Wissenschaftsrat

Drs. 5071/80
Berlin, den 14.11.1980

Empfehlung

zur Förderung der Polymerforschung in der Bundesrepublik Deutschland

Inhalt | Seite

Vorbemerkung 3

A. Zur Lage der Polymerforschung in der Bundesrepublik Deutschland 4

I. Umfang und Bedeutung der Polymerforschung 4

1. Gegenstand und Aufgaben 4

2. Technologische und wirtschaftliche Bezüge 5

II. Entwicklung und Stand der Polymerforschung 9

1. Geschichte 9

2. Gegenwärtige Situation 12

a) Personalsituation 12

b) Örtliche Forschungsschwerpunkte 12

c) Umfang der finanziellen Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft 14

d) Vergleich mit dem Ausland 16

B. Empfehlungen 18

I. Förderungsziel 18

1. Notwendigkeit einer verstärkten Förderung 18

2. Gegenstand der Förderung 21

3. Aufbau einer interdisziplinären Forschungseinrichtung 22

II. Förderungsmaßnahmen 25

1. Mögliche Organisationsformen 25

a) Hochschulforschung 25

b) Institut außerhalb der Hochschulen 27

2. Empfohlene Förderung 29

Anhang: Besonders förderungswürdige Forschungsthemen 32

a) Präparative makromolekulare Chemie 32

b) Festkörperchemie der Polymere 33

c) Festkörperphysik der Polymere 34

d) Theorie der Polymersysteme 35

e) Polymere Werkstoffe 35

Vorbemerkung

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat im Jahre 1971 eine Denkschrift zur "Physik der Polymeren" vorgelegt, in der Maßnahmen zur Förderung der Polymerforschung in der Bundesrepublik Deutschland vorgeschlagen wurden. Eine Reihe der Vorschläge wurde in den folgenden Jahren aufgegriffen und insbesondere durch die Einrichtung von Sonderforschungsbereichen und Schwerpunktprogrammen der Deutschen Forschungsgemeinschaft verwirklicht. Gleichwohl besteht im Vergleich zu den USA, zu Frankreich und zu Japan ein erheblicher Rückstand der deutschen Polymerforschung vor allem in der Grundlagenforschung. Es besteht weithin Einigkeit, daß erhebliche Anstrengungen zur Intensivierung der Polymerforschung unternommen werden müssen, wenn nicht langfristig für Wissenschaft und Wirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland Nachteile entstehen sollen.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft und die Max-Planck-Gesellschaft haben sich daher an den Wissenschaftsrat mit der Bitte um eine umfassende Beurteilung der Lage der deutschen Polymerforschung und der daraus abzuleitenden Konsequenzen gewandt. Die vorliegende Empfehlung, die auch zur Frage der Notwendigkeit, der Möglichkeiten und des Umfangs einer künftig verstärkten Förderung der Polymerforschung Stellung nimmt, ist von einer Arbeitsgruppe vorbereitet worden, in der auch Sachverständige mitgewirkt haben, die nicht dem Wissenschaftsrat angehören. Die Empfehlung ist am 14. November 1980 vom Wissenschaftsrat verabschiedet worden.

A. Zur Lage der Polymerforschung in der Bundesrepublik Deutschland

A. I. Umfang und Bedeutung der Polymerforschung

I. 1. Gegenstand und Aufgaben

Die Physik und die Chemie der Polymere behandeln die wissenschaftlichen Grundlagen der als Kunststoffe, Kunstfasern, Synthesekautschuk, Lacke oder Klebstoffe bekannten synthetischen Werkstoffe. Die bisherigen Forschungsergebnisse der unter dem Oberbegriff Polymerwissenschaft zusammengefaßten Disziplinen haben die Grundlagen eines der wichtigsten Zweige der deutschen Industrie geschaffen. Sie sind damit von fundamentaler Wichtigkeit für die heutige Zivilisation, die zum großen Teil auf der Verfügbarkeit, der Massenproduktion und der Anwendung von Werkstoffen beruht, die noch vor wenigen Jahren unbekannt waren. Darüber hinaus erschließt die Polymerwissenschaft auch die Methodik zur Erforschung biologischer Makromoleküle und deren Eigenschaften und ist daher mit der Entwicklung der unter dem Oberbegriff "life sciences" zusammengefaßten Disziplinen, wie zum Beispiel der Molekularbiologie, der Biophysik, der Immunologie usw. auf das engste verbunden.

Die Polymerforschung befaßt sich mit physikalischen und chemischen Eigenschaften von Systemen aus linearen, verzweigten oder vernetzten Makromolekülen, ihrer Herstellung und ihrem Verhalten als Werkstoffe oder biologische Strukturen. Der chemische Aufbau der Makromoleküle wirkt sich insbesondere auf die Struktur der polymeren Festkörper, auf die Molekülbewegungen und Wechselwirkungen und die mit ihnen verbundenen Umwandlungsvorgänge aus. Davon werden wiederum alle physikalischen Eigenschaften beeinflußt, die letzten Endes für die technische Anwendbarkeit der Polymere als Kunststoffe, Synthesefasern, Lacke etc. entscheidend sind.

Auf dem Gebiet der Struktur und Eigenschaften biologischer Makromoleküle sind zahlreiche Forscher und Forschergruppen in Hochschul- und anderen Forschungseinrichtungen im Rahmen molekularbiologischer, genetischer, biophysikalischer etc. Fragestellungen tätig. Dies gilt nicht in annähernd gleichem Umfang für die anderen zentralen Aufgaben der Polymerwissenschaft, nämlich die Erforschung von Reaktionsmechanismen und Reaktionsführung bei Polyreaktionen, die Physik und Chemie von Polymersystemen im kondensierten Zustand und deren Werkstoffeigenschaften. Diese für die weitere technische Entwicklung besonders bedeutsamen Zweige der Polymerforschung sind in wesentlichen Teilbereichen auf interdisziplinäre Zusammenarbeit angewiesen. Wie auf kaum einem anderen Gebiet der Naturwissenschaften ist hier die Zusammenarbeit von Chemikern, Physikern und Ingenieuren erforderlich.

I. 2. Technologische und wirtschaftliche Bezüge

An der Polymerforschung besteht neben wissenschaftlichem auch großes technologisches und volkswirtschaftliches Interesse. Polymere Werkstoffe sind für die Weiterentwicklung der Technik von entscheidender Bedeutung. Die vielseitige Variierbarkeit ihres strukturellen Aufbaus macht es möglich, ihre Eigenschaften den sich ständig ändernden Erfordernissen der Praxis anzupassen. Hinsichtlich ihrer Variationsmöglichkeit übertreffen sie alle anderen bisher bekannten Werkstoffe. Der Maschinen- und Apparatebau, der Fahrzeug- und Flugzeugbau, das Bauwesen, die Elektrotechnik und die Verpackungstechnik sind in ihrer Leistungsfähigkeit wesentlich durch die Eigenschaften der verfügbaren polymeren Werkstoffe bestimmt.

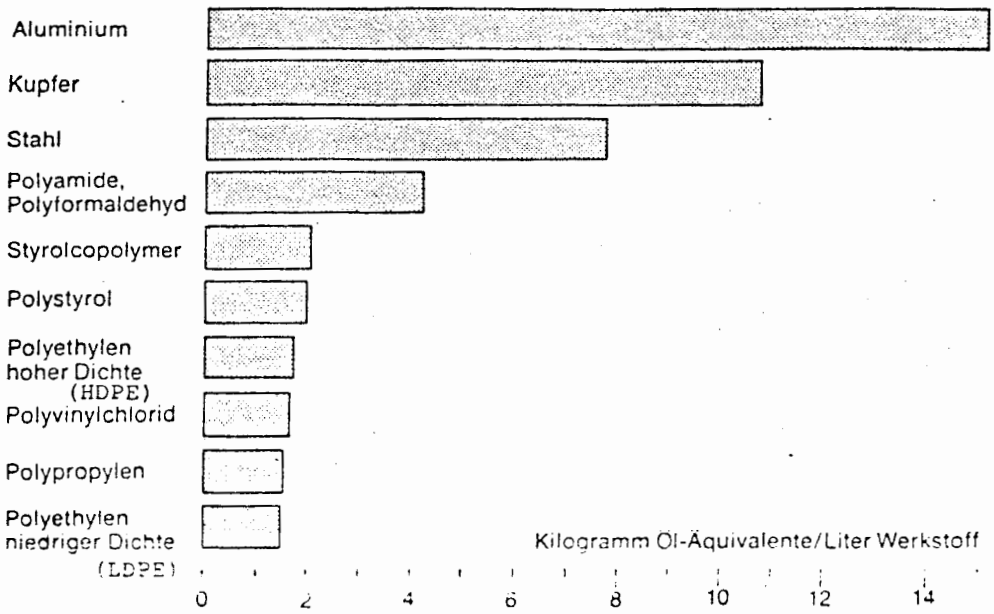
Herstellung und Verarbeitung synthetischer makromolekularer Stoffe gehören zu den wichtigsten Gebieten der Wirtschaft der Bundesrepublik Deutschland. Die Tätigkeit der chemischen Industrie, der kunststoffverarbeitenden Industrie, der Kautschukindustrie, Lackindustrie und Textilindustrie wird aus-

schließlich oder zu einem großen Teil durch synthetische makromolekulare Stoffe geprägt. In der Vergangenheit führte die Entwicklung immer neuer polymerer Werkstoffe zu einem überdurchschnittlichen Wachstum dieser Gebiete.

Die große Bedeutung der polymeren Stoffe für die Bundesrepublik Deutschland zeigt der Umsatz für Kunststoffe, Chemiefasern und Lacke von 23,8 Milliarden DM im Jahre 1979; er entspricht 23,1 % des gesamten Chemieumsatzes oder 2,4 % des Umsatzes der gesamten Industrieproduktion. Dies gilt auch in einer Zeit zunehmender Energieverknappung, da die Herstellung einer Volumeneinheit Polymermaterials in der Regel erheblich günstiger ist als die Herstellung der entsprechenden Volumeneinheit sonstiger Materialien (vgl. Schaubilder 1 und 2, die auf Angaben der kunststofferzeugenden Industrie beruhen). Durch verschiedene Recycling-Verfahren kann auf alle Fälle der Öleigenwert, in der Regel jedoch ein erheblich höherwertiges Produkt zurückerhalten werden.

Schaubild 1

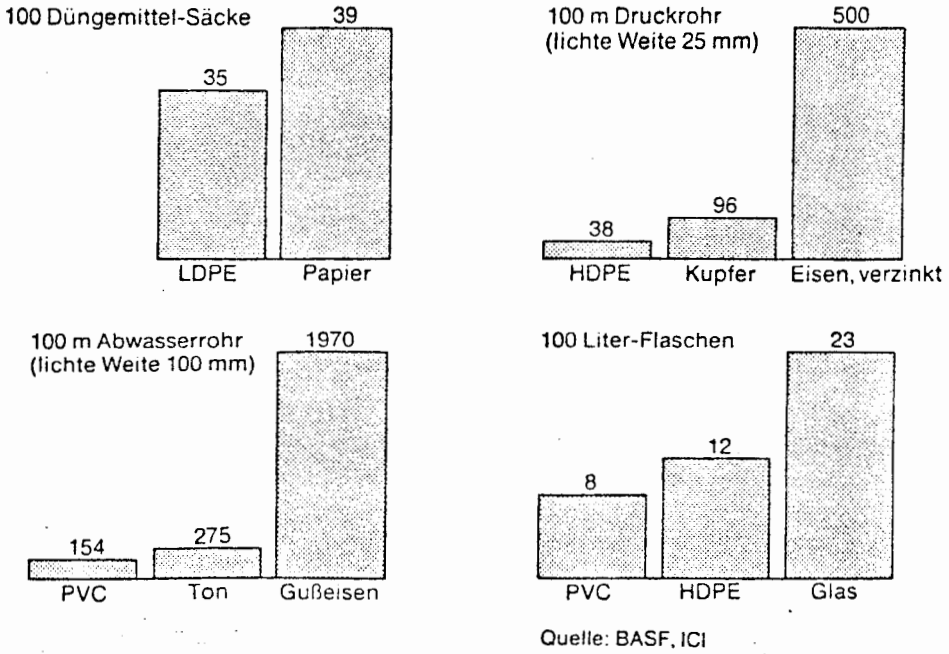
Energie- und Rohstoffbedarf für die Herstellung von Werkstoffen



Quelle: BASF, ICI

Schaubild 2

Energie- und Rohstoffbedarf für Fertigteile (kg Öl-Äquivalente)



Produktion und Anwendung polymerer Stoffe sind zum Teil allerdings mit gesundheitlichen Risiken verbunden und werfen somit arbeitsmedizinische Probleme auf.

Für die Polymere bieten sich fast unerschöpfliche Variationsmöglichkeiten an. Von den Ergebnissen der Grundlagenforschung sind daher vielfältige Anstöße zu technischen Neuentwicklungen zu erwarten. Die heute bereits diskutierten Möglichkeiten umfassen vor allem auch solche Entwicklungen, die mengenmäßig nicht zu Massenkunststoffen führen werden, aber für den technischen Fortschritt von großer Bedeutung sein können: z.B. Polymere für Biotechnik (Blutgefäß- und Knochenersatz), piezoelektrische Polymere für Schallgeber und -empfänger, Membranpolymere, Polymere für Informationsspeicherung, halbleitende Polymere für Solarzellen.

Viele technische Neuentwicklungen, vor allem in den Vereinigten Staaten von Amerika und in Japan, stützen sich auf eine enge Verbindung zwischen Forschung und Technologie. Von den Ergebnissen der Grundlagenforschung werden anwendungsorientierte Forschungen angeregt, die technologisch verwertet werden können. Beispiele für diese Beziehungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 1: Zuordnung von Themen der Grundlagenforschung, der angewandten Forschung und technologischen Einsatzgebieten

Thematik der Grundlagenforschung	Thematik der Angewandten Forschung	Produkte und Anwendungen
	1. Ordnungszustände	
Struktur des kondensierten Zustandes Theorie der molekularen Wechselwirkungen Mesomorphe Strukturen Kinetik der Phasenübergänge	Hochfeste Fasern, teilkristalline Polymere, Nukleierung; polymere Legierungen; flüssigkristalline Polymere	Technische Garne, Verstärkungsfasern Hochfeste, temperaturbeständige Polymerwerkstoffe Displays
	2. Thermodynamik	
Phasenübergänge und kritische Phänomene Transportphänomene Selbstdiffusion Mischphasen	Polymere Legierungen und Mischungen; Adhäsion und Cohäsion; Sorption und Trennverfahren; Diffusionsprozesse	Hochschlagzähe Polymerwerkstoffe Ionenaustauscherharze Membranen für Technik und Medizin Filtersysteme
	3. Mechanik	
Molekulare Grundlagen der Rheologie von Polymeren Molekulare Grundlagen des Deformationsverhaltens Grenzen der physikalischen und chemischen Belastbarkeit Grenzflächeneffekte in Vielkomponentensystemen	Grundlagen der Verarbeitungsbedingungen und deren Einfluß auf die Eigenschaften; hochfeste Polymere; Bruch, Mikrorißbildung (Crazing), Ermüdung und Korrosion polymerer Werkstoffe; Elastomere unter extremen Bedingungen (Hoch- und Tieftemperatureinsatz)	Polymerwerkstoffe (thermoplastisch, duroplastisch) Kautschuk und Elastomere Polymer-Verbundwerkstoffe Verstärkung von Kunststoffen
	4. Elektronische Eigenschaften	
Spektroskopie Angeregte Zustände Leitfähigkeit Elektrische Polarisation und Magnetisierung	Organische Metalle und Halbleiter, Photoleitung: Informationsfixierung; Elektrophotographie und verwandte Verfahren; Statische Aufladung und deren Verhütung; Elektrete	Antistatische Kunststoffe und Fasern Supraleiter Elektrophotographische Kommunikationssysteme (Druckplatten, Kopierschichten, Filme)
	5. Chemie	
Polyreaktionen in geordneten Systemen Molekulare Grundlagen der Korrosion und des Photoabbaus Verfahren zur Syntnese übermolekularer, senr komplexer Struktur	Informationsfixierung und Obertragung; Optoelektronische Elemente; Dauerbeständigkeit; Energiewandler	Lichtbeständige Kunststoffe und Fasern Photopolymere Druckplatten und Aufzeichnungssysteme

A. II. Entwicklung und Stand der Polymerforschung

II. 1. Geschichte

Polymere Produkte wie Zelluloid, Bakelit, Viskose und Acetylzellulose waren bereits vor dem ersten Weltkrieg empirisch entwickelt und durch die chemische Industrie produziert worden. Auch fand mit der Vulkanisation des Kautschuks eine Vernetzungsreaktion an Polymeren industrielle Anwendung. Der Aufbau dieser polymeren Stoffe und der Mechanismus ihrer Bildung blieben jedoch unverstanden.

Erst mit seinen grundlegenden Erkenntnissen zum makromolekularen Aufbau der Kunststoffe schuf Staudinger an der Universität Freiburg bis 1925 die theoretische Grundlage für die nun schnell einsetzende Entwicklung der Kunststoffe und ihrer monomeren Vorprodukte in der chemischen Industrie des In- und Auslandes. Die Laboratorien der deutschen chemischen Industrie hatten bis in die fünfziger Jahre an dieser Entwicklung überragenden Anteil. Meilensteine auf diesem Gebiet der Kunststoff-Entwicklung sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Für die Polymerforschung und die aus ihr resultierende Technologie ist charakteristisch, daß die meisten großtechnischen Entwicklungen auf Ergebnissen der Grundlagenforschung beruhen, wobei in der Regel ein Zeitraum von zwanzig Jahren zwischen der ersten Fachpublikation und dem Beginn der großtechnischen Fertigung liegt.

Vor dem Zweiten Weltkrieg lag das Schwergewicht der Polymerforschung in Europa und vor allem in Deutschland. Nach dem Krieg hat das Ausland die Führung übernommen; beim Wiederaufbau der deutschen Hochschulen in der Nachkriegszeit wurde die Polymerforschung stark vernachlässigt. Die Ursachen mögen zum Teil in Meinungsverschiedenheiten um die

Tabelle 2: Meilensteine der Makromolekularen Chemie

Jahr	Hochschulen	Industrie
1907		Phenol-Formaldehyd-Pressmassen (Baekeland)
1911		Cellophan (Brandenberger)
1915/16		Dimethylbutadienkautschuk (BAYER, BASF)
1920-1930	Erarbeitung der Grundlagen der Makromolekularen Chemie (Staudinger, K.H.Meyer, Mark, Carothers, Kuhn)	
	Grundlegende Arbeiten zur Natur polymerer Stoffe (Staudinger)	
1924		Polyvinylalkohol (Wacker)
1928		Polymethylmethacrylat (Röhm + Haas)
1929		Halbtechn. Polymerisation von Butadien mit Natrium (IG Farben Ludwigshafen)
1930		Polystyrol, Polyacrylester, Polyacrylnitril (IG Farben Ludwigshafen)
1931		Neoprene (DuPont) Polyvinylchlorid (IG Farben Ludwigshafen)
1932	Untersuchungen zu Polyoxymethylen (Staudinger, Kern)	
1934	Gestalt fadenförmiger Moleküle in Lösung (Kuhn, Guth, Mark)	
1935-1940	Ableitung des Zusammenhangs von Kinetik und Molekulargewichtsverteilung (Schulz, Flory)	
	Grundlagen des dielektrischen und Relaxationsverhalten von Polymeren (Debye, Müller)	
1935-1939		Nylon 66 (DuPont), Nylon 6 (IG Farben Wolfen)
1936-1939		Hochdruckpolyethylen (ICI)
1937		SB-Kautschuk durch Emulsionspolymerisation (IG Farben Skopau)
		Butylkautschuk (Standard Oil)
1937-1940		Polyurethane (BAYER)
1940	Beziehung Schmelzviskosität und Molekülmasse (Flory)	
1941		Polytetrafluorethylen (DuPont) Polyethylenterephthalat (ICI)
1944	Bestimmung der Molekularmassen von Polymeren durch Lichtstreuung (Debye)	
1949		Styropor (BASF)
1949-53		ABS-Kunststoffe (US-Rubber, Borg Warner)
1953		Niederdruckpolyethylen (Ziegler), Polycarbonate (BAYER)
1954		Isotaktische Polymerisation von Polypropylen (Natta, Monte Edison)
1955/56	Hochtemperaturbeständige Polymere (Marvel)	cis-1.4-Polybutadien (Phillips Chem.)
	Stereotaktizität in Vinylpolymeren (Natta)	Polyformaldehyd (DuPont)
	Entdeckung der Kettenfaltung in Polymeren (Keller, Fischer)	
1960		Aromatisches Polyimid (DuPont)
1961		Aramid-Hochmodulfasern (DuPont)
1964		Polyphenylenoxid (General Electric)
1965		Styrol/Dien-Blockcopolymere (SHELL)
1969	Statistische Mechanik von Kettenmolekülen (Flory)	

Durchsetzung des Konzepts der makromolekularen Chemie als eines eigenständigen Wissenschaftsgebiets liegen; zum Teil liegen sie auch in dem Aderlaß begründet, den die deutsche Wissenschaft im Zuge der Emigration und der Kriegswirren erfuhr.

Der Schwerpunkt der Polymergrundlagenforschung ist für die Nachkriegsjahre und mit Einschränkungen bis heute in den USA zu lokalisieren. Dort hatten die Forschungsarbeiten von Carothers bei der Dupont de Nemours zu technisch bedeutsamen Entwicklungen (Nylon und andere Polykondensate) geführt. Mark baute nach der Emigration die akademische Forschung auf dem Polymergebiet in den USA auf und führte sie zusammen mit vielen anderen Wissenschaftlern zu einer ungeahnten Blüte verbunden mit einer Vielzahl technischer Durchbrüche neuer Verfahren und Werkstoffe. Eine treibende Kraft für diese Entwicklung war unter anderem das Bedürfnis nach neuartigen Werkstoffen und Verfahren im Zuge des Ausbaus der Luft- und Raumfahrtindustrie in den USA. Die Tatsache, daß die deutsche kunststofferzeugende und verarbeitende Industrie den Anschluß an die USA nicht verlor, ist dem Umstand zu verdanken, daß sie in wesentlichen Teilen mit Hilfe der zahlreichen Schüler Staudingers eine intensive anwendungsbezogene Forschung aufzog und zwar trotz des Desinteresses der deutschen Hochschulen und anderer wissenschaftlicher Institutionen. Die Situation an den deutschen Hochschulen besserte sich erst nach 1960, als unter dem Eindruck der technischen Erfolge der Polymerwissenschaften und des Bedarfs der Industrie an entsprechend ausgebildeten Wissenschaftlern mit der Einrichtung einiger Lehrstühle, kleinerer Institute und eines Sonderforschungsbereiches begonnen wurde. In diesen Jahren begann auch der Ausbau der Polymerforschung in den anderen europäischen Ländern sowie in Japan. Besonderes Interesse verdient die Entwicklung in Japan, wo in den fünfziger Jahren die Hochschulen systematisch mit Lehr- und Forschungseinrichtungen für Polymere ausgestattet wurden mit einem Erfolg, der heute in der Wirtschaft dieses Landes sichtbar ist.

II. 2. Gegenwärtige Situation

a) Personalsituation

Forschung auf dem Gebiet der Chemie und Physik der Polymeren wird - abgesehen von den Einrichtungen der chemischen Großindustrie - im wesentlichen an Universitätsinstituten betrieben. Die meisten der auf dem Gebiet forschenden C4-Professoren sind in anderen Fächern wie organische Chemie, physikalische Chemie, Experimentalphysik usw. beheimatet. Am 1. Januar 1979 hatten in der Bundesrepublik Deutschland nur 14 Hochschullehrer C4-Professuren für makromolekulare Chemie oder Physik inne.

b) Örtliche Forschungsschwerpunkte

Ein klareres Bild der Forschungssituation ergibt sich, wenn man danach fragt, an wie vielen Hochschulen mindestens drei oder mehr Hochschullehrer in der Polymerforschung tätig sind, und dabei berücksichtigt, daß es sich um ein interdisziplinäres Gebiet handelt, das der Bearbeitung durch mehrere Fachrichtungen bedarf (typisch ist z.B. die Kombination präparative Chemie, physikalische Chemie, Physik). Dies gilt nur für die folgenden zwölf Hochschulen: Aachen, Bayreuth, Berlin, Braunschweig, Darmstadt, Freiburg, Hamburg, Mainz, Marburg, München, Stuttgart und Ulm; davon ist Bayreuth noch im Aufbau begriffen. Berlin, Braunschweig und Stuttgart haben zwar eine hohe lokale Konzentration an Forschungsaktivität, die jedoch nicht auf Kooperation hin orientiert ist, sondern sich sozusagen zufällig am gleichen Ort befindet.

Einen besonders wichtigen Schwerpunkt bildet der Sonderforschungsbereich 41 "Chemie und Physik des Makromoleküle" in Mainz, in dem sich derzeit 15 habilitierte Hochschullehrer zusammengeschlossen haben. In enger Kooperation mit dem Sonderforschungsbereich und der Technischen Hochschule Darmstadt

betreibt das von der "Forschungsgesellschaft Kunststoffe" getragene Deutsche Kunststoff-Institut anwendungsbezogene Forschung auf dem Kunststoffgebiet. In Aachen, Freiburg, Hamburg, Marburg und Ulm existieren jeweils eigene Institute oder ausgewiesene Forschungsschwerpunkte für Physik und Chemie der Polymere. Davon ist Freiburg mit 6 habilitierten, in einem eigenen Institut zusammengefaßten Hochschullehrern am bedeutendsten. Mit Ausnahme von Mainz und Ulm ist jedoch an keiner Hochschule die Kooperation von Physik und Chemie der Polymere institutionalisiert. Ansatzpunkte hierzu liegen noch in Bayreuth, Hamburg und Marburg vor.

In Freiburg besteht eine Kooperation zwischen dem Institut für Makromolekulare Chemie, einigen Hochschullehrern anderer Fachbereiche und Forschungsinstituten der Fraunhofer-Gesellschaft. Die beteiligten Forscher bereiten zur Konsolidierung der Forschungsaktivitäten die Gründung eines Sonderforschungsbereichs vor. In der Einrichtung des Sonderforschungsbereichs "Korrelation von Fertigung und Bauteileigenschaften bei Kunststoffen" in Aachen, der seit 1980 gefördert wird, liegt ein weiterer Ansatz vor, die Kooperation von Wissenschaftlern verschiedener Fachrichtungen, die sich mit makromolekularen Stoffen befassen, zu verbessern und damit einen Beitrag zur Stärkung der Polymerforschung in der Bundesrepublik Deutschland zu leisten. In Hamburg wird 1981 für die vier C4-Professoren, die auf dem Gebiet der Polymerforschung tätig sind, ein Institutsneubau errichtet werden. Dies wird in Zusammenarbeit mit der TU Hamburg (Forschungsschwerpunkt Werkstoffphysik) und mit der Synchroton-Strahlungsquelle von DESY zu einer wesentlichen Intensivierung der Forschung führen.

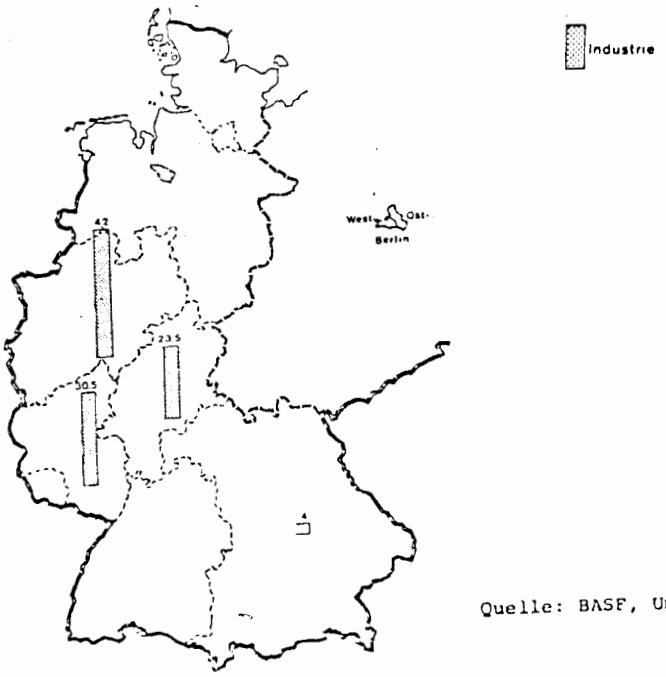
An den Großforschungseinrichtungen, Max-Planck-Instituten und ähnlichen Einrichtungen sind größere Polymerforschungsaktivitäten derzeit nicht zu verzeichnen oder abzusehen. Einzelne Forschungsprojekte werden auf sehr speziellen Gebieten u.a. an den Kernforschungsanlagen Jülich und Karlsruhe sowie am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart durchgeführt.

Erwähnenswert ist das derzeit noch laufende Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft zum Thema "Fließ- und Deformationsverhalten von Polymeren", in dem 29 Antragsteller im wesentlichen aus dem Kreis der Hochschullehrer mit ihren Projekten tätig sind und Unterstützung finden.

Eine Übersicht über die geographische Verteilung der Polymerforschung in der kunststofferzeugenden und -verarbeitenden Industrie gibt Schaubild 3.

Schaubild 3

Polymerforschung in der kunststofferzeugenden und -verarbeitenden Industrie der Bundesrepublik (Angabe in %; Stand 1979/80)



Quelle: BASF, Umfrage 1980

c) **Umfang der finanziellen Förderung durch die Deutsche** Forschungsgemeinschaft

Die eingeschränkte Personalkapazität kommt auch in der geringen Zahl der bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft gestellten Förderungsanträge für die Polymerforschung zum Ausdruck.

Tabelle 3 zeigt den finanziellen Umfang, mit dem bisher Polymerforschung in der Bundesrepublik Deutschland unterstützt wird, sowohl in absoluten Zahlen als auch bezogen auf den gesamten Umfang der Förderungsmaßnahmen der DFG.

Selbst unter Berücksichtigung des Betrages von 3,6 Mio DM für rein ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen flossen 1979 nur insgesamt 12 Mio DM Forschungsmittel der DFG dem Gebiet der Polymere zu. Bei anderen Förderungsinstitu-

Tabelle 3

Von der Deutschen Forschungsgemeinschaft insgesamt sowie für die Förderung der Physik und Chemie der Polymere bewilligte Beträge nach Förderungsverfahren 1978 und 1979

Förderungsverfahren	Von der DFG bewilligte Beträge					
	insgesamt		darunter für die Physik und Chemie der Polymere			
	1978	1979	1978		1979	
	1.000 DM			%	1.000 DM	%
Allgemeine Forschungsförderung	463.207	496.587	4.373	0,9	4.923	1,0
Förderung von Sonderforschungsbereichen	221.550	214.118	2.908	1,3	3.390	1,6
Insgesamt 1)	684.757	710.705	7.281	1,1	8.313	1,2
Nachrichtlich:						
Bewilligungen für das Fachgebiet Werkstoffeigenschaften und Werkstoffmechanik von Kunststoffen	x	x	2.620	0,4 2)	3.604	0,5 2)

1) Ohne Verwaltungsausgaben und ohne Förderung des Heisenberg-Programms. -
2) der insgesamt bewilligten Beträge.

Quelle: Deutsche Forschungsgemeinschaft, Jahresbericht 1978 und 1979.

tionen, wie z.B. der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen oder dem Bundesministerium für Forschung und Technologie, aus deren Mitteln Polymerforschung ebenfalls unterstützt wird, dürfte es sich ähnlich verhalten. Dies

gilt trotz der großen technischen und wirtschaftlichen Bedeutung des Gebiets. Die deutsche Polymerindustrie gab 1979 3 bis 4 % ihres Umsatzes für Forschung aus, nämlich 700 bis 900 Mio DM. Im Vergleich dazu sind die Förderungsmittel der Deutschen Forschungsgemeinschaft von 12 Mio DM ein kleiner Betrag.

d) Vergleich mit dem Ausland

Eine Arbeitsgruppe für Polymerforschung bei der European Science Foundation (ESF) in Straßburg hat die auf dem Gebiet der Polymerforschung tätigen Forscher und Forschergruppen in verschiedenen europäischen Ländern und in den Vereinigten Staaten von Amerika zu ermitteln gesucht. Die Erhebungen sind zusammen mit Angaben über die Kunststoffproduktion und das Bruttosozialprodukt dieser Länder in Tabelle 4 dargestellt. Damit ist in begrenztem Umfang ein Vergleich mit dem Ausland möglich geworden.

Tabelle 4

Forschergruppen und Forscher auf dem Gebiet der Polymerforschung in Universitäten und Forschungseinrichtungen außerhalb der Hochschulen 1979 sowie Produktion von Kunststoffen 1979 für neun Länder

Land	Polymerforschung 1979		Produktion von Kunststoffen[2] 1979
	Forschergruppen	Forscher[1]	
	Anzahl		1.000 t
Belgien	11	95	3.932
Bundesrepublik Deutschland	27	376	8.461
Frankreich	52	608	4.000
Großbritannien und Nordirland	39	305	3.380
Italien	28	240	3.650
Niederlande	14	108	.
Schweden	15	103	585
Schweiz	13	54	204
Vereinigte Staaten von Amerika	112	.	25.760

1) Gefragt war nach Vollzeitäquivalenten. Für einige Gruppen war jedoch keine Umrechnung der Teilzeitbeschäftigung in Vollzeitäquivalente vorgenommen worden, so daß die angegebene Zahl der Forscher in diesen Fällen zu hoch ist. - 2) Thermoplaste, Duroplaste, Zellulosederivate, Synthesekautschuk, Chemiefasern.

Quellen: a) Forschergruppen und Forscher 1979: European Science Foundation, Polymer Research in Europe: Universities and Non-Industrial Laboratories, 1979 Survey, Straßburg, S. 1o. b) Produktion von Kunststoffen 1979: Erhebung der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik.

Aus der Gegenüberstellung ist ersichtlich, daß die Kunststoffproduktion in der Bundesrepublik Deutschland beträchtlich ist. Zugleich scheint die Gesamtzahl der Forscher in ihrer Relation zum Umfang der Kunststoffproduktion im Vergleich zu anderen Ländern gering zu sein. Dies erlaubt jedoch keinen Rückschluß darauf, ob und inwieweit der Stand von 1979 den Erfordernissen der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung gerecht wird. Allerdings widerlegen die Daten auch nicht die vielfach geäußerte Befürchtung, daß die Bundesrepublik Deutschland in der Kunststoffproduktion weitgehend von einem Vorsprung zehrt, der in der Vergangenheit gewonnen wurde. Ihre bedeutsame Stellung zu wahren, wird der Bundesrepublik Deutschland nur möglich sein, wenn das Forschungspotential verstärkt und ausgeweitet wird.

B. Empfehlungen

B. I. Förderungsziel

I. 1. Notwendigkeit einer verstärkten Förderung

In der Bundesrepublik Deutschland hat sich eine leistungsfähige Kunststoffindustrie entwickelt. In den Forschungseinrichtungen der einzelnen Unternehmen wird im Rahmen der unternehmerischen Ziele, nämlich Entwicklung, Produktion und Verarbeitung von Polymeren, in großem Umfang angewandte Forschung betrieben. Diese Forschung wird zwangsläufig nach wirtschaftlichen Kriterien ausgerichtet, weshalb praxisnahe Fragestellungen mit kurzfristig veränderten Schwerpunkten überwiegen. Grundlagenforschung, die einen unmittelbar verwertbaren Erkenntnisgewinn nicht erwarten läßt, einen hohen methodischen und theoretischen Aufwand erfordert und deren Ergebnisse sich patentrechtlich nicht schützen lassen, findet im allgemeinen nicht statt. Das Bedürfnis der Industrie nach Geheimhaltung wirtschaftlich verwertbarer Ergebnisse schränkt die für die Grundlagenforschung unerläßliche Zusammenarbeit mit anderen Forschergruppen und die freie Publikation der Ergebnisse ein.

Die hohe Intensität praxisnaher Forschung einerseits und der vergleichsweise bescheidene Umfang der Grundlagenforschung auf diesem Gebiet andererseits haben eine methodische und theoretische Lücke entstehen lassen, die die Fortentwicklung zunehmend hemmt.

Die Polymerforschung bedarf in hohem Maße der interdisziplinären Zusammenarbeit. Darin steht die Bundesrepublik Deutschland weit hinter anderen Ländern zurück. Zwar werden spezielle Probleme der Chemie, Physik und Technologie der Polymere an

einer Reihe von Universitätsinstituten untersucht und es werden dabei hervorragende Einzelleistungen erbracht. Es fehlt jedoch an einer ausreichenden Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern unterschiedlicher Fachrichtungen.

Eine enge Kooperation zwischen Chemie, Physik und Ingenieurwissenschaften ist die entscheidende Voraussetzung für die Erforschung polymerer Materialien, an der ein besonderes wissenschaftliches Interesse besteht. Ohne die integrierte Bearbeitung der Teilbereiche Synthese, Struktur und Eigenschaften, Entwicklung und Prüfung von Verbundsystemen und Verarbeitungstechnologie ist Polymer Material Science, die Erforschung von Polymersystemen im kondensierten Zustand, nicht erfolgversprechend. Diese Bedingung ist bislang an keiner Hochschule der Bundesrepublik Deutschland erfüllt. Die Einzelforschungen an den Hochschulen bleiben unzulänglich, weil bestimmten für die Polymerforschung typischen Erfordernissen nicht hinreichend Rechnung getragen ist:

- Die Untersuchungen zur Physik und Chemie fester Polymere werden an den Hochschulen bisher aus Gründen der Arbeitsvereinfachung hauptsächlich an technisch zugänglichen Polymeren durchgeführt. Die Physik und Chemie fester Polymere erfordern einen hohen Aufwand hinsichtlich der Zahl und Genauigkeit der Informationen, die über ein gegebenes Material bereits vorliegen müssen, bevor dieses als Gegenstand einer Untersuchung brauchbar wird. Die Erlangung dieser Informationen setzt eine umfangreiche und sorgfältige wissenschaftliche Tätigkeit voraus, die in der Regel jedoch nicht durch Dissertationen zu erbringen ist.

- Die kunststofferzeugende und kunststoffverarbeitende Industrie sieht in der Regel die aufwendigen Forschungsarbeiten, welche nötig wären, um Hochschulgruppen mit speziellen Modellsubstan-

zen zu beliefern, nicht als ihre Aufgabe an. Technisch hergestellte Polymere, die an Hochschulen hauptsächlich Gegenstand wissenschaftlicher Arbeiten sind, sind durch Notwendigkeiten der technischen Synthese und durch das erwünschte technische Eigenschaftsbild mit zahlreichen Parametern und Variablen belastet, wodurch die Interpretation physikalischer Messungen erschwert oder unmöglich wird. Die Synthese nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten ausgesuchter Modellsubstanzen und ihre physikalisch-chemische Charakterisierung wird aufgrund des oben ausgeführten hohen Aufwandes bei fehlender interdisziplinärer Zusammenarbeit bisher nur selten unternommen. Daher muß in die interdisziplinäre Arbeit auch eine koordinierte und auf die Erzeugung der benötigten Substanzen ausgerichtete Forschung in der präparativen makromolekularen Chemie einbezogen sein.

Aus diesen Überlegungen folgt, daß es darauf ankommt, Grundlagenforschung und Technologie polymerer Materialien in eine enge Verbindung zu bringen. Von einer verstärkten Förderung der interdisziplinären Zusammenarbeit von Chemikern, Physikern und Ingenieuren können entscheidende Anstöße für die Weiterentwicklung der Grundlagen und für technologische Innovationen erwartet werden. Die bisherigen Förderungsmaßnahmen für die Polymerforschung haben nicht zu der notwendigen Kooperation geführt.

Durch das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft von 1972 bis 1976 geförderte Schwerpunktprogramm "Physik der Polymeren" sind zwar die Aktivitäten auf dem Gebiet der Polymerphysik stark angewachsen; die erwartete Ausweitung der Polymerphysik auf Institute, die sich vorher nicht mit diesem Teil der Physik beschäftigt hatten, ist jedoch ausgeblieben. Auch die Verbindungen zu den Ingenieurwissenschaften und zur theoretischen Festkörperphysik konnten nicht hergestellt werden. Es bleibt abzuwarten, in welchem Maße eine Zusammenarbeit mit ingenieur-

wissenschaftlichen Richtungen auf dem begrenzten Gebiet des Fließ- und Deformationsverhaltens von Polymeren erreicht werden kann, das gegenwärtig durch ein zweites Schwerpunktprogramm der DFG (1978 - 1982) gefördert wird.

Im Sonderforschungsbereich 41 "Chemie und Physik der Makromoleküle" werden einige der zentralen Themen der Polymerforschung bearbeitet, insbesondere im Projektbereich "Struktur, Dynamik und molekulare Wechselwirkung in polymeren Systemen". Aber auch hier hat sich die wünschenswerte interdisziplinäre Kooperation durch das Fehlen verschiedener Fachgebiete bisher nicht in voller Breite zeigen können.

I. 2. Gegenstand der Förderung

Eine verstärkte Förderung der Polymerforschung sollte sich auf die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Fachgebieten

- Präparative makromolekulare Chemie,
- Festkörperchemie der Polymere,
- Festkörperphysik der Polymere,
- Theorie der Polymersysteme,
- Polymere Werkstoffe

richten. Dabei erscheint aus gegenwärtiger Sicht die Bearbeitung der im Anhang[1)] aufgeführten Forschungsthemen besonders förderungswürdig.

---

1) S. 32

I. 3. Aufbau einer interdisziplinären Forschungseinrichtung

Angesichts der Bedeutung des Forschungsgebiets und der Notwendigkeit enger interdisziplinärer Kooperation in der wissenschaftlichen Arbeit empfiehlt der Wissenschaftsrat als verstärkte Förderungsmaßnahme den Aufbau einer Forschungseinrichtung für polymere Materialien. Diese Einrichtung soll für die in den verschiedenen Einzeldisziplinen arbeitenden Forschergruppen keine Konkurrenz darstellen; sie soll vielmehr das Potential der bisher schon vorhandenen Forschungsaktivitäten in der Physik und Chemie der Makromoleküle auf einem besonders wichtigen und zukunftsträchtigen Gebiet erweitern und ergänzen.

Die Tätigkeit einer solchen interdisziplinären Forschungseinrichtung ist nur in enger Kooperation mit anderen Instituten und Forschergruppen sinnvoll. Daher muß ihre Organisation so ausgerichtet sein, daß ein intensiver Austausch mit diesen Gruppen ermöglicht wird. Die Einrichtung sollte auch als Instrument gezielter Nachwuchsförderung genutzt werden. Es empfiehlt sich aus diesen Gründen, sie als Einrichtung einer Hochschule oder in institutioneller Verbindung oder wissenschaftlicher Nähe zu einer Hochschule zu errichten. Besonders günstige Bedingungen würden sich an einem Ort ergeben, an dem ein kooperationsfähiges und kooperationsbereites wissenschaftliches Umfeld bereits gegeben oder im Aufbau befindlich ist.

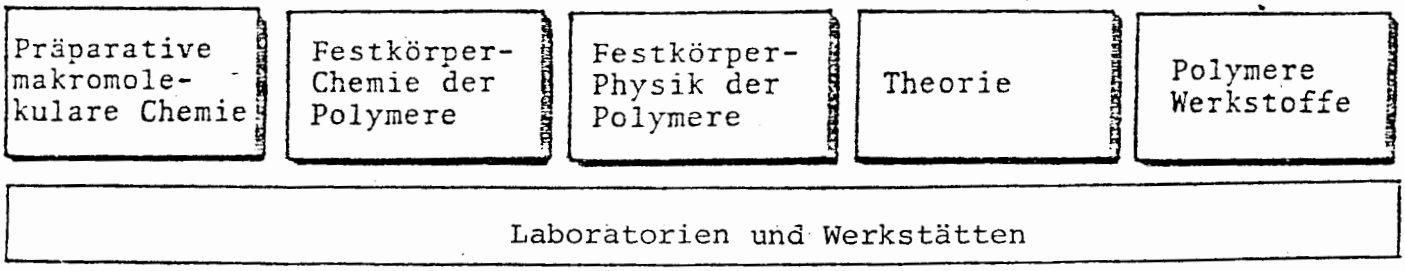
Die angestrebte Einrichtung sollte aus verschiedenen Forschungsabteilungen sowie einzelnen kleineren Projektgruppen und einer Reihe von Servicelaboratorien bestehen. Sie sollte folgende Abteilungen haben:

- Präparative makromolekulare Chemie
- Festkörperchemie der Polymere (Strukturchemie; spezielle Aspekte der Festkörperchemie der Polymere)

- Festkörperphysik der Polymere (Struktur, molekulare Beweglichkeit und Thermodynamik; physikalische Eigenschaften)
- Theorie der Polymersysteme
- Polymere Werkstoffe

Schaubild 4

Gliederung der Forschungseinrichtung für polymere Materialien



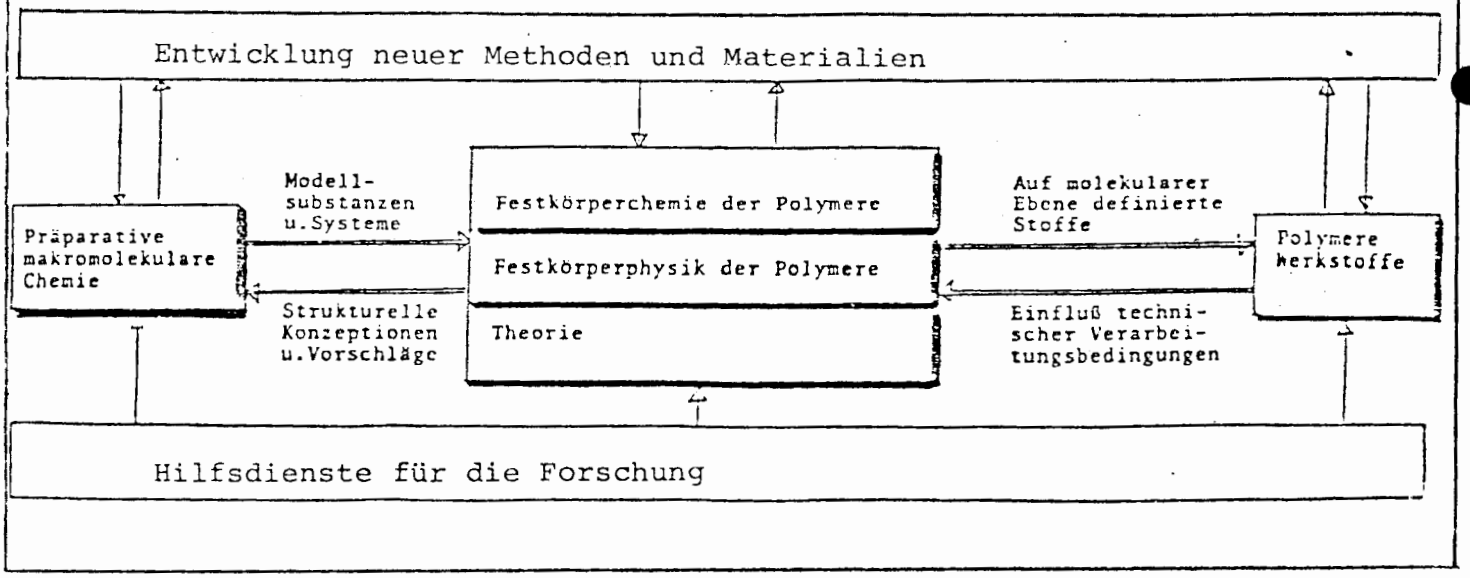
Diese fünf Abteilungen sollen die Basis der Forschungseinrichtung sein. Ferner sollte die Möglichkeit bestehen, kleinere weitgehend selbständige Projektgruppen mit der Durchführung zeitlich und thematisch eng begrenzter Forschungsaufgaben zum Zweck der Entwicklung neuer Materialien oder Methoden einrichten zu können. Diese Projektgruppen sollten eng mit den eigentlichen Abteilungen zusammenarbeiten und für diese im Sinne von Pilot-Projekten wirksam werden. Die Forschungseinrichtung sollte auch über eine Reihe von Stellen für Gastwissenschaftler verfügen, die vorzugsweise im Rahmen solcher Pilot-Projekte tätig werden können.

Die Servicelaboratorien sollen allen Arbeitsgruppen entsprechend ihrer jeweiligen Problemstellung zur Verfügung stehen. Die Forschungseinrichtung benötigt im Endausbau Speziallaboratorien für Hilfsarbeiten auf folgenden Gebieten: Elektronenmikroskopie, Röntgenographie, Kernresonanz, Chromatographie, Spektroskopie, Analytik, Bestimmung physikalisch-technologischer Eigenschaften. Außerdem sind mehrere Werkstätten (mechanische Werkstatt, Elektrowerkstatt, Elektronikwerkstatt, Glasbläserei, Photolabor) erforderlich.

Aufgabenverteilung und Zusammenarbeit in der vorgeschlagenen Forschungseinrichtung sind in dem folgenden Schaubild schematisch dargestellt.

Schaubild 5

Aufgabenverteilung und Zusammenarbeit in der Forschungseinrichtung für polymere Materialien



Die Einrichtung kann stufenweise aufgebaut werden. In einer ersten Stufe sollten innerhalb von etwa drei bis fünf Jahren vier Abteilungen mit zusammen etwa 35 bis 40 Wissenschaftlerstellen und rund 80 Stellen für technisches Personal (einschließlich Serviceaufgaben) eingerichtet werden. Drei größere Abteilungen sollten für die Fachgebiete Präparative makromolekulare Chemie, Festkörperchemie der Polymere und Festkörperphysik der Polymere vorgesehen werden, eine kleinere Abteilung für die Theorie. Innerhalb der dann folgenden fünf Jahre sollte der Endausbau die vorgeschlagenen fünf Abteilungen mit insgesamt rund 200 bis 250 Stellen vorsehen. Im einzelnen dürfte der stufenweise Aufbau nicht nur von den verfügbaren Mitteln und vom Standort abhängig sein, sondern auch durch die nur beschränkt verfügbare Personalkapazität wesentlich mitbeeinflußt werden.

Nach dem gegenwärtigen Kostenstand wären - überschlägig gerechnet - Investitionen in Höhe von 30 - 40 Mio DM erforderlich; für den Betrieb der voll ausgebauten Forschungseinrichtung sind Personalkosten von etwa 15 Mio DM und Sachausgaben von 5 - 8 Mio DM jährlich anzusetzen.

B. II. Förderungsmaßnahmen

II. 1. Mögliche Organisationsformen

Für die Gründung der Forschungseinrichtung sind verschiedene Organisationsformen denkbar. Diese Möglichkeiten werden im folgenden erörtert, bevor die schließlich empfohlenen Förderungsmaßnahmen dargelegt werden. Soweit die Finanzierung durch die öffentliche Hand zu leisten ist, muß jeweils geprüft werden, ob und wie die Industrie an den Kosten beteiligt werden kann.

a) Hochschulforschung

Als nächstliegende Möglichkeit bietet sich an, daß an einer Hochschule oder an benachbarten Hochschulen, an denen sich bereits Ansätze für die gewünschte interdisziplinäre Zusammenarbeit finden lassen, zusätzliche Lehrstühle eingerichtet werden mit dem Ziel, eine Forschungseinrichtung im erforderlichen Umfang aufzubauen.

Wie oben dargelegt wurde, haben sich an den Hochschulen bisher keine hinreichenden Möglichkeiten für die notwendige fächerübergreifende Zusammenarbeit entwickelt. Zwar werden in der Hochschulforschung immer wieder einzelne Vorhaben auf dem Gebiet der Polymerforschung mit großem Erfolg durchgeführt; daß dort jedoch die Forschungsaufgaben in einer den wissenschaftlichen und volkswirtschaftlichen Erfordernissen entsprechenden Breite und Dichte verfolgt werden könnten, ist derzeit kaum

zu erwarten. Dies kann auch durch ein von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördertes Schwerpunktprogramm nicht erreicht werden, da sich die daran beteiligten Wissenschaftler über das ganze Land verteilen. Ein Sonderforschungsbereich, der eine intensivere Kommunikation und Kooperation an einem Ort ermöglicht, ist für die Bearbeitung bestimmter Aspekte der Polymerforschung zwar besser geeignet; aber auch diese Lösung stellt nicht sicher, daß Thematik und Zielsetzung im vorhinein im Sinne der angestrebten Forschungseinrichtung bestimmt werden können und nicht durch die vorhandenen Forschungsinteressen der an einem Ort bereits arbeitenden Wissenschaftler eingeschränkt bleiben.

Hinzu kommt, daß ein Sonderforschungsbereich wesentlich von Diplom- und Doktorarbeiten lebt; neben diesen Arbeiten fällt jedoch in der Polymerforschung ein hoher Anteil an zu erbringenden Servicefunktionen an. Ferner sind zeitlich ausgedehnte Arbeiten erforderlich, die in der Regel bereits Methodenkenntnisse voraussetzen und in einem kontinuierlichen Prozeß erbracht werden müssen, der die Mitwirkung von Mitarbeitern erfordert und nicht mit Doktoranden herbeigeführt werden kann. Besonders nachteilig wirkt sich aus, daß einer längerfristigen Beschäftigung des Personals in einem Sonderforschungsbereich arbeitsrechtliche Hindernisse entgegenstehen. Schließlich sind Sonderforschungsbereiche zeitlich begrenzt, während das für die Polymerforschung wünschenswerte Programm längerfristig anzulegen ist.

Um die vorgeschlagene Forschungseinrichtung im Rahmen der Hochschulforschung zu realisieren, wäre es daher erforderlich, mit einem gezielten Programm die notwendigen Stellen zu schaffen und durch fachbereichsübergreifende Berufungen zu besetzen. Dabei sollten erfahrene wissenschaftliche Mitarbeiter längerfristig beschäftigt und von Lehraufgaben teilweise freigestellt werden können. An einer Universität oder an benachbarten Hochschulen könnten bereits bestehende Forschungsaktivitäten ausgebaut, ergänzt und konzentriert werden. Ansatzpunkte dazu fin-

den sich vor allem an den Universitäten Mainz (Sonderforschungsbereich mit ca. 150 Wissenschaftlern), Freiburg (ca. 60 bis 70 Wissenschaftler), Hamburg (ca. 35 Wissenschaftler), Marburg (ca. 20 Wissenschaftler), Ulm (ca. 20 bis 25 Wissenschaftler) und Bayreuth (ca. 10 bis 15 Wissenschaftler).

b) Institut außerhalb der Hochschulen

Für die Errichtung der vorgeschlagenen Forschungseinrichtung als eines Instituts außerhalb der Hochschulen ist eine Reihe möglicher Organisationsformen denkbar, die von einer engen Verklammerung mit einer Universität bis hin zu einer völlig getrennten Einrichtung reicht. In einem solchen Institut können Stellen, deren Inhaber ausschließlich forschen, eingerichtet werden. Eine längerfristige Beschäftigung des Personals und die Bereitstellung der erforderlichen Serviceleistungen wären möglich. Es sollte jedoch besonderer Wert auf eine enge Verbindung mit einer Hochschule und auf die Möglichkeit gemeinsamer Berufungen gelegt werden. Eine derartige Lösung erfordert es, für das Institut einen erfahrenen Träger zu gewinnen, der es mit Engagement, aber ohne Eingriffe in den Entscheidungsfreiraum der wissenschaftlichen Leitung betreibt.

Das vorgeschlagene Institut in Anlehnung an eine der Großforschungseinrichtungen zu errichten, empfiehlt sich nicht, da es sich nicht in das Aufgabenspektrum der bestehenden Großforschungseinrichtungen einfügen würde. Ein zusätzliches Problem dürfte die Regelung der wissenschaftlichen Begutachtung der Forschungsarbeiten darstellen.

Von den Trägerorganisationen kommt die Fraunhofer-Gesellschaft mit ihrer betont anwendungsbezogenen Aufgabenstellung für die Errichtung eines ausdrücklich auf die Grundlagenforschung orientierten Instituts nicht in Frage. Demgegenüber sieht die Max-Planck-Gesellschaft, bei der das Hauptgewicht auf der Grundlagenforschung liegt, ihre Aufgabe ausdrücklich u.a. darin, wissenschaftlich besonders wichtige oder zukunftsträchtige Gebiete

mit angemessener Konzentration von Personal und Mitteln zu bearbeiten und insbesondere auch multidisziplinär angelegte Forschungsaufgaben, die erhebliche Mittel erfordern, komplementär zur Hochschulforschung durchzuführen.

Den Aufbau eines Zentralinstituts für Polymerforschung in der Organisationsform eines Max-Planck-Instituts hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft in ihrer Denkschrift zur Förderung der "Physik der Polymeren" empfohlen. Der Wissenschaftsrat ist der Auffassung, daß mit dieser Lösung ein funktionsfähiger Träger gegeben wäre, der durch ein bewährtes Beurteilungssystem eine wirksame Kontrolle ausüben kann. Als Modell, das mit Erfolg arbeitet, kann das interdisziplinär ausgerichtete Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart genannt werden.

Die neue Einrichtung sollte mit den Hochschulen, insbesondere mit einer benachbarten Universität, in der entsprechende Forschungsansätze bereits gegeben sind, in einer engen Verbindung stehen, die sich, wie bei jeder außeruniversitären Forschungseinrichtung, nicht nur auf die Zusammenarbeit in der Forschung, sondern auch auf eine Mitarbeit in der Lehre erstrecken sollte. Eine weitgehende Integration der Wissenschaftler des Instituts in die Hochschulen, etwa durch Teilnahme an der Promotion, durch gemeinsame Nutzung von Großgeräten und Serviceeinrichtungen und eventuell auch gemeinsame Berufungskommissionen, wäre möglich. Andererseits könnten den Hochschullehrern Arbeitsmöglichkeiten am Institut eröffnet werden. Auf diese Weise ließen sich auch Voraussetzungen für eine gezielte Nachwuchsförderung schaffen.

Als weitere Möglichkeit käme auch ein von den Unternehmen der Kunststoffindustrie gemeinsam errichtetes und unterhaltenes Forschungsinstitut für "Polymer Material Science" grundsätzlich in Betracht. Anders als beim Deutschen Kunststoff-Institut, bei

dem der Anwendungsbezug im Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses steht, würde sich die vorgeschlagene Forschungseinrichtung für "Polymer Material Science" auf Grundlagenforschung konzentrieren müssen. Für ein Institut mit dieser Aufgabenstellung würde jedoch die Abhängigkeit von Trägerfirmen sehr unterschiedlicher Größe und Interessenlage Nachteile für seine Arbeitsweise und Leistungsfähigkeit sehr wahrscheinlich machen:

- Die freie Auswahl der Forschungsthemen und Durchführung der Forschungsvorhaben wird bei divergierender Interessenlage der Trägerfirmen über die Genehmigung der Forschungsprogramme durch den "gemeinsamen Nenner" eingeschränkt.

- Die Verwertung von Forschungsergebnissen eines solchen Instituts in den Trägerfirmen, die Übernahme von Mitarbeitern oder die Frage einer freien Publikation von Ergebnissen bzw. deren Patentierung werden Interessenkonflikte schaffen, die die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Instituts verringern.

- Der Status als ein Forschungsinstitut der Kunststoffindustrie erschwert oder behindert den freien Meinungsaustausch mit Forschungsinstituten im Ausland, da Konkurrenzgesichtspunkte nicht auszuschließen sind.

Aus diesen Gründen wäre eine Förderungsform über Selbstverwaltungsorgane der Wissenschaft zu bevorzugen. Sie garantiert in hohem Maße die freie Wahl der aus der Wissenschaft kommenden Forschungsthemen, die freie Durchführung der Forschungsvorhaben und den uneingeschränkten Erfahrungs- und Meinungsaustausch mit Fachleuten und Instituten im In- und Ausland.

II. 2. Empfohlene Förderung

Die Errichtung einer interdisziplinären Forschungseinrichtung für polymere Materialien entspricht einem wachsenden wissenschaftlichen Interesse und einem zunehmenden volkswirtschaftlichen Be-

darf. An den Hochschulen sind zur Zeit die Voraussetzungen für eine umfassende, fächerübergreifende Zusammenarbeit in der experimentellen und theoretischen Erforschung polymerer Materialien kaum im notwendigen Umfang gegeben. Der Wissenschaftsrat, der sich stets für die Stärkung der Forschung innerhalb der Hochschulen ausgesprochen hat, würde es begrüßen, wenn ein Land sich diese wichtige Aufgabe zu eigen machen und die entsprechenden Personal- und Sachmittel bereitstellen würde. Angesichts des dafür erforderlichen Finanzbedarfs erscheint es allerdings fraglich, ob dies in absehbarer Zukunft der Fall sein kann.

Falls die angestrebte Forschungseinrichtung **in den Hochschulen** nicht realisierbar ist, erscheint die Errichtung einer aus öffentlichen Mitteln und Mitteln Dritter, vor allem auch der Kunststoffindustrie, **finanzierten außeruniversitären wissenschaftlichen** Einrichtung ebenfalls als **sinnvolle Lösung.** Der Wissenschaftsrat hat die verschiedenen dafür in Frage kommenden Organisationsformen erörtert und empfiehlt bevorzugt die Errichtung eines Max-Planck-Instituts für polymere Materialien. Bei dieser Empfehlung ist sich der Wissenschaftsrat bewußt, daß die Max-Planck-Gesellschaft mit den ihr gegenwärtig zur Verfügung stehenden Mitteln ein Institut dieser Größe nicht tragen kann, ohne die Erfüllung ihrer anderen Aufgaben zu gefährden. Errichtung und Betrieb **eines Instituts würden daher eine entsprechende Erhöhung des Haushalts der Max-Planck-Gesellschaft erforderlich machen.**

Der Ort, an dem ein neu **zu errichtendes Max-Planck-Institut** angesiedelt werden soll, sollte so weit wie möglich den Erfordernissen genügen, die sich aus der Aufgabe und der Konzeption des Instituts ergeben. Wichtig sind

- Nachbarschaft zu einer Hochschule mit ausgewiesenen oder im Ausbau befindlichen Ansatzpunkten in der Polymerforschung sowie möglichst vielen Aktivitäten in dafür relevanten Fachbereichen,
- möglichst reichhaltiges lokales wissenschaftliches Umfeld, das Nachfrage und Angebot von Diplom- und Doktorarbeiten fördert,

- Kooperationsbereitschaft und Engagement der zuständigen Hochschulorgane und des Sitzlandes für die zügige Errichtung des Max-Planck-Instituts,

- räumliche Nähe zu industriellen Forschungseinrichtungen, bei denen die Möglichkeit zur Einbeziehung spezieller Methoden, Apparate oder Materialien gegeben ist.

Die genannten Standortkriterien sind von unterschiedlichem Gewicht. Bei ihrer Anwendung muß berücksichtigt werden, in welchem Umfang sie für den schnellen Aufbau einer qualitativ hochwertigen Forschungseinrichtung erforderlich oder zweckdienlich sind. Besonders wichtig erscheint das wissenschaftliche Umfeld, da es für die Gewinnung erstklassiger Wissenschaftler und die Effizienz der örtlichen Zusammenarbeit entscheidend ist. Es sollte neben Fachkompetenz ein weites Spektrum wissenschaftlicher Richtungen mit Bezug zur Polymerforschung und damit vielerlei Nährböden und Gesprächspartner bieten.

Gemessen an diesen Kriterien kommen - ohne mit der Reihenfolge eine Priorität auszudrücken - insbesondere folgende Standorte in Frage: Hamburg, Rhein-Main-Gebiet (z.B. Mainz), Franken (z.B. Bayreuth, Erlangen), Südbaden (z.B. Freiburg, Karlsruhe).

Anhang

Besonders förderungswürdige Forschungsthemen

Aus gegenwärtiger Sicht erscheint die Bearbeitung der im folgenden aufgeführten Forschungsthemen besonders förderungswürdig:

a) Präparative makromolekulare Chemie

Aufgabe der präparativen makromolekularen Chemie ist die Synthese von Polymeren, deren Eigenschaften zu untersuchen sind. Darüber hinaus sind die auf den Gebieten der Festkörperphysik, Festkörperchemie und -theorie arbeitenden Wissenschaftler bei der Auswahl und Optimierung ihrer Präparate zu beraten. Durch die Rückkoppelung von Informationen über den Zusammenhang von molekularer Struktur und physikalischen Eigenschaften soll die gezielte Synthese neuer Materialien bewirkt werden.

Hieraus ergeben sich als wichtige Forschungsaufgaben:

- Synthese von Polymeren mit genau definierter Struktur als Voraussetzung für sichere Erkenntnisse der Forschungsrichtungen Festkörperphysik und Festkörperchemie der Polymere sowie als Basis für Untersuchungen über den Zusammenhang von Polymerstruktur und technologischen Eigenschaften

- Synthese von Polymeren mit definierter Struktur als Modellsubstanzen zur Entwicklung neuer physikalischer und chemischer Untersuchungsmethoden für Polymere

- Entwicklung neuer Polymersynthesen sowie neuer Verknüpfungsprinzipien zum Aufbau von Polymeren

- Synthese von neuen Polymeren mit außergewöhnlichen Eigenschaften

b) Festkörperchemie der Polymere

Aufgabe der Festkörperchemie der Polymere ist es, die in festen Polymeren und an deren Oberflächen ablaufenden chemischen Reaktionen in ihrem Zusammenhang mit der Struktur und Textur der polymeren Festkörper zu erfassen. Weiterhin ist die Erzeugung spezieller Strukturen über Festkörperreaktionen oder Reaktionen an festen Polymeren von Interesse.

Im einzelnen ergibt sich folgende Themenstellung:

- Das Packungsverhalten von Polymeren, deren Morphologie und Textur hängen mit molekularen Parametern zusammen. Diese Zusammenhänge sind quantitativ zu erfassen. Von Interesse ist auch die Strukturchemie von Phasengrenzflächen in mehrphasigen Systemen.

- Spezielle Ordnungszustände und dadurch bedingte spezielle Eigenschaften lassen sich durch geeignete Wahl der Synthesebedingungen ansteuern. Hierzu gehören unter anderem simultane Polymerisation und Kristallisation, Polymerisation in geordneten Medien sowie Aufbau und Beschreibung definierter Netzwerke und Gele.

- Erforschung von Energieübertragungsprozessen in Polymeren, um grundlegendes Verständnis für Oxydations- und Abbaureaktionen, die Chemie der Photostabilisierung und der Korrosion von Polymeren zu sammeln.

- Erarbeitung der Methodik des Aufbaus von Funktionseinheiten im Sinne molekularer Architektur zum Zwecke der Erzeugung von Membranen, Barrieren, Energiewandlern und für andere spezielle elektrochemische und photophysikalische Effekte.

c) Festkörperphysik der Polymere

Aufgabe der Festkörperphysik der Polymere ist es, das Verhalten und die Eigenschaften fester Polymere unter Berücksichtigung der molekularen Gegebenheiten experimentell zu untersuchen und quantitativ zu beschreiben. Hierbei sind die folgenden Themen von besonderem Interesse:

- Untersuchung der Konformation der Makromoleküle in amorphen, teilkristallinen und generell mehrphasigen Systemen

- Untersuchung der Bewegungen von Molekülsegmenten und deren Zusammenhang mit Deformations- und Relaxationsprozessen sowie Phasenumwandlungen; Untersuchungen an Modellen, wie z.B. plastischen Kristallen und flüssigkristallinen Systemen

- Untersuchungen zur Thermodynamik und Kinetik von Phasenumwandlungen, zur Natur der glasigen Erstarrung, über Entmischungsvorgänge in polymeren Mehrkomponentensystemen und zum Einfluß von Orientierungs- und Deformationsprozessen auf derartige Vorgänge

- Untersuchung der molekularen Grundlagen der Kautschukelastizität, der Anisotropie der elastischen Eigenschaften heterophasiger Systeme und Verbundwerkstoffe unter besonderer Berücksichtigung des Langzeitverhaltens sowie der Eigenschaften von Gelen, des Einflusses von Weichmachern usw.

- Untersuchung der Grundlagen der Erzeugung und des Transportes angeregter Zustände und Ladungsträger, von denen auch Aufschlüsse über das dielektrische Verhalten von Polymeren, piezoelektrische Phänomene usw. erwartet werden

- Untersuchungen über die Diffusion und Permeation von Gasen und Flüssigkeiten, die Selbstdiffusion von Makromolekülen, die Wärmeleitfähigkeit sowie den Ladungstransport in Polyelektrolyten und Ionenaustauschern.

d) Theorie der Polymersysteme

Im Rahmen der Theorie fester Polymere erscheinen die folgenden Themen besonders wichtig:

- Vergleich der experimentellen Ergebnisse zur Struktur des polymeren Festkörpers mit Rechnungen, welche lediglich von elementarer Information über Bindungslängen und Bindungswinkel sowie Wechselwirkungspotentiale ausgehen. Solche Theorien enthalten auch die Grundlagen zur Deutung der Spektren von Makromolekülen.

- Theoretische Begründung der bei Polymeren in großer Vielfalt beobachteten Strukturphänomene, wie z.B. der glasigen Erstarrung, Phasentrennung, Ausbildung von Überstrukturen aufgrund von Kristallisationsphänomenen u.a.m. Hierzu ist auch die Erforschung von "Scaling"-Gesetzen für Polymersysteme wichtig.

- Entwicklung einer Theorie der Bänderstruktur in Polymeren in Zusammenhang mit den optischen und elektronischen Eigenschaften von Polymeren. Untersuchungen über Excitonen und andere Anregungszustände.

e) Polymere Werkstoffe

Die Forschungen über polymere Werkstoffe sollen diejenigen für die technische Anwendung relevanten Fragen bearbeiten, die durch die makroskopischen Polymereigenschaften bestimmt werden, für deren Verständnis aber die Kenntnis der molekularen Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten Voraussetzung ist.

Dazu gehören:

- Erarbeitung von Grundlagen, die zur Charakterisierung von Werkstoffeigenschaften benötigt werden: Festigkeit, Zähigkeit, Versagen unter definierten Beanspruchungsbedingungen (z.B. Deformationsmechanismen bei schneller und bei langsamer Beanspruchung), Kriechverhalten, Ermüdungsphänomene und Alterung, Beeinflussung des Versagens durch Umwelteinflüsse. Gerade diese genannten Eigenschaften werden wesentlich durch die molekularen Vorgänge und Eigenschaften, die durch die Festkörperphysik der Polymere charakterisiert werden, beeinflußt.

- Entwicklung des Grundlagenwissens über Verbundwerkstoffe (Wechselwirkung Polymer/Faser, isotrope und anisotrope Verstärkung, Untersuchung neuer Verstärkungsmittel).

- Erarbeitung von verläßlichen Grundlagen zur Dimensionierung von Teilen aus polymeren Werkstoffen unter Berücksichtigung von molekularen Parametern und makroskopischen Versagenskriterien (Spannungsanalyse, Finite Elemente-Rechnungen).

- Erforschung der Zusammenhänge zwischen Orientierung und Eigenschaften.

In diesem Rahmen sind auch gesundheitliche Risiken der Produktion und der technischen Anwendung in Zusammenarbeit mit entsprechenden medizinischen Forschungseinrichtungen möglichst frühzeitig zu berücksichtigen.