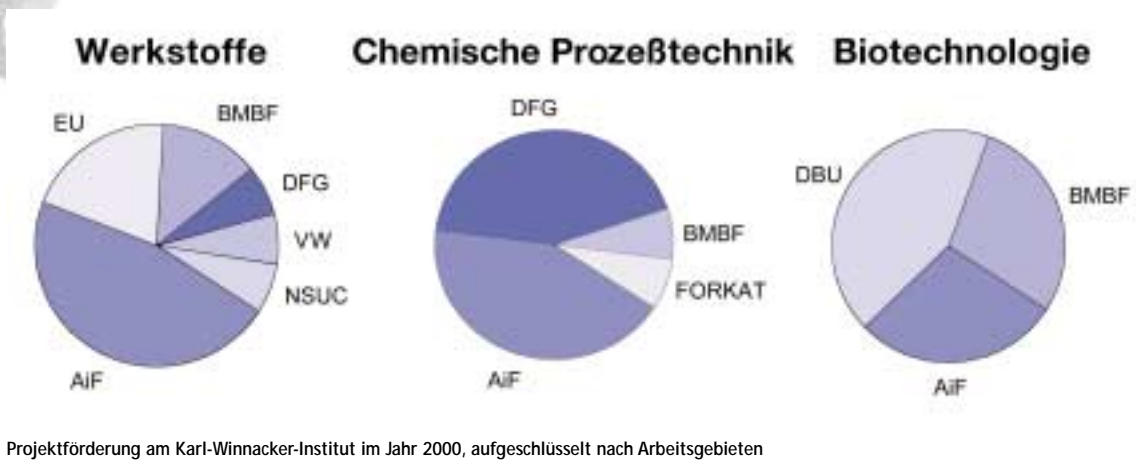
Ein wesentliches Forschungsgebiet der Arbeitsgruppe Bioverfahrenstechnik ist die Entwicklung von bioelektrochemischen Sensorsystemen. So konnte z.B. für die Altpapieraufbereitung ein Meßverfahren entwickelt werden, das es ermöglicht, das Anwachsen von Biofilmen in Rohrleitungen und an Rohrwänden online zu verfolgen. Darüber hinaus kann in diesem Fall auch der Erfolg eines Biozideinsatzes unmittelbar meßtechnisch verfolgt werden, so daß auf diese Weise die Grundlage für eine bedarfsgesteuerte Dosierung von Bioziden in Prozeßwasserkreisläufen geschaffen werden konnte. Ein weiteres Anwendungsgebiet der Sensoren stellt die biologische Abwasserreinigung dar. Hier wird ein bioelektrochemisches Meßsystem zur Online-Bestimmung der Stoffwechselaktivität der an Abbauprozessen beteiligten Mikroorganismen eingesetzt. Das resultierende Signal soll in Prozeßsteuerungsabläufe eingebunden werden.

Auch in der Lebensmittelindustrie lassen sich entsprechende Verfahren zur Sicherung der Produktqualität von mikrobiellen Starterkulturen und flüssigen Rohwaren einsetzen. Auf diesem Gebiet laufen in der Gruppe Arbeiten zur Verbesserung der mikrobiologischen Qualitätskontrolle. Diese schließen Untersuchungen im Bereich der Wareneingangskontrolle vergärbare Substrate ein. Als Ergebnis dieser Arbeiten kann z.B. in der Wein- und Sektherstellung die Güte von Mosten und Grundweinen ermittelt werden, bevor diese zur Vergärung eingesetzt werden. Mögliche Gärstörungen können dabei im Vorfeld aufgezeigt und Produktionsausfälle verhindert werden.

Ein neuer Arbeitsschwerpunkt bildet sich derzeit für den Einsatz neuer biotechnologischer Verfahren zur Verbesserung lebensmitteltechnischer Prozesse am KWI aus. Forschungsthemen sind dabei die hefekatalysierte Produktion des rosenartigen Duft- und Aromastoffes 2-Phenylethanol auf Basis pflanzlicher Sekundärrohstoffe und die Biokonversion von Terpenen aus Zitruspflanzen zu aromatischen Terpenoiden mit Hilfe von filamentösen Pilzen. Im Mittelpunkt dieser Arbeiten steht hierbei die Entwicklung integrierter Bioprozesse.

### **Die Finanzierung der Forschungsarbeiten**

Die Forschungsarbeiten werden zum überwiegenden Teil aus Drittmitteln finanziert. Wichtigster Geldgeber ist



Projektförderung am Karl-Winnacker-Institut im Jahr 2000, aufgeschlüsselt nach Arbeitsgebieten

nach wie vor die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), wie auch aus der obigen Abbildung für das Jahr 2000 zu ersehen ist, die für die drei Hauptarbeitsbereiche des Instituts den Anteil der unterschiedlichen Geldgeber aufschlüsselt. Insbesondere für den Bereich Biotechnologie kommt in zunehmendem Maße die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) hinzu, die zumindest in diesem Gebiet den Anteil der AiF-geförderten Projekte übertrifft. Weitere Forschungsmittel stammen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), der Europäischen Kommission (EU), der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie der Volkswagen-Stiftung (VW). Darüber hinaus wurden Projekte aus einem bayerischen Förderprogramm (FORKAT) und einem Universitätsförderprogramm der japanischen Stahlindustrie (NSUC) finanziert. Im Jahr 2000 betrug die Gesamtzahl dieser längerfristigen Projekte (in der Regel 2 bis 3 Jahre Laufzeit) 35.

Neben diesen öffentlich geförderten Projekten, bei denen in der Mehrzahl die Industrie entweder in begleitenden Arbeitskreisen oder als Projektpartner involviert ist, werden auch Projekte in direkter Zusammenarbeit mit industriellen Auftraggebern durchgeführt. Bei diesen Projekten handelt es sich nicht um Standarduntersuchungs- oder Prüfaufträge, sondern um wissenschaftliche Untersuchungen, die über die reine Anwendung bereits gesicherter Erkenntnisse hinausgehen. Für derartige Untersuchungsaufträge der Industrie stehen die vollständige Ausstattung der Arbeitsgruppen und der Servicestelle Werkstoffcharakterisierung sowie das wissenschaftliche und experimentelle Know-how des Instituts den Auftraggebern zur Verfügung. Bearbeitet wurden und werden in diesem Bereich vor allem Aufgaben der Werkstoffauswahl für komplexe Einsatzbedingungen, der Überprüfung der Korrosionsbe-

ständigkeit, der Charakterisierung neuartiger Werkstoffsysteme, der Entwicklung und Erprobung geeigneter Korrosionsschutzmaßnahmen sowie der wissenschaftlich fundierten Aufklärung von Schadensursachen. Im Jahre 2000 waren es insgesamt 27 solcher Projekte.

### Die Mitarbeiter

Die Personalstruktur des Instituts hat sich gegenüber den 70er und 80er Jahren mittlerweile deutlich geändert. Während früher die Forschung praktisch im wesentlichen von Doktorarbeiten getragen wurde, hat sich die Zahl der Doktoranden gegenüber den vergangenen Jahren im Jahr 2000 mehr als halbiert. Dagegen ist die Zahl der promovierten wissenschaftlichen Mitarbeiter, insbesondere durch den Anteil der Post-Doktoranden, inzwischen angestiegen. Diese Personalstruktur ist nicht zuletzt das Ergebnis einer Entwicklung an den deutschen Hochschulen, die sich zum Teil in dramatisch verringerten Studentenzahlen widerspiegelt, so daß es immer schwieriger wird, für die zu bearbeitenden Forschungsprojekte Doktorandennachwuchs zu finden. Die durchaus positive Begleiterscheinung dieser Entwicklung ist eine zunehmende Internationalisierung des wissenschaftlichen Personals des Instituts, da die früheren Doktorandenstellen überwiegend mit ausländischen Post-Doktoranden und z.T. auch mit ausländischen Doktoranden besetzt werden. Diese wissenschaftlichen Mitarbeiter stammen derzeit aus den Ländern Frankreich, Großbritannien, Libyen, Spanien, USA und Vietnam. Da nicht in allen Fällen ausreichende Deutschkenntnisse bei diesen Mitarbeitern vorhanden sind, hat sich Englisch mehr und mehr zur Arbeits- und Diskussionssprache im täglichen Umgang sowie insbesondere in den Arbeitsgruppenbesprechungen entwickelt.

Die Internationalisierung des Instituts beschränkt sich allerdings nicht nur auf die personelle Zusammensetzung der Arbeitsgruppen, sondern spiegelt sich auch in den externen Aktivitäten der Arbeitsgruppenleiter wider. So sind diese z.B. Mitglieder und Arbeitskreisvorsitzende in internationalen und europäischen Gremien (ISE, EFC, etc.), Mitglieder von International Advisory Boards oder Herausgeber internationaler wissenschaftlicher Zeitschriften oder wirken bei der Vorbereitung und Durchführung von internationalen Tagungen in Scientific and Organizing Committees mit, bis hin zur Funktion des gewählten Conference Chairmans der renommierten amerikanischen Gordon Research Conference. Neben einer Mitwirkung als Gutachter in nationalen Förderprogrammen sind Arbeitsgruppenleiter des KWI in die Begutachtung von Forschungsvorhaben auf europäischer Ebene eingebunden. Dies erfolgt einerseits natürlich über die europäische

Kommission, andererseits aber auch über direkte Ansprache durch nationale ausländische Förderorganisationen. Nicht vergessen sei auch die Rolle als Prüfer bzw. Berichtsersteller in ausländischen Promotionsverfahren.

Mit seiner derzeitigen wissenschaftlichen Ausrichtung und einem relativ jungen Wissenschaftlerteam sieht sich das Institut für die Herausforderungen in der heutigen Wissenschaftslandschaft gerüstet. Insbesondere in Zeiten, wo ein großer Teil der industriellen Forschung nach außen verlagert wird, nimmt auch die Bedeutung der Rolle solcher Institute wie des Karl-Winnacker-Instituts zu, das sich als Mittler zwischen Hochschul- und Industrieforschung versteht. Gemeinsam mit seinen Partnern in Industrie und Hochschule blickt das Institut daher in eine interessante Zukunft.