

Unterrichtung durch die Bundesregierung

Programm der Bundesregierung „Angewandte Biologie und Biotechnologie“

Vorwort

Die molekularbiologische, genetische und mikrobiologische Grundlagenforschung und, hierdurch angestoßen, die angewandte gentechnologische und biotechnologische Forschung befinden sich gegenwärtig in einer überaus produktiven und dynamischen Phase ihrer Entwicklung. Einige der in den letzten zehn Jahren entdeckten und zwischenzeitlich in der Forschungspraxis verbreitet angewendeten gentechnologischen und zellbiologischen Methoden haben zu einer sprunghaften Vermehrung unserer Kenntnisse über die grundlegenden Lebensvorgänge geführt; weitere Erkenntnissprünge sind zu erwarten.

Praktische und sehr weitreichende Anwendungen dieser Forschungsergebnisse bahnen sich an. Insbesondere durch die Anwendung zellbiologischer und gentechnologischer Methoden eröffnen sich der Biotechnologie, die sich mit der technischen Anwendung und Optimierung biologischer Prozesse befaßt, neue Entwicklungsrichtungen und Potentiale, die Anfang der 70er Jahre kaum für möglich gehalten worden waren. Es ist möglich, daß die Einführung biotechnischer Verfahren und Produkte auf einzelne Unternehmen und Wirtschaftsbereiche wie z. B. der Landwirtschaft und der chemischen Industrie auch strukturelle Auswirkungen haben und neue Tätigkeitsfelder und Marktchancen eröffnen werden.

Nur beispielhaft sollen zur Verdeutlichung folgende Anwendungsmöglichkeiten, z. B. in Medizin, Landwirtschaft, Umweltschutz und Rohstoffversorgung, angeführt werden:

- Analyse von Struktur und Funktion des Erbgutes niederer und höherer Lebewesen einschließlich des Menschen,
- verbesserte Diagnose- und Therapiemöglichkeit in wichtigen Krankheitsbereichen der Humanmedizin, wie z. B. Krebs und Rheuma und in der Tiermedizin,
- Studium der Pathogenität von Krankheitserregern,
- Biologische Stickstofffixierung und züchterische Verbesserung von Nutzpflanzen,
- Verbesserung der Eigenschaften von Mikroorganismen zum Abbau biotischer und abiotischer Stoffe,
- Herstellung therapeutisch verwendbarer Stoffe, umweltfreundlicher Substanzen sowie chemischer Grund- und Rohstoffe.

Die Biotechnologie hat im Verlaufe von nur wenigen Jahren international gesehen in der Forschungs- und Technologiepolitik eine hervorragende Bedeutung erlangt. Sie besitzt wegen ihres hohen Innovationspotentials für die Entwicklung breiter Bereiche unserer Volkswirtschaft eine Schlüsselfunktion. In nahezu allen Industrienationen werden Forschungskapazitäten in öffentlichen Institutionen und in der Industrie erweitert oder neu geschaffen und flankierende staatliche Förderungsmaßnahmen ergriffen. Auch die Bundesregierung sieht in dem durch die neuere biologische Forschung eröffneten Potential eine große Chance und zugleich eine Herausforderung für die Forschung

ebenso wie für zukunftssträchtige Innovationen in den Unternehmen. Mit diesem Programm zur Förderung der Angewandten Biologie und Biotechnologie soll daher der Rahmen für eine erfolgreiche biologische Forschung in der Bundesrepublik Deutschland und für einen entsprechenden kräftigen Innovationsschub in den Unternehmen geschaffen werden.

Neben den Chancen der Gentechnologie und den erweiterten Möglichkeiten der Biotechnologie sind auch mögliche Risiken und ebenso spezifische ethische Fragen zu beachten. Die Bundesregierung ist allerdings davon überzeugt, daß es u. a. mit Hilfe der hierzu eingeleiteten bzw. seit längerem bestehenden Maßnahmen gelingt, auch in Zukunft die Risiken einzugrenzen und befriedigende Antworten auf die aufgeworfenen ethischen Fragen zu finden.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Ziele der Bundesregierung	5
I.1 Anregung wissenschaftlich-technischer Spitzenleistungen	5
I.2 Verbesserung der Innovationsvoraussetzungen	6
I.3 Förderung von Forschung und Entwicklung auf besonderen Gebieten staatlicher Daseins- und Zukunftsvorsorge	6
I.4 Technikfolgenabschätzung und Verantwortung der Wissen- schaft	7
I.5 Verbesserung der Zukunftschancen des wissenschaftlichen Nachwuchses	8
I.6 Internationale Zusammenarbeit	8
II. Chancen und Stand von Biologie und Biotechnologie	8
II.1 Gesundheit	8
II.2 Ernährung	9
II.3 Nachwachsende Rohstoffe, chemische Grundstoffe und Ener- geträger	10
II.4 Biotechnische Erschließung von Lagerstätten	11
II.5 Umwelt	11
II.6 Ersatz von Tierversuchen	12
II.7 Stand von Forschung und Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland	12
III. Maßnahmen der Bundesregierung	13
III.1 Institutionelle und zentrale Schwerpunktförderung	13
III.1.1 Förderung der Biotechnologie in Großforschungseinrichtun- gen	13
III.1.2 Förderung von Europäischer Konferenz und Laboratorien für Molekularbiologie	15
III.1.3 Förderung von Genzentren und anderer zentraler Schwer- punktprojekte	15
III.1.3.1 Genzentren	16
III.1.3.2 Schwerpunktprojekte in der Bioverfahrenstechnik	16
III.1.3.3 Weitere Schwerpunktprojekte	16
III.2 Indirekte Fördermaßnahmen	17
III.2.1 Förderung der Anwendung biotechnologischer Verfahren und Unternehmensgründungen	17
III.2.1.1 Allgemeine Ziele	17
III.2.1.2 Förderung der biotechnologischen Industrie	17
III.2.1.3 Förderung technologieorientierter Unternehmensgründungen .	18
III.2.2 Forschungsstipendien	18
III.2.2.1 Allgemeine Ziele	18
III.2.2.2 Forschungsstipendien bei internationaler Zusammenarbeit ...	19
III.2.2.3 Fonds für Biologische Chemie	19
III.2.2.4 Forschungsstipendien Biotechnologie	19

	Seite
III.3	Förderung der themenbezogenen Verbundforschung und Projektförderungen 19
III.3.1	Allgemeine Ziele und Förderungsinstrumente 19
III.3.2	Spektrum geförderter Themen 21
III.3.2.1	Mikrobiologische und mikrobengenetische Techniken 21
III.3.2.2	Zellkulturtechniken 21
III.3.2.3	Enzymtechnologie 21
III.3.2.4	Bioverfahrenstechnik 22
III.3.2.5	Forschungen an Pflanzen und Tieren 22
III.3.2.6	Sicherheitsforschung und Technologiefolgenabschätzung 22
III.3.2.7	Neue Gebiete angewandter Biologie 23
III.3.2.7	a) Bioelektronik 23
	b) Synthetische Biologie 23
	c) Bionik 23
III.3.3	Förderungsaktivitäten 24
III.3.3.1	Themengruppe Mikrobiologische Screening-Verfahren 24
III.3.3.2	Themengruppe Abwasser- und Abfallmikrobiologie 24
III.3.3.3	Themengruppe Sammlung von Mikroorganismen 24
III.3.3.4	Themengruppe Gentechnologische Forschungsvorhaben 24
III.3.3.5	Themengruppe Inhaltsstoffe tierischer und menschlicher Zellen 25
III.3.3.6	Themengruppe Grundlagen der Anwendung pflanzlicher Zellkulturen 25
III.3.3.7	Themengruppe Biokatalysatorforschung 25
III.3.3.8	Themengruppe Verfahren mit Enzymen 25
III.3.3.9	Themengruppe Produktionen mit Biokatalysatoren 25
III.3.3.10	Themengruppe Entwicklung neuer Bioreaktorsysteme 25
III.3.3.11	Themengruppe Aufbereitungs- und Aufarbeitungsverfahren .. 26
III.3.3.12	Themengruppe Meß-, Steuer- und Regelungstechnik für Bioreaktoren 26
III.3.3.13	Themengruppe Pflanzenzüchtung und nachwachsende Rohstoffe 26
III.3.3.14	Themengruppe Naturstoffscreening aus Pflanzen und Tieren . 26
III.3.3.15	Themengruppe Alternativ- und Ergänzungsmethoden zum Tierversuch 26
III.3.3.16	Themengruppe Ökosystemare Wirkung gentechnisch veränderter Organismen 27
III.3.3.17	Themengruppe Sicherheit technischer Verfahren mit gentechnisch veränderten Organismen 27
IV.	Internationale Zusammenarbeit 27
IV.1	Zusammenarbeit mit Industrieländern 27
IV.2	Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern 28
V.	Finanzplanung 28
VI.	Anhang 29
VI.1	Wirtschaftliches Potential der Biotechnologie 29
VI.2	Aktivitäten in der Bundesrepublik Deutschland 30
VI.3	Internationale Aktivitäten 31

I. Ziele der Bundesregierung

Der Bundeskanzler hat in seiner Regierungserklärung vom 4. Mai 1983 zur technologischen Herausforderung ausgeführt:

„Unsere Gesellschaft braucht den technischen Fortschritt. In den Informations- und Kommunikationstechnologien, in neuen Fertigungstechniken, in der Biotechnologie und bei der Entwicklung neuer Materialien gibt es weltweit eine stürmische Entwicklung. Sie bietet Chancen, aber birgt auch Gefahren. Wir wissen, daß nicht alles den Menschen Mögliche dem Menschen gemäß ist. Dieser Herausforderung müssen wir uns stellen. Wir müssen versuchen, Herr der Technik zu bleiben.“

Die Bundesregierung orientiert sich bei der Förderung der angewandten biologischen und biotechnologischen Forschung an dieser Leitlinie. Sie bewertet auch die Gentechnologie als ein zentrales wissenschaftliches Instrument zum Verständnis der Natur und die darauf aufbauende Biotechnologie als zukunftsweisende Schlüsseltechnologie. Die Maßnahmen dieses Programms sollen dazu beitragen, die biologischen Erkenntnisse zu vertiefen, die Voraussetzungen für dadurch möglich werdende Innovationen zu verbessern und die darin liegenden Zukunftschancen — bei Minimierung der Risiken — zu nutzen.

Die Maßnahmen sind an den nachfolgenden forschungspolitischen Zielen orientiert:

- wissenschaftlich-technische Spitzenleistungen sollen herausgefordert und ermöglicht,
- die Innovationsvoraussetzungen in der Wirtschaft verbessert,
- Forschungs- und Entwicklungsvorhaben auf besonderen Gebieten staatlicher Daseins- und Zukunftsvorsorge gefördert,
- Chancen und Risiken bewertet, bestehende Sicherheitsbestimmungen fortentwickelt und neue Sicherheits- und ethische Fragen rechtzeitig aufgegriffen und
- der wissenschaftliche Nachwuchs in der Biotechnologie soll gefördert werden.

Die Bundesregierung ist sich dabei bewußt, daß der internationalen Zusammenarbeit in der biologischen Forschung eine wachsende Bedeutung zukommt und wird ihre Förderung entsprechend anlegen.

I.1 Anregung wissenschaftlich-technischer Spitzenleistungen

Verständnis und Nutzung der Natur im Dienst des Menschen sind nur auf einem breiten Fundus wis-

senchaftlicher Erkenntnisse möglich. Integrale Bestandteile dieses Programms sind deshalb die marktf fernere biotechnologische Grundlagen- und angewandte Forschung.

Die Förderung der Grundlagenforschung in den Hochschulen wird weitgehend durch die Bundesländer und, unter finanzieller Beteiligung des Bundes, durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und die Max-Planck-Gesellschaft in eigener Verantwortung wahrgenommen. Die Auswahl der wissenschaftlichen Arbeitsgebiete innerhalb der Biotechnologie, bei denen Spitzenleistungen im Grundlagenbereich durch besondere Maßnahmen des BMFT angeregt werden können, erfordert eine sorgfältige Abstimmung und Konsensbildung in der „wissenschaftlichen Gemeinschaft“. Die Bundesregierung setzt nur in begrenztem Umfang inhaltliche Akzente; ihre Förderungsmaßnahmen sollen in einer abgestimmten Gesamtkonzeption die Aktivitäten der übrigen forschungsfördernden Stellen gezielt ergänzen.

Mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Max-Planck-Gesellschaft und dem Verband der Chemischen Industrie wurde vereinbart, Schwerpunkte bei Maßnahmen der grundlagenorientierten Förderung und die Struktur der biotechnologischen Großforschung miteinander abzustimmen.

Die Bundesregierung wird danach künftig bei der Förderung der biotechnologischen Grundlagenforschung Akzente auf Gebieten setzen, die sowohl unter wissenschaftlichen als auch unter dem Gesichtspunkt späterer industrieller Innovationen besonders aussichtsreich sind. Im Mittelpunkt stehen dabei grundlagenorientierte zentrale Schwerpunktprojekte

- in der Gentechnologie,
- in der Bioverfahrenstechnik,
- in der Enzymtechnologie und
- auf künftig zu erwartenden neuen interdisziplinären Forschungsgebieten im Grenzbereich zwischen Biologie und Technik.

Die Schwerpunkte werden bei wissenschaftlichen Institutionen, in denen bereits hochqualifizierte Wissenschaftler in unterschiedlichen Fachdisziplinen tätig sind, gebildet. Durch den konzentrierten Einsatz der zur Verfügung stehenden Ressourcen können die Forschungsarbeiten wesentlich verbreitert und die interdisziplinäre Forschung gestärkt werden. In den zentralen Schwerpunktprojekten und bei der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung, der einzigen institutionell geförderten biotechnologischen Großforschungseinrichtung, werden dem Wissenschaftler die notwendigen Freiräume erhalten, die zur Kreativität und Verwirkli-

chung ihrer Ideen notwendig sind. Ausreichend lange Planungsperioden über einen Zeitraum von etwa 10 bis 15 Jahren werden vorgesehen.

1.2 Verbesserung der Innovationsvoraussetzungen

Um die Anwendungsmöglichkeiten der Biotechnologie ausschöpfen zu können, ist eine leistungsfähige industrielle Forschung und Entwicklung erforderlich, die auf neue, im Wettbewerb auf nationalen und internationalen Märkten erfolgreiche Produkte und Verfahren zielt. Sie sind eine wichtige Voraussetzung für die Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie, insbesondere auf den Sektoren Chemie, Pharma, Ernährung und Apparatebau und damit auch für Wachstum und Beschäftigung in diesen Bereichen.

Die Industrie muß sich darauf einstellen, daß biotechnischen Anwendungen langwierige und kostenintensive Forschungsarbeiten vorangehen. Im Hinblick auf die internationale Konkurrenzsituation, bei der auch der Zeitfaktor eine entscheidende Rolle spielt, wird es ohne entsprechende Beteiligung der Industrie nicht möglich sein, auf absehbare Zeit noch vorhandene Defizite in der Grundlagenforschung auszugleichen.

Weltweit ist eine Tendenz zur Zusammenarbeit zwischen Wirtschaftsunternehmen und öffentlichen Forschungseinrichtungen zu beobachten. Auch für die deutsche Industrie ist es von Vorteil, verstärkt biotechnisch verwertbares Wissen durch Know-how-Transfer aus nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen zu erwerben und hochqualifizierte Wissenschaftler für die firmeneigene Forschung zu gewinnen.

Die Bedeutung der Biotechnologie ist in den 70er Jahren geringer als heute bewertet worden; ebenso hinderlich war die Unsicherheit über staatlich gesetzte Rahmenbedingungen der biologisch-technischen Forschung.

Zwischenzeitlich hat sich diese Situation deutlich geändert. Der Aufbau nennenswerter Forschungs- und Entwicklungskapazitäten in der Industrie kann aber nur schrittweise erfolgen. Die Komplexität des Forschungsgegenstands und die notwendigen personellen und technischen Kapazitäten erfordern oft einen Mittelaufwand, bei dem Unternehmen an die Grenzen ihrer Möglichkeiten stoßen können.

Eine langfristige grundlagennahe Forschung in der Industrie würde in einzelnen Unternehmen Forschungs- und Entwicklungskapazitäten in erheblichem Umfang binden. Die Unternehmen halten sich angesichts sehr unsicherer und weit in der Zukunft liegender Erträge in der biotechnologischen Vorforschung zurück.

Eine wichtige Aufgabe der Forschungspolitik ist es, die Kräfte der Unternehmen zur Durchführung grundlegender biotechnischer Forschung und Entwicklung zu stärken und Schwächen im For-

schungsbereich abbauen zu helfen. Direkte und indirekte Maßnahmen seitens der Bundesregierung sollen einen Beitrag leisten.

Die Bundesregierung geht dabei davon aus, daß die Wirtschaft sich künftig verstärkt um den Aufbau biotechnologischer Forschungskapazitäten und um die Entwicklung biotechnischer Verfahren und Produkte bemüht und entsprechende Eigenmittel hierfür aufbringt. Dies fällt als originäre unternehmerische Aufgabe in ihre eigene Verantwortung. Die o. a. Maßnahmen sind als staatliche Hilfe zur unternehmerischen Selbsthilfe zu verstehen und haben subsidiären Charakter.

1.3 Förderung von Forschung und Entwicklung auf besonderen Gebieten staatlicher Daseins- und Zukunftsvorsorge

Die neuen Techniken eröffnen Chancen zur Lösung wichtiger komplexer Probleme in den Bereichen Gesundheit, Ernährung, Umwelt und Rohstoffversorgung; diese gilt es, zu nutzen. Der Forschung im Interesse der Verbesserung der Lebensbedingungen der Bürger, der Sicherung einer intakten Umwelt und des Schutzes vor Risiken kommt erste Priorität zu.

Chancen eröffnen beispielsweise Gentechnologie und Zellbiologie für die Erforschung der Ursachen wichtiger Krankheiten, etwa des Krebses. Neue Früherkennungs- und Diagnoseverfahren unter Nutzung dieser Methoden bieten sich an. Neuartige Arzneimittel und Therapieverfahren gegen bisher nur schwer zu behandelnde Krankheiten, etwa Viruserkrankungen und Krebs, die noch erhebliche Forschungsanstrengungen erfordern, müssen entwickelt werden. Aber auch Chemotherapeutika gegen seltene Krankheiten oder Tropenkrankheiten, für deren Entwicklung mangels wirtschaftlicher Anreize staatliche Hilfen unerlässlich sind, bedürfen besonderer Aufmerksamkeit.

Auf dem Ernährungssektor können zell- und gentechnische Methoden eingesetzt werden, um Pflanzen mit verbesserten Qualitätseigenschaften zu züchten. Um diese Zielsetzung zu erreichen, müssen langfristige Forschungsstrategien, die genetische Methoden und Verfahren der klassischen Pflanzenzüchtung verknüpfen, konzipiert werden. Fortschritte auf diesem Gebiet ermöglichen z. B. auch Züchtungen von Pflanzen, die als Lieferanten für chemische Grundstoffe in Frage kommen. Auch die industrielle Herstellung dieser Grundstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen landwirtschaftlicher Produktion ist ein langfristiges Forschungsziel.

Zur Lösung drängender Umweltprobleme bei der Abfallbeseitigung und Abwasserreinigung müssen in Ergänzung zu technisch orientierten Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen Abwassermikrobiologie, mikrobiellem Schadstoffabbau und Umweltbiotechnologie künftig verstärkt Aufmerksamkeit gewidmet werden.

I.4 Technikfolgenabschätzung und Verantwortung der Wissenschaft

Die der Zellbiologie und Gentechnologie zugeschriebenen Chancen werden sich nur entfalten können, wenn es gelingt, die bei ihrer Einführung denkbaren Risiken zu minimieren. Um die möglichen Risiken erkennen und eventuelle Grenzen für die Anwendung bestimmen zu können, sind zahlreiche Aktivitäten entfaltet worden. Sie umfassen experimentelle Sicherheitsforschung ebenso wie den Erlass von Richtlinien für die Durchführung gentechnologischer Experimente.

Sicherheitsaspekte der Gentechnologie sind in Verbindung mit der Einführung der sog. in vitro-Neukombinationstechnik von Nukleinsäuren in die biomedizinische Laboratoriumspraxis in den vergangenen zehn Jahren weltweit diskutiert worden. Die Empfehlung der Wissenschaftlerkonferenz in Asilomar im Frühjahr 1975, Forschungsarbeiten unter Beachtung von Sicherheitsrichtlinien weiterzuführen, hat bewirkt, daß heute in den meisten Industrienationen Richtlinien für gentechnische Arbeiten bestehen. Die Richtlinien für gentechnologische Arbeiten wurden 1976 in den USA und Großbritannien, 1978 in der Bundesrepublik Deutschland und 1982 vom Rat der Europäischen Gemeinschaft erlassen.

Eines ihrer wesentlichen Ziele ist es, zu verhindern, daß gentechnologisch veränderte Organismen unbeabsichtigt in die Umwelt gelangen und sich dort unkontrolliert verbreiten. Dies ist bisher durch ein abgestimmtes System von physikalischen und biologischen Sicherheitsmaßnahmen in der Praxis erreicht worden. Die Sicherheitsanforderungen in den Richtlinien sind, um allen Eventualitäten Rechnung zu tragen, restriktiver, als es die Risikoabschätzung erforderlich macht. Die Richtlinien, die Grundlage für die sicherheitstechnische Überprüfung von Experimenten im Einzelfall durch die „Zentrale Kommission für Biologische Sicherheit (ZKBS)“ sind, haben ihre Schutzfunktion bisher voll erfüllt. Spezifische gesetzliche Regelungen zu dieser Thematik sind nach Auffassung der Bundesregierung aus heutiger Sicht nicht erforderlich. Sie vertraut darauf, daß die Gemeinschaft der Wissenschaftler in Grundlagenforschung und Industrie ihre Selbstverantwortung auch in Zukunft wahrnimmt und die Richtlinien freiwillig beachtet. Nur auf dieser Basis ist es möglich, gleichzeitig die Chancen der Bio- und Gentechnologie so erkennbar zu machen und zu nutzen, daß Staat und Wissenschaft durch partnerschaftliches Zusammenwirken die Voraussetzungen für eine gedeihliche und freiheitliche Entwicklung der Forschung konstituieren können.

Unberührt bleiben bestehende Rechtsvorschriften, insbesondere über den Umgang mit Krankheitserregern, gefährlichen Chemikalien und schädliche Immissionen.

Im Zusammenhang mit der weiteren Einführung und Anwendung gentechnischer Methoden sind für die Laborexperimente bereits vorhandene und erprobte Sicherheitsmaßnahmen fortzuentwickeln.

Für die industrielle Produktion müssen bei dem zu erwartenden Einsatz gentechnisch veränderter Mikroorganismen die bestehenden Laborsicherheitsrichtlinien entsprechend angepaßt werden. Darüber hinaus müssen Überlegungen angestellt werden, ob und unter welchen Voraussetzungen in Zukunft eine Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen für Anwendungen z. B. in der Landwirtschaft erfolgen darf, damit es hierdurch zu keiner Gefährdung von Mensch, Tier, Pflanze oder Umwelt kommt.

Auch bei der Anwendung zellbiologischer und gentechnischer Methoden am Menschen ist es Teil der ethischen Verantwortung von Wissenschaft und Politik, frühzeitig Gefährdungspotentiale zu analysieren und Überlegungen zur Vermeidung oder Verringerung von Risiken und zur Frage anzustellen, ob der zu erwartende Nutzen für den Menschen in einem angemessenen und verantwortbaren Verhältnis zum Risiko steht.

Zu erwähnen sind dabei besonders die Methoden der Gentherapie an Körperzellen und Keimzellen, der Analyse des menschlichen Genoms und im weiteren Zusammenhang auch die Frage, ob Forschungsarbeiten an befruchteten menschlichen Eizellen und Embryonen durchgeführt werden dürfen.

In der molekularen Genetik und der Zellbiologie gibt es Forschungsbereiche, in denen die Forschung und die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse äußerst behutsam erfolgen müssen — bis hin zu eindeutigen Grenzen, die insbesondere bei Forschung und Anwendung am Menschen nicht überschritten werden dürfen. Das Grundrecht der Freiheit der Forschung unterliegt den Schranken, die sich aus der Verfassung selbst ergeben und die insbesondere im Schutz der Würde des Menschen und dem Schutz des Lebens ihren Ausdruck finden.

Die Bundesregierung hat zur Klärung der ethischen und rechtlichen Fragen, die die Anwendung dieser Methoden am Menschen aufwerfen, im September 1983 eine Anhörung von Experten durchgeführt und anschließend eine Arbeitsgruppe: „in vitro-Fertilisation, Genomanalyse und Gentherapie“ gebildet, die im Laufe des Jahres 1985 Vorschläge unterbreiten wird, welche Maßnahmen zur Verhinderung eines Mißbrauchs und zum Schutz der menschlichen Würde in den Bereichen Embryoforschung, Samen-, Ei- und Embryospender, extrakorporale Befruchtung, genetische Diagnostik und Therapie ergriffen werden sollen. Die Bundesregierung wird anschließend die notwendigen forschungs- und rechtspolitischen Konsequenzen ziehen. Sie hat dadurch dokumentiert, daß sie ein besonderes Gewicht auf die frühzeitige Vorausschau und Folgenabschätzung biotechnologischer Entwicklungen legt. Aufbauend auf einer verlässlichen Risikoanalyse und geeigneten Vorsorgemaßnahmen hat sie auch eine offen geführte Diskussion mit der an Forschung und Technik interessierten Öffentlichkeit eingeleitet, um dazu beizutragen, Risikoängste abzubauen und ein forschungsfreundliches Klima auch im Bereich der Biotechnologie zu schaffen.

I.5 Verbesserung der Zukunftschancen des wissenschaftlichen Nachwuchses

Die Biotechnologie als expandierendes Forschungsgebiet und wachstumsorientierte Schlüsseltechnologie wird künftig einen steigenden Bedarf an hochqualifizierten wissenschaftlich-technischen Nachwuchskräften haben.

Die Bundesregierung fördert deshalb, flankierend zur Nachwuchsförderung durch die Begabtenförderungswerke und die Länder, den wissenschaftlich-technischen Nachwuchs in der Biotechnologie. Sie begrüßt jede Initiative seitens der Bundesländer, die bereits begonnene Ausweitung der Forschungs- und Ausbildungskapazitäten in der Biotechnologie und den mit ihr korrespondierenden biowissenschaftlichen und bioverfahrenstechnischen Disziplinen fortzusetzen.

I.6 Internationale Zusammenarbeit

Für die weitere Entwicklung und Nutzung der Biotechnologie ist eine intensive internationale Kooperation von großer Bedeutung. Ziel dieser Zusammenarbeit ist es,

- den internationalen Austausch als wichtigen Faktor des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts zu stärken,

- das Zusammenwirken und die Entfaltung des wissenschaftlichen und industriellen Potentials vor allem im Rahmen der Europäischen Gemeinschaften zu fördern,
- grenzüberschreitende Probleme, z. B. in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Umweltschutz, Medizin und Sicherheit gemeinsam in Angriff zu nehmen und damit zugleich Wettbewerbsverzerrungen aufgrund unterschiedlicher nationaler Sicherheitsstandards entgegenzuwirken,
- zur Lösung von Problemen der Länder der Dritten Welt beizutragen.

Diesem Ziel dienen vor allem die Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die im Rahmen bilateraler Kooperationsabkommen auf dem Gebiet von Forschung und Technologie durchgeführt werden. Die internationale Zusammenarbeit orientiert sich dabei inhaltlich an den forschungspolitischen Zielen dieses Programms. Sie ist eingebettet in die allgemeinen außen-, wirtschafts- und entwicklungspolitischen Ziele der Bundesregierung.

Schwergewichtig jedoch wird die internationale Zusammenarbeit in Europa durch die Mitwirkung der Bundesregierung am „Mehrjährigen Forschungsprogramm der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft auf dem Gebiet der Biotechnologie“ unterstützt, in dessen Mittelpunkt die Förderung der grenzüberschreitenden Forschung steht.

II. Chancen und Stand von Biologie und Biotechnologie

Angewandte biologische und biotechnologische Forschung können für viele agrar- und ernährungswirtschaftliche, medizinische, Umwelt- und Rohstofffragen völlig neuartige Problemlösungen anbieten. Dabei ist es wichtig, mehrere wissenschaftliche Disziplinen, wie Mikrobiologie, Genetik, Biochemie, Molekularbiologie und Ingenieurwesen integriert anzuwenden, da nur eine interdisziplinäre Bearbeitung eine zunehmende Nutzung biologischer Systeme für die genannten Fragestellungen wie auch für die industrielle Produktion ermöglichen wird. Im folgenden sollen aus der Fülle vorhandener Anwendungsmöglichkeiten einige Beispiele näher beschrieben werden, um ein Gesamtbild zu vermitteln.

Über das wirtschaftliche Potential der Biotechnologie und wichtige Aktivitäten in der Bundesrepublik Deutschland werden im Anhang weiterführende Hinweise gegeben.

II.1 Gesundheit

Biosyntheseprodukte werden seit langem in der medizinischen Praxis eingesetzt, um Krankheiten vorzubeugen, sie zu erkennen und zu heilen. Beson-

dere Bedeutung haben dabei etwa die von Pilzen und Bakterien gebildeten Antibiotika, z. B. Penicillin oder Tetracyclin, für die Bekämpfung von Krankheiten, die auf bakterielle oder Pilzinfektionen bei Mensch und Tier zurückgehen.

Zahlreiche Impfstoffe, namentlich zur Vorbeugung gegen virusbedingte Krankheiten, pharmakologisch wirksame pflanzliche Stoffwechselprodukte und Inhaltsstoffe, wie Herzglycoside oder Alkaloide, lebensnotwendige Naturstoffe, wie Vitamine und Hormone und nicht zuletzt zahlreiche Diagnostika wie etwa Enzyme zum Nachweis von Stoffwechselstörungen oder eines Herzinfarkts, werden biotechnisch hergestellt. Bei der Synthese von Ovulationshemmern, die zur Geburtenkontrolle dienen, werden wichtige synthetische Teilreaktionen, die rein chemisch nicht wirtschaftlich zu realisieren sind, von Mikroorganismen durchgeführt.

Diese breite Palette von biotechnisch hergestellten Produkten und Zwischenprodukten wird in naher Zukunft durch den Einsatz neuer Methoden, wie der Gentechnik, deutlich erweitert werden.

Große Hoffnungen werden in die Entwicklung von Verfahren zur Herstellung von Interferonen als möglichen Chemotherapeutika gegen Viruskrank-

heiten und vielleicht auch einige Krebsarten gesetzt. Die zellkulturtechnische und die gentechnische Herstellung von Hormonen, wie etwa dem lebensnotwendigen Insulin zur Behandlung von Zuckerkrankheit oder des Wachstumshormons zur Beseitigung der Kleinwüchsigkeit, lösen aufwendige bisherige Methoden der Gewinnung aus tierischen und menschlichen Organen ab. Neue chemische Stoffklassen können für die aktive und passive Immunisierung erschlossen werden. Gearbeitet wird an der Herstellung von Impfstoffen gegen Lebererkrankungen, gegen Malaria, der immer noch häufigsten Tropenkrankheit, gegen schwere Viruskrankheiten, wie Hirnhautentzündung, durch Herpes-Viren verursachte Hautkrankheiten und nicht zuletzt gegen die Grippe. Besondere Bedeutung kommt langfristig der Prophylaxe gegen Tropenkrankheiten zu, die in vielen Ländern der Dritten Welt immer noch große medizinische Probleme aufwerfen.

Krankheitserreger können diagnostisch schneller dadurch identifiziert werden, daß man ihre Gene direkt nachweist, ohne den Erreger selbst isolieren zu müssen. Dadurch können Infektionen bereits festgestellt werden, bevor es zum Krankheitsausbruch kommt.

Auch die vorgeburtliche Diagnose von Erbkrankheiten durch Nachweis von defekten Erbanlagen im embryonalen Gewebe während der ersten Schwangerschaftswochen wird durch gentechnische Methoden erweitert werden.

Antikörper spielen beim Immungeschehen, z. B. bei der Abwehr von Krankheitserregern, eine wichtige Rolle. Mit Hilfe von Gen- und Zellfusionstechnik kann man „monoklonale Antikörper“, d. h. chemisch reine Antikörper mit gleichbleibender Qualität und in beliebiger Menge herstellen. Dies wird durch die Hybridomatechnik ermöglicht, bei der eine antikörperproduzierende Zelle mit einer sich unendlich teilenden Zelle fusioniert wird. Ihr hoher Wirkungsgrad und ihre chemische Reinheit erlauben vielfältige Anwendungen, wie Labortests von außerordentlich großer Genauigkeit zur Diagnose von Krankheiten, zur Behandlung von Infektionskrankheiten, zum Nachweis von Hormonen, zur Isolierung von seltenen Naturstoffen aus Substanzgemischen bis hin zur Erkennung von Verunreinigungen in Lebensmitteln. Für diese epochale Entwicklung erhielt G. Köhler gemeinsam mit C. Milstein und N. K. Jerne 1984 den Nobelpreis für Medizin — gleichermaßen ein eindrucksvoller Beleg für die wissenschaftliche Attraktivität der neuen Forschungsrichtungen und für die in sie gesetzten Hoffnungen auf spätere medizinische Anwendungen.

II.2 Ernährung

Ergebnisse biotechnologischer Forschung und Entwicklung sind in vielfältiger Weise in der pflanzlichen und tierischen Produktion, für die Behandlung und Verarbeitung von Lebens- und Futtermitteln, von land- und forstwirtschaftlichen Rohprodukten

sowie für die Umwandlung und Wiederverwertung von landwirtschaftlichen Abfallstoffen einzusetzen. Aus der Fülle dieser Anwendungsmöglichkeiten seien nur wenige Beispiele herausgegriffen, um besonders aktuelle Forschungsrichtungen aufzuzeigen.

Seit es möglich wurde, in Tabakpflanzen fremdes Erbgut einzuschleusen, etwa das für die Regulation der Biosynthese eines Proteins verantwortliche Gen, sind wesentliche Impulse für die Integration fremder Erbsubstanz auch in anderen Kulturpflanzen zu erwarten. Methoden der Genübertragung werden zunehmend genutzt, um die Pflanzenzüchtung auf breiter Basis voranzutreiben. Züchtungsziele sind dabei höhere Erträge, Widerstandsfähigkeit gegen Kälte und Dürre, höhere Photosyntheseleistung, Verbesserung der Qualitätseigenschaften von Pflanzen, beispielsweise durch ernährungsphysiologisch günstigere Eiweißzusammensetzungen sowie Unempfindlichkeit gegen Pflanzenkrankheiten und Schädlinge.

Mit Hilfe bestimmter Zellkulturtechniken, etwa der Gewinnung von sog. haploiden Zellen und ihrer Aufzucht zu intakten Pflanzen, sind bereits mehrere wichtige Kulturpflanzenarten, namentlich Raps, Gerste, Kartoffeln, Zuckerrüben und Hülsenfrüchte erfolgreich züchterisch bearbeitet worden. Die Methode der Verschmelzung von pflanzlichen Gewbezellen erlaubt es prinzipiell, Hybridpflanzen zwischen verschiedenen Pflanzenarten zu züchten. So läßt sich beispielsweise die nach ihren „Stammpflanzen“ Tomate und Kartoffel benannte Tomoffel, aus fusionierten Zellen großzuziehen. Die Zellfusion läßt darauf hoffen, daß man erwünschte Eigenschaften von Pflanzen verschiedener Arten in Hybridpflanzen neu kombinieren kann.

Besonderes wissenschaftliches Interesse hat auch die biologische Stickstofffixierung gefunden, seit es gelungen ist, die für die Regulation dieser biochemischen Vorgänge verantwortlichen Erbanlagen aus Bakterien zu isolieren und auf andere Bakterien zu übertragen oder diese gar direkt in Kulturpflanzen oder in mit ihnen vergesellschaftete Wurzelbakterien einzubauen und dort zur Wirkung zu bringen. Falls es später gelingen sollte, Kulturpflanzen zu befähigen, ihren Stickstoffbedarf nicht wie bisher, über die Stickstoffdüngung sondern unmittelbar aus der Luft zu decken ohne ihre bisherigen Ertragsleistungen zu mindern, wäre eine aus heutiger Sicht noch langfristige Zielsetzung genetisch-biochemischer Forschung verwirklicht.

Neue Züchtungsmethoden tragen aber auch dazu bei, die genetischen Ressourcen der Pflanzen zu erhalten.

Zell- und Gewebekulturtechniken sind aus der Tierzucht bereits heute nicht mehr wegzudenken. Es reicht aus, nur einige Stichworte, wie künstliche Besamung, in vitro-Veränderung, Konservierung, extrakorporale Vermehrung von Embryonen und Embryotransfer zu nennen.

Auch werden — vergleichbar zu den Anwendungen in der Humanmedizin — neue Impfstoffe gegen

schwere Tierkrankheiten, wie Maul- und Klauenseuche oder Durchfallerkrankungen, diagnostische Hilfsmittel, wie monoklonale Antikörper und genetische Methoden, z. B. zum Einbau von Resistenzgenen gegen Viruskrankheiten bei Rindern und Geflügel, entwickelt.

Schließlich wird die Entwicklung von biochemischen Syntheseverfahren für Enzyme und andere Grundstoffe, die in der Ernährungswirtschaft breite Verwendung finden, sehr zügig vorangetrieben. Beispiele wären etwa das milchwirtschaftlich interessante Labferment, Glucose-Isomerase zur biochemischen Umwandlung von Zuckern, Cellulasen für die Getränkeindustrie, Lebensmittelzusatzstoffe wie Süßungsmittel, Aromastoffe, Farbstoffe, Verdickungsmittel, Stabilisatoren, Vitamine, Aminosäuren, Antioxydantien, Konservierungsmittel und Zusatzstoffe für Tierfutter.

Mehrere Verfahren sind entwickelt worden, um unkonventionelle Lebens- und Futtermittel, insbesondere Eiweiß, aus landwirtschaftlichen Abfällen oder chemischen Grundstoffen herzustellen. Biochemische Herstellungsverfahren für Lebens- und Genußmittel, die für Entwicklungsländer bedeutend sind, könnten verbessert werden, z. B. die Kaffee-, Kakao- und Teefermentation. Wichtige Aufgaben in der lebensmitteltechnologischen Forschung bestehen darin, möglichst einfache Techniken für die Behandlung von Rohstoffen und Lebensmitteln zu entwickeln mit dem Ziel, den Gehalt an wertvollen Inhaltsstoffen und die Lagerfähigkeit der Produkte zu verbessern. Ergebnisse solcher Forschungsarbeiten werden vor allem der Dritten Welt zugute kommen.

II.3 Nachwachsende Rohstoffe, chemische Grundstoffe und Energieträger

Chemiegrundstoffe, wie Ethanol, Methanol und Methan, lassen sich aus Biomasse, Abfallstoffen und Rückständen (z. B. Holzzuckern aus der Papierindustrie) gewinnen. Für Lösungsmittel, wie Aceton und Glycerin, oder organische Säuren, wie Essig- und Zitronensäure, existieren bereits wirtschaftliche biotechnische Verfahren. Forschungsziel ist es, neue industriell interessante Mikroorganismen als Produktionsstämme zu finden und genetisch mit dem Ziel zu verbessern, ihre Biosyntheseleistung zu steigern. Auf den jeweiligen Organismus und den von ihm durchgeführten biochemischen Prozeß zugeschnittene Verfahren und Bioreaktoren müssen weiterentwickelt oder neu konzipiert werden.

Besondere politische Aktualität haben Überlegungen erlangt, land- und forstwirtschaftliche Erzeugnisse in stärkerem Maße für die Energie- und Rohstoffgewinnung zu nutzen. Die land- und forstwirtschaftlich erzeugte Biomasse, etwa Lignozellulose, Stärke, Öle und Fette, stellt — unbeschadet einer ausreichenden Versorgung mit Nahrungsmitteln — ein beachtliches Reservoir sich stets erneuernder „nachwachsender Rohstoffe“ und Energieträger dar, das zur Verbesserung der energie- und rohstoffwirtschaftlichen Situation in der Bundesrepu-

blik Deutschland zur Verfügung steht. Allerdings muß dabei im Einzelfall geprüft werden, ob dieses Potential auch ökologisch befriedigend und unter ökonomischen sowie wettbewerbspolitischen Aspekten vertretbar erschlossen werden kann.

Der mögliche Beitrag der Biomasse für die Gesamtenergieversorgung in der Bundesrepublik Deutschland ist zwar relativ klein. Unter dem Gesichtspunkt einer staatlichen Vorsorgestrategie ist es jedoch sinnvoll, auch Untersuchungen und Projekte zur Züchtung und Anbautechnik sowie zur Umwandlung von agrarischen Rohstoffen, z. B. in Alkohol, zu fördern, um die Konkurrenzfähigkeit zu fossilen Rohstoffen und deren Derivate zu verbessern.

Ob die Biogaserzeugung aus Biomasse sich durch biotechnische Innovationen verbessern läßt, ist wegen der hohen Investitionen und der bisher vielfach noch nicht gegebenen Wirtschaftlichkeit offen. Es ist zu prüfen, ob der Einsatz verbesserter Mikroorganismen und verfahrenstechnische Innovationen zur Wirtschaftlichkeit im Inland beitragen können.

Nachwachsende Rohstoffe haben zur Zeit einen Anteil von ca. 10% an den Einsatzstoffen der chemischen Industrie. Chancen für eine verstärkte Nutzung nachwachsender Rohstoffe ergeben sich dann, wenn sie von Natur aus Merkmale tragen, die sich als Produktionsvorteile auswirken. An Pflanzen für die industrielle Nutzung werden deshalb zum Teil andere Anforderungen gestellt als an Pflanzen für Ernährungszwecke. Wünschenswert ist z. B. mehr Zellulose und dafür weniger Lignin, mehr Ölsäure und weniger Stearinsäure, mehr kurzkettige und weniger langkettige Fettsäuren. Die Pflanze sollte möglichst schon höher veredelte, d. h. chemisch kompliziert gebaute Inhaltsstoffe oder Naturstoffe mit selektiven Eigenschaften für die chemische Weiterverarbeitung enthalten.

Weitere Fortschritte in der biotechnologischen Forschung vorausgesetzt, dürfte auch die Nachfrage nach jenen Naturstoffen zunehmen, die Ausgangsstoffe für organische Säuren, Fettalkohole, spezielle Polysaccharide und andere alte und neue chemische Verarbeitungserzeugnisse sind. Auch durch neue Züchtungsmethoden oder die Herstellung maßgeschneiderter Enzyme und Mikroorganismen kann die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen erweitert werden.

Chancen bei der Züchtung und Sortenentwicklung von Pflanzen zur industriellen Nutzung liegen darin, durch gezielten Eingriff in den Primär- und Sekundärstoffwechsel über genetische Methoden die Gewinnung der gewünschten Produkte zu erhöhen und die Produktzusammensetzung bestimmen zu können. Die Eigenschaften der von Pflanzen gebildeten Stoffe wären bei anschließenden biotechnischen und physikalisch-chemischen Umsetzungen weitgehend zu erhalten. Sie würden damit die Gewinnung ungewöhnlicher Fettsäuren sowie Ertragssteigerungen bei der Produktion von Stärke und Zucker für die industrielle Verwendung ermöglichen. Die Grundlagenforschung auf den Sektoren

der Kohlehydrat- und Fettchemie soll verstärkt werden.

Ein weiterer Vorteil von Produkten aus natürlichen Rohstoffquellen wird in ihrer besseren Umweltverträglichkeit vermutet. Beispielsweise sollte es möglich sein, den Fettsäuregehalt von ölbildenden Pflanzen (z. B. Raps, Cuphea) zu vereinheitlichen und ein Fettsäuremuster zu erhalten, das es erlaubt, biologisch leichter abbaubare Tenside herzustellen.

Ein noch nicht abzuschätzendes Potential der Biomassegewinnung wäre auch zugänglich, wenn die Photosyntheseleistung bei Pflanzen erhöht werden könnte und damit ein besserer Wirkungsgrad der chemischen Fixierung der eingestrahelten Lichtenergie erreicht würde. Gezielte Eingriffe könnten auch hier die gestellten Anforderungsprofile der Industrie für ihre Einsatzstoffe erfüllen.

Bei der Produktion von Industriepflanzen müssen auch Fragen von Anbau, Ernte und Lagerung sowie der Reststoffverwertung sowohl in ökonomischer als auch in ökologischer Hinsicht untersucht und der Einsatz biotechnologischer Methoden zur Problemlösung geprüft werden. Insbesondere sollen dadurch auch Verbesserungen der Umweltbedingungen erreicht und neue ökologische Belastungen vermieden werden.

Die Erweiterung des Spektrums von Industriepflanzen ermöglicht zugleich eine aufgelockerte Fruchtfolge.

Ein besseres Verständnis physiologischer Vorgänge und spezifischer Abwehrmechanismen sowie symbiontischer Beziehungen von Pflanzen könnte die Grundlage für eine Anwendung zum Schutz dieser Kulturen bilden.

II.4 Biotechnische Erschließung von Lagerstätten

Biotechnische Verfahren können vielfach dazu beitragen, Rohstoffe zu erschließen und zu verarbeiten, Lagerstätten z. B. von Kohle, Erdöl und Erzen, besser auszunutzen, chemische Grundstoffe herzustellen oder neuartige Rohstoffquellen, wie landwirtschaftliche Abfälle und nachwachsende Biomasse wirtschaftlich nutzbar zu machen.

Bestimmte Metalle, z. B. Kupfer, Uran und Zink, können aus geringwertigen Erzen „bakteriell ausgelaugt“ oder aus bisher wirtschaftlich nicht ausbeutbaren Lagerstätten gewonnen werden. Mit dieser Methode sind auch wertvolle Metalle oder solche, die eine Umweltgefährdung darstellen, wie Quecksilber und Kobalt, aus Abraumhalden, Klärschlämmen, Hafen- und Flußsedimenten, Flugaschen und Filterstäuben zurückzugewinnen.

Die Förderungsrate aus den derzeit nur zu ca. 35% ausschöpfbaren Erdöllagerstätten kann mit mikrobiellen Polysacchariden, wie Xanthan, erheblich erhöht werden. Auch für den Steinkohlebergbau können biotechnische Methoden langfristig von Inter-

esse sein, um Restkohlen aus nicht vollständig abgebauten Lagerstätten oder Halden zu nutzen, oder um Kohlen in größeren Tiefen, die dem konventionellen Bergbau nicht mehr zugänglich sind, bakteriell zu förderbaren flüssigen oder gasförmigen Produkten aufzuarbeiten.

II.5 Umwelt

Biotechnische Verfahren sind von herausragender Bedeutung für die Abwasser- und Abluftreinigung sowie für die Abfallaufarbeitung. Biotechnische Prozesse auf diesem Sektor haben z. Z. die größte wirtschaftliche Bedeutung überhaupt. Dazu zählen beispielsweise neue Verfahren der aeroben und anaeroben Abwasserreinigung für industrielle, landwirtschaftliche und kommunale Abwässer, einschließlich der dazugehörigen Auslegung von Kläranlagen sowie neue Kompostierungsverfahren. Für die Beseitigung von Ballast- und Schadstoffen in der Abluft werden bereits „biologische Erdfilter“ oder spezielle Bakterienfilter angeboten. Für die gesamte Abfallaufarbeitung ist noch intensive mikrobiologisch-biochemische Forschung notwendig, aber auch die Entwicklung neuer technischer Verfahren und Anlagen. Nur bei intensiver Erforschung der biologischen Grundlagen ist eine wünschenswerte Abkehr von der bisher vielfach noch rein empirischen Vorgehensweise bei der Konzeption von Verfahren möglich.

Wichtig für die Abwasserreinigung ist die Entwicklung und der Einsatz von mikrobiellen Mischkulturen, die in der Lage sind, diejenigen Fremdstoffe abzubauen, die von den üblichen „Abbaugemeinschaften“ von Mikroorganismen der Kläranlagen nicht umgesetzt werden. Ziel ist u. a. die Züchtung und gentechnische Konstruktion von Organismen, die gezielt toxische und schwer abbaubare Stoffe, wie z. B. Dioxin, verwerten können oder die besonders giftige Stoffe, wie Schwermetalle aus Abfällen, Flußsedimenten oder Hafenschlick herauslösen und einer Wiederaufarbeitung zugänglich machen. Erste Ansätze für eine solche Technik gibt es für die Problemstoffe der „polychlorierten Biphenyle“. Prinzipiell sollte es möglich sein, jedes organische Molekül durch ausgewählte und neukonstruierte Mikroorganismen abzubauen und damit giftige Substanzen in ungiftige zu überführen.

Ziel muß sein, die mikrobielle Aufarbeitung von Abfällen, Abwässern und Abgasen so zu führen, daß der sekundär anfallende Abfall minimiert bzw. einer sinnvollen Weiterverarbeitung zugeführt werden kann.

Ein wichtiges Aufgabengebiet für die biologische Bergbauforschung ist die mikrobielle Entschwefelung von Kohle, die Stickstoffentfernung und die Entwicklung prozeßangepaßter großtechnischer Verfahren. Besonderes Interesse ist der Verhinderung mikrobieller Korrosion an Geräten und Versorgungsleitungen unter Tage, sowie an Kühltürmen beizumessen. Dies gilt in noch stärkerem Maße für mikrobielle Korrosion an Gebäuden aus

den verschiedensten Materialien, insbesondere von Kulturdenkmälern.

Ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz kann durch spezielle Methoden der biologischen Schädlingsbekämpfung geleistet werden. Besonders bemerkenswerte Beispiele sind Insektenlockstoffe, die sog. Pheromone, ferner Naturstoffe und mikrobielle Stoffwechselprodukte mit Giftwirkung gegen Schadinsekten, Schadpilze und Unkräuter und schließlich Insektenviren, die gezielt Krankheiten bei Schadorganismen verursachen und deshalb in der Praxis eingesetzt werden können. Biologische Schädlingsbekämpfungs- oder Unkrautvernichtungsmittel, die nur auf spezifische Schädlinge, seien es Insekten, Pilze oder pflanzliche Konkurrenten, reagieren, bieten große ökologische Vorteile, weil sie eine Verunreinigung der Umwelt und der Nahrungskette vermindern, Nützlinge schonen und dazu beitragen, das ökologische Gleichgewicht zu erhalten.

II.6 Ersatz von Tierversuchen

Bei der Beurteilung von Tierversuchen ist sorgfältig abzuwägen zwischen dem Schutzbedürfnis der Tiere einerseits und dem Schutz der Gesundheit des Menschen und seiner Umwelt sowie der Notwendigkeit der Gewinnung von Erkenntnissen durch Wissenschaft und Forschung andererseits. Durch die Änderung der Vorschriften über Tierversuche sollen diese wirkungsvoller als bisher auf das geforderte „unerläßliche Maß“ beschränkt werden.

In der toxikologischen Prüfung nimmt die Zahl der Verfahren zu, die anstelle tierexperimenteller Prüfungen Testmethoden an Zell- und Organsystemen erlauben. In zunehmendem Maße werden Zellkulturen zur Bewertung von Arzneimitteln gegen Tropenkrankheiten wie die Bilharziose, gegen Herz- und Kreislauferkrankungen, Krebs und Rheuma erprobt. Auch die Herstellung von Impfstoffen, die bisher nur unter Verwendung von Tieren möglich war, geschieht inzwischen bei vielen Verfahren unter Einsatz von Zellkulturen.

Ein Beispiel für ein Prüfverfahren am Tier, das durch Untersuchungen an Zellkulturen ersetzt werden kann, ist der sogenannte Darmschlingentest am Kaninchen. Dieses Prüfverfahren, das für die Diagnose bakterieller Durchfallerkrankungen wichtig ist — eine Krankheit, an der pro Jahr weltweit etwa zehn Millionen Menschen sterben — kann heute ersetzt werden durch einen Zellkulturtest.

Besonders umstritten ist der Schleimhaut-Reiztest am Kaninchenauge, mit dessen Hilfe man prüft, ob Kosmetika, Desinfektionsmittel und andere Substanzen die Schleimhaut in schmerzhafter Weise angreifen oder ob sie unbedenklich sind. An der Eihaut bebrüteter Hühnereier hofft man, künftig diese Aussage unabhängig von Tierversuchen gewinnen zu können.

Zur Verminderung der derzeit noch notwendigen Tierversuche können besonders die Entwicklung

von Organmodellen und weiteren Zell- und Gewebekulturtests, sowie Computersimulationsmodelle etwa zur Abschätzung der Wirkung neuer Wirkstoffe beitragen. Dabei ist in der medizinisch-pharmakologischen Forschung zu denken an die Prüfung auf Verträglichkeit von Pharmaka und Kosmetika, die Untersuchung erbgutschädigender Substanzen, die Gewinnung von Impfstoffen und den Einsatz in der Krebsforschung, in der Immunforschung und bei der toxikologischen Prüfung. Tierversuche können wesentlich auch durch eine internationale gegenseitige Anerkennung von tierexperimentellen Untersuchungsergebnissen reduziert werden.

II.7 Stand von Forschung und Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland

Die Biotechnologie in der Bundesrepublik Deutschland hat eine reiche Tradition auf den klassischen Gebieten der Gärungswissenschaften und der Fermentationstechnologie, bei der Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie von Bier, Wein und Hefe.

Dagegen hat die Gewinnung chemischer Massenprodukte wie Alkohol, Butanol, Azeton und Glycerin mit mikrobiologischen Verfahren durch die in den 50er Jahren aufkommende Erdölindustrie mit ihrer reichhaltigen Palette organisch-chemischer Grundstoffe weitgehend an wissenschaftlicher wie technischer Bedeutung verloren. Aus dieser Zeit hat praktisch im weltweiten Wettbewerb nur das Verfahren zur mikrobiellen Herstellung von Zitronensäure überlebt.

Hauptträger der großtechnischen Entwicklungen der Biotechnologie war seit Anfang der 40er Jahre die fermentative Herstellung von Antibiotika. Diese hat einen hohen technischen Stand erreicht und andere mikrobiologische Verfahren in der Industrie befruchtet.

Zur Zeit werden eine ganze Reihe biotechnischer, meist mikrobieller Verfahren industriell eingesetzt. Forschung und Entwicklung beschäftigen sich nicht ausschließlich mit frei beweglichen Organismenzellen sondern zunehmend auch mit immobilisierten Zellen und Enzymen sowie mit Zell- und Gewebekulturen.

Einen hohen Stand hat auch die Umweltbiotechnologie erreicht mit der Entwicklung von flächensparenden, geschlossenen Verfahren für die aerobe Reinigung industrieller Abwässer. Neue Impulse gehen von der Technik der anaeroben Behandlung der Abwässer der Zucker- und Zellstoffindustrie aus, wobei sich im Labor-Pilotmaßstab erfolgreich arbeitende Verfahren in der industriellen Erprobung befinden. Unter den Gesichtspunkten steigenden Umweltbewußtseins und gestiegener Umweltauflagen haben moderne Abwasserreinigungsverfahren die Grenzen zur Wirtschaftlichkeit erreicht.

Der Stand der deutschen Wissenschaft hat auf einzelnen Teilgebieten der Forschung einen internatio-

nal hohen Standard, so z. B. auf den Gebieten Pflanzengenetik, Virologie, Immunbiologie oder bei der Enzymaufarbeitung. Andererseits bestehen nach dem Urteil einer Beraterkommission für die öffentlich geförderte Großforschung in der Biotechnologie, im internationalen Vergleich gesehen, Schwächen auf drei Gebieten:

- Gentechnologie und Genetik industriell relevanter Mikroorganismen,
- Bau und Instrumentierung von Bioreaktoren und
- wirkungsorientierte Naturstoffsuche (Mikrobiologie, Zellbiologie), aus dem sich neue biotechnologische Prozesse ergeben können.

Auf dem Gebiet der Gentechnologie wurden zwischenzeitlich durch Bundesregierung, Max-Planck-Gesellschaft, Deutsche Forschungsgemeinschaft und Industrie vielfältige Maßnahmen eingeleitet, um diese Ausgangslage wirksam zu verbessern. Durch die Zusammenarbeit der Industrie mit Forschungsgruppen im In- und Ausland, die Ausweitung vorhandener Kapazitäten zu grundlagennahen Schwerpunktprojekten und die Verstärkung von Sonderforschungsbereichen und Schwerpunktprogrammen der Deutschen Forschungsgemeinschaft sind bereits Kristallisationspunkte für Spitzenforschung geschaffen worden.

Beim Bau und der Instrumentierung von Bioreaktoren und Geräten für biotechnische Prozesse besteht weiterhin ein hoher Bedarf an Forschung und Entwicklung.

Schwächen bestehen bei der Methodenentwicklung zur Auffindung von lohnenden Produkten, die die Entwicklung von neuen biotechnologischen Prozessen nach sich ziehen. In der Entwicklung der Biotechnologie konzentriert man sich in der Bundesrepublik Deutschland vielfach auf solche Prozesse, die auch in den USA, in Japan oder in einigen europäischen Ländern intensiv bearbeitet werden, z. B. auf die Herstellung von Insulin, Interferonen, Interleukinen, Einzeller-Proteinen, Penicillin, Cephalosporin, Tetracyclinen und Aminoglykosiden.

Künftig sollen auch neue biologische Fachrichtungen verstärkt Beachtung finden, die der biotechnologischen Forschung langfristig neue Impulse verleihen, z. B. die Neurobiologie, die biologische Signal- und Informationsverarbeitung, des Enzymdesign, auf denen in der Grundlagenforschung bereits ein hoher Stand erreicht ist.

Generell ist allerdings zu sehen, daß es in einer arbeitsteilig orientierten Weltwirtschaft nicht erwartet werden kann, daß ein Land längerfristig auf allen Gebieten eine Führungsrolle übernimmt. Wettbewerbsprozesse sind weniger durch starre Positionen, als vielmehr durch eine Abfolge von wechselseitigen Auf- und Überholprozessen gekennzeichnet, wenn jedes Land den größtmöglichen volkswirtschaftlichen Nutzen aus der internationalen Arbeitsteilung ziehen will.

Detaillierte Ausführungen zum wirtschaftlichen Potential der Biotechnologie, zu Forschungsaktivitäten im In- und Ausland sind einem Faktenteil als Anhang zu diesem Programm zu entnehmen.

III. Maßnahmen der Bundesregierung

Die Bundesregierung ergreift geeignete Maßnahmen zur Intensivierung der biotechnologischen Grundlagenforschung und schafft die forschungspolitischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für eine verbesserte Nutzung der breiten Anwendungsmöglichkeiten der Biotechnologie, die von der Landwirtschaft über die Ernährung, die Umwelt, Gesundheit bis hin zur Gewinnung von Rohstoffen und Energie reichen.

Aber auch die bei der Einführung und Anwendung neuer biologischer und gentechnischer Methoden erkennbaren Risiken hinsichtlich der Technikfolgen, ethischer und rechtlicher Fragen werden wiederholt in geeigneten Forschungsförderungsmaßnahmen aufgegriffen und einer weitergehenden Prüfung zugeführt. Die Bundesregierung zeigt hiermit, daß sie die möglichen Gefahren einer neuen Technologie ernst nimmt und entsprechend handelt.

Das Spektrum der im folgenden näher beschriebenen Maßnahmen umfaßt

- institutionelle Förderungen und die Förderung von zentralen Schwerpunktprojekten,
- indirekte Förderungen sowie

- die Förderung der themenbezogenen Verbundforschung und, in begrenztem Umfang, auch andere Projektförderungen.

Das Förderkonzept der Bundesregierung soll im Zusammenwirken der Bundesressorts mit den eigenständigen Aktivitäten der Bundesländer, der Forschungsförderungsorganisationen und der Wirtschaft die Grundlagenforschung sowie die wirtschaftliche und technologische Entwicklung auf breiter Front sichtbar vorwärtsbringen.

III.1 Institutionelle und zentrale Schwerpunktförderung

III.1.1 Förderung der Biotechnologie in Großforschungseinrichtungen

Die Biotechnologie ist aufgrund ihres multidisziplinären wissenschaftlichen Charakters und ihrer wirtschaftlich-technischen Bedeutung als branchenübergreifende Technologie eine Aufgabe für die Großforschung.

Die für die anwendungsorientierte Bearbeitung biotechnologischer Fragestellungen erforderliche multidisziplinäre Kooperation läßt sich im Rahmen der

heutigen Universitätsstrukturen nicht im notwendigen Maß an einem Ort realisieren. Neben der notwendigerweise primär auf wissenschaftlichen Erkenntniszuwachs und Lehre angelegten Grundlagenforschung an den Hochschulen in den Fachbereichen Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik ist daher die biotechnologische Forschung innerhalb einer Großforschungseinrichtung besonders dazu geeignet, die auf eine technische Anwendung zielende Forschung bei hohem Erfolgsrisiko unter langfristigen Zielsetzungen zu betreiben.

Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH (GBF)

Als nationales Zentrum der biotechnologischen Forschung wird die Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH (GBF) in Braunschweig-Stückheim als institutionell geförderte Großforschungseinrichtung künftig weiter ausgebaut. In der seit 1976 vom Bund und Land Niedersachsen geförderten Großforschungseinrichtung sind seit 1983 aufgrund einer externen wissenschaftlichen Begutachtung einschneidende Änderungen in der Organisationsstruktur und in der personellen Besetzung der GBF vollzogen worden. Ihre wissenschaftlichen Aktivitäten wurden gestärkt, der Gesellschaftsvertrag neu gefaßt und die Eigenverantwortlichkeit der wissenschaftlichen Organe gestärkt. Die GBF bietet jetzt gute Voraussetzungen, um ihr wissenschaftliches Potential effizient als Großforschungseinrichtung der Biotechnologie zu nutzen und biotechnologische Fragestellungen auf einer breiten Basis fächerübergreifender Kooperation an einem Ort kompetent zu bearbeiten.

Sie ist damit zu einem wesentlichen Bestandteil der biotechnologischen Forschungs- und Entwicklungslandschaft in der Bundesrepublik Deutschland geworden. Im Zusammenwirken mit den Hochschulen, den Genzentren und anderen zentralen Schwerpunktprojekten (vgl. III.1.3) sowie den industriellen Nutzern spielt sie eine gewichtige Rolle bei der Bearbeitung fächerübergreifender Forschungs- und Entwicklungsprogramme und bei der Umsetzung von wissenschaftlichem Know-how in die industrielle Forschung, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen, die erfahrungsgemäß über wenig Forschungskapazitäten in der Biotechnologie verfügen. Die GBF soll in ihrer Funktion durch personellen Ausbau und Erweiterung der Infrastruktur konsequent gestärkt werden.

Aufgaben der GBF

Die Forschungsarbeiten der GBF liegen auf den Gebieten

- Mikrobiologie und Zellbiologie,
- Molekularbiologie,
- Enzymtechnologie und
- Bio-Prozeß- und -Verfahrenstechnik.

Methodische Problemstellungen und produktorientierte Verfahrensentwicklungen stehen dabei im Vordergrund. Der anwendungsorientierten Grundlagenforschung wird genügend Raum gegeben, um

die wissenschaftliche Basis einer noch in stürmischer Entwicklung befindlichen Technologie durch langfristig angelegte Forschung abzusichern.

Das Potential an Stoffwechselreaktionen von Mikroorganismen und Zellen von Pflanzen, Tieren und Menschen sowie der durch sie anfallenden Produkte ist Gegenstand der Grundlagenforschung. Der Schwerpunkt liegt zunächst bei Arbeiten mit Mikroorganismen sowie tierischen und humanen Zellen. Methodenentwicklungen sowie die Suche nach neuen Wirkstoffen stehen im Mittelpunkt der Untersuchungen.

Auf dem Gebiet der Molekularbiologie bildet die methodische Innovation den Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten.

Die Enzymtechnologie ist im internationalen Maßstab unter maßgeblicher Beteiligung der Großforschungsinstitute vorangebracht worden. Ziel ist, den hohen Standard weiterzuentwickeln und neue Aufgaben auf dem Gebiet der technischen Enzymkatalyse aufzugreifen, um die Leistungsfähigkeit von Enzymen zu verbessern und ihre Anwendungsmöglichkeiten zu erweitern. Mit Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Thema „Protein-Design“ soll ein neuer Schwerpunkt unter Verbindung von Molekularbiologie und Enzymtechnologie aufgebaut werden.

Auf dem Gebiet Bioprozeß- und Bioverfahrenstechnik besitzt die GBF auch international anerkannte Stärken. Mit einem bei ihr vorhandenen Biotechnikum steht eine für die Bioreaktorentwicklung und die Produktgewinnung und -reinigung einmalige apparative Einrichtung im öffentlichen Bereich zur Verfügung. Diese erlaubt der GBF, eine wichtige Mittlerfunktion zur chemischen sowie zur Geräte- und Apparatebauindustrie zu erfüllen.

Prozeßtechnische und produktbezogene Aufgaben werden in der GBF auf der Basis einer gezielten Integration und Interaktion der genannten Teilgebiete gelöst.

Förderverein der GBF, Zusammenarbeit mit der Industrie und öffentlichen Einrichtungen

Die Kooperationsfähigkeit der GBF und ihr wissenschaftliches Angebot werden durch einen Förderverein, der durch die Industrie gegründet wurde, verbessert und verbreitert. Der Förderverein ermöglicht eine Stärkung der biotechnologischen Forschung und intensiviert die projektbezogene Kooperation mit Industriepartnern. Zum Erhalt eines hohen wissenschaftlichen Niveaus trägt er auch dadurch bei, daß er Stiftungslehrstühle für hervorragende Gastwissenschaftler finanziert.

Die GBF ist in das wissenschaftliche Umfeld der benachbarten Hochschulen eingebunden und arbeitet an einem an späterer Stelle beschriebenen Schwerpunktprojekt in der Bioverfahrenstechnik mit. Ein Modellcharakter liegt in der intensiven Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Braunschweig, welche durch die Entwicklung gemeinsamer Studiengänge „Biotechnologie“ für Na-

turwissenschaftler und Ingenieure geprägt wird. Dieses Konzept umfaßt gemeinsame Berufungsverfahren von Universität und GBF und den Aufbau eines Biozentrums an der Technischen Universität durch das Land Niedersachsen.

Neben diesen regionalen Schwerpunkten erfüllt die GBF wichtige Kooperations- und Dienstleistungsaufgaben gegenüber Hochschulinstituten im ganzen Bundesgebiet als Mittler zwischen Hochschule und Industrie. Als zentrale Einrichtung mit Dienstleistungsfunktionen zur Verbesserung der Infrastruktur der biotechnologischen Forschungslandschaft sind der Betrieb des Biotechnikums als Service-Einheit und die Aktivitäten der Deutschen Sammlung von Mikroorganismen (DSM) zu sehen und im Rahmen des nationalen Bedarfs auszubauen. Ebenso werden künftig auch Informations- und Dokumentationsaufgaben einschließlich der Technologie-Bewertung wahrgenommen. Die GBF wird ihr Service-Angebot verstärken, wo es sachlich geboten und möglich erscheint. Der BMFT wird bei seiner Projektförderung darauf hinwirken, daß das Potential der GBF intensiver genutzt werden kann.

Biologische Forschung in weiteren Großforschungseinrichtungen

Die biologische Forschung bildet auch ein unverzichtbares Element der multidisziplinären Forschungs- und Entwicklungsarbeiten einer Reihe weiterer Großforschungseinrichtungen, die sich mit den Querschnittsgebieten Umwelt, Gesundheit und Sicherheit befassen. Sie leisten einen Beitrag zum Erkenntnisfortschritt über molekulare und zelluläre Zusammenhänge in biologischen Systemen und zur Entwicklung neuer biologischer, chemischer und physikalischer Methoden. Zu nennen sind das Deutsche Krebsforschungszentrum in Heidelberg, die Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung in Neuherberg, die Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt, das Hahn-Meitner-Institut in Berlin und die Kernforschungszentren in Karlsruhe und in Jülich.

Die Teilinstitute für Biotechnologie der Kernforschungsanlage Jülich, deren Eingliederung in die GBF im Rahmen eines Gesamtkonzepts für die biotechnologische Großforschung sinnvoll und aus Sicht des Bundes zweckmäßig gewesen wäre, werden auf Wunsch der Landesregierung Nordrhein-Westfalens unter Hinweis auf ihre regionale Bedeutung für die umliegende, vorwiegend kleine und mittelständische Industrie, mit einer Übergangszeit von zwei Jahren in die alleinige Finanzierung durch das Land übergeleitet.

Auch innerhalb der Forschungsanstalten des Bundes ist die biotechnologische Forschung in der Bundesrepublik im Ausbau begriffen. Beispielsweise unterstützt auch der Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in erheblichem Umfang diese Entwicklung. Vor allem die Bundesforschungsanstalten des BML leisten eigene Beiträge, namentlich auf den Gebieten Pflanzenzüchtung,

nachwachsende Rohstoffe, Zellkulturtechnik und Impfstoffherstellung.

III.1.2 Förderung von Europäischer Konferenz und Laboratorium für Molekularbiologie

Die Bundesrepublik Deutschland ist, gemeinsam mit weiteren 16 Staaten, seit 1969 Mitglied der Europäischen Konferenz für Molekularbiologie (EMBC), deren Programm sie 1985 anteilig in Höhe von 24 % mitfinanziert. Dieses Programm sieht neben der Vergabe von Stipendien und der Durchführung von Studientagungen auch die institutionelle Förderung eines, als Sondervorhaben der EMBC, 1974 gegründeten Europäischen Laboratoriums für Molekularbiologie (EMBL) in Heidelberg vor. Der deutsche Finanzierungsanteil für das EMBL beträgt 1985 ca. 28 %.

Das wissenschaftliche Programm des EMBL umfaßt die thematischen Schwerpunkte: Zellbiologie, Zelldifferenzierung, Biologische Strukturen und Biochemische Instrumentierung.

In den nächsten Jahren befassen sich die zellbiologischen Arbeiten mit Aufbau und Biosynthese von Zellwänden, Stofftransport durch Zellmembranen und der Funktion von Zellorganellen. Fragen der Differenzierung werden an ausgewählten Zelltypen verschiedener Organismen untersucht, ebenso die Beziehungen zwischen Zellen und Krebsviren, die Funktion zellulärer Onkogene und die genetische Organisation der zellulären Erbsubstanz. Die biologische Strukturforschung konzentriert sich auf den Aufbau und die Funktion von Strukturproteinen, auf ihre Wechselbeziehungen mit Nukleinsäuren und auf elektronenmikroskopische und computeranalytische Untersuchungen an Aminosäuren. Instrumentelle Forschungen beschäftigen sich mit der Entwicklung mikroanalytischer Techniken, der Proteinsequenzierung, dem Zellwachstum und der Analyse von Wachstumsfaktoren.

Diese Forschungsarbeiten ergänzen die Arbeiten in den Genzentren, insbesondere in Heidelberg.

III.1.3 Förderung von Genzentren und anderer zentraler Schwerpunktprojekte

Ziele der langfristig angelegten Förderung der Genzentren und weiterer zentraler Schwerpunktprojekte, die in den nächsten Jahren auf wissenschaftlich besonders attraktiven und technologisch aussichtsreichen interdisziplinären Forschungsgebieten konzipiert und teilweise bereits aufgebaut wurden oder noch aufgebaut werden, sind

- Grundlagenforschung auf breiter Basis zu betreiben und dadurch wissenschaftliche und technische Spitzenleistungen anzuregen,
- personelle und apparative Kapazitäten aufzubauen, um die Ausbildungsmöglichkeiten in der Forschung zu verbreitern,
- den Personaltransfer zwischen den beteiligten Hochschulen, Max-Planck-Instituten, Großfor-

schungseinrichtungen und Wirtschaftsunternehmen in beiden Richtungen zu verstärken und

— den Technologietransfer zu verbessern.

III.1.3.1 Genzentren

Bisher sind auf dem Gebiet der Gentechnologie drei Zentren in Köln, Heidelberg und München aufgebaut worden, die unter maßgeblicher Beteiligung des Bundes mitfinanziert werden. Darüber hinaus wurde in Berlin ein weiteres gentechnologisch orientiertes Forschungsinstitut durch den dortigen Senat und ein ortsansässiges Wirtschaftsunternehmen neu gegründet, das die Bundesregierung künftig durch gezielte Projektförderungen unterstützen wird. Die Forschungsarbeiten dieser Genzentren liegen auf den drei großen Themenschwerpunkten der aktuellen genetischen und gentechnologischen Forschung:

- Untersuchungen zum Aufbau der Erbsubstanz (Genstruktur),
- Forschungsarbeiten zur Wirkung von Genen und zur Wechselwirkung von Genen untereinander (Genfunktion) sowie
- Erforschung zur Steuerung von Erbvorgängen (Genregulation).

Dieses Forschungsspektrum wird ergänzt durch zellbiologische, biochemische, gensynthetische und pflanzenzüchterisch orientierte Arbeiten.

Das Genzentrum in Köln (Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung und das Universitätsinstitut für Genetik) beschäftigt sich vorwiegend mit pflanzen-genetischen Fragestellungen, wie der Entwicklung von Systemen zur Übertragung von fremdem Erbmateriale in Pflanzen, der Aufzucht von Pflanzen aus Zellkulturen, der Analyse des Erbsatzes (Genome) und Fragen der Genregulation sowie mit biologischer Stickstofffixierung höherer Pflanzen. Weitere Untersuchungen betreffen virusgenetische, biochemische und zellbiologische Fragestellungen, wie etwa die Zellsortierung, die Sequenzierung von Genen, die Gensynthese und bestimmte Regulatorstoffe des Immungeschehens.

Am Heidelberger Genzentrum (Universität unter Beteiligung des Deutschen Krebsforschungszentrums) werden virologische und mikrobengenetische Fragen, wie z. B. Hepatitis-Viren, Mechanismen der Immunabwehr, neurobiologische und zellbiologische Probleme, wie Zellfusion und monoklonale Antikörper zur Krebs- und Rheumadiagnostik und Herstellung spezieller Impfstoffe, bearbeitet.

Im Mittelpunkt des Forschungsprogramms am Münchener Genzentrum (Universität und Max-Planck-Institut für Biochemie, Martinsried) stehen die chemische Synthese von Erbmateriale und die Gensequenzierung. Diese Arbeiten werden in vielfältiger Weise ergänzt durch immunologische und zellbiologische Arbeiten (z. B. T-Zellen und Antikörper, Immunglobuline, Genübertragung in pflanzliche Zellen und Zellrezeptoren, Neurobiologie) mit

dem langfristigen Ziel einer praktischen Anwendung in Medizin und bei der Naturstoffherstellung.

III.1.3.2 Schwerpunktprojekte in der Bioverfahrenstechnik

Analog zu den drei Genzentren sollen auch zwei Schwerpunkte auf dem Gebiet der bioverfahrenstechnischen Grundlagenforschung aufgebaut werden. Im wesentlichen sind zwei Überlegungen dafür maßgebend: Einmal werden neue biotechnische Prozesse mit gentechnisch veränderten Organismen oder Hybridzellen und anderen Zelltypen nur dann schnell und reibungslos in die Praxis eingeführt werden können, wenn künftig wesentlich mehr bioverfahrenstechnisches Wissen für den Umgang mit diesen biologischen Systemen als heute vorhanden ist und zum anderen der in der Bundesrepublik Deutschland vorhandene Mangel an qualifiziert ausgebildeten Bioingenieuren und -verfahrenstechnikern beseitigt werden kann.

Die Planungsphase für die beiden Projekte ist noch nicht abgeschlossen. Ein Projekt befindet sich jedoch bereits im Aufbau. Dabei handelt es sich um einen Zusammenschluß der Universitäten Hannover, Braunschweig und Göttingen, unter Beteiligung der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung. Wissenschaftliches Thema ist die Prozeßtechnik biologischer Produktionsverfahren. An ausgewählten Prozessen, z. B. mikrobieller und enzymatischer Abbau von Kohlenhydraten, Penicillinfermentation und Verfahren mit tierischen Zellen, werden Probleme der Stammentwicklung, Zellreaktion, Meßtechnik, Verfahrensmodellierung und Produktaufarbeitung, untersucht. Die Forschungsarbeiten schließen Problemstellungen aus der Bioreaktorentwicklung mit ein. Den Projektbeteiligten ist Ende 1984 eine Basisbewilligung zur Verfügung gestellt worden, die nach Klärung der Industriebeteiligung weiter aufgestockt werden kann.

III.1.3.3 Weitere Schwerpunktprojekte

Die Entwicklung der molekularbiologischen, zellbiologischen und genetischen Forschung unterliegt einem schnellen Erkenntnisfortschritt. Der Aufbau von weiteren Schwerpunktprojekten erfolgt daher künftig flexibel unter Berücksichtigung neuer Situationen. Erforderlich erscheint vor allem, wissenschaftliche und technische Trends laufend zu beobachten, um rechtzeitig neue Forschungseinrichtungen und künftige Innovationspotentiale zu erkennen. Ein breites Spektrum biologischer Basisdisziplinen und ihre jeweiligen Verknüpfungsmöglichkeiten mit technischen Prinzipien sind dabei im Auge zu behalten. Dies läßt sich an folgenden Beispielen verdeutlichen.

Es ist absehbar, daß die Anwendung der Gentechnologie über die bisherigen Fortschritte in der Mikrobiologie hinaus auch Fortschritte in der makromolekularen Biochemie, in der Zellbiologie, in der Neurobiologie und in der Arzneimittelentwicklung erbringen wird. Erste Ansätze sind auf dem Gebiet der chemischen Totalsynthese von Nukleinsäuren und von Biokatalysatoren (Gen- und Enzymdesign)

— die den Beginn der synthetischen Biologie einleiten — zu erkennen.

Aber auch auf dem sich gerade entfaltenden interdisziplinären Gebiet der Bioelektronik im Grenzgebiet zwischen Mikroelektronik, Genetik und Neurobiologie sind gezielte Maßnahmen zu konzipieren. Schließlich wird auch bereits jetzt geprüft, ob es im Grenzbereich zwischen Physiologie, Genetik und Physik neue Ansätze für früher nicht sehr ergiebige Schwerpunktförderungen in der Bionik gibt.

Die Auswahl geeigneter Schwerpunktprojekte, die nach dem Modell der Genzentren organisiert sind, wird in Zusammenarbeit mit Wissenschaftsorganisationen und der Industrie getroffen werden.

III.2 Indirekte Fördermaßnahmen

Die nachfolgenden indirekten Maßnahmen verfolgen den Zweck, Unternehmen die Nutzung biotechnologischer Verfahren zu erleichtern, Unternehmensgründungen auf dem Gebiet der Biotechnologie anzuregen und die Möglichkeiten der Weiterqualifizierung von wissenschaftlichen Fachkräften zu verbessern.

III.2.1 Förderung der Anwendung biotechnologischer Verfahren und Unternehmensgründungen

III.2.1.1 Allgemeine Ziele

Die Beherrschung und Nutzung biotechnologischer Verfahren stellt eine Herausforderung für Unternehmen aller Größenordnungen dar. Die in der Biotechnologie liegenden Innovationspotentiale können von vielen, besonders auch von kleinen und mittleren Unternehmen in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, der Pflanzenzüchtung und im biologischen Pflanzenschutz genutzt werden, falls sie moderne biotechnologische Methoden in industriell verwertbare Verfahren zur Produktion von Wirkstoffen, Mikroorganismen etc. umsetzen können. Die zunehmende Spezialisierung und Differenzierung auf der Bedarfsseite kommt dabei den Unternehmen entgegen. Andererseits sind mit der Übernahme und Anwendung moderner biotechnologischer Verfahren sehr hohe Entwicklungs- und Einführungsrisiken verbunden, welche die finanziellen Möglichkeiten von Unternehmen in Forschung und Entwicklung häufig übersteigen. Dies gilt ebenso für die Entwicklung neuartiger Meß- und Regelgeräte zur Steuerung und Überwachung biotechnologischer Verfahren wie für die Entwicklung von Bioreaktoren durch Unternehmen des Apparate- und Anlagenbaus.

Um den Unternehmen zu helfen, die in der Biotechnologie liegenden Möglichkeiten rechtzeitig zu nutzen, sieht das Programm flankierend einige besondere Maßnahmen vor, die insbesondere die Inangriffnahme von biotechnischen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf breiter Basis fördern sollen.

Die Förderung ist dabei nicht an speziellen Themen, sondern an breiten Sachgebieten orientiert. Die Verfahren der Förderung sind administrativ stark vereinfacht und sollen eine Breitenwirkung ermöglichen (indirekt-spezifische Fördermethode).

III.2.1.2 Förderung der biotechnologischen Industrie

Mit ihrem hohen Innovationspotential kommt der Biotechnologie eine rasch wachsende Bedeutung zu. Das dafür erforderliche Know-how ist allerdings vielfach nur in Ansätzen vorhanden, so daß erhebliche Verzögerungen bei der Einführung entsprechender Verfahren auftreten können. Die Eigenkräfte der Industrie sollen gestärkt werden, indem Hilfestellung bei der Einführung moderner Methoden der biotechnischen Produktion gegeben wird und Risiken zum Einstieg in die Anwendung dieser Technologie vermindert werden.

Förderungsgegenstand

Gefördert werden Produktentwicklungen in folgenden Teilbereichen der Biotechnologie:

- a) Zellkulturtechnik,
- b) Gentechnologie,
- c) Biotechnische Verfahren mit pflanzlichen, tierischen und menschlichen Zellen und gentechnisch veränderten Mikroorganismen; Verfahren des biologischen Pflanzenschutzes,
- d) Enzymtechnische Verfahren für medizinische und lebensmitteltechnische Anwendungen,
- e) Apparate- und Geräteentwicklung für a) und b),
- f) Bioreaktorentwicklungen einschließlich Meß- und Regeltechnik für Verfahren zu c) und d).

Die Förderung in diesen Teilbereichen der Biotechnologie soll nach vereinfachten, auf Breitenwirkung ausgerichteten Antrags- und Bewilligungsverfahren erfolgen. Die individuellen Unternehmensentscheidungen zur biotechnischen Produkt- und Verfahrensentwicklung bleiben dem freien Wettbewerb überlassen. Für die Durchführung der Förderung sind zwei Phasen vorgesehen. Eine erste Phase dient der Darstellung und Prüfung der Realisierbarkeit des geplanten Vorhabens (Vorphase). Diese ist grundsätzlich Voraussetzung für die Entwicklungsphase.

Geförderte Unternehmen

Mit dieser Maßnahme sollen alle rechtlich selbständigen Unternehmen in den oben genannten Teilbereichen angesprochen werden.

Umfang der Förderung

Die nicht rückzahlbare Zuwendung beträgt 40 % der unten bezeichneten Kosten des Vorhabens, höchstens jedoch 600 000 DM pro Unternehmen. Bis zu diesem Höchstzuschuß können Zuwendungen auch

zu mehreren Entwicklungen eines Unternehmens gewährt werden.

Zuwendungsfähige Kosten

Folgende Kosten können in Ansatz gebracht werden:

- Kosten für FuE-Personal einschließlich einer Pauschale für Personalnebenkosten und sonstiger Gemeinkosten (z. B. 12 000 DM pro Mann/Monat).
- Kosten für Investitionen, soweit Wirtschaftsgüter im Wert von über 800 DM zu beschaffen sind. Der Fördersatz liegt hier bei 25 % der Gesamtkosten für Investitionen.
Ein höherer Fördersatz kann hierbei nicht gewährt werden, da sowohl auf eine Restwertabgeltung als auch auf eine anteilige Rückzahlung etwaiger Investitionszulagen verzichtet wird.
- Kosten für FuE-Aufträge an Dritte und externe Kosten für Beratung im Rahmen des Entwicklungsvorhabens, einschließlich deren Vorphase.

Förderungszeitraum

Gefördert werden können Entwicklungsvorhaben, die nach dem 1. Januar 1986 beantragt werden.

Der Bedarf an Fördermitteln wird für einen Zeitraum von vier Jahren auf ca. 100 Mio. DM geschätzt.

Die geförderten Vorhaben müssen in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt und verwertet werden. Das Verfahren zur Abwicklung dieser Förderungsmaßnahmen wird in besonderen Richtlinien geregelt. Eine Kumulation dieser Förderung mit anderen Fördermaßnahmen der Bundesregierung ist nicht möglich.

III.2.1.3 Förderung technologieorientierter Unternehmensgründungen

Seit Mitte 1983 unterstützt die Bundesregierung im Rahmen eines Modellversuchs speziell Unternehmensgründungen und junge Unternehmen, die sich mit der Anwendung neuer Technologien beschäftigen.

Diese technologieorientierten Unternehmensgründungen (TOU) sollen damit angeregt, durch angepaßte Instrumente gefördert und von Technologieberatungsstellen betreut werden. Dabei können Erfahrungen über die Eignung dieser Instrumente gesammelt werden. Weiterhin ist das Engagement von Banken und Risikokapitalgebern, z. B. von Venture Capital Gesellschaften, für neue und junge innovative Unternehmen zu verstärken. Die Förderung wird innovativen neuen Unternehmen zum Start verhelfen.

Die ersten positiven Resultate haben die Bundesregierung nun zu einem Ausbau des Modellversuchs auf drei neuen Schwerpunkten veranlaßt. Dabei

werden insbesondere auch TOU-Vorhaben ausgewählter Sektoren der Biotechnologie ohne Regionalbegrenzung zugelassen.

Diese Bereiche sind:

- a) Zellkulturtechnik,
- b) Gentechnologie,
- c) Biotechnische Verfahren mit pflanzlichen, tierischen und menschlichen Zellen und gentechnisch veränderten Mikroorganismen,
- d) Enzymtechnische Verfahren für medizinische und lebensmitteltechnische Anwendungen,
- e) Apparate- und Geräteentwicklungen für a) und b),
- f) Bioreaktorentwicklungen einschließlich Meß- und Regeltechnik für Verfahren zu c) und d).

Je nach Projektstadium sollen unterschiedliche Förderinstrumente eingesetzt werden:

- Beratungshilfen, d. h. verlorene Zuschüsse bis zu 90 %, für die Gründer und eventuelle externe Finanziers zur Erarbeitung tragfähiger Konzepte für die Gründungsvorhaben — also technische Gutachten, Marktabschätzungen, Patentrecherchen und Funktionstests (Phase I).
- Bis zu 75 %ige Zuwendungen zu den Entwicklungskosten der Gründungsvorhaben (bis zum Prototyp bzw. zur Demonstration des marktreifen Verfahrens) (Phase II).
- Bis zu 80 %ige Risikobeteiligungen des BMFT für Bankkredite, die zur Finanzierung der Produktionseinrichtungen und Markteinführung bestimmt sind (Phase III).

Mit dieser Förderungsmaßnahme wird insbesondere den Wissenschaftlern in den biotechnischen Forschungsinstituten eine Chance geboten, ihre innovativen Ideen in einem eigenen Unternehmen zu verwirklichen.

Wie auch bei allen anderen Vorhaben dieses Modellversuchs wird sich die Bundesregierung — im Gegensatz zu ausländischen Vorbildern — auch an sogenannten Genfirmen nicht als Gesellschafter oder Mitgesellschafter beteiligen; sie kann aber flankierende Projektförderungen bei originellen Forschungsvorhaben und unter der Voraussetzung einer gesunden wirtschaftlichen Basis gewähren.

III.2.2 Forschungsstipendien

III.2.2.1 Allgemeine Ziele

Die Nutzung der in der Biotechnologie liegenden Innovationspotentiale setzt voraus, daß der bestehende Engpaß bei Spitzen- und Nachwuchswissenschaftlern beseitigt wird. Dazu werden durch verschiedene Maßnahmen die Möglichkeiten zur interdisziplinären Aus- und Weiterbildung durch qualifizierte Forschungstätigkeiten im In- und Ausland verbessert.

Die Förderung umfaßt

- Forschungsstipendien im Rahmen wissenschaftlicher Zusammenarbeit mit ausländischen Forschungsinstitutionen,
- Gewährung von Forschungsbeihilfen aus einem Fonds für Biologische Chemie und
- Forschungsstipendien und Beihilfen für die Weiterqualifizierung von Nachwuchswissenschaftlern.

Diese Förderung ergänzt die Maßnahmen der Begabtenförderungswerke und andere Vorhaben der Bundesregierung zur Unterstützung von Spitzenforschern.

III.2.2.2 Forschungsstipendien bei internationaler Zusammenarbeit

Im Rahmen eines 1983 begonnenen Projekts werden dem Deutschen Akademischen Austauschdienst — zeitlich befristet — Mittel für die Vergabe von Forschungsstipendien zur Verfügung gestellt. Damit soll wissenschaftlicher Nachwuchs an geeigneten Forschungsstellen im In- und Ausland weitergebildet und ausländischen Forschern die Möglichkeit geboten werden, in deutschen Laboratorien zu arbeiten. Diese Form der internationalen Zusammenarbeit trägt insbesondere dazu bei, wissenschaftliches Know-how auszutauschen und methodisches Wissen zu vermitteln oder neu zu erlernen.

Dabei soll auch deutschen Wissenschaftlern, die seit längerem im Ausland wissenschaftlich arbeiten, die Rückkehr in deutsche Forschungslaboratorien dadurch erleichtert werden, daß sie in der Anfangsphase ihrer Tätigkeit in Deutschland verbesserte Startbedingungen durch gezielte projektorientierte Forschungsbeihilfen erhalten. Nur auf diese Weise ist es möglich, für diesen Personenkreis eine Rückkehr nach Deutschland attraktiv zu machen.

Die Vergabe der Forschungsstipendien ist themenorientiert. Berücksichtigt werden gentechnologisch und zellkulturtechnisch orientierte Forschungsarbeiten, einschließlich der Zellfusion und der Bioverfahrenstechnik mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen.

III.2.2.3 Fonds für Biologische Chemie

Um in der Biologischen Chemie Spitzenkräfte aus dem wissenschaftlichen Nachwuchs zu unterstützen und den Personaltransfer aus öffentlichen Forschungsstellen, namentlich auch aus Großforschungseinrichtungen, in die Industrie und umgekehrt zu intensivieren, fördert das BMFT gemeinsam mit der Chemischen Industrie seit 1983 einen Fonds für Biologische Chemie. Die Ausgaben betragen in den Jahren 1983 bis 1988 30 Mio. DM (BMFT-Anteil: 40%). Neben Stipendien an hochqualifizierte Wissenschaftler werden auch Forschungsbeihilfen zur Durchführung von Forschungsarbeiten vergeben.

III.2.2.4 Forschungsstipendien Biotechnologie

Der zur Zeit bestehende Bedarf an qualifiziert ausgebildeten Biotechnologen, die insbesondere mikrobiologisch-verfahrenstechnisch geschult sind, kann in den nächsten Jahren voraussichtlich dadurch gedeckt werden, daß im Rahmen eines Sonderprojekts Absolventen eines Fachstudiums in Biologie, Chemie oder Verfahrenstechnik die Möglichkeit geboten wird, sich nach ihrer akademischen Ausbildung durch eine interdisziplinäre und praxisorientierte Forschungstätigkeit, z. B. als „Post-Doktoranden“, weiterzubilden.

Vorgesehen sind Stipendien für 200 Nachwuchskräfte. Die Laufzeit dieser Forschungsbeihilfen soll in der Regel auf zwei Jahre begrenzt werden und kann in begründeten Ausnahmefällen um ein Jahr verlängert werden. Die Themenwahl sollte nicht die Fortsetzung derjenigen Arbeitsrichtung, mit der der Studienabschluß erreicht worden ist, widerspiegeln. In das Spektrum der zu fördernden Themen werden einbezogen:

- Bioverfahrenstechnik, insbesondere die Bioreaktorentwicklung und die zugehörige Meß- und Regeltechnik sowie spezielle Verfahrensentwicklungen,
- neue Aufbereitungsverfahren für spezielle praxisorientierte Bioprozesse,
- die mikrobiologische Abwasserreinigung und Abfallbeseitigung,
- Stoffumwandlungen mit Biokatalysatoren und
- die Suche nach biotechnologisch interessanten Stoffwechselprodukten von Mikroorganismen und Zellen.

Die Forschungsarbeiten können in erster Linie an Hochschulen und anderen öffentlichen Institutionen durchgeführt werden.

Die Antragsabwicklung und das qualifikationsorientierte Auswahlverfahren werden vereinfacht erfolgen.

Mit dem Projekt wird 1986 begonnen werden. Die Laufzeit ist auf drei Jahre befristet.

III.3 Förderung der themenbezogenen Verbundforschung und Projektförderungen**III.3.1 Allgemeine Ziele und Förderungsinstrumente**

Um eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft anzuregen, wird künftig die Verbundforschung im Rahmen der themenbezogenen Forschungsvorhaben besonders ausgebaut.

Vor allem zur Förderung der anwendungsorientierten Grundlagenforschung und bei komplexen FuE-Problemen im vorwettbewerblichen Bereich bietet sich das Modell der Verbundforschung als ergänzendes Förderungsinstrument an.

Die interdisziplinäre Basisforschung in der Biotechnologie erfordert einen gemeinsamen Weg von Industrieunternehmen im Verbund mit der Wissenschaft. Übergreifende thematisch-funktionell zusammenhängende Problemstellungen sollen dabei gemeinsam definiert und anschließend auch gemeinsam experimentell bearbeitet werden. Die Beteiligung an der Verbundforschung steht allen Interessierten offen, die entsprechende FuE-Beiträge leisten können.

Dadurch werden die vorhandenen FuE-Kapazitäten effizienter eingesetzt und von der Anlage her die entsprechenden Bedingungen für einen reibungslosen Technologietransfer zwischen den Beteiligten verbessert. Durch die Einbindung von mehreren Anwendern oder Herstellern in der Zusammenarbeit mit FuE-Einrichtungen und Hochschulen wirkt die Verbundforschung weniger selektiv, als die direkte Förderung von einzelnen Projekten.

Die Konzentration der themenbezogenen Förderungsmaßnahmen auf das Modell der Verbundforschung ermöglicht es gleichzeitig, die herkömmliche Einzelförderung industrieller FuE-Vorhaben deutlich zu reduzieren und auf Einzelfälle zu begrenzen, bei denen besonders originelle Ideen eines, spätere Verbundprojekte vorbereitenden, Forschungsvorlaufs bedürfen oder bei denen aufgrund ihrer wissenschaftlichen Fragestellung, z. B. Umweltbiotechnologie oder Sicherheitsforschung, die Forschungsarbeiten vorwiegend in öffentlichen Institutionen durchgeführt werden.

Die Auswahl der zu fördernden thematischen Schwerpunkte orientiert sich dabei an zwei Gesichtspunkten: Einmal ergeben sich inhaltliche thematische Festlegungen aus der dem Programm zugrundeliegenden Definition der Biotechnologie und der mit ihr in Wechselwirkung stehenden biologischen Fachdisziplinen von selbst. Da aber die Förderung nicht flächendeckend angelegt wird, müssen aus den denkbaren Themen diejenigen herausgefunden werden, die wissenschaftlich und wirtschaftlich besonders attraktiv oder unter dem Gesichtspunkt einer staatlichen Daseins- und Zukunftsvorsorge notwendig sind.

Bei der Auswahl geeigneter Themen wurden umfangreiche wissenschaftliche Bestandsaufnahmen von nationalen und internationalen Gremien, wie z. B. der OECD, des amerikanischen Office for Technological Assessment oder der DECHEMA, ebenso ausgewertet wie die Ergebnisse parlamentarischer Anhörungen, z. B. im Deutschen Bundestag. Neben den bereits erwähnten Beraterkommissionen haben auch mehrere Sachverständigenkreise des BMFT, gestützt auf Studien und Gutachten zu speziellen Themen, Empfehlungen zu besonders förderungswürdigen Themen abgegeben.

Das vorgesehene Themenspektrum stellt eine Momentaufnahme dar, die durch einen auch künftig vorgesehenen, ständigen Diskussionsprozeß, entsprechend dem Fortschreiten wissenschaftlicher Erkenntnisse, Änderungen erfahren wird. Es ist

vorgesehen, zur Mitte der Programmlaufzeit Ziele, Schwerpunkte, Instrumente und finanzielle Ausstattung zu überprüfen und ggf. eine Anpassung des Programms vorzunehmen.

Mit der vorgesehenen thematischen Flexibilität muß eine entsprechende Flexibilität im Einsatz möglicher Förderungsinstrumente einhergehen.

Aus heutiger Sicht liegen die Schwerpunkte der Förderung in absehbarer Zukunft insbesondere in der

- mikrobiologischen und mikrobengenetischen Technik,
- Zellkultur- und Zellfusionstechnik,
- Enzymtechnologie,
- Bioverfahrenstechnik (einschließlich Lebensmitteltechnologie),
- Forschung an Pflanzen und Tieren (Züchtungsforschung, Pflanzenschutz, Tiergesundheit, Alternativen zum Tierversuch) und
- Sicherheitsforschung.

Im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung können jetzt völlig neue Themengebiete, wie etwa Bioelektronik, Enzymdesign, Protein-Engineering und Bionik, deren wissenschaftliche und später wirtschaftliche Attraktivität in der wissenschaftlichen Fachwelt bereits diskutiert werden, Berücksichtigung finden. Allerdings bedarf es in diesen Fällen noch eines sorgfältigen Dialogs mit Wissenschaft und Wirtschaft, um die förderungswürdigen wissenschaftlichen Inhalte im Detail zu definieren.

Für diejenigen Themen, bei denen dieser Dialog bereits abgeschlossen ist, sind die unmittelbar für eine Förderung vorgesehenen Themengruppen in einem Aktionsprogramm, das künftig regelmäßig durch öffentliche Bekanntmachungen fortgeschrieben werden wird, zusammengefaßt.

Auch hierbei gilt der Grundsatz der Offenheit gegenüber allen Gruppen, die geeignete FuE-Beiträge leisten können.

Die Regelförderquote beschränkt die Zuwendung bei Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft auf 50%. Bei grundsätzlichen technischen Entwicklungen mit geringen technisch-wirtschaftlichen Risiken wird die Förderquote bis auf 30% reduziert.

Das Förderkonzept ist mit mehreren Programmen der Bundesregierung abgestimmt, insbesondere mit dem Programm „Forschung und Entwicklung im Dienste der Gesundheit“, zu dem im Anwendungsbereich Medizin enge Wechselwirkungen bestehen. Wichtige Querbezüge ergeben sich darüber hinaus auch zum Programm „Umweltforschung und Umwelttechnologie“ sowie zum Forschungsrahmenplan des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

III.3.2 Spektrum geförderter Themen**III.3.2.1 Mikrobiologische und mikrobengenetische Techniken***Allgemeine Ziele*

Ziel dieser thematischen Schwerpunktbildung ist es, die methodischen Voraussetzungen dafür zu schaffen, das vorhandene Spektrum an technisch interessanten Mikroorganismen zu erweitern, die praktisch verwertbare Produkte bilden, Stoffe ineinander umwandeln oder abbauen. Dabei werden herkömmliche Verfahren zur Isolierung, Auswahl und genetischen Veränderung von Mikroorganismen ebenso berücksichtigt werden, wie die Möglichkeit der Konstruktion von neuen Mikroorganismen durch Anwendung gentechnologischer Methoden.

Themen

Vordringliche Themen sind dabei:

- Weiterentwicklung der bereits eingeführten Methoden für mikrobiologische Suchverfahren, für die Herstellung von Mikroorganismenstämmen und zur Ermittlung biologischer Wirkungen von mikrobiellen Stoffwechselprodukten,
- Fortentwicklung der Methode der Genübertragung auf Mikroorganismen zur Herstellung von Inhaltsstoffen aus menschlichen, tierischen und pflanzlichen Zellen,
- Stoffwechselphysiologische Untersuchungen von Mikroorganismen zur Verwertung unkonventioneller Rohstoffe und zur Regulation der Biosynthese, der Umwandlung wichtiger Naturstoffe sowie von Stoffabbaureaktionen und zur Konservierung von Lebensmitteln,
- Untersuchung zur gentechnischen Stabilität und zur Ökologie und Toxikologie von mikrobiellen Mischpopulationen und deren Einsatzmöglichkeiten für Mischfermentationsprozesse,
- Verbesserung der Methoden der Haltung und Konservierung von Mikroorganismen.

III.3.2.2 Zellkulturtechniken*Allgemeine Ziele*

Die Entwicklung von Zellkulturtechniken ist gezielt voranzutreiben, um das Potential von Zellen pflanzlicher, tierischer und menschlicher Herkunft für Naturstoffsynthesen und Stoffumwandlungen zu nutzen. Bestimmte Techniken, wie etwa die Zellfusion, sind zellkulturspezifisch und bieten langfristig beachtliche wissenschaftliche und wirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten. Aufgrund des derzeitigen Standes von Wissenschaft und Technik muß allerdings vor industriellen Anwendungen eine Phase intensiver anwendungsorientierter Grundlagenforschung vorgesehen werden.

Themen

Menschliche und tierische Zellen gewinnen zunehmend praktische Bedeutung, während die biotechnische Nutzung von pflanzlichen Zellen noch am Anfang steht. Auf diesem Gebiet ist noch einige Zeit verstärkt anwendungsorientierte Grundlagenforschung zu leisten.

Wichtige thematische Schwerpunkte sind,

- Suchverfahren für die Auswahl biotechnisch interessanter Zellkulturstämme, Anlegen von Zelllinien sowie Standardisierung von Zellkulturen und ihrer Nährmedien,
- Fortentwicklung der Techniken der Zellfusion für die Stoffproduktion und für die Pflanzenzüchtung; Regeneration von Pflanzen aus Zellen,
- Entwicklung von Zellkulturmethoden für die Prüfung der biologischen Wirksamkeit von Arzneimitteln,
- Entwicklung von Konservierungsmethoden für Zellen.

III.3.2.3 Enzymtechnologie*Allgemeine Ziele*

Förderziel ist die Entwicklung und Erprobung von Methoden, Verfahren und Apparaten, die Wege zur qualitativen Verbesserung und wirtschaftlichen Herstellung von Biokatalysatoren sowie neue Anwendungsmöglichkeiten für industrielle Produktionen, medizinische und lebensmitteltechnologische Zwecke aufzeigen. Mit den Förderungsmaßnahmen soll bereits vorhandenes Grundlagenwissen gezielt in praktische verfahrenstechnische sowie apparative Entwicklungen und Erprobungen oder zur Gewinnung von Produkten mit hoher Wertschöpfung umgesetzt werden.

Themen

Wichtige Themenschwerpunkte sind:

- Biokatalysatorforschung, insbesondere Enzymstabilisierung, Charakterisierung fixierter und trägergebundener Enzyme, Enzymkomplexe und Zellen, Verbesserung der Enzymisolierung, geeignete Trägermaterialien,
- Verfahren mit Enzymen, enzymatische Stofftrennungen, Stoffumwandlungen und Stoffabbau,
- Produktionen mit Enzymen, etwa Modifikation von Rohstoffen, Umwandlung von gentechnischen Primärprodukten, synthetischen Zwischenprodukten und Naturstoffen, Aufschluß, Veredelung und Konservierung von Lebensmitteln, Erhöhung des Nährwertes von Futtermitteln und Umwandlung von Abfallstoffen.

III.3.2.4 Bioverfahrenstechnik*Allgemeine Ziele*

Um Stoffe biologischen Ursprungs technisch herzustellen oder zu verändern, müssen geeignete Anlagen (Bioreaktoren) und prozeßorientierte technische Verfahren zur Verfügung stehen. Da ständig neue Organismen für technische Nutzungen entdeckt, neue Produkte entwickelt und die Palette verwertbarer Rohstoffe zunehmend erweitert wird, sind auch reaktortechnische Neuentwicklungen und Verbesserungen sowie verfahrens- und reaktionstechnische Begleituntersuchungen unumgänglich. Dies gilt insbesondere für Verfahren mit gentechnisch veränderten Organismen und mit Zellkulturen, die in der industriellen Produktion eine zunehmende Rolle spielen werden.

Themen

Zu berücksichtigen sind dabei:

- Konstruktion von Bioreaktoren für Verfahren mit Mikroorganismen, pflanzlichen, tierischen und menschlichen Zellen einschließlich unkonventioneller und gentechnisch veränderter Organismen sowie Vergleich ihrer Leistungsfähigkeit mit herkömmlichen Reaktortypen; geräte-technische Entwicklung von Bioreaktorelementen,
- Entwicklung und Erprobung von Aufbereitungs- und Aufarbeitsverfahren und der zugehörigen Apparate,
- Entwicklung und Erprobung einer geeigneten Meß-, Steuer- und Regelungstechnik einschließlich der für die Prozeßführung erforderlichen „software“,
- Entwicklung und Erprobung von Biosensoren für Prozesse und Substanzen,
- Geräteentwicklung für die biochemische Laboratoriumspraxis, etwa Apparate zur Nukleinsäure- und Peptidsynthese oder zur Zellsortierung,
- Entwicklung und Optimierung neuer mikrobieller und enzymatischer Verfahren in der Lebensmitteltechnik.

III.3.2.5 Forschungen an Pflanzen und Tieren*Allgemeine Ziele*

Im Rahmen dieses Programms können aus dem sehr breiten Spektrum der Forschungsarbeiten an Pflanzen und Tieren, die unter anderem auch an den Bundesforschungsanstalten und Hochschulen durchgeführt werden und um deren Förderung sich mehrere Organisationen, namentlich auch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, kümmern, nur ausgewählte Themen berücksichtigt werden. Es geht dabei einmal um solche, die durch die Möglichkeiten neuer molekulargenetischer und zellbiologischer Forschung entscheidende Impulse für Grund-

lagenforschung und Praxis erfahren haben. In diesem Zusammenhang besonders zu nennen wäre die Pflanzenzüchtung. Aber auch Themen, deren Förderung wegen ihrer Bedeutung für die staatliche Daseins- und Zukunftsvorsorge erforderlich ist, finden hier Berücksichtigung, etwa die Entwicklung von Alternativmethoden zum Tierversuch und die Sicherheitsforschung.

Themen

- die Pflanzenzüchtung unter Ernährungs-, Rohstoff- und Umweltgesichtspunkten,
- die Isolierung von Naturstoffen von praktischem Interesse,
- die Entwicklung von Ersatzmethoden zum Tierversuch in der biomedizinischen Forschung,
- die Diagnose, Prophylaxe und Therapie von Tierkrankheiten.

Inhaltliche Schwerpunkte zu diesen Themen werden in Teil III.3.3 Förderungsaktivitäten näher beschrieben.

III.3.2.6 Sicherheitsforschung und Technologiefolgenabschätzung*Allgemeine Ziele*

Sicherheitstechnische Fragen bedürfen einer experimentellen Klärung bei der Verwendung von speziellen Biosyntheseprodukten, z. B. als Lebens- und Futtermittel oder als Arzneimittel, zur Abschätzung von Risiken bei Genübertragungsexperimenten, bei Verfahren mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen in größerem Versuchsmaßstab und vor einer behördlichen Zustimmung zur Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in die Umwelt. Die Ergebnisse dieser Experimente sind u. a. Grundlage für eine verlässliche Risikobewertung sowie für die Abschätzung der Erfolgsaussichten neuer biotechnischer Verfahren und Produkte.

Sofern die Prüfung neuer Lebens- und Arzneimittel Voraussetzung für eine amtliche Zulassung ist, wird sie von den Industrieunternehmen selbst finanziert. In Einzelfällen, wie z. B. bei Interferon, sind staatliche Hilfen z. B. für erste Therapiestudien angezeigt.

Themen

- Forschung zur Entwicklung neuer risikofreier und technologisch leicht handhabbarer Empfängerorganismen und Vektoren, die als biologische Sicherheitsmaßnahmen im Sinne der Gen-Richtlinien Anwendung finden können,
- Entwicklung von sicheren Fermentationsverfahren und Bioreaktoren beim Einsatz von gentechnisch veränderten Mikroorganismen,
- Ökosystemare Untersuchungen genetisch veränderter Organismen z. B. durch Simulations- und ggf. Freilandexperimente zur Abschätzung

möglicher Risiken bei einer Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in die Umwelt,

- Sicherheitstechnische Bewertung neuer biotechnischer Produkte und Verfahren und Abschätzung der Folgen ihrer Einführung in die Praxis,
- Sozioökonomische Aspekte biotechnologischer Entwicklungen.

III.3.2.7 Neue Gebiete angewandter Biologie

a) Bioelektronik

Die Bioelektronik stellt eine Verbindung biologischer, biochemischer und chemischer Methoden mit den Methoden der herkömmlichen Halbleitertechnologie und der Elektrotechnik dar. Dabei werden angestrebt,

- neue Bauelemente durch spezielle biochemische Technologien sowie durch Mischtechnologien zu schaffen oder
- hochkomplexe Systeme durch Ergänzung der konventionellen Mikroelektronik mit auf molekularer Ebene arbeitenden Schaltkreisen zu entwickeln und
- die bisherige Mikroelektronik durch neu zu entwickelnde bioelektronische Technologien zu ergänzen.

Biotechnische Verfahren werden in diesem Zusammenhang benötigt, um

- die neu zu entwickelnden Bauelemente ganz oder teilweise aus biologisch-organischen Materialien herzustellen oder
- die neuen Bauelemente mit Methoden der Biochemie, Gentechnologie oder Mikrobiologie aufzubauen.

Ziel dieser Entwicklung ist es, neue elektronische Bauelemente, wie bioelektronische Schalter, Speicher oder Biosensoren zu entwickeln, die die in biologischen Systemen verwirklichte Leistungsfähigkeit, Packungsdichte, Organisation und Wirtschaftlichkeit erreichen.

Während in einigen Bereichen der Mikroelektronik die Entwicklungsmöglichkeiten noch als spekulativ zu beurteilen sind, ist der Einsatz von Biosensoren bereits heute von Bedeutung.

Anwendung finden Biosensoren bei biotechnologischen Produktionsverfahren zur Prozeßüberwachung und zur Analyse in Medizin, Landwirtschaft oder Umwelt.

Neben der Anwendung der Biochemie und Gentechnologie in Verbindung mit Informatik und Mikroelektronik können insbesondere von der Neurobiologie Impulse zur Konstruktion leistungsfähiger Informationsspeicher und zur schnelleren Informationsverarbeitung insbesondere bei komplexen und umfangreichen Problemen, wie z. B. Muster- und Strukturerkennung und -verarbeitung ausgehen.

b) Synthetische Biologie (Enzym- und Gendesign)

Die chemische Totalsynthese von bestimmten Genabschnitten ist bereits weit fortgeschritten (z. B. Synthese des Insulin-Gens). Die auf diese Weise hergestellten Gene entfalten nach der Integration in mikrobielle Empfängersysteme in vielen Fällen ihre Funktion ebenso wie gleichartige Gene, die aus biologischem Material isoliert worden sind.

Die ersten Erfolge auf diesem Gebiet haben neue Aktivitäten für die Synthese weiterer biologisch wichtiger Stoffklassen angeregt, insbesondere auf dem Enzymgebiet.

Mit Hilfe von Biokatalysatoren (Enzymen) können Stoffumwandlungen und Synthesen spezifischer, schneller und unter Vermeidung von unerwünschten Nebenprodukten durchgeführt werden. Die Suche nach geeigneten Enzymen kann durch ein Screening der verschiedensten Organismen auf die gewünschte Reaktion hin erfolgen. Eine Erweiterung dieser Möglichkeiten ist die gezielte Konstruktion von Enzymen mit entsprechenden Eigenschaften durch chemische Totalsynthese, das Enzymdesign.

Hierzu sind jedoch Voraussetzungen notwendig, die bisher nur teilweise oder noch gar nicht erfüllt sind, insbesondere die Kenntnis der Struktur-Wirkungsbeziehungen. So ist bisher zu wenig bekannt, wie die Aminosäuresequenz bzw. die Anheftung oder Einlagerung anderer Moleküle und Atome sich auf die physikalisch-chemischen Parameter des gebildeten Produktes auswirkt. Es ist weiterhin weitgehend unbekannt, wie das aktive Zentrum eines Enzyms gestaltet sein muß, damit eine bestimmte Reaktion katalysiert werden kann. Daher ist es notwendig, auf diesem Gebiet in Zukunft verstärkt angewandte Grundlagenforschung zu betreiben. Anhand von Computermodellen könnten dann Strukturen für ein gewünschtes Enzym entworfen werden, anschließend das Enzym synthetisiert und die Eigenschaften überprüft und optimiert werden.

Für das Gebiet Enzymdesign, das bei einer erfolgreichen Entwicklung ein erhebliches industrielles Anwendungspotential besitzt, bedarf es interdisziplinärer Zusammenarbeit, insbesondere auf den Fachgebieten Biochemie, Molekularbiologie, Chemie und Informatik. Frühzeitig in die Betrachtung einbezogen werden auch Aspekte des Proteinengineering einschließlich der Proteinchemie und der Aufarbeitung von Proteinen.

c) Bionik

Die Natur hat im Laufe der Evolution viele Strukturen und Systeme entwickelt, getestet und optimiert und so eine für die Bewältigung einer bestimmten physiologischen Aufgabe bestmögliche Lösung gefunden.

Durch eine Erkennung und technische Nachbildung derartiger biologischer Strukturen und Systeme wird es auch für den Menschen möglich sein, sich die in der Natur entwickelten Lösungen zunutze zu

machen. Es ist daher das Ziel dieser, auch als Bionik bezeichneten Wissenschaft, die Anwendung der Kenntnisse von Funktion und Struktur lebender Organismen zur Entwicklung oder Optimierung technischer Systeme einzusetzen.

In der Natur sind Prinzipien erkennbar, mit geringstem Materialaufwand und Gewicht einen Körper oder Körperteil mit größtmöglicher Stabilität zu bilden. Anwendung können diese Prinzipien in der Leichtbaukonstruktion oder auch in der Prothetik finden.

Das Ziel der Natur kann aber auch darin liegen, einen Körper so zu optimieren, daß er bei schneller Fortbewegung, sei es zu Lande, Wasser oder in der Luft nur ein Minimum an Energie benötigt. Hieraus lassen sich wichtige Hinweise zur Konstruktion und Gestaltung von Flug- und Schiffskörpern erhalten. Als Beispiel sei hier das Konstruktionsprinzip der Haut des Delphins angeführt, das im Schiffbau Anwendung findet zur Minimierung des Reibungswiderstandes im Wasser.

Weitere Entwicklungsziele der Natur sind z. B. alle für einen Organismus wichtigen Signale der Umwelt schnellstmöglichst aufzunehmen, auf ihren Inhalt und ihre augenblickliche oder zukünftige Relevanz zu prüfen, zu verarbeiten und zu speichern, bzw. in sinnvolle Handlungen umzusetzen.

Darüber hinaus kommt der Anwendung der Bionik auf die Organisation komplexer Systeme besondere Bedeutung zu. Insbesondere können von der Selbstorganisation biologischer Systeme wichtige Erkenntnisse gewonnen und auf technische Systeme angewandt werden.

Um dieses Potential zu nutzen, ist es zunächst notwendig, aus dem großen Spektrum die technisch besonders relevanten und industriell verwertbaren Anwendungen auszuwählen.

III.3.3 Förderungsaktivitäten

Aus dem erläuterten Spektrum vordringlich förderungswürdiger Themen wurden, gestützt auf gutachterliche Empfehlungen aus Wissenschaft und Wirtschaft, inhaltlich abgegrenzte Einzelthemen herausgegriffen, deren Förderung in den nächsten drei Jahren in Angriff genommen wird. Diese Maßnahmen sind im folgenden zu Themengruppen zusammengefaßt und sollen künftig fortgeschrieben werden.

III.3.3.1 Themengruppe Mikrobiologische Screening-Verfahren

Aufgaben

Die Forschungsvorhaben dienen dazu, einmal die gezielte Suche nach neuen Mikroorganismen, die für Biosynthesen und Stoffumwandlungen geeignet sind, zum anderen die Suche nach neuen biologischen Wirkungen und Naturstoffen zu verstärken. Berücksichtigt werden sollen neue Synthesewege

(mikrobiologische, enzymatische Synthesen oder Transformationen), neue, bisher weniger untersuchte Produzenten für Stoffwechselprodukte (z. B. an extreme Umweltbedingungen angepaßte Mikroorganismen, wie anaerobe, säure- oder laugenstabile, hitzeliebende, salztolerante Bakterien und Hefen) und schließlich neue Testverfahren zur Prüfung biologischer Wirkungen (z. B. entzündungshemmende, nervenreizende, tumorspezifische, schädlingshemmende, parasitenbekämpfende Wirkungen).

Das Gesamtkonzept ist an der praktischen Verwertbarkeit der Produkte orientiert. Die Arbeiten werden auf neue, originelle Forschungskonzepte gegründet, in deren Rahmen in den nächsten Jahren gezielte Grundlagenforschung zu leisten ist.

III.3.3.2 Themengruppe Abwasser- und Abfallmikrobiologie

Aufgaben

Die Projekte sollen helfen, die mikrobiologischen bzw. chemischen und ökologischen Grundlagen der Abwasserreinigung und Abfallbeseitigung zu verbreitern, um bisherige technische Anlagenkonzepte, die häufig auf Empirie beruhen, auch von dieser Seite her besser wissenschaftlich zu untermauern. Untersucht werden müssen biologische Abbaumechanismen, z. B. für schwer zu behandelnde Abfallstoffe, neue Mikroorganismen und mikrobielle Lebensgemeinschaften, die für Stoffabbau und -umwandlung geeignet sind und die Entwicklung neuer, auf diesen Grundlagen gestützter Anlagen und Verfahren.

Aufgrund des sehr komplexen Forschungsgegenstandes muß über eine mehrjährige Phase hinweg gezielte Grundlagenforschung betrieben werden.

III.3.3.3 Themengruppe Sammlung von Mikroorganismen

Aufgaben

Im Rahmen der Projekte sollen ausgewählte Mikroorganismenstämme gesammelt, taxonomisch gründlich bearbeitet und katalogisiert werden. Neue Konservierungsmethoden sind zu entwickeln. Das Spektrum der bisher bei der Deutschen Sammlung Mikroorganismen (DSMZ) gesammelten Mikroben und dort deponierten patentierten Stämme wird stufenweise durch Aufnahme neuer Organismengruppen (gentechnologisch veränderte und pathogene Stämme, pflanzliche und tierische Zelllinien) stark ausgeweitet und die sammlungsbezogene taxonomische Forschung intensiviert werden. Auch dem Aufbau molekularbiologisch relevanter Datenbanken wird Aufmerksamkeit zu widmen sein.

III.3.3.4 Themengruppe Gentechnologische Forschungsvorhaben

Über die konzentrierte Förderung der Gentechnologie im Rahmen der Genzentren hinaus, wird der

BMFT künftig Industrieprojekte auf diesem Gebiet, in der Regel als Verbundprojekte, die auch öffentliche Forschungsinstitute und Bundesforschungsanstalten einschließen können, fördern. Diese Konzentration der Förderungsmaßnahmen wird in einer Übungsphase von etwa fünf Jahren zu einem Engpaß bei der Förderung von Projekten an einzelnen Hochschulinstituten, die früher an der Förderung des BMFT partizipieren konnten, führen. Um zu verhindern, daß dadurch die Förderung der Grundlagenforschung an Hochschulen Übergangsweise in nicht vertretbarer Weise eingeschränkt wird und um der Deutschen Forschungsgemeinschaft Gelegenheit zu geben, sich mittelfristig auf diese neue Situation einzustellen, wurden der DFG Finanzmittel für ein Sonderprogramm „Genomorganisation und Genexpression“ zur Verfügung gestellt. Die Laufzeit des Projekts ist auf drei Jahre (1983/86) mit Verlängerungsmöglichkeit auf maximal fünf Jahre vorgesehen worden.

III.3.3.5 Themengruppe Inhaltsstoffe tierischer und menschlicher Zellen

Aufgaben

Es werden Vorhaben unterstützt, die sich damit beschäftigen, neue Zellinhaltsstoffe, die interessante biologische Wirkungen haben, aufzufinden, sie zu isolieren, sie aus Stoffgemischen zu trennen, das Wirkungsspektrum zu testen und die chemische Struktur aufzuklären. Technische Begleituntersuchungen, die die Bedingungen für die Zellzucht in speziellen Reaktionsgefäßen und Zell-Bioreaktoren, Nährmedienansprüche und Möglichkeiten der Zellkonservierung erforschen, ergänzen die angeführten biologisch-biochemischen Arbeiten. Einzelzellen und fusionierte Zellen sollen dabei eingesetzt werden, um Stoffe wie Interferone, Interleukine, monoklonale Antikörper, Impfstoffe und Immunregulatoren herzustellen.

III.3.3.6 Themengruppe Grundlagen der Anwendung pflanzlicher Zellkulturen

Aufgaben

Pflanzliche Zellkulturen eignen sich prinzipiell ebenfalls für die industrielle Naturstoffsynthese, haben aber gegenüber tierischen Zellen und besonders Mikroorganismen Nachteile, weil sie sehr langsam wachsen und technisch schwerer zu handhaben sind. Andererseits gibt es durchaus Ansätze für spätere praktische Anwendungen, etwa zur Herstellung von Rosmarinsäure oder zur biochemischen Umwandlung von Herzglycosiden. Zur Zeit werden erste industrielle Modellvorhaben gefördert.

Es ist vorgesehen, ein Konzept für eine Projektgruppe auszuarbeiten, das schwerpunktmäßig Grundlagenthemen beinhalten muß, um langfristig die wissenschaftlich-technische Basis für spätere Anwendungen zu schaffen. Wegen des noch starken Grundlagenbezugs ist eine Abstimmung mit der DFG notwendig und vorgesehen.

III.3.3.7 Themengruppe Biokatalysatorforschung

Aufgaben

Die grundlagenorientierten Arbeiten sollen dazu dienen, freie und fixierte Enzyme unter Produktionsbedingungen zu stabilisieren, Mechanismen der Destabilisierung zu erkennen, nach technisch relevanten neuen Enzymen zu suchen, Möglichkeiten ihrer Veränderung und technischen Verbesserung zu erkunden, Wirkungsspektren zu verändern, automatische Screening-Methoden zu entwickeln und Trägermaterialien zur Fixierung funktioneller Enzyme oder zum Einsatz in industriellen Verfahren zu bearbeiten.

III.3.3.8 Themengruppe Verfahren mit Enzymen

Aufgaben

Untersucht werden sollen die Synthese von stereospezifischen chiralen Substanzen, Methoden der Racemattrennung und Racemisierung, die Regeneration von Coenzymen, der enzymatische Abbau von schwer abbaubaren Verbindungen sowie Biotransformationen und enzymatische Synthesen mit freien oder immobilisierten Biokatalysatoren.

III.3.3.9 Themengruppe Produktionen mit Biokatalysatoren

Aufgaben

Im Mittelpunkt stehen die enzymatische Umsetzung von Kohlenhydraten, insbesondere von Zellulose, Stärke und Zuckern sowie der Abbau von Eiweißstoffen, die Herstellung von funktionellen Eiweißen, die Umwandlung von Produkten oder Zwischenprodukten in höherwertige Substanzen, wie Antibiotika oder Hormonen, die Durchführung von unkonventionellen Synthesen, etwa von Halogenverbindungen und zur Bildung von Kohlenstoff-Kohlenstoffverbindungen.

III.3.3.10 Themengruppe Entwicklung neuer Bioreaktorsysteme

Aufgaben

Von den produktspezifischen Reaktorsystemen, die zur Zeit von Interesse sind und einer gründlichen verfahrens- und gerätetechnischen Bearbeitung bedürfen, sind exemplarisch in erster Linie zu nennen: Wirbelschichtreaktoren, Membranreaktoren und Festbettreaktoren. Neben der Rohstoff- und Produktspezifität sollen auch andere Gesichtspunkte dabei beachtet werden: etwa ob sie für die Anzucht pflanzlicher, tierischer und menschlicher Zellen geeignet sind, hohe Raum- und Zeitausbeuten erbringen und möglichst umweltschonend arbeiten.

Produktbezogene Grundlagen sollen ebenso erarbeitet werden wie neue apparative, fertigungstechnische und werkstofftechnische Neuentwicklungen

für den Einsatz unkonventioneller, z. B. hitzestabiler und anaerober Organismen.

III.3.3.11 Themengruppe Aufbereitungs- und Aufbereitungsverfahren

Aufgaben

Im Mittelpunkt der Arbeiten werden stehen: die Anreicherung und Reinigung von Wirkstoffen und Produkten durch immunologische oder Affinitätsverfahren, die Entwicklung von Mikro- und Ultrafiltrationsmaßnahmen, z. B. zur Abscheidung von empfindlicher Biomasse, neue Fällungs-, Anreicherungs- und Extraktionsverfahren. Die Themen, Abtrennung und Rückhaltung von Biomasse mit den Detailproblemen Zelladsorption, Schaumfraktionierung und Zellernte sind dabei von besonderem Interesse. Arbeiten zur Entwicklung neuer Verfahren und Techniken zum kontinuierlichen Zellaufschluß runden die Thematik dieser Projektgruppe ab.

III.3.3.12 Themengruppe Meß-, Steuer- und Regelungstechnik für Bioreaktoren

Aufgaben

Ein wichtiger Themenschwerpunkt der meß- und regelungstechnischen Steuerung biotechnischer Prozesse sind betriebssichere und stabile Meßsonden, um biologische und biochemische Verfahrensparameter zu messen. Die Probenahme für externe Analytik muß betriebssicher und sterilisierbar sein. Fermentationsverfahren sollen modelliert werden, um Verfahrensabläufe besser analysieren zu können. Schließlich muß die für Prozeßführungen notwendige Software für die Meßwerterfassung, ihre Filterung und Verarbeitung für betriebsinterne Steuerung im Katalog zu fördernder Teilaspekte berücksichtigt werden.

III.3.3.13 Themengruppe Pflanzenzüchtung und nachwachsende Rohstoffe

Aufgaben

Klassische Methoden der Pflanzenzüchtung und Sortenentwicklung sollen künftig mit gentechnischen und zellbiologischen Methoden verknüpft werden und integriert zur Anwendung kommen. Das Spektrum der bisher züchterisch bearbeiteten Kulturpflanzen, die zur Deckung des Nahrungsbedarfs angebaut werden, ist deutlich durch Pflanzen für industrielle Zwecke zu erweitern, um z. B. bessere, standortgemäße Sorten zu erhalten und den Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln zu verringern. Für die Entwicklung und Erprobung von Genübertragungssystemen bieten sich pflanzliche Eigenschaften an wie beispielsweise die Fähigkeit zur biologischen Stickstofffixierung, die Photosyntheseeffizienz, Krankheitsresistenz, Schutzfaktoren gegen Insektenfraß, Salz-, Dürre- und Kälteresistenz und bestimmte Qualitätseigenschaften, wie verbesserte Aminosäurezusammensetzung. Zell-

und Gewebekulturarbeiten, einschließlich Zellverschmelzungen zur Gewinnung von Hybridpflanzen werden dabei ebenfalls berücksichtigt. Als Voraussetzung für die gezielte Übertragung von Genen sind wirksame Methoden zur Genomanalyse von Bedeutung. Schließlich erfordern die Probleme der genetischen Erosion auch den Einsatz biotechnischer Methoden zur Erhaltung des „Artschatzes“.

III.3.3.14 Themengruppe Naturstoffscreening aus Pflanzen und Tieren

Aufgaben

Die Gewinnung von Arzneimitteln mit Hilfe klassischer chemischer Extraktionsverfahren ist in Forschung und industrieller Praxis eingebürgert. Ziel des ergänzenden Forschungsschwerpunktes ist es, neue biologische Wirkungen von Tier- und Pflanzeninhaltsstoffen zu finden, die das Spektrum praktisch verwertbarer mikrobieller Stoffwechselprodukte sinnvoll ergänzen. Ansatzpunkt hierfür ist die mögliche Herstellung von Naturstoffen oder durch chemische oder biologische Synthese zugänglicher Stoffwechselprodukte mit insektizider, fungizider oder herbizider Wirkung, die als Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel Anwendung finden können. Neue Substanzklassen mit neuen biologischen Wirkungen erfordern neue, auf diese Systeme angepaßte Testverfahren und -methoden. Das Spektrum bisheriger Wirkstoffe ist zu erweitern, zum Beispiel unter Berücksichtigung tropischer Heilpflanzen oder neuer pflanzlicher und tierischer Schutzstoffe. Vielfältige Möglichkeiten der internationalen Zusammenarbeit, gerade auch mit tropischen und subtropischen Entwicklungsländern, sollen ausgebaut werden, um den wissenschaftlichen Informationsfluß zu verbessern.

III.3.3.15 Themengruppe Alternativ- und Ergänzungsmethoden zum Tierversuch

Aufgaben

Die Entwicklung von Alternativ- und Ergänzungsmethoden zum Tierversuch soll insbesondere in den Forschungsgebieten vorangetrieben werden, bei denen bisher überwiegend tierexperimentelle Reihen- und Routineuntersuchungen durchgeführt werden. Zu nennen wären Experimente zum Studium pharmakologischer Wirkungsmechanismen, des Stoffwechsels von Arzneimitteln und toxikologischer Suchverfahren. Die Prüfung mutagener und teratogener Wirkungen muß ebenso Berücksichtigung finden wie die Erprobung viraler und parasitärer Krankheitsmechanismen oder die Gewinnung von Impfstoffen. Auch die Entwicklung von in vitro-Testmodellen für die Krebsforschung, Tumorthherapie und Immunforschung darf nicht unerwähnt bleiben.

Die Entwicklung und Anwendung dieser Methoden wird dazu beitragen, die Zahl der Tierversuche mittelfristig deutlich zu vermindern.

III.3.3.16 Themengruppe Ökosystemare Wirkung gentechnisch veränderter Organismen

Aufgaben

Zur Zeit prüfen OECD und die Zentrale Kommission für die biologische Sicherheit (ZKBS) die Frage, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, um gentechnologisch veränderte Mikroorganismen in die Umwelt freisetzen zu können. Die Richtlinien des BMFT verbieten z. Z. Experimente mit dieser Zielsetzung.

Vor einer eventuellen Lockerung der Richtlinien müssen zahlreiche Einzelfragen durch Simulations- und Freilandexperimente sowie durch gezielte Ökosystemforschung experimentell geklärt werden. Die Bundesregierung wird unmittelbar nach Vorlage der Empfehlungen von OECD und ZKBS ein wissenschaftliches Konzept für eine Projektgruppe in Zusammenarbeit mit Sachverständigen ausarbeiten. Ein Projekt wird hierbei die Untersuchung ökologischer Auswirkungen der Verwendung gentechnisch erzeugter herbizidresistenter Nutzpflanzen sein.

III.3.3.17 Themengruppe Sicherheit technischer Verfahren mit gentechnisch veränderten Organismen

Aufgaben

Für die Produktion gentechnologisch veränderter Mikroorganismen, die zunehmend halb- und groß-

technisch realisiert werden wird, müssen technisch leicht handhabbare und gleichzeitig für Mensch und Tier ungefährliche Produktionsstämme genetisch konstruiert und zur Praxisreife entwickelt werden. Insbesondere gilt es, Infektionsrisiken für die in der Produktion tätigen Arbeitnehmer auszuschließen. Erreicht werden kann dies beispielsweise durch Verwendung von Produktionsstämmen mit sehr spezifischen Nährstoffansprüchen oder solchen, die osmotisch labil sind. Hierdurch kann bei Unfällen sichergestellt werden, daß ein Mikroorganismus außerhalb des Bioreaktors nicht überleben kann und von ihm keine Gefährdungen ausgehen. Auch ist es notwendig, sicherzustellen, daß eine Gefährdung durch Produkte verhindert wird, die mit gentechnisch veränderten Organismen hergestellt wurden. Dies ist z. B. für die gentechnische Produktion von Impfstoffen aber auch von Lebensmitteln von großer Bedeutung.

Besondere Aufmerksamkeit muß der Entwicklung von Methoden und Verfahren für die gefahrlose Beseitigung von Abfällen und der nach Beendigung von Produktionsverfahren anfallenden, aber in der Regel nicht mehr benötigten Biomasse gewidmet werden.

Im Bedarfsfall können weitere Forschungsvorhaben zur sicherheitstechnischen Bewertung von anderen Biosyntheseverfahren und -produkten im Zusammenhang mit konkreten technischen Einrichtungen gefördert werden.

IV. Internationale Zusammenarbeit

Im Rahmen der multilateralen Zusammenarbeit sind vor allem die gemeinsamen Forschungsaktivitäten innerhalb der Europäischen Gemeinschaften zu nennen. Die EG fördert Molekulargenetik und Biotechnologie im Rahmen eines eigenständigen Forschungsprogramms mit folgender Zielsetzung:

- Herstellung verbesserter landwirtschaftlicher und bio-industrieller Erzeugnisse;
- Entwicklung effizienterer und sicherer Produktionsmethoden.

Die Ziele dienen der Beseitigung von Engpässen bei der Anwendung moderner biotechnologischer Methoden in der Industrie und Landwirtschaft.

Im Hinblick auf die ethischen, rechtlichen und sicherheitstechnischen Fragen, die bei der Anwendung molekulargenetischer und zellbiologischer Methoden aufgeworfen werden, ist der Initiative der OECD von 1983 große Bedeutung beizumessen. Die Bundesregierung begrüßt die Bemühungen der OECD, für sicherheitstechnische Fragestellungen einheitliche, internationale Verfahrensregelungen auszuarbeiten. Die Bundesregierung und weitere von ihr benannte Sachverständige wirken in der OECD-Arbeitsgruppe mit.

IV.1 Zusammenarbeit mit Industrieländern

Um die internationale Zusammenarbeit als mitentscheidenden Faktor der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung zu fördern, unterstützt die Bundesregierung im Rahmen ihrer nationalen biotechnologischen Vorhaben besonders den Austausch von Wissenschaftlern und die Zusammenarbeit mit Forschergruppen in anderen Ländern. Ergänzend hierzu bietet das EG-Programm zur „Stimulierung von Zusammenarbeit und Austausch im wissenschaftlichen und technischen Bereich in Europa“ auf dem Gebiet der Biotechnologie ein Bündel von Maßnahmen zur Förderung der Mobilität der Forscher, der Kommunikation zwischen Wissenschaftlern und der Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen innerhalb der Gemeinschaft. Dabei ist neben Hilfen zur Bildung von Laborpartnerschaften auch die Errichtung eines Verzeichnisses der Austausch- und Kooperationsmöglichkeiten in den Mitgliedstaaten geplant.

Im Agrarbereich stellen die biologische Stickstofffixierung und die biotechnologische Verwertung land- und forstwirtschaftlicher Potentiale und Überschüsse sowie im Umweltbereich die Abwasserbe-

handlung in der Zellstoff- und Getränkeindustrie ein wichtiges gesamteuropäisches Problem dar. Im Gesundheitswesen ist es die biomedizinische Forschung und biotechnologische Arzneimittelentwicklung für noch nicht wirksam zu bekämpfende Krankheiten. Die Sicherheitsforschung sollte im Rahmen der EG-Förderung und innerhalb der OECD einen besonderen Platz einnehmen, um unnötige internationale Doppelforschung zu vermeiden bzw. international abgestimmte Sicherheitsstandards zu erarbeiten. Damit können Wettbewerbsverzerrungen aufgrund unterschiedlicher Sicherheitsstandards verhindert werden und vergleichbare, verlässliche und dauerhafte Rahmenbedingungen für die wirtschaftliche Nutzung der Biotechnologie geschaffen werden.

IV.2 Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern

Die Biotechnologie und angewandte Biologie gewinnen auch für unsere Partnerländer der Dritten Welt zunehmend an Bedeutung. Insbesondere können sie mit dazu beitragen, die Lebensbedingungen in den Entwicklungsländern zu verbessern.

Die Bundesregierung fördert neben bilateralen und multilateralen entwicklungspolitischen Maßnahmen im Rahmen der wissenschaftlich-technologischen Zusammenarbeit mit Ländern der Dritten Welt auf diesem Gebiet vor allem die Entwicklung und Erprobung neuer Technologien bzw. die Anpassung vorhandener Technologien für den Einsatz in diesen Ländern. Hierdurch soll ein wirksamer Beitrag zur Lösung von Problemen in der Dritten Welt geleistet und das FuE-Potential der Partnerländer auf Dauer verbessert werden. Wo es möglich ist, kann durch die Einbeziehung deutscher Unternehmen einerseits den entsprechenden Ländern der

Zugang zu neuen Technologien und Produktionsverfahren eröffnet werden, andererseits die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen gestärkt werden. Ziel dieser Kooperation soll es dabei sein, auch die Länder der Dritten Welt in die Lage zu versetzen, diese Technologien aus eigener Kraft nutzen, warten und schließlich fertigen und weiterentwickeln zu können, um nicht in neue langfristige Abhängigkeiten zu geraten.

Im Vordergrund der Problemstellungen der Dritten Welt, für die die biotechnologische Zusammenarbeit einen Beitrag leisten kann, stehen:

- Arzneimittelentwicklung für Tropenkrankheiten insbesondere Malaria, Chagaskrankheiten, Schistosomiasis oder Lepra;
- Screening für Arzneimittel für Human- und Veterinärmedizin sowie für Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel;
- Abwasser- und Abfallaufbereitung, insbesondere für Rohstoff- und landwirtschaftliche Abfälle;
- Produktion von Eiweiß für Nahrungs- und Futtermitteln;
- züchterische Verbesserung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen und Anpassung an Klima und Standort;
- technologische Behandlung von Lebens- und Genußmitteln;
- Einsatz von Biomasse für die Energie- und Rohstoffnutzung.

Neben diesen, nur beispielhaft genannten, Themen werden in konkreten Einzelfällen auch Vorhaben gefördert, die sich künftig im Rahmen bilateraler und multilateraler Zusammenarbeit als notwendig erweisen.

V. Finanzplanung

Für die Finanzierung der vorgestellten Fördermaßnahmen sind die in der folgenden Übersicht zusammengestellten Mittel vorgesehen. Die Tabelle umfaßt, unterteilt nach thematischen Schwerpunkten, die für die institutionelle, indirekte und direkte Förderung geplanten Mittel des Einzelplans 30 für den

Zeitraum 1984 bis 1989. Die angegebenen Beträge basieren auf den Ansätzen der Finanzplanung 1985 bis 1989. Sie stehen unter dem Vorbehalt der Fortschreibung des Finanzplans in künftigen Haushaltsjahren.

Bundesmittel in Millionen DM

	Ist	Soll	Voran- schlag	Finanzplanung			Summen
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	
Institutionelle Förderung GBF, EMBL, EMBC*)	37,4	45,2	59,2	69,2	67,1	58,1	336,2
Genzentren und Schwerpunktprojekte	14,3	19,0	24,0	26,0	32,0	37,0	152,3
Indirekte Maßnahmen	2,0	2,0	15,0	27,0	35,0	40,0	121,0
TOU**)	0,7	2,0	3,2	3,8	3,8	2,5	16,0
<i>Themenbezogene Verbund- forschung</i>							
Mikrobielle Techniken, Gentechnologie	11,3	13,0	14,0	16,8	20,4	24,6	100,1
Zellkulturtechnik	13,9	19,3	16,0	16,2	16,5	16,6	98,5
Bioverfahrenstechnik, Enzymtechnik	10,6	14,0	18,3	21,8	33,5	42,2	140,4
Neue Gebiete, Querschnittsaktivitäten	12,4	2,3	2,0	6,5	9,2	13,0	45,4
Forschung an Pflanzen und Tieren							
— Pflanzenzüchtung und nachwachsende Rohstoffe ...	3,2	5,5	5,0	6,0	7,0	8,0	34,7
— Ersatzmethoden für Tierversuche; biologische Sicherheit	5,6	10,0	18,6	19,9	20,4	22,6	97,1
Summen:	111,4	132,3	175,3	213,2	244,9	264,6	1 141,7

*) GBF: Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH
 EMBL: Europäisches Laboratorium für Molekularbiologie
 EMBC: Europäische Konferenz für Molekularbiologie

**) TOU: Technologieorientierte Unternehmensgründungen

VI. Anhang

VI.1 Wirtschaftliches Potential der Biotechnologie

Biotechnische Verfahren werden z. Z. industriell genutzt in den Bereichen:

— Lebens- und Genußmittel

Backwarenzusätze, Fisch- und Fleischprodukte, Getränke u. a. Bier, Wein, Lebensmittelzusätze (Antioxidantien, Farb- und Geschmacksstoffe), Vitamine, Stärkeprodukte, modifizierte Proteine, Gemüsekonservierung, Krautbereitung u. a.,

— Pharmaka

Antibiotika, Diagnostika (Enzyme, Antikörper), Vaccine, Steroide, Vitamine, Alkaloide,

— Chemische Produkte

Ethanol, Aceton, Butanol, Glucose, Fructosesyrup, organische Säuren, Biopolymere, Waschmit-

telenzyme, Enzyme, Polysaccharide, Duftstoffe, Aminosäuren, Metallgewinnung durch Leaching und Anreicherung (Kupfer, Uran),

— Landwirtschaft

Viehfutter, Viehfutterzusätze, Veterinärvaccine, Silierung, Kompostierung, biologische Pflanzenschutzmittel, stickstofffixierende Mikroorganismen, Pflanzenveredelung, Pflanzenwuchsstoffe,

— Energiestoffe

Ethanol, Methan, Biomasse als Ausgangsstoffe,

— Umweltschutz

Abwasserreinigung, Abfallbeseitigung, Abfallverwertung, Beseitigung von Ölverschmutzungen.

Der Weltmarktumsatz dieser biotechnischen Produkte wird, einschließlich halbbiotechnischer Verfahren, derzeit auf ca. 250 Mrd. US \$ geschätzt, da-

von allein 220 Mrd. \$ im Nahrungs- und Genußmittelbereich. Der Anteil neuer Produktionszweige wie Pharmaka und Chemikalien wächst aber kontinuierlich.

Für biotechnische Produkte und Wirkstoffe im engeren Sinne wird ein Weltmarktvolumen von 40 Mrd. DM angegeben mit einer jährlichen Zuwachsrate von 8 %. Die wirtschaftliche Bedeutung der Biotechnologie für die einzelnen Marktbereiche und für spezielle Produkte sowie die Marktwerte, die man sich insbesondere von gentechnischen Produkten erhofft, zeigen die nachfolgenden Tabellen:

Tabelle 1

Weltmarktvolumina biotechnologischer Produkte nach Einsatzgebieten
(in Klammern: erwartete prozentuale Zuwachsraten)

Landwirtschaft	1 285 Mio. DM (+ 8%)
Industrie	1 690 Mio. DM (+ 6%)
Energie	6 124 Mio. DM (+ 8%)
Lebensmittel	6 614 Mio. DM (+ 7%)
Pharmabereich	25 160 Mio. DM (+ 9%)
gesamt	40 873 Mio. DM (+ 8%)

Quelle: Harnisch, Wöhner 1984

Tabelle 2

Produktionswert teilweise oder vollständig biotechnisch hergestellter Produkte
(Bundesrepublik Deutschland, 1983)

Produkt	Wert in Millionen DM
Human-Pharmazeutika	14 020
Öle, Fette, Fettsäuren	954
Vitamine	704
Hormone	357
Veterinär-Pharmazeutika	242
pflanzl. Klebstoffe	239
Sera und Impfstoffe	225
Ätherische Öle	218
Antibiotika	185
Gelatine	174

Quelle: Statistisches Bundesamt, 1984

Im Pharmabereich sind insbesondere mit der gentechnischen Herstellung von Interferonen, Insulin, Lymphokinen, Wachstumshormonen, Impfstoffen z. B. gegen Maul- und Klauenseuche und monoklonalen Antikörpern hohe Erwartungen verbunden.

Die Einsatzmöglichkeiten in der Landwirtschaft werden teilweise noch optimistischer beurteilt. So rechnet die Policy Research Corporation in Chicago

mit einem Marktvolumen von 50 bis 100 Mrd. Dollar bis 1995.

Diese Entwicklungen, die die Produktpalette und Verfahren wichtiger Gebiete grundlegend verändern könnten, sind jedoch am Markt bisher nicht erkennbar.

VI.2 Aktivitäten in der Bundesrepublik Deutschland

Die Bundesrepublik Deutschland besitzt eine lange Tradition in fast allen biowissenschaftlichen und medizinischen Forschungsbereichen die heute die Grundlage angewandter biologischer Forschung bilden. Dies gilt sowohl für die Grundlagenforschung in den Universitäten als auch die Industrieforschung. Staatlicherseits werden neben der von den Ländern getragenen Finanzierung von über 300 Biologie-Lehrstühlen jährlich über 1 Mrd. DM für biologische und biomedizinische Forschung im Bereich der Max-Planck-Gesellschaft, über Fördermaßnahmen der DFG (z. B. 31 Sonderforschungsbereiche in der Biologie, Veterinärmedizin und Agrarwissenschaften), für die entsprechenden Blaue-Liste-Institute, für die Fraunhofer-Gesellschaft, für Großforschungseinrichtungen und Bundesforschungsanstalten bereitgestellt.

Vor diesem breiten Hintergrund biowissenschaftlicher Grundlagenforschung sind in der Bundesrepublik Deutschland trotz ihrer Spitzenstellung in Europa Schwächen in der kommerziellen Nutzung speziell im besonders anwendungsrelevanten Gebiet der Biotechnologie erkennbar. Um den Anschluß an die internationale Entwicklung zu halten, hat der BMFT daher seit 1969 gezielte Maßnahmen der institutionellen und der Projektförderung durchgeführt, die sich auf die Bereiche Zellkulturtechniken (Zellinhaltsstoffe, Züchtungsforschung, biologische Schädlingsbekämpfung), Bioverfahrenstechnik (Bioreaktorentwicklung, Abwassertechnologie), Biokonversion (Industriealkohol, Enzymreaktor) und Gewinnung von Einzellerprotein konzentrierten und darauf zielten, Forschungskapazitäten in Industrie und öffentlichen Forschungseinrichtungen aufzubauen. Hilfestellung dazu leisteten und leisten weiterhin andere Programme der Bundesregierung wie z. B. das Umwelt- und das Gesundheitsforschungsprogramm.

Für die deutsche Wirtschaft geht es darum, sich möglichst effizient in die internationale Arbeitsteilung einzugliedern und im Markt die eigenen Stärken zu nutzen. Dazu bedarf es des Wettbewerbs der Unternehmen.

Die überwiegend vom Bund finanzierte institutionelle Förderung der Biotechnologie ist auf die Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF) in Braunschweig konzentriert.

Alle anderen öffentlich geförderten Einrichtungen, die biotechnische Fragestellungen bearbeiten, konzentrieren sich auf Teilaspekte der Biotechnologie, u. a. über 35 Universitäten, verschiedene Institute

der Max-Planck-Gesellschaft, das Institut für Biotechnologie der KFA-Jülich und mehrere Bundesforschungsanstalten.

Auf dem industriellen Sektor der Biotechnologie arbeiten neben klassischen Anwendern im lebensmitteltechnischen Bereich, wie Hefefabriken, Molkeereien und Brauereien, über 100 Firmen. Die Schwerpunkte sind pharmazeutische Produkte und Abwassertechnologie. Daneben werden u. a. technische Enzyme, Aminosäuren, Geschmacks- und Geruchsstoffe, Feinchemikalien und Impfstoffe hergestellt. Bedeutende Kapazitäten bestehen auch im Fermenterbau und in der Anlagentechnik. Der Laborgerätebau für biotechnische Produkte und Verfahren liegt dagegen fast völlig bei ausländischen Firmen.

Gentechnik, die in biotechnischen Verfahren der Medizin, der Landwirtschaft und im Umweltbereich Anwendung findet, wird zunehmend in Industrie und öffentlichen Forschungseinrichtungen eingesetzt. Dies gilt für 30 Universitäten und zwölf Institute der Max-Planck-Gesellschaft ebenso wie für mehrere Großforschungseinrichtungen [neben der GBF insbesondere das Deutsche Krebsforschungszentrum Heidelberg (DKFZ)], einige Bundesanstalten des BMJFG und BML, darunter das Bundesgesundheitsamt und die Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere in Tübingen. Die Aufwendungen für die Projekt- und industrielle Förderung betrugen 1984 in der Gentechnologie ca. 60 Mio. DM. Von 1978 bis 1984 wurden 682 gentechnische Forschungsvorhaben durchgeführt. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert darüber hinaus in 35 Sonderforschungsbereichen gentechnisch orientierte Vorhaben.

Über den zahlenmäßigen Umfang der in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführten gentechnischen Forschungsvorhaben gibt die nachfolgende Tabelle Auskunft:

Tabelle 3

Gentechnische Forschungsvorhaben
(Stand: 31. Dezember 1984)

	Einrichtungen	gentechnische	
		Experimente	Arbeitsgruppen
Universitäten	30	351	79
MPG-Institute	12	110	—
GFE (DKFZ, GBF, KfK, GSF)	4	85	23
Industrie-Unternehmen	11	54	—
Sonstige (EMBL u. a.)	4	82	—

VI.3 Internationale Aktivitäten

USA:

Die USA sind führend in der kommerziellen Nutzung der Biotechnologie, insbesondere der Gentechnologie. Ursache für die amerikanische Spitzenposi-

tion ist der hohe Stand der Grundlagenforschung, die Möglichkeit, auch technisch noch nicht ausgereifte und daher risikoreiche Projekte zu finanzieren (Risikokapital) sowie die in den Vereinigten Staaten ausgeprägtere unternehmerische Einstellung. Besonders günstig hat sich auch ausgewirkt, daß kleine spezialisierte, hochinnovative Firmen und etablierte, finanzstarke Industrieunternehmen nebeneinander tätig sind.

Die staatliche Förderung der Biotechnologie betrug 1983 511 Mio. \$. Allein die National Institutes of Health förderten 1982 3 516 Projekte auf dem Gebiet „Genetische Manipulation, Hybridomatechnik und Monoklonale Antikörper“.

In den USA existieren über 200 Firmen, die biotechnische Methoden anwenden, davon 125 Neugründungen seit 1970. Von der Industrie wurde die Bedeutung eines guten Kontakts zwischen Industrie und Hochschulen und dem damit verbundenen schnellen Technologietransfer erkannt. Die Industrie hat 1981 Grundlagenforschung in Hochschul-labors finanziell in einer Größenordnung von ca. 300 Mio. \$ gefördert.

Japan:

Japan mißt der Biotechnologie außerordentliche Bedeutung für die künftige Industrieentwicklung bei. Bei konventionellen Fermentationstechniken im lebensmitteltechnischen Bereich ist es, beruhend auf den traditionellen Eßgewohnheiten, Weltmarktführer. Andererseits hat Japan erst ab 1979 in größerem Umfang gentechnische Forschungskapazitäten aufgebaut.

Das Industrieministerium (MITI) veröffentlichte 1981 ein Zehn-Jahres-Programm zur Förderung von Schlüsseltechnologien mit insgesamt 1,3 Mrd. DM. Aus diesem Programm wurde 1983 für die Bioverfahrenstechnik und Enzymtechnologie 265 Mio. DM und für die Gentechnologie 38 Mio. DM zur Verfügung gestellt.

Jährliche Steigerungsraten seit 1980 betragen 8 bis 10 % für den FuE-Bereich. In der Gentechnologie wird mit jährlichen Steigerungsraten von 20 bis 40 % gerechnet. Die Zahl der in der Biowissenschaften tätigen Forscher beträgt ca. 95 000, davon 2 000 in der Gentechnologie. Etwa 150 bis 200 Firmen haben eigene FuE-Abteilungen in der Biotechnologie, davon 80 auch in der Gentechnologie.

Auffallend ist, daß die Firmen sich auf besonders marktfähige Produkte wie z. B. Interferone konzentrieren. Die aktivste Forschung betreibt die chemische Industrie, gefolgt von der Lebensmittel-, Pharma-, Textil- und Papierindustrie. Die größten Hoffnungen setzen die Firmen auf die Gentechnologie, außerdem Bioreaktortechnik, Semisynthesetechnik und Massenzellkultivierung.

MITI und Industrie konzentrieren sich zunehmend auf Entwicklung eigenständiger und in Japan entwickelter Innovationen und Technologien. Dabei

wird zunehmend Gewicht auf Grundlagenforschung gelegt.

Europa:

Bedeutende Aktivitäten in der Biotechnologie in Grundlagenforschung und Industrieforschung gibt es im europäischen Ausland in Großbritannien, Frankreich, der Schweiz, Schweden, Dänemark und den Niederlanden. In wichtigen Teilbereichen der Biotechnologie gehören europäische Unternehmen und Forscher zur Weltspitze, so in der Antibiotika- und Enzymherstellung, in der Hefeproduktion, in der Abwassertechnologie aber auch in der Pflanzengenetik.

Besonders hervorzuheben sind die Aktivitäten in Großbritannien und Frankreich.

In Großbritannien fördert das Industrieministerium seit 1982 ein Programm „Biotechnologie in der Industrie“ mit 210 Mio. DM für vier Jahre. Über 20 neue Genfirmen wurden in den letzten Jahren gegründet, einige davon von Universitäten oder unter staatlicher Beteiligung. Damit besitzt Großbritannien nach den USA die meisten Genfirmen.

In Frankreich hat die Regierung für ein „Mobilisierungsprogramm Biotechnologie“ in den Jahren 1984 275 Mio. DM und 1985 320 Mio. DM zur Verfügung gestellt. Die nationalen Aktivitäten sind über zahlreiche Kommissionen und staatliche Forschungseinrichtungen koordiniert. Andererseits fehlt Frankreich in vielen wichtigen Bereichen die „kritische Masse“ an eigenem wissenschaftlich qualifiziertem Personal, das zur breiten Nutzung der Biotechnologie notwendig ist. Außerdem engagieren sich erst wenige Firmen in diesem Bereich. Deshalb will die Regierung die europäische Zusammenarbeit verstärken.

Die Europäische Gemeinschaft fördert seit 1982 ein mit ca. 33,5 Mio. DM ausgestattetes FuE-Programm auf dem Gebiet der molekularbiologischen Technik, das 1986 in einem Biotechnologie-Forschungsprogramm (1985 bis 1988 ca. 122,5 Mio. DM) aufgehen soll. Dieses soll zum Aufbau einer stützenden Infrastruktur für die Biotechnologieforschung in Europa beitragen und Engpässe beseitigen, die der Nutzung von Rohstoffen, Produkten und Verfahren aus der modernen Biologie in Industrie und Landwirtschaft im Wege stehen.