



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

bmb+f

Rahmenprogramm Biotechnologie – Chancen nutzen und gestalten



BMBF PUBLIK



Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung
(BMBF)
Referat Öffentlichkeitsarbeit
53170 Bonn
E-Mail: information@bmbf.bund.de
Internet: <http://www.bmbf.de>

Redaktion

Dr. Rosita Cottone

Gestaltung

BSMG Worldwide Germany

Druckerei

Walter Biring GmbH
Mediahaus Grafischer Betrieb, München

Stand

April 2001

Gedruckt auf Recyclingpapier

Rahmenprogramm Biotechnologie – Chancen nutzen und gestalten





Inhalt

Inhalt

Seite

1. Biotechnologie, Leitwissenschaft des neuen Jahrhunderts	4
2. Forschungspolitische Leitlinien	6
2.1 Investitionen für Forschung und Bildung erhöhen	6
2.2 Wissenschaftlichen Nachwuchs qualifizieren	6
2.3 Leistungsfähige Grundlagenforschung erhalten – Forschungslandschaft weiterentwickeln	6
2.4 Projektförderung stärken	7
2.5 Interdisziplinarität fördern	7
2.6 Von der Natur lernen	7
2.7 Chancen der Globalisierung nutzen	8
2.8 Unternehmensgründungen stimulieren – gemeinsam für Innovationen und Arbeitsplätze	8
2.9 Internationalisierung vertiefen	8
2.10 Rahmenbedingungen verbessern	9
2.11 Wissenschaft im Dialog – Chancen bewerten und vermitteln	9
3. Biotechnologie als Motor für Innovationen in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft	10
3.1 Begriffsdefinition	10
3.2 Biotechnologie als Motor für Innovationen	10
3.3 Anwendungsfelder	11
3.4 Markt- und Beschäftigungspotenziale	13
4. Deutschlands Stellung, Stärken und Potenzial vor dem Hintergrund internationaler Entwicklung	17
4.1 Nationale Schwerpunkte	17
4.1.1 Grundlagenforschung	17
4.1.2 Technologietransfer und Kommerzialisierung	18
4.1.3 Vorsorgeforschung	19
4.2 Rechtliche, gesellschaftliche Rahmenbedingungen; Ethik	20
4.3 Europäische Integration im Bereich Biotechnologie	21



	Seite
5. Aktionsfelder	22
5.1 Strukturelle Maßnahmen	22
5.1.1 Optimierung der institutionellen Forschungsstruktur	22
5.1.2 Nachwuchsförderung	24
5.1.3 Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft	25
5.1.4 Zusammenarbeit mit einzelnen Staaten	26
5.2 Wissenschaftlich-technologische Zielsetzungen	27
5.2.1 Basisinnovationen	27
5.2.1.1 Genomforschung	27
5.2.1.2 Techniken und Methoden für die Genom- und Proteomforschung	32
5.2.1.3 Strukturelle Molekularbiologie	33
5.2.1.4 Bioinformatik	33
5.2.1.5 Nanobiotechnologie	34
5.2.1.6 Neurowissenschaften	35
5.2.2 Forschung für Anwendungen	36
5.2.2.1 Tissue Engineering	36
5.2.2.2 Umweltfreundliche Bioverfahren	37
5.2.2.3 Ernährung	38
5.2.3 Vorsorgeforschung	39
5.2.3.1 Biologische Sicherheit	39
5.2.3.2 Biologische Vielfalt	40
5.2.3.3 Tierschutz	41
6. Finanzierung	42
7. Von der Vorhabensidee zum geförderten Projekt	42
8. Bekanntmachungen	44
9. Anschriften	45
10. Literatur	47



1. Biotechnologie, Leitwissenschaft des neuen Jahrhunderts

Das neue Jahrhundert, so wird von vielen Seiten bestätigt, wird das Jahrhundert der Biowissenschaften sein. Zur Zeit erleben wir in der biowissenschaftlichen Forschung spektakuläre Wissensfortschritte, gepaart mit ständig sich beschleunigenden Technologiezyklen. Wir beginnen die Funktionsweise des Genoms gerade erst zu verstehen. Das Erbgut des Menschen und vieler Modellorganismen ist zwar strukturell weitgehend entschlüsselt, aber jetzt müssen wir lernen, es zu lesen. Die strukturelle und funktionelle Analyse des menschlichen Genoms wird einen neuen Erkenntnis Schub auslösen und viele Ansatzpunkte für die Bekämpfung von Krankheiten liefern.

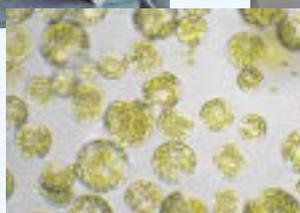
Die Biotechnologie entwickelt sich dabei in viele forschungsorientierte Felder hinein und bildet zahlreiche Facetten mit Bezug zur Medizin, zur Chemie, zur Physik, zur Informationstechnologie und zu den Materialwissenschaften. Sie ist heute eine typische Querschnittstechnologie mit „Servicecharakter“ für zahlreiche anwendungsnahe Disziplinen. Dort, wo aus der Begegnung unterschiedlichen Wissens neue Ideen geboren werden, entstehen auch die wichtigsten Innovationen. Der Einsatz neuer bio- und gentechnischer Methoden, Verfahren und Produkte ist heute schon alltäglich. Längst werden Waschmittelenzyme, Vitamine, Lebensmittelzusatzstoffe oder Antibiotika mit Hilfe umweltfreundlicher biotechnologischer Verfahren im großen industriellen Maßstab hergestellt. Die Möglichkeit vom Leben zu lernen und dieses Wissen in Produkte und Verfahren umzusetzen, die dem Wohl unserer Gesellschaft und unserer Umwelt dienen, müssen wir mit Nachdenklichkeit, aber auch vorausschauend und mit Tatkraft nutzen.

An den modernen Anwendungen der Biotechnologie entzünden sich immer wieder heftige Diskussionen. Aus neuen Erkenntnissen entwickeln sich für manche allzu schnell neue Handlungsoptionen. Diese Optionen können als Chance, aber auch als Belastung empfunden werden. Der Umgang mit dem neuen Wissen ist nicht immer einfach und seine Umsetzung in Verfahren und Produkte ist nicht immer unumstritten.

Im Bereich Pharmazie und Medizin ist die Biotechnologie allerdings fest etabliert und anerkannt. Medikamente aus biotechnologischer Produktion erweitern heute ganz selbstverständlich die therapeutischen Möglichkeiten. Neue Heilverfahren, die sich aus den neuen Erkenntnissen der Biotechnologie ergeben, werden weltweit erprobt.

Verbesserte Diagnosen weisen den Weg zu einer individualisierten, auf den einzelnen Patienten zugeschnittenen Therapie. Beim Kampf gegen Krebs oder die Immunschwäche AIDS, Diabetes, Altersdemenzen oder die Creutzfeldt-Jakob-Krankheit erwarten Wissenschaft und Forschung, aber auch die Öffentlichkeit, Fortschritte mit Hilfe gentechnisch erzeugter Medikamente. Gleichzeitig stellt uns das neue Wissen vor neue Herausforderungen, mit denen wir besonnen umgehen müssen. Stichworte sind Gentests, Präimplantationsdiagnostik, Klonen, Keimbahntherapie oder Stammzellforschung.

Die Biotechnologie ist auch in Deutschland zum Arbeitsfeld einer wachsenden Zahl von innovativen Unternehmen geworden. Durch abgestimmte Existenzgründungs- und Forschungsprogramme ist es gelungen, die Gründung von kleinen und mittleren



Industrielle Fermentationsanlagen ermöglichen die biotechnologische Gewinnung von Enzymen oder Aminosäuren in großem Maßstab. In den Bioreaktoren werden Zellkulturen vermehrt, mit deren Hilfe bestimmte Proteine gewonnen werden können, die dann zum Beispiel in der Medizin Verwendung finden.

Biotech-Firmen erfolgreich zu stimulieren. Gemessen an der Anzahl der Unternehmen, zog Deutschland im Jahr 2000 knapp an Großbritannien – der führenden Biotech-Nation Europas – vorbei. Für den biotechnologischen Innovationsprozess ist die Bedeutung dieser Firmen erheblich. Durch ihre Nähe zur akademischen Forschung und wegen ihrer oft unkonventionellen, flexiblen Forschungsmethoden wirken diese Firmen als Ideenschmieden für neue Verfahren und Produkte. Weltweit wurden die zehn umsatzstärksten mit Hilfe gentechnischer Methoden hergestellte Medikamente von kleinen und mittleren Unternehmen entwickelt. Diese Produkte werden dann in aller Regel von großen Unternehmen übernommen, klinisch getestet und vermarktet; allerdings bisher weitgehend ohne deutsche Beteiligung. Mittlerweile sind in Deutschland 60 gentechnisch hergestellte Arzneimittel zugelassen. Darunter Humaninsulin, Wachstumshormone oder Impfstoffe gegen Hepatitis B und Keuchhusten. Nur fünf dieser Medikamente werden in Deutschland hergestellt, und nur ein Arzneimittel wurde vollständig in Deutschland entwickelt. Damit können wir uns als große Industrienation nicht zufrieden geben. Für eine nachhaltige, sich selbst tragende Entwicklung der medizinisch geprägten Biotech-Branche in Deutschland bedarf es daher – auch aus forschungspolitischer Sicht – weiterer erheblicher Anstrengungen.

Besonders heftige Auseinandersetzungen lösen die gentechnischen Anwendungen im Bereich Landwirtschaft und Ernährung aus, unter anderem wegen offener Fragen zu den Umweltwirkungen. Die Produkte erscheinen außerdem vielen angesichts des Überflusses in den westlichen Industrienationen als verzichtbar. Zudem haben sie keinen für den Verbraucher erkennbaren Nutzen. Dabei sind die möglichen Anwendungen der Biotechnologie in der Landwirtschaft zahlreich. Es wird objektiv zu prüfen sein, ob sich die Hoffnungen, die in neue Varietäten und Verfahren gesetzt werden, auch wirklich erfüllen. Durch die gentechnischen Methoden werden Pflanzen mit verbesserten Eigenschaften vorstellbar. Dazu gehören solche mit veränderten ernährungsphysiologisch relevanten Inhaltsstoffen, die die Ansprüche an eine verbesserte Ernährung erfüllen. Pflanzen als Produzenten von hochkomplexen Wirkstoffen für pharmazeutische oder andere Anwendungen könnten bisherige chemisch-technische Syntheseverfahren ersetzen und damit die Umwelt schonen.

Ein Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen wird langfristig nur auf der Basis eines gesellschaftlichen Konsenses möglich sein, der wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische und Verbraucherinteressen zur Deckung bringt.



2. Forschungspolitische Leitlinien

Mit der Förderung der Biotechnologie soll der hohe internationale Leistungsstandard in den Biowissenschaften auch für die kommenden Jahre gesichert werden. Es sollen Innovationsprozesse gefördert werden, die auf die Erhaltung und die Verbesserung der Gesundheit des Menschen, einen schonenden Umgang mit der Umwelt sowie die Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen abzielen. Eine leistungsfähige Grundlagenforschung, die Sicherung einer ausreichenden Expertise, der Einsatz innovativer Technologien zur Verbesserung von Produktionsverfahren und Dienstleistungen sowie die Umsteuerung industrieller Produktionsprozesse mit Hilfe biotechnologischer Verfahren sollen die notwendigen Voraussetzungen für eine nachhaltige Entwicklung schaffen.

Mit dem vorliegenden Programm wird der politische Rahmen für die Förderung der Biotechnologie in diesem Jahrzehnt abgesteckt. Die sich ableitenden Fördermaßnahmen werden in gesonderten Konzepten fortlaufend publiziert. Der programmatische Rahmen dieses Programms soll gewährleisten, dass die verschiedenen Fördermaßnahmen synergetisch miteinander verbunden werden. Die inhaltliche Verzahnung des vorliegenden Programms mit den Aktivitäten anderer Förderprogramme, insbesondere des Gesundheits- und Umweltforschungsprogramms der Bundesregierung, soll sicherstellen, dass die Forschungsergebnisse möglichst rasch in die Anwendung gelangen.

2.1 Investitionen für Forschung und Bildung erhöhen

Die Bundesregierung hat die Finanzmittel in der biowissenschaftlichen Projektförderung seit ihrem Amtsantritt signifikant erhöht. Im internationalen Vergleich ist Deutschland bei der Finanzierung der Genomforschung durch die öffentliche Hand hinter den USA an die zweite Stelle gerückt. In den Jahren 2001 bis 2003 werden – im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms der Bundesregierung – zusätzliche Mittel aus dem Verkauf der Telekommunikationslizenzen in Höhe von 350 Millionen DM für die Krankheitsbekämpfung durch Genomforschung bereitgestellt.

2.2 Wissenschaftlichen Nachwuchs qualifizieren

Wie in anderen dynamischen Wachstumsbereichen gibt es auch in der Biotechnologie einen Mangel an qualifiziertem Nachwuchs. Um hier Anreize zu setzen, muss das Interesse für die Biotechnologie schon in der Schule geweckt werden. In den gymnasialen Oberstufen ist Biologie das nachgefragteste Leistungsfach; diese Chance muss genutzt werden. Im gleichen Maße müssen auch Chemie, Physik und Mathematik wieder stärker gefördert werden. Die modernen Naturwissenschaften müssen lebendig und anwendungsbezogen behandelt werden. Die Schülerinnen und Schüler sollten Gelegenheit erhalten, durch den Besuch von Firmen und Instituten ein Verständnis für die Arbeit in den Biowissenschaften zu bekommen.

Das rasche Wachstum der Biotechnologie erfordert auch eine Flexibilisierung in der Hochschulausbildung. Die Einführung der Abschlüsse Bachelor of Science (B.Sc.) und Master of Science (M.Sc.) sind hierzu geeignete Wege. Dort, wo aktueller Bedarf besteht – so zur Zeit im Bereich der Bioinformatik –, muss das Lehrangebot durch kurzfristige Maßnahmen ergänzt werden. Mit dem BioFuture-Wettbewerb soll hoch qualifizierten Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern der Weg für eine wissenschaftliche Spitzenkarriere oder eine aussichtsreiche Unternehmensgründung geebnet werden.

2.3 Leistungsfähige Grundlagenforschung erhalten – Forschungslandschaft weiterentwickeln

Die Stärke und der Ideenreichtum der Basisdisziplinen ist die Voraussetzung für spätere Anwendungen. Molekularbiologische und molekulargenetische Methoden dringen immer tiefer in verschiedene Bereiche der „Life Sciences“ ein. Die zunehmende Bedeutung gentechnischer Methoden in der Medizin wird durch das Stichwort „molekulare Medizin“ gekennzeichnet. Im Rahmen dieser Entwicklungen genießt die deutsche Grundlagenforschung in der Biotechnologie international einen guten Ruf. Einzelne Forschungsinstitutionen rangieren bei der

weltweiten Auswertung von Publikationen weit vorn, und ausgewiesene Forscherpersönlichkeiten haben ein Höchstmaß an internationaler Anerkennung, bis hin zur Auszeichnung mit dem Nobelpreis, erlangt. Im internationalen Wettbewerb sind Deutschlands wissenschaftliche Spitzenleistungen ein wichtiger Standortvorteil. Die Bundesregierung misst der Förderung der Grundlagenforschung von daher einen großen Stellenwert bei.

Das Forschungssystem in Deutschland leidet unter Überreglementierung und zu komplizierten Entscheidungsprozessen. Die Hochschulen und außerhochschulischen Forschungseinrichtungen sollen daher weiter von bürokratischen Vorgaben entlastet und ihre Eigenverantwortung soll gestärkt werden.

2.4 Projektförderung stärken

Mit dem Instrument der Projektförderung kann schnell und flexibel auf neue Herausforderungen reagiert werden. Gleichzeitig können verkrustete Strukturen aufgebrochen werden. Durch die Projektförderung kann die Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in besonderer Weise initiiert werden. Der Wettbewerbscharakter der Projektförderung fördert gleichermaßen Ideenreichtum und Qualität. Innerhalb der Forschungsförderung wird die Projektförderung daher weiter an Gewicht gewinnen. Dabei kommt strategisch angelegten Leitprojekten, wie dem „Nationalen Genomforschungsnetz“, eine herausgehobene Bedeutung zu.

2.5 Interdisziplinarität fördern

Innovationen spielen sich oft an den Grenzgebieten der wissenschaftlichen Disziplinen ab. Typisch ist heute auch die inter- und transdisziplinäre Durchdringung der einzelnen Fachgebiete. Biologie und Medizin, Chemie und Physik, Materialwissenschaften und Informatik wachsen zusammen. Ein wesentlicher Beitrag zu dieser Veränderung kommt aus der Apparateentwicklung. Von bildgebenden, mikroskopischen Verfahren über die Strukturaufklärung biologischer Makromoleküle bis hin zu ihrer Auftrennung, Reinigung und Analyse hat es in jüngster Zeit technologische Durchbrüche gegeben, die noch vor wenigen Jahren kaum vorstellbar erschienen. Diese interdisziplinären Forschungs- und Entwicklungslinien sollen durch innovative FuE-Programme flankiert werden.

2.6 Von der Natur lernen

Die Natur hat Prinzipien entwickelt, die sich in einer sanften Technologie anwenden lassen. Dabei wird häufig die Strategie verfolgt, so viel wie möglich mit so wenig wie nötig zu erreichen. Sie hat vorgezeigt, wie man mit knappen und knapper werdenden Ressourcen umgeht und wie nachhaltig gewirtschaftet werden kann. Die Natur hat hier zahlreiche Lösungen parat. Die Förderung innovativer Technologien zur Schaffung ressourcenschonender, nachhaltiger Produktionsprozesse soll daher hohe Priorität erhalten.

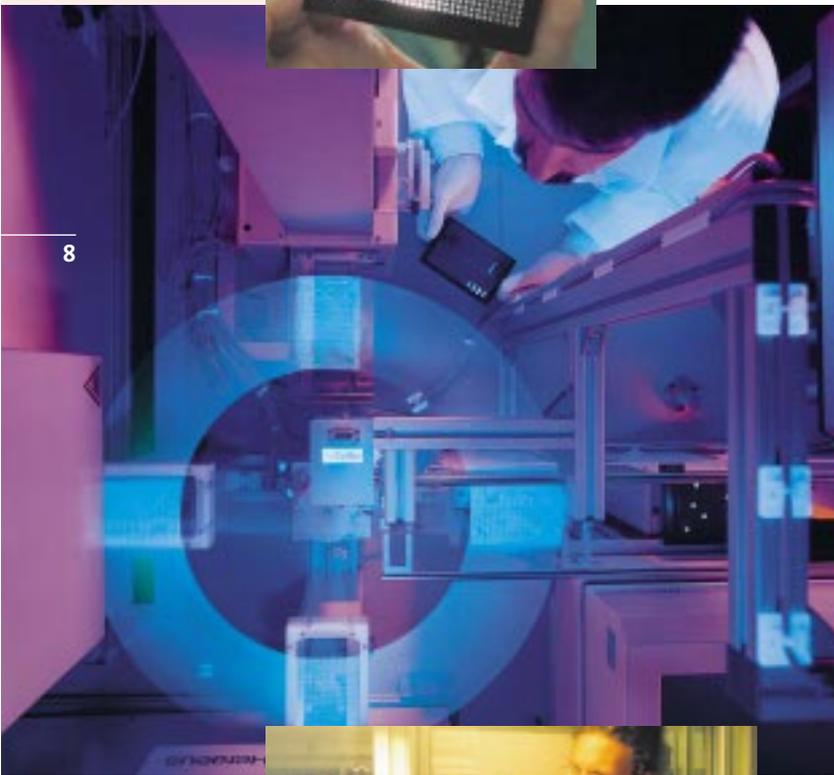


Die gezielte Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Entwicklung der Forschung in Deutschland.

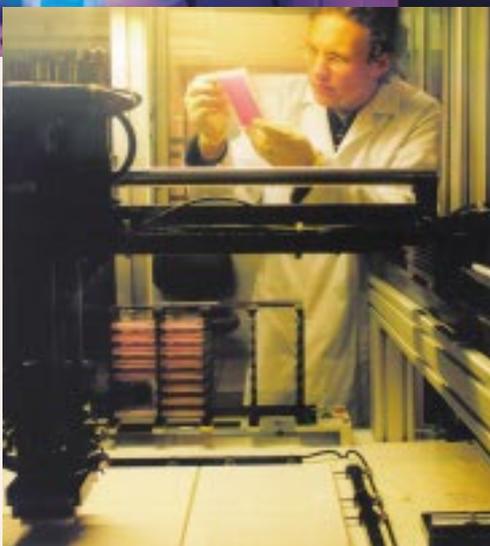
Mit Hilfe von voll-automatisierten Testmaschinen werden neue Standards bei der Suche nach pharmazeutischen Wirkstoffen erzielt. Durch so genannte „High-Throughput Screening“- (HTS-) Verfahren können täglich über 100.000 Substanzen getestet werden (Mitte). Die obere Abbildung zeigt eine Mikrotiterplatte, die mit 1536 Wirkstoffproben bestückt werden kann.



8



Ein Labormitarbeiter kontrolliert einen Roboter zur Herstellung von DNA-Filtern



2.7 Chancen der Globalisierung nutzen

Die Globalisierung der Märkte mit einer spürbaren Verschärfung des internationalen Wettbewerbs ist die größte Herausforderung für unsere Wirtschaft zu Beginn des 21. Jahrhunderts. Ein immer größer werdender Teil der globalen Produktion wird auf dem Weltmarkt gehandelt. Dies gilt im besonderen Maße für den Pharma-, Chemie- und den Agrarsektor. Multinationale Unternehmen sind bestrebt, an allen regionalen Märkten der Welt durch eigene Produktionsstätten vertreten zu sein und ihre Forschung weltweit zu organisieren. Globalisierung bedeutet aber auch: neue Chancen, neue Märkte, neue Produkte durch Förderung von Wettbewerb und internationaler Arbeitsteilung. Es wird deshalb in den nächsten Jahren weiterhin darauf ankommen, in Deutschland Bedingungen zu sichern und auszubauen, die ausländische Investitionen in Forschung, Entwicklung und Produktion wieder attraktiver werden lassen.

2.8 Unternehmensgründungen stimulieren – gemeinsam für Innovationen und Arbeitsplätze

Kleine und mittlere Unternehmen bilden den innovativen Kern der deutschen Biotech-Branche. Sie selbst schaffen nur einige Tausend hoch qualifizierte Arbeitsplätze, sie bilden aber den Anfang einer Wertschöpfungskette, die sich über die gesamte Life-Sciences-Industrie sowie ihre Zulieferer erstreckt und in deren Verlauf viele weitere Arbeitsplätze geschaffen werden. Der Stimulation von forschungsintensiven Unternehmensgründungen räumt die Bundesregierung mit einer Palette von Programmen daher einen hohen Rang ein. Kennzeichnend für die Biotechnologie – ebenso wie für viele andere moderne Wirtschaftszweige – ist, dass der zeitliche Abstand zwischen Grundlagenforschung und Umsetzung in neue Produkte und Verfahren immer kürzer geworden ist. Damit kommt der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft eine wachsende Bedeutung zu, der durch entsprechende Förderprogramme Rechnung getragen wird.

2.9 Internationalisierung vertiefen

Forschen und Lehren über die nationalen Grenzen hinaus wird international eine Selbstverständlichkeit. Deutschland hat hier noch Nachholbedarf. Es muss gelingen, mehr ausländische Forscherinnen und Forscher für die Wissenschaft in Deutschland zu

begeistern. Hierfür bedarf es neuer und attraktiver Angebote. Das gemeinsam mit dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) durchgeführte „Sonderprogramm Biowissenschaften“ weist in diese Richtung. Mit der internationalen Zusammenarbeit werden wichtige Grundlagen für die Erschließung neuer Märkte, aber auch für die Vertiefung der internationalen Verständigung gelegt. Deutschland muss als aktiver Partner an der Entwicklung eines europäischen Hochschul- und Forschungsraums teilnehmen. Die Biotechnologie ist auch zu einem wichtigen Feld der Zusammenarbeit mit Ländern der Dritten Welt geworden.

2.10 Rahmenbedingungen verbessern

Die zukunftsfähige Fortentwicklung der Biowissenschaften erfordert es, in die konzeptionellen Überlegungen der Programmgestaltung auch die Rahmenbedingungen mit einzubeziehen und diese als integrativen Bestandteil der Forschungspolitik zu betrachten. Solche Rahmenbedingungen müssen die Sicherheit von Mensch und Umwelt im Umgang mit neuen agrar- und biotechnologischen Anwendungen gewährleisten und klare ethische Grenzen für die biomedizinische Forschung aufzeigen.

Mit dem Fortschreiten der europäischen Einigung gewinnt die europäische Rahmengesetzgebung der Bio- und Gentechnik zunehmend an Bedeutung. Die einzelnen Länder sind gehalten, ihre nationalen Gesetze den Vorgaben der EU anzupassen. Insgesamt aber muss es zu einer Entbürokratisierung des EU-Gentechnikrechts kommen, ohne das bestehende hohe Schutzniveau für Mensch und Umwelt anzutasten.

2.11 Wissenschaft im Dialog – Chancen bewerten und vermitteln

Technischer Fortschritt ist kein Selbstzweck. Er muss den Menschen dienen. Deshalb müssen die Menschen an seinem Nutzen teilhaben. Der naturwissenschaftliche Erkenntnisfortschritt in den Biowissenschaften wirft eine Reihe von Fragen auf, die weit über die rein naturwissenschaftlichen Zusammenhänge hinausreichen und dabei ethische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte berühren. Entgegen landläufigen Vorurteilen gibt es in den letzten

Jahren in Deutschland keine wachsende Technikfeindlichkeit. Allerdings dürfen weitreichende Anwendungen in der Gentechnik nicht gegen die breite Mehrheit der Verbraucherinnen und Verbraucher durchgesetzt werden. Der Diskurs mit der Öffentlichkeit trägt daher grundlegend zu einer sachgerechten Entscheidungsfindung in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft bei. Die Biotechnologie wird vor allem in jenen Bereichen positiv eingeschätzt, wo ein tatsächlicher Nutzen – z.B. für die Gesundheit und die Umwelt – unmittelbar ersichtlich und die Wahlfreiheit der Verbraucherinnen und Verbraucher sichergestellt ist. Deshalb ist die Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit gentechnisch veränderter Produkte eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass die Verbraucher eine freie und bewusste Wahl eines Produktes vornehmen können.

Das vorliegende Rahmenprogramm wird in begleitende Aktivitäten zur Aufarbeitung der ethischen, sozialen, ökologischen und rechtlichen Folgen der Biotechnologie eingebunden werden. Ihre Ergebnisse können hilfreich sein, mögliche Chancen und Risiken frühzeitig zu bewerten und rechtzeitig auf neue Entwicklungen technologischer, wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Art reagieren zu können.



Mit Hilfe von geeignetem Informationsmaterial kann das Interesse und das Verständnis für die Biotechnologie in der Öffentlichkeit geweckt werden. Die neue BMBF-Broschüre „Biotechnologie – Basis für Innovationen“ gibt einen aktuellen Überblick über die verschiedenen Anwendungsgebiete der Biotechnologie.



Das „Science-live-Mobil“ leistet einen Beitrag zur Förderung der Diskussion über Gentechnik zwischen Wissenschaft, Politik und der Öffentlichkeit. Neben einem komplett ausgestatteten Genlabor, einer Postershow und zahlreichen Ausstellungsexponaten kann der interessierte Besucher aktiv Anwendungsbeispiele aus dem Bereich der Biotechnologie kennen lernen.

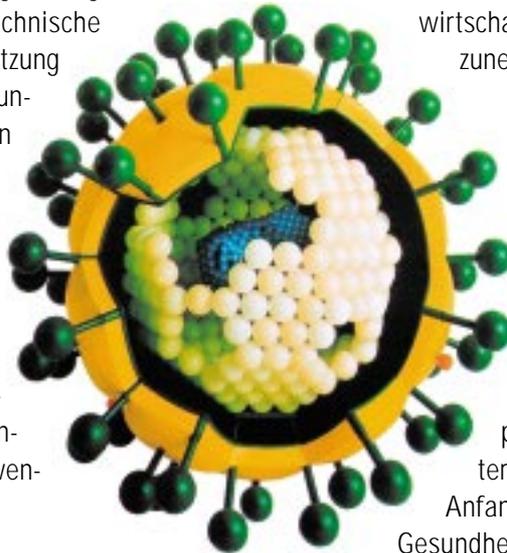


Keine Berührungsängste: Bundesministerin Bulmahn setzt sich für den Dialog mit der Öffentlichkeit ein, hier im Labor des „Science-live-Mobils“.

3. Biotechnologie als Motor für Innovationen in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft

Neben den Informationswissenschaften haben sich die Biowissenschaften zu einem der am schnellsten wachsenden und wichtigsten Innovationsfelder entwickelt. Sie ausschließlich auf ihre technische Anwendung („Biotechnik“) reduzieren zu wollen würde einer heute gebotenen, ganzheitlichen Betrachtungsweise nicht mehr gerecht. Vielmehr gehören die Erforschung biologischer Systeme und deren technische Nutzung bzw. deren Umsetzung in technische Prozesse untrennbar zusammen. Wenn aus Praktikabilitätsgründen in diesem Programm dennoch von „Biotechnologie“ die Rede ist, ist darunter immer der verbindende interdisziplinäre Ansatz von Erkenntnissen aus der Grundlagenforschung und ihrer Anwendung gemeint.

Schematische Darstellung des HI-Virus, das die menschliche Immun-erkrankung AIDS verursacht.



3.1 Begriffsdefinition

Die Definition des Begriffs „Biotechnologie“ hat im Laufe der Zeit immer mehr an Schärfe verloren. Von der Europäischen Föderation Biotechnologie (EFB) wurde noch Ende der 70er Jahre eine allgemein akzeptierte Definition gegeben, die die Biotechnologie als rein anwendungsorientiert beschrieb. Sicherlich ist und bleibt die Biotechnologie anwendungsorientiert, aber sie hat sich auch in viele neue, forschungsorientierte Felder hinein entwickelt. Diesen vielen unterschiedlichen Facetten der Biotechnologie kann man nur mit einer breiteren Definition gerecht werden. Ganz allgemein lässt sie sich beschreiben als den Umgang mit biologischen Systemen und biologischer Information in Forschung und Anwendung. Heute wird vielfach die 1989 von der OECD eingeführte Definition verwendet, die drei Bereiche, klassische Biotechnologie, moderne Biotechnologie und molekulare Biotechnologie/Gen-technik, unterscheidet.

3.2 Biotechnologie als Motor für Innovationen

Die Biotechnologie weist die typischen Merkmale einer strategischen Schlüsseltechnologie auf. Sie ist die entscheidende Basis für Innovationen in weiten Teilen der pharmazeutischen Industrie und der Medizin. Auch die chemische Industrie, die Landwirtschaft und der Umweltsektor werden zunehmend von ihr profitieren.

Durch die in den 70er Jahren eingeführten gentechnischen Methoden und Zellkulturtechniken für höhere Organismen hat die klassische Biotechnologie eine dramatische Erweiterung ihrer Möglichkeiten erfahren und ein großes zusätzliches Innovationspotenzial erhalten. Ein signifikanter Teil dieses Potenzials ist am Anfang des 21. Jahrhunderts im Sektor Gesundheit (neue Therapeutika und Diagnostika) bereits realisiert. In anderen Bereichen (Ernährung, Umwelt, Rohstoffversorgung oder Spezialitätenchemie) befindet sich die praktische Umsetzung der neuen Erkenntnisse erst in einer Anlaufphase. Durch gezielte genetische Eingriffe können in Produktionsorganismen nützliche Stoffwechseleigenschaften verstärkt (amplifiziert), optimiert (zielgerichtet verändert) oder über die Artenschranken hinweg aus einem anderen Organismus neu eingeführt werden (transgene Organismen). Dadurch kann die Produktivität klassischer mikrobieller Prozesse erheblich verbessert werden. In Zukunft werden innovative und nachhaltige Problemlösungen und Produktionsweisen immer mehr auch durch die kreative Vernetzung von Technologiefeldern entstehen. Beispiele solcher Technologiefusionen unter Beteiligung der Biotechnologie sind die Bioelektronik, die Nanobiotechnologie und die Neuroinformatik.

Aspekte der Forschung und der Nutzung sind in der Biotechnologie eng miteinander verbunden. Die unmittelbare Nachbarschaft von erkenntnisorientierter Forschung und technischer Anwendung ist geradezu ein Charakteristikum der Biotechnologie.

Beispielsweise eröffnen neue Erkenntnisse über zelluläre Abläufe und Regulationen schnell auch Möglichkeiten für pharmazeutische und medizinische Anwendungen. So hat die wissenschaftliche Beschreibung neuer Wachstumsfaktoren direkt zur Einführung neuer, umsatzstarker Therapeutika geführt. Die synthetische Neukombination von DNA ist einerseits wertvolles Hilfsmittel für die Analyse zellulärer Funktionen und ermöglicht andererseits technische Anwendungen, z.B. bei der industriellen Produktion von Proteinen. Die Verfügbarkeit monoklonaler Antikörper bringt unschätzbare Vorteile für die Reinigung und Beschreibung sonst kaum zugänglicher, zellulärer und anderer Komponenten, ist darüber hinaus aber auch Ausgangspunkt für neue Diagnostika und Therapeutika. Biotechnologische Methoden sind heute unverzichtbare Bestandteile der Grundlagenforschung geworden und gleichzeitig Ausgangspunkt zahlreicher Anwendungen im Pharma-, Landwirtschafts- und Umweltbereich.

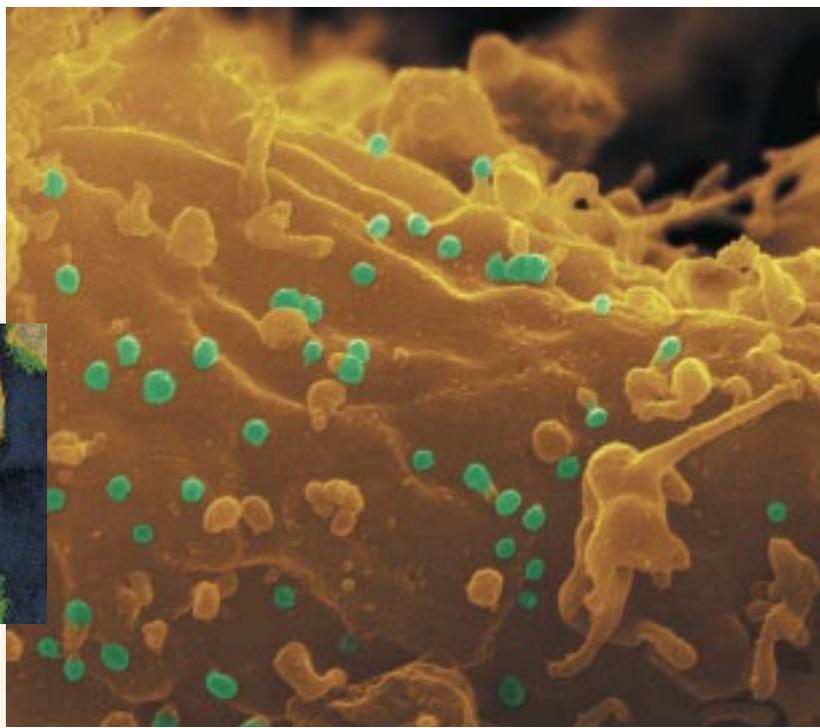
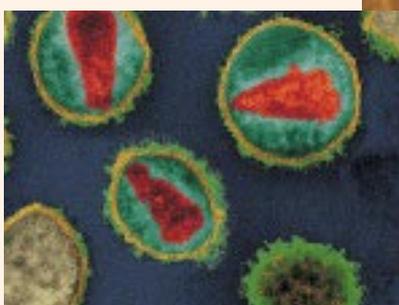
Nach der DELPHI-Umfrage aus dem Jahr 1998 werden biotechnologische Methoden bis zum Jahr 2020 an etwa der Hälfte der 30 wichtigsten Innovationen beteiligt sein. Davon werden neben dem Pharmabereich und der Medizin vor allem auch die Landwirtschaft und der Umweltsektor profitieren. Aber auch in Branchen wie der Materialforschung oder der Energie- und Informationstechnik werden biotechnologische Methoden gravierende wirtschaftliche Entwicklungen entfalten.

Chancen liegen aber nicht nur in den neuen biotechnologischen Produkten und Verfahren selbst, sondern im frühzeitigen Erkennen sich neu bildender Strukturen und der rechtzeitigen Ausrichtung auf sie. Hier kommt den jungen und agilen Biotechnologie-Unternehmen eine besondere Bedeutung zu. Die moderne

Biotechnologie hat bereits eine neue Generation von Unternehmerinnen und Unternehmern hervor gebracht. Diese übernehmen teilweise Funktionen, die bislang in multinationalen Konzernen beheimatet waren. Darüber hinaus entwickeln sich diese Firmen aber auch zu Anbietern eigener Produkte und Dienstleistungen und etablieren damit eine moderne Industriekultur.

3.3 Anwendungsfelder

In der Pharmaindustrie ist die Biotechnologie die treibende Innovationskraft geworden. Erforschung, Entwicklung und Produktion von Medikamenten ohne biotechnologische Methoden ist heute kaum noch vorstellbar. Unter anderem helfen sie, Angriffspunkte für potenzielle Wirkstoffe zu entdecken und schwer therapierbare Krankheiten einer medikamentösen Behandlung zugänglich zu machen. Durch die Ergebnisse der Genomforschung sind die Hoffnungen gestiegen, effektivere Therapien gegen Krebs, die Parkinson-Krankheit und die Alzheimer-Krankheit verfügbar zu machen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass zahlreiche Infektionskrankheiten mit dem Einsatz neuer DNA-Impfstoffe beherrschbarer werden. Auch AIDS könnte künftig wirkungsvoller therapiert werden. Kenntnisse über Gene, die wesentlich zu einer Erkrankung beitragen, könnten eine bessere Prävention ermöglichen und den Weg zu einer individualisierten Therapie ebnen. Die Entschlüsselung der molekularen Ursachen des Bluthochdrucks und der Arteriosklerose können ebenfalls wesentlich zu neuen Therapien beitragen.



Die mikroskopischen Aufnahmen zeigen HIV-Partikel (rechts auf der Lymphozytenoberfläche; Vergr. 15.000x, links Viruspartikel Vergr. 240.000x). Weltweit arbeiten Forscher an der Entwicklung eines wirksamen Impfstoffes gegen das tödliche Virus, mit dem laut Angaben der WHO inzwischen etwa 34 Millionen Menschen infiziert sind. Bisher können AIDS-Kranke lediglich auf einige Medikamente zurückgreifen, die den Ausbruch der Krankheit verzögern bzw. deren Symptome mildern.

Durch die Ergebnisse der Genomforschung ist die Hoffnung gestiegen, die Lücke zwischen diagnostischen Möglichkeiten und Therapie weiter zu schließen. Mittels der Gentherapie könnte es ermöglicht werden, das Krankheitsgeschehen an seinen Wurzeln zu korrigieren. Neuartige Therapieverfahren ermöglicht die Biotechnologie auch beim Gewebe- und Organersatz („Tissue Engineering“). Kultivierte Hautzellen zur Behandlung von Verbrennungsopfen oder biologischer Knochen- und Knorpelersatz sind erste Beispiele für Ansätze zur Regeneration von Organen. All diese Möglichkeiten können beitragen, vorsorgende Maßnahmen auszubauen.

Stark umstritten ist derzeit die Anwendung der Gentechnik im Bereich der Landwirtschaft. Angesichts der überreichlichen Versorgung der Industrieländer mit Nahrungsmitteln erscheint vielen die Einführung der Gentechnologie in diesen Sektor als unnötig. Weder der Wissenschaft noch der Industrie ist es bisher gelungen, Vorteile der neuen Produktionsverfahren und Produkte für die breite Bevölkerung erfahrbar und nachvollziehbar zu machen. Mehr noch bei den Konsumenten überwiegen Vorbehalte und Ängste. Die Biowissenschaften in ihrer Gesamtheit eröffnen aber die Möglichkeit, Landwirtschaft umweltschonender und nachhaltiger zu gestalten. Das schließt sowohl die Etablierung standortgerechter Verfahren als auch die Verbesserung von Qualität und Ausbeute landwirtschaftlicher Produkte ein. So könnte gesundheitlichen Risiken und Problemen durch verbesserte Lebensmittel vorgebeugt und die Lebensqualität erhöht werden. Von Bedeutung ist dies auch im Hinblick auf die weltweite Ernährungssicherung. Zweifellos sind viele Faktoren verantwortlich für den Hunger und die Unterernährung von rund 800 Millionen Menschen auf der Erde. Nach derzeitigem Kenntnisstand muss die Nahrungsmittelproduktion bis zum Jahr

2030 bis zu 75% wachsen, wenn die Erdbevölkerung von dann etwa 8 Milliarden Menschen ausreichend ernährt werden soll.

Forschungsaktivitäten zielen darauf ab, durch neue Entwicklungen, wie transgene Pflanzen mit eingebauten Krankheits- oder Stressresistenzen und der Züchtung von dürre- oder salztoleranten Pflanzen, in der Zukunft einen Beitrag zu einer nachhaltigen Landwirtschaft und zu einer ausreichenden Nahrungsmittelproduktion zu liefern. Die Vorstellungen gehen auch dahin, in der Zukunft durch verbesserte Lebensmittel gesundheitlichen Problemen vorzubeugen („Functional Food“), aber auch Mangelkrankheiten zu lindern bzw. zu vermeiden. In entsprechenden anderen Forschungsprogrammen wird untersucht, inwieweit hier zur Anwendung der Gentechnologie in der Landwirtschaft alternative Verfahren besser oder auf andere Weise zu Problemlösungen beitragen. Das BMBF fördert zum Beispiel im Rahmen seiner Umweltforschung den Schwerpunkt „Integrierter Umweltschutz in der Land- und Forstwirtschaft“; das BMVEL unterstützt Forschungsvorhaben zum ökologischen Landbau im Rahmen seiner Projekt- und institutionellen Förderung.

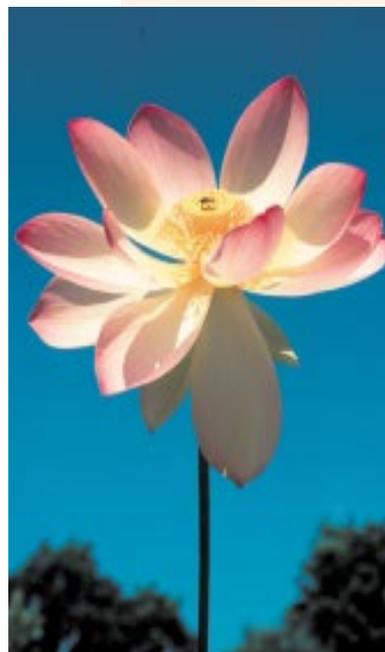
Um die wachsende Weltbevölkerung ausreichend mit Nahrungsmitteln zu versorgen, versuchen Agrarbiotechnologen mit Hilfe von gentechnischen Verfahren landwirtschaftliche Nutzpflanzen herzustellen, die im Hinblick auf Qualität (z.B. Insektenresistenz bei Maispflanzen), Ertrag und Nährstoffgehalt (z.B. Vitamin-A-Reis) Vorteile gegenüber den herkömmlichen Sorten aufweisen.



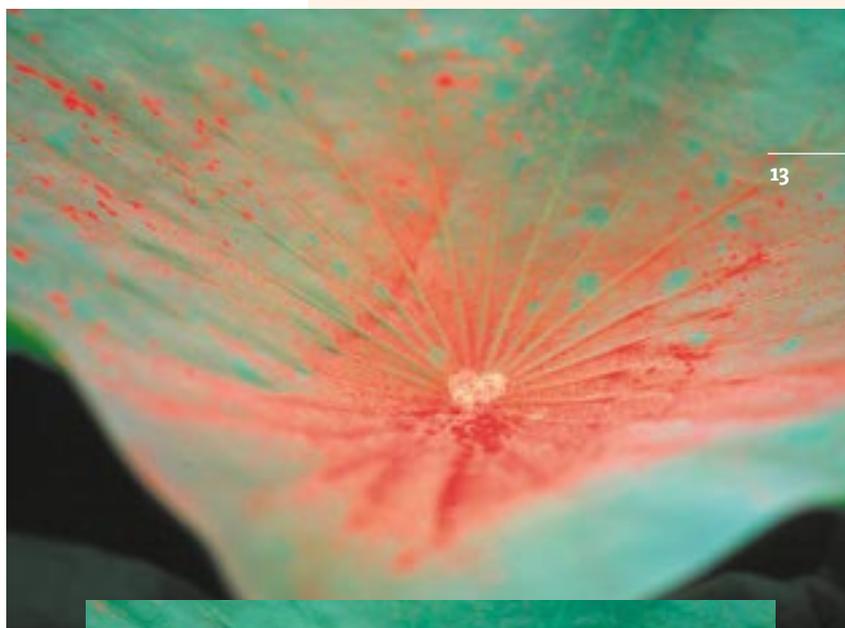
In der industriellen Produktion kann die moderne Biotechnologie ebenfalls neue Perspektiven für eine umweltgerechte, ressourcenschonende Wirtschaftsweise ermöglichen. Die Ergebnisse der Genomforschung und ein besseres Verständnis des zellulären Metabolismus erlauben es, Stoffwechselwege gezielt zu modellieren und die Produktmenge entsprechend zu erhöhen. Die Übertragung schonender, von der Natur entwickelter Lösungsansätze auf technische Problemstellungen könnte dazu beitragen, das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung („Sustainable Development“) in ganz unterschiedlichen Industriezweigen zu verwirklichen. Sie kann auch zu neuen technischen Konzepten führen, z. B. zur Herstellung selbstreinigender Oberflächen („Lotusblatt-Effekt“). Bei der Herstellung und Verwendung neuer Materialien wird die Biotechnologie zahlreiche neue Anwendungspotenziale erschließen. Gerade an der Schnittstelle zur hoch entwickelten deutschen Ingenieurtechnik liegen für die Biotechnologie Potenziale, die über die bereits realisierten Entwicklungen noch weit hinausgehen. So werden sich im Bereich der Mikrosystemtechnik und der Nanotechnologie viele gemeinsame Ansätze realisieren lassen.

3.4 Markt- und Beschäftigungspotenziale

Die Biotechnologie birgt enorme Wachstums- und Beschäftigungspotenziale. Die Ergebnisse des europäischen Biotechnologie Reports von Ernst & Young (2000) belegen, dass Deutschland seine Position in Europa gefestigt hat. Von den derzeit rund 1300 kleinen und mittleren Biotech-Unternehmen in Europa sind 279 in Deutschland ansässig. Im europäischen Vergleich weist Deutschland 1999 damit erneut die meisten Neugründungen auf. Das bedeutet ein deutliches Wachstum gegenüber dem Vorjahr. Während der Zuwachs an Biotechnologie-Unternehmen im europäischen Durchschnitt bei 15% liegt, beträgt er in Deutschland inzwischen 25%. Die Zahl der Beschäftigten in diesem wichtigen Querschnittsbereich ist in Deutschland um 40% auf mehr als 8.000 gestiegen. Dieses Wachstum wird sich fortsetzen, denn fast 80% der Unternehmen setzen weiterhin auf Expansion.



Mikroskopische Untersuchungen von Lotusblättern haben zur Entdeckung von Oberflächenstrukturen geführt, die, wie unten dargestellt, für die schmutzabweisenden Eigenschaften verantwortlich sind. Erkenntnisse aus dem Bereich der Nanobiotechnologie ermöglichen heute die synthetische Herstellung solcher Strukturen. Selbstreinigende Oberflächen sind im Gebäudebau, bei der Fahrzeugherstellung oder in der Textil- und Verpackungsindustrie von Bedeutung.



13

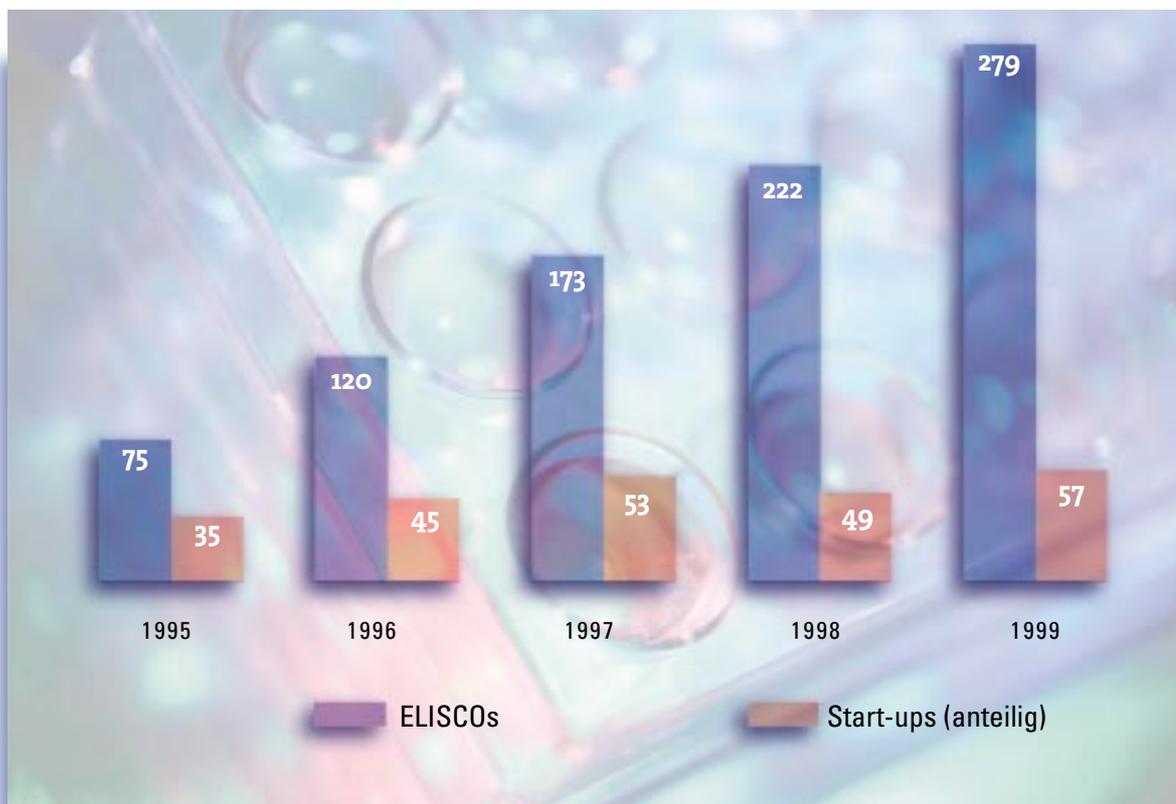


Die Umsätze der Branche lagen in den USA im Jahr 1998 gegenüber dem Vorjahr bei 18,6 Mrd. US-\$ (+16%). Die Zahlen für Europa belaufen sich (1999) auf einen Umsatz von 5,4 Mrd. Euro (+45%). Davon entfallen 1,5 Mrd. Euro auf Deutschland. Die Gesamtzahl der Firmen war in den USA im Zeitraum von 1994-1998 mit rund 1.300 nahezu konstant, während in Europa ein Zuwachs auf jetzt 1.351 Firmen zu verzeichnen ist (1999). Bei börsennotierten Unternehmen legten die USA von 260 auf 327 zu, in Europa stieg ihre Zahl von 22 auf 68 (1994-1998). Die Zahl der Beschäftigten ist in den letzten fünf Jahren in Europa um weit mehr als 100% gestiegen. Es bleibt abzuwarten, wie sich die in den letzten Jahren neu entstandenen Unternehmen, die bei ihrer Gründung auf günstige staatliche Fördermaßnahmen zurückgreifen konnten, dauerhaft auf dem Markt behaupten werden. Es wird jedoch angenommen, dass das dynamische Wachstum auch in den

nächsten Jahren anhalten wird, zumal die zitierte Statistik nur den „Kernbereich“ der modernen Biotechnologie – also kleine und mittelständische Unternehmen, deren Hauptgeschäftszweck die Kommerzialisierung der Biotechnologie ist – erfasst.

Auch wenn die absoluten Beschäftigungszahlen in Deutschland noch gering sind, so dokumentieren die hohen prozentualen Zuwächse doch eine bemerkenswerte Dynamik. Die flexiblen Neugründungen entwickeln sich dabei mit ihren Entwicklungen und Patenten immer mehr zum „Gehirn“ der Life-Science-Industrie und sichern so zahlreiche Arbeitsplätze bei den großen Pharma- und Chemieunternehmen und in deren Umfeld.

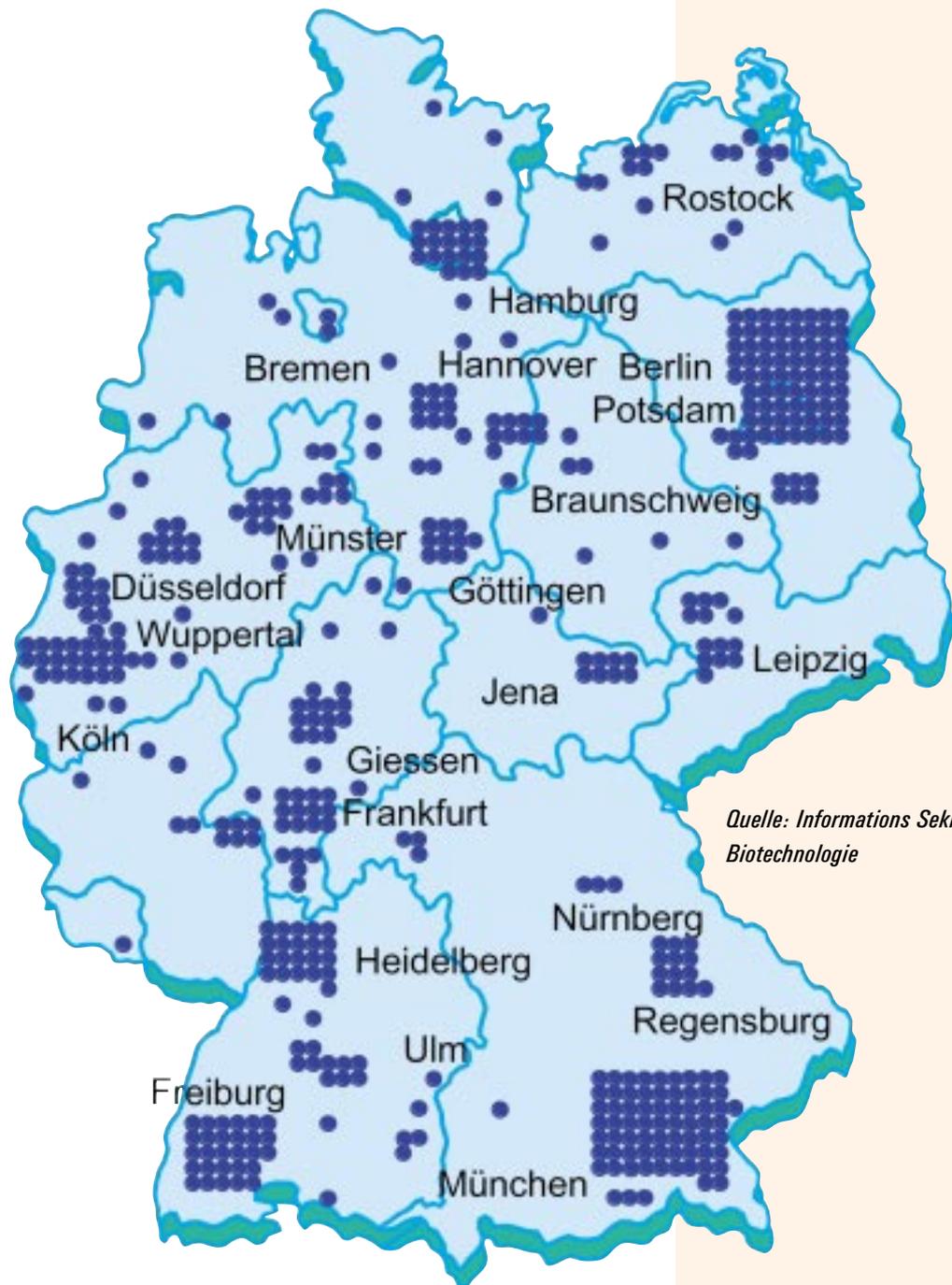
Anzahl der Biotechnologie-Unternehmen in Deutschland



Quelle: Ernst & Young 1996-2000

ELISCOs (Entrepreneurial Life Sciences Companies): Firmen, die mit Hilfe der modernen Biotechnologie Verfahren, Produkte oder Dienstleistungen anbieten, die in den Bereichen Gesundheit, Landwirtschaft, Lebensmittelherstellung, Grundstoffproduktion oder Umweltschutz eingesetzt werden können.

Geographische Verteilung der Biotechnologie-Unternehmen in Deutschland



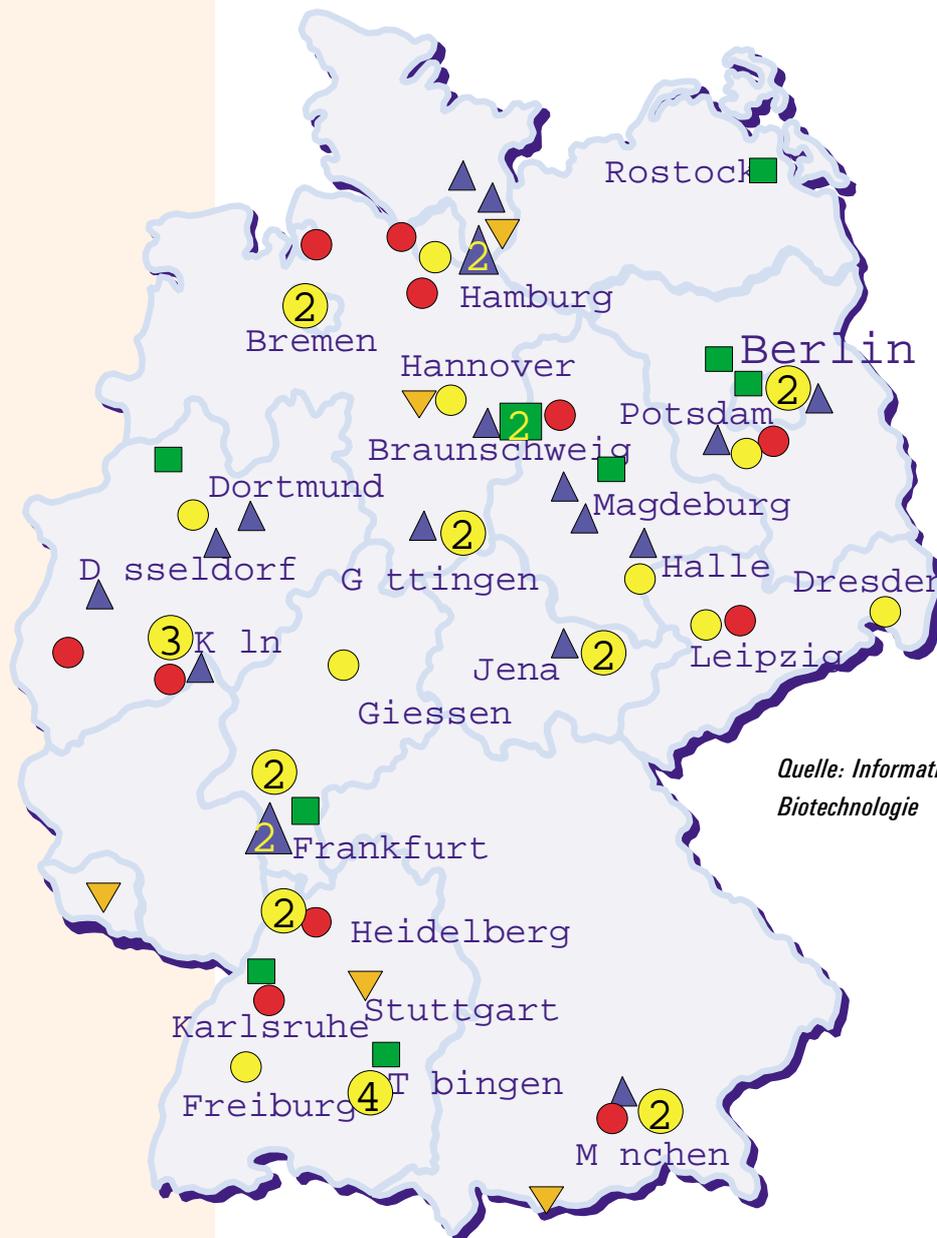
15

Ein Punkt repräsentiert jeweils ein Biotechnologie-Unternehmen.

Das Volumen des globalen Pharmamarktes betrug im Jahr 1998 307 Mrd. US-\$ und wird für das Jahr 2002 auf 406 Mrd. US-\$ geschätzt. Da dann mehr als die Hälfte aller pharmazeutischen Wirkstoffe auf gentechnischer Basis entstehen werden – der amerikanische Pharmaverband gibt an, dass sich in den

USA rund 350 biotechnologische Therapeutika in unterschiedlichen Stadien der klinischen Entwicklung oder Zulassung befinden –, bedeutet dies geschätzt einen weltweiten Umsatz in Höhe von rund 200 Mrd. US-\$ – mit entsprechend positiven Auswirkungen auf hoch qualifizierte Arbeitsplätze.

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen im Bereich der Lebenswissenschaften in Deutschland



Quelle: Informations Sekretariat
Biotechnologie

Die Zahlen beziehen sich auf die Anzahl der Institute der entsprechenden Forschungseinrichtung.

- Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutsch Forschungszentren (HGF)
- ▲ Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL)
- Max-Planck-Gesellschaft
- Bundesforschungsanstalten
- ▼ Fraunhofer Gesellschaft

4. Deutschlands Stellung, Stärken und Potenzial vor dem Hintergrund internationaler Entwicklung

4.1 Nationale Schwerpunkte

Die deutsche biowissenschaftliche Forschung deckt das gesamte Spektrum traditioneller und moderner Disziplinen und Technologien ab. Mit über 30.000 Beschäftigten, darunter mehr als 13.000 Wissenschaftlern, allein im öffentlichen Bereich können die Biowissenschaften auf ein umfangreiches Potenzial an Expertise zurückgreifen. Zusammen mit der universitären Forschung, die in über 250 Instituten mit breitem Ansatz durchgeführt wird, bilden die rund 80 außeruniversitären Forschungsinstitutionen der Max-Planck-Gesellschaft, der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz, der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren und der Fraunhofer Gesellschaft sowie die relevanten Bundes- und Landesforschungseinrichtungen die institutionelle Basis der deutschen Biowissenschaften.

Der Strukturwandel in der öffentlich geförderten Forschung hat in den Biowissenschaften in den vergangenen Jahren zu einem tief greifenden Modernisierungsprozess geführt, der zwar schon weit fortgeschritten ist, der aber durchaus noch nicht abgeschlossen ist. Im universitären und außeruniversitären Bereich ist nach der Wiedervereinigung durch Institutsgründungen in den neuen Bundesländern und durch Neuformulierung der wissenschaftlichen Zielstellungen in den bestehenden Institutionen der alten Bundesländer eine international konkurrenzfähige Infrastruktur in der Grundlagen- und der anwendungsorientierten Forschung erreicht worden. Breite und Differenziertheit des Kompetenz- und Programmangebots der außeruniversitären Forschungslandschaft sind, auch im internationalen Vergleich, ein Vorteil für die deutsche Biotechnologie. Schwerpunktbildungen in der Molekularbiologie, wie sie zum Beispiel in Gestalt der Genzentren erfolgt sind, haben, unterstützt durch eine gezielte Projektförderung, zu einer Konzentration wissenschaftlicher Expertise geführt, die eine unentbehrliche Grundlage für die Kommerzialisierung ist. Der erfolgreiche und international hoch beachtete Bio-Regio-Wettbewerb hat deutlich gezeigt: Dort, wo in der Vergangenheit intensiv in die Grundlagenforschung investiert wurde, sind heute die Zentren der innovativen Biotechnologie-Industrie entstanden.

Als Nachteil für die deutsche Forschungslandschaft wirkt sich die erhebliche Fragmentierung aus, die zu einer gewissen Intransparenz führt. Die Forschung bedarf regionaler Schwerpunktbildung, um kritische Massen zu schaffen, die den Anforderungen an Interdisziplinarität, leistungsfähiger Infrastruktur und Forschungstiefe für den internationalen Wettbewerb genügen. Dies macht bei begrenzten Budgets gegebenenfalls eine Prioritätensetzung erforderlich. Internationale Spitzenforschung setzt da, wo regionale Schwerpunktbildung nicht möglich ist, eine thematische Vernetzung voraus. Hierfür sind Verbundstrukturen erforderlich, die ansatzweise zwar vorhanden sind, die aber weiter ausgebaut werden können.

Die institutionelle Förderung bietet bisher noch nicht ausreichend Wettbewerbsanreize zwischen den einzelnen Forschungseinrichtungen. Dies hat dazu geführt, dass die institutionelle Förderung „fortgeschrieben“ worden ist, insbesondere unter dem Druck des hohen Anteils fixer Kosten. Damit ist die institutionelle Förderung in ihrer Flexibilität eingeschränkt und bedarf neuer Strukturen für den Wettbewerb.

4.1.1 Grundlagenforschung

Traditionelle Stärken in der Grundlagenforschung hat Deutschland besonders auf Gebieten wie zum Beispiel der Zellbiologie, den Neurowissenschaften oder der Entwicklungsbiologie vorzuweisen. Der durch den späten Einstieg Deutschlands in die Molekularbiologie und die molekulare Genetik verursachte Rückstand in der Gentechnik konnte durch entsprechende Prioritätensetzungen in den öffentlichen Förderprogrammen und beim Ausbau der wissenschaftlichen Infrastruktur beseitigt werden.

Obwohl sich die Situation der biologischen Grundlagenforschung in den letzten Jahren deutlich verbessert hat und dank der breiten Förderung durch das BMBF, die DFG und anderer Förderorganisationen den internationalen Vergleich in keiner Weise zu scheuen braucht, gibt es hier noch deutliche Schwächen.

In vielen Fällen fehlt es noch an der notwendigen instituts- und fachübergreifenden Kooperation. Die Exzellenz in der Forschung bleibt häufig lokal begrenzt und verharrt nicht selten innerhalb der Gren-

zen tradierter Fachdisziplinen. Große nationale Forschungseinrichtungen, die spezielle grundlegende Fragestellungen meist in vorbildlicher Weise interdisziplinär angehen, könnten besser in die Fachprogramme eingebunden werden.

Gerade auch neue Felder mit einem vermuteten hohen wirtschaftlichen Potenzial, wie etwa die Nanobiotechnologie und die Biodiversitätsforschung, haben es daher schwer, sich in der notwendigen Interdisziplinarität innerhalb der Wissenschaft zu etablieren. In anderen Fällen verhindert die knappe wissenschaftliche Personalbasis einen zügigen Auf- und Ausbau von Forschungskapazitäten auf ein kritisches Maß. So fehlen gerade im Bereich der Bioinformatik, aber auch allgemein in der Genom- und Proteomforschung entsprechend ausgebildete und qualifizierte Wissenschaftler. In den nationalen Genomforschungsprogrammen ist die Weiterentwicklung von der strukturellen hin zu einer funktionellen Genomanalyse bereits eingeleitet worden. Dieser Weg muss jetzt konsequent weiter beschritten werden; schließlich wird vor allem das Wissen über die Genprodukte (Proteine) zu anwendbaren Ergebnissen führen.

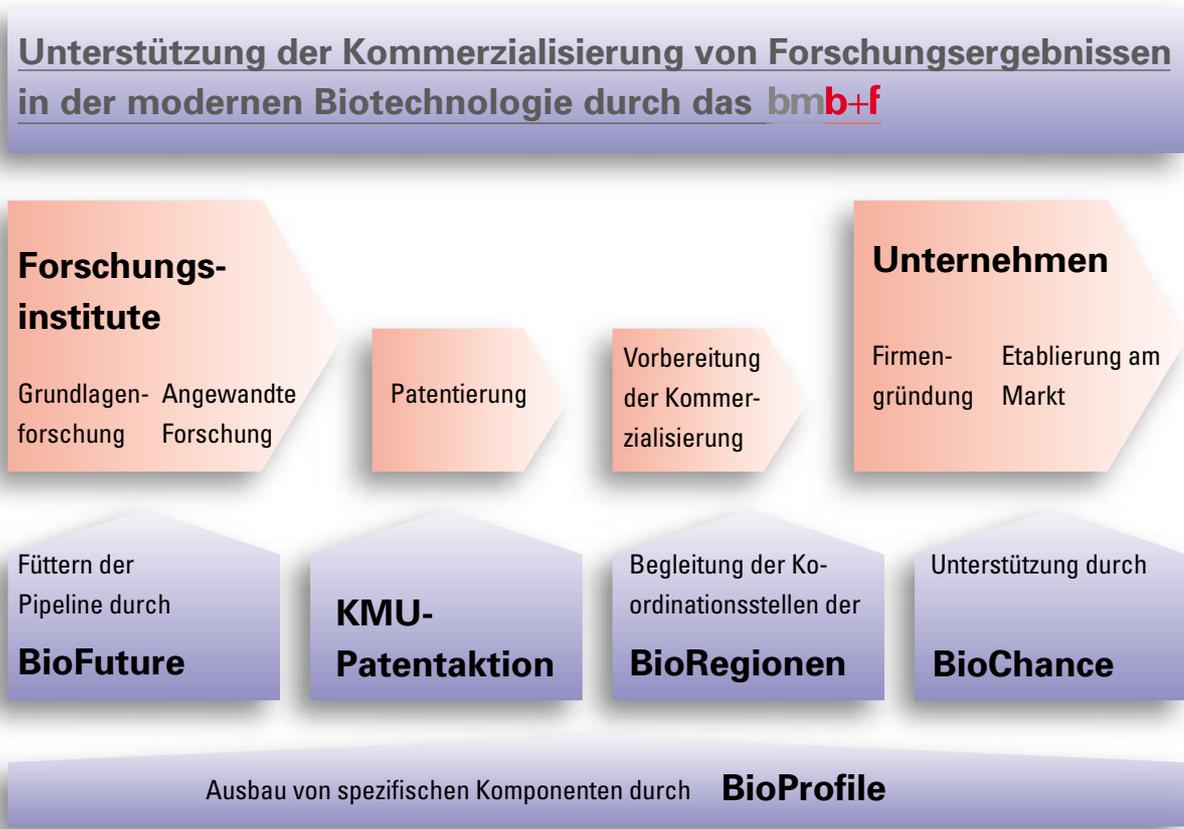
Speziell in den Neurowissenschaften die als hochinnovatives Zukunftsfeld gelten, und die in Deutschland durch eine große Anzahl hervorragender Institutionen repräsentiert sind, fehlt es vielfach

an geeigneten Strukturen nationaler und internationaler Zusammenarbeit, die eine effiziente Nutzung von Ergebnissen durch eine gemeinsame Planung und einen sinnvollen Datenaustausch ermöglichen.

4.1.2 Technologietransfer und Kommerzialisierung

Ein vordringliches gesellschaftliches Ziel sind die Schaffung und der Erhalt zukunftsfähiger und sicherer Arbeitsplätze. Die Biotechnologie und Gentechnik bieten hier vielfältige Beschäftigungsmöglichkeiten. Unabhängige Studien bescheinigen Deutschland ein wachsendes Potenzial für die wirtschaftliche Nutzung der Biotechnologie. Schwächen liegen jedoch weiterhin in der Umsetzung des im akademischen Bereich angesammelten Wissens in marktfähige Produkte.

Die Umsetzung kreativer Ideen in Innovationen ist eine Voraussetzung, um im globalen Wettbewerb bestehen zu können. Gerade in Hochtechnologiebereichen wie der Biotechnologie können Wissenschaftler neue Erkenntnisse einbringen, die sich von der forschenden Industrie jedoch häufig nur nach langen Entwicklungszeiten und mit besonderen Risiken in Produkte umsetzen lassen. Es ist deshalb notwendig, Engpässe in dieser Innovationskette von der Forschung bis zur Anwendung zu beseitigen.



Das hohe Ausbildungsniveau deutscher Hochschulen und die gute Forschungsinfrastruktur in Deutschland bieten die Voraussetzungen für eine positive Entwicklung und wachsende Bedeutung der Biotechnologie und Gentechnik. In Deutschland gewonnenes Wissen und eine hier erfolgreich entwickelte Technologie bieten aber noch keine Gewähr, dass sie auch hier eingesetzt werden. Wachstum entsteht, wo Spitzenforschung, Produktionsfertigkeiten und Märkte zusammentreffen.

Heute stehen wir vor der Herausforderung, der Entwicklung der deutschen Biotechnologie Nachhaltigkeit zu verleihen: Die Entwicklung Deutschlands zu einem etablierten Biotechnologiestandort erfordert, die wissenschaftliche und wirtschaftliche Basis für die kommerzielle Umsetzung der Biotechnologie zu erweitern und die Akzeptanz für biotechnologische Produkte und Prozesse zu verbessern. Parallel dazu müssen Instrumente eingerichtet werden, um Forschung und Entwicklung junger Biotech-Unternehmen gezielt zu unterstützen. Im Vergleich zu ihren britischen und amerikanischen Wettbewerbern verfügen nämlich nur wenige der jungen Biotech-Unternehmen bereits über marktfähige Produkte oder Dienstleistungen. Die meisten haben noch mehrere Jahre intensiver FuE vor sich.

FuE machen oftmals den überwiegenden Teil der Geschäftstätigkeit von jungen Biotech-Unternehmen in den ersten Jahren aus. Durch die BMBF-Förderung von FuE-Projekten wird solchen Unternehmen der Zugang zu privatem Wagnis- und Beteiligungskapital erleichtert. Die Förderung trägt damit mittelbar zur Etablierung forschungsintensiver KMUs in der Biotechnologie bei. Hier bildet sich ein erfolgreicher Transferweg heraus, der zukunftsfähige Arbeitsplätze im Hochtechnologiebereich schafft, von der Wissenschaft über die Unternehmensgründung in die Anwendung. Trotz erheblicher Fortschritte der letzten Jahre gibt es einen Engpass in der Verwertung von Nutzungsrechten und ungeschütztem Know-how. Hier fehlt es einerseits an der Professionalität der Auswertung des Ergebnisangebots und andererseits an der Transparenz des Ergebnisangebots vor allem für internationale Industriebereiche.

Eine nachhaltige Entwicklung Deutschlands als Biotechnologiestandort hängt nicht nur von dem Fortgang und der Etablierung solcher Transferinstrumente ab. Ein solcher Prozess erfordert auch, der Umsetzung von biowissenschaftlichem Know-how neue Impulse zu geben. Innovative regionale Milieus und der integrative Ansatz aller am Innovationsprozess beteiligten Akteure sind wesentlich für die Eta-

blierung einer neuen, noch stark von der Wissenschaft getragenen Technologie. Eine wichtige Grundlage für den Aufbau dieses modernen Wirtschaftszweiges ist die gezielte Entwicklung bedeutender gentechnischer Kompetenz in regionalen Wissenschaftszentren. Mittelfristig müssen auch verbesserte Qualifizierungen, z.B. an deutschen Hochschulen, angeboten werden.

Ziel der biotechnologischen FuE-Förderung des BMBF ist es daher auch, die beginnende Umsetzung biotechnologischen Wissens in die Anwendung voranzutreiben und durch zielgerichtete, neue Initiativen die Voraussetzungen für den nachhaltigen Aufbau einer deutschen Biotech-Industrie zu schaffen.

4.1.3 Vorsorgeforschung

Die Anwendungen neuer Technologien und Erkenntnisse verändern wirtschaftliche, soziale und gesellschaftliche Strukturen unserer Gesellschaft tiefgreifend. Dies trifft auch und gerade für die Bio- bzw. Gentechnologie zu. Der Staat und die Wissenschaft haben die Aufgabe, rechtzeitig auf die Folgen solcher neuer Technologieanwendungen aufmerksam zu machen und mit den weiteren Akteuren (Industrie, Verbände usw.) Konzepte zu entwickeln, wie mit möglichen Auswirkungen oder Risiken verantwortungsvoll umgegangen werden kann. Die jüngst besonders in Europa und den USA verstärkt zutage getretene Skepsis gegenüber der „Grünen Gentechnologie“ zeigt diese Problematik auf. Verwaltungen und Unternehmen müssen eine ausreichende Risikovorsorge sicherstellen und dem Schutz von Mensch und Umwelt Priorität einräumen. Dazu bedarf es klarer rechtlicher Vorgaben und transparenter Verwaltungsverfahren, die auf einer objektiven, auf naturwissenschaftlicher Grundlage beruhenden Bewertung von Risiken beruhen.

Die in den zurückliegenden Jahren durchgeführte Forschung zur Biologischen Sicherheit hat zweifellos viele wichtige Probleme klären können. Es bleibt eine Reihe offener Fragen – und es stellen sich stets neue –, die vor dem Hintergrund der nationalen und internationalen Diskussion noch nicht ausreichend beantwortet werden konnten. Hierzu bedarf es verstärkter Forschungsanstrengungen, u.a. einen Vergleich mit der konventionellen Züchtung. Die politische Neubewertung des Tierschutzes durch die Bundesregierung macht es erforderlich, weiter die Entwicklung geeigneter Ersatzmethoden für Tierversuche zu unterstützen. Es wird für



das BMBF zukünftig besonders darauf ankommen, mehr qualifizierte Wissenschaftler als bisher für diese wichtige Aufgabe zu begeistern.

4.2 Rechtliche, gesellschaftliche Rahmenbedingungen; Ethik

Seit 1990 verfügt Deutschland mit dem Gentechnikgesetz – damals als erste Industrienation – über eine gesetzliche Regelung zum vorsorglichen Schutz vor möglichen Gefahren gentechnischer Verfahren und Produkte. Zugleich werden die beiden Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft über die Anwendung gentechnisch veränderter Mikroorganismen in geschlossenen Systemen (90/219) und die absichtliche

Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in die Umwelt (90/220) in nationales Recht umgesetzt. Durch die 1993 erfolgte Novellierung des Gentechnikgesetzes wurden die Verfahren bei unverändertem Schutz von Mensch und Umwelt gestrafft.

Mit der 1998 verabschiedeten Novelle 98/81/EG der Richtlinie 90/219 konnten administrative Erleichterungen der Verfahren für Laborarbeiten durch einen risikobezogenen, an den jeweiligen Gefahrenklassen orientierten Ansatz sowie durch die Möglichkeit, wissenschaftlich abgesicherte Anwendungen der untersten Gefahrenklasse aus dem Anwendungsbereich herauszunehmen, erreicht werden. Die Novelle bedarf noch der Umsetzung in das deutsche Recht.

Gegenwärtig wird die Richtlinie 90/220 novelliert. Der im Dezember 1999 verabschiedete „Gemeinsame Standpunkt“ trägt den wachsenden Bedenken der Bevölkerung über die Auswirkungen der grünen Gentechnik für Umwelt und Gesundheit Rechnung. Er sieht gegenüber der gegenwärtigen Regelung eine Verstärkung der Sicherheitsaspekte vor, so durch die Befristung der Genehmigungen, eine strikte Kennzeichnung sowie eine obligatorische Überwachung, um die Auswirkungen gentechnisch veränderter Produkte langfristig besser abschätzen zu können. Die Bundesregierung setzt sich in diesem Zusammenhang für praktikable und an wissenschaftlichen Kriterien ausgerichtete Regelungen sowie für die Einbindung und Umsetzung des Vorsorgeprinzips ein.

Durch die so genannte „Novel-Food-Verordnung“ der EG und die EG-Verordnung zur Kennzeichnung von gentechnisch verändertem Mais und Soja sind erste wichtige Vorschriften in Kraft getreten, um eine klare und umfassende Kennzeichnung gentechnisch veränderter Produkte zu gewährleisten. Dies wird ergänzt durch die beschlossenen Festlegungen von Schwellenwerten für das zufällige Vorhandensein gentechnisch veränderter Organismen in ansonsten konventionellen Produkten. Ebenso können Produkte in Deutschland jetzt auch als „gentechnikfrei“ gekennzeichnet werden. Nur durch eine klare Kennzeichnung kann die Skepsis der Verbraucher gegenüber gentechnisch veränderten Produkten langfristig überwunden und die Wahlfreiheit des Konsumenten gewährleistet werden.

Wichtig für die Umsetzung von Forschungsergebnissen in Produkte ist ein verlässlicher Rechtsrahmen für den gewerblichen Rechtsschutz biotechnologischer Erfindungen.

Die Bundesregierung hat am 18.10.2000 den Gesetzentwurf zur Umsetzung der Richtlinie 98/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen vom 06.07.1998 (Biotechnologierichtlinie) beschlossen. Die Bundesregierung begrüßt, dass durch den Gesetzentwurf ein wichtiger Beitrag zur Rechtssicherheit beim EU-weiten Schutz des geistigen Eigentums im Bereich biotechnologischer Erfindungen geleistet wird. Die Bundesregierung sieht aber auch deutliche Hinweise darauf, dass das europäische Patentrecht nicht in allen Punkten endgültige Antworten auf die Herausforderungen des neuen Technologiebereichs gefunden hat. Sie wird in diesem Sinne einen Änderungsprozess auf europäischer Ebene initiieren und für erforderliche Verbesserungen und Präzisierungen eintreten. Insbesondere ist die Reichweite des Stoffpatents im biotechnologischen Bereich zu überprüfen. Darüber hinaus muss das Verhältnis von Patentrecht und Sortenschutz angemessen ausgestaltet werden. Die Bundesregierung wird die Umsetzung der Richtlinie 98/44/EG auch in ihren praktischen Auswirkungen in Deutschland und in den übrigen Mitgliedstaaten der Gemeinschaft intensiv verfolgen und die Erfahrungen auswerten.

Im Rahmen der UN-Konvention über die Biologische Vielfalt wurde zu Beginn des Jahres 2000 ein Protokoll zum Schutz der Biologischen Vielfalt bei grenzüberschreitendem Transport von gentechnisch veränderten Organismen von den Vertragsstaaten verabschiedet, das „Biosicherheits-Protokoll“.

Die ethischen Grenzen für die biomedizinische Forschung und ihre Anwendungen werden insbesondere durch das Embryonenschutzgesetz geregelt. Es untersagt u.a. das Klonen von Menschen und die gentechnische Veränderung menschlicher Keimzellen. Die Bundesregierung setzt sich dafür ein, Regelungen, die diesem hohen deutschen Schutzstandard entsprechen, auch in internationalen Vereinbarungen zu verankern.

Zusammen mit der DFG hat das BMBF eine neue Initiative gestartet, deren Ziel es ist, die „praktische Ethik“ in der Wissenschaft zu stärken. Der Dialog zwischen Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit soll versachlicht, die Zusammenarbeit der Forscher gefördert werden – über die Grenzen einzelner Disziplinen hinweg. Neben einem durch das BMBF finanzierten Referenzzentrum zur Dokumentation und Sammlung von Informationen auf dem Gebiet der Ethik in den Biowissenschaften stellt die DFG Mittel für For-

schungsprojekte zur Verfügung. Ein wichtiges Gebiet ist die Förderung der ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekte der Humangenomforschung, die vom BMBF weiter ausgebaut wurde.

4.3 Europäische Integration im Bereich Biotechnologie

Bei der Lösung zukünftiger wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen kommt der Integration nationaler Potenziale und der Nutzung von Synergien auf europäischer Ebene eine Schlüsselrolle zu. Im Bereich der Lebenswissenschaften spielt das 5. Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union bei der Schaffung und Nutzung eines europäischen Mehrwerts eine zentrale Rolle. Die Biowissenschaften sind hier besonders gefordert, da sie als Querschnittsdisziplin Einflüsse auf nahezu sämtliche Lebensbereiche ausüben. Biotechnologische Ansätze werden schwerpunktmäßig im thematischen Programm „Lebensqualität und Management lebender Ressourcen“ gefördert. Ziel ist die Umsetzung innovativer Ansätze zur Verbesserung der Lebensqualität der Bürger Europas und der Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie. Sechs Leitaktionen mit grundlagen- und anwendungsbezogenen Fragestellungen zielen u.a. auf die Bereitstellung sicherer und hochwertiger Lebensmittel, die Bekämpfung von Infektionskrankheiten, die Kontrolle gesundheitsschädlicher Umweltfaktoren, die Nutzung biologischer Zellen zu Produktionszwecken, die nachhaltige Entwicklung von Landwirtschaft und Fischerei sowie die selbstbestimmte und gesunde Alterung der Bevölkerung. Ergänzend hierzu wird die Wissensbasis auf strategisch bedeutsamen Gebieten (z.B. Genomik, Neurobiologie, chronische Krankheiten sowie Sozioökonomie und Ethik im Umfeld der Biotechnologie) erweitert. Horizontale Maßnahmen betreffen den Ausbau von Forschungs-Infrastrukturen, die Ausbildung von Forschern und vor allem die Unterstützung kleiner und mittelständischer Unternehmen beim Aufbau europäischer Kooperationen.

Das EU-Programm COST (Cooperation in the field of Scientific and Technological Research) unterstützt die länderübergreifenden Kooperationen im vorwettbewerblichen Bereich von bereits geförderten Forschungsprojekten u.a. in der Biotechnologie zwischen Industrie, Hochschulen und außeruniversitären Forschungsinstituten. Das Programm EUREKA unterstützt ebenfalls die Zusammenarbeit zwischen europäischen Partnern, ist aber marktorientiert und auf die Einführung neuer Produkte, Verfahren und Dienstleistungen ausgerichtet.

5. Aktionsfelder

Die im Folgenden beschriebenen Handlungsfelder stellen die Prioritäten der zukünftigen Förderung dar, wie sie sich aus den erkannten Defiziten und den forschungspolitischen Zielsetzungen ergeben. Dabei wird deutlich, dass das BMBF seine Aktivitäten bewusst auf wenige ausgewählte Bereiche konzentriert. Diese Felder werden vor allem durch die Gesamtverantwortung für die nationale Forschungslandschaft und die damit verbundene Verantwortung für die Erhaltung der wissenschaftlich-technologischen Wettbewerbsfähigkeit in wirtschaftlichen Schlüsselbereichen auf internationaler Ebene definiert. Dort, wo dies sinnvoll oder aus politischen Gründen erforderlich ist, sollen Vorhaben auf diesen Aktionsfeldern auch die internationale Zusammenarbeit einschließen.

Handlungsbedarf ergibt sich für das BMBF zunächst dort, wo strukturelle Defizite die Entwicklung eines wichtigen Forschungsfeldes behindern oder gar verhindern. Solche strukturellen Defizite sind zum Beispiel fehlende Kooperationen auf nationaler Ebene, Hemmnisse in der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie oder unzureichende Verfügbarkeit von Expertise. Diese sollen durch entsprechende Verbesserungen der Rahmenbedingungen beseitigt werden („horizontale Maßnahmen“).

Unter den „Wissenschaftlich-technologischen Zielsetzungen“ („vertikale Maßnahmen“) werden aktuelle, zukunftssträchtige Forschungsgebiete mit einem vermuteten hohen Erkenntnisfortschritt genannt, die in den kommenden Jahren aufgebaut oder weiter verstärkt werden sollen. Es liegt in der Natur der Sache, dass sich beide Maßnahmenbündel nicht deutlich trennen lassen. So wird zum Beispiel die Förderung eines bestimmten Forschungsfeldes in der Regel auch über eine strukturelle Neuorientierung umgesetzt.

5.1 Strukturelle Maßnahmen

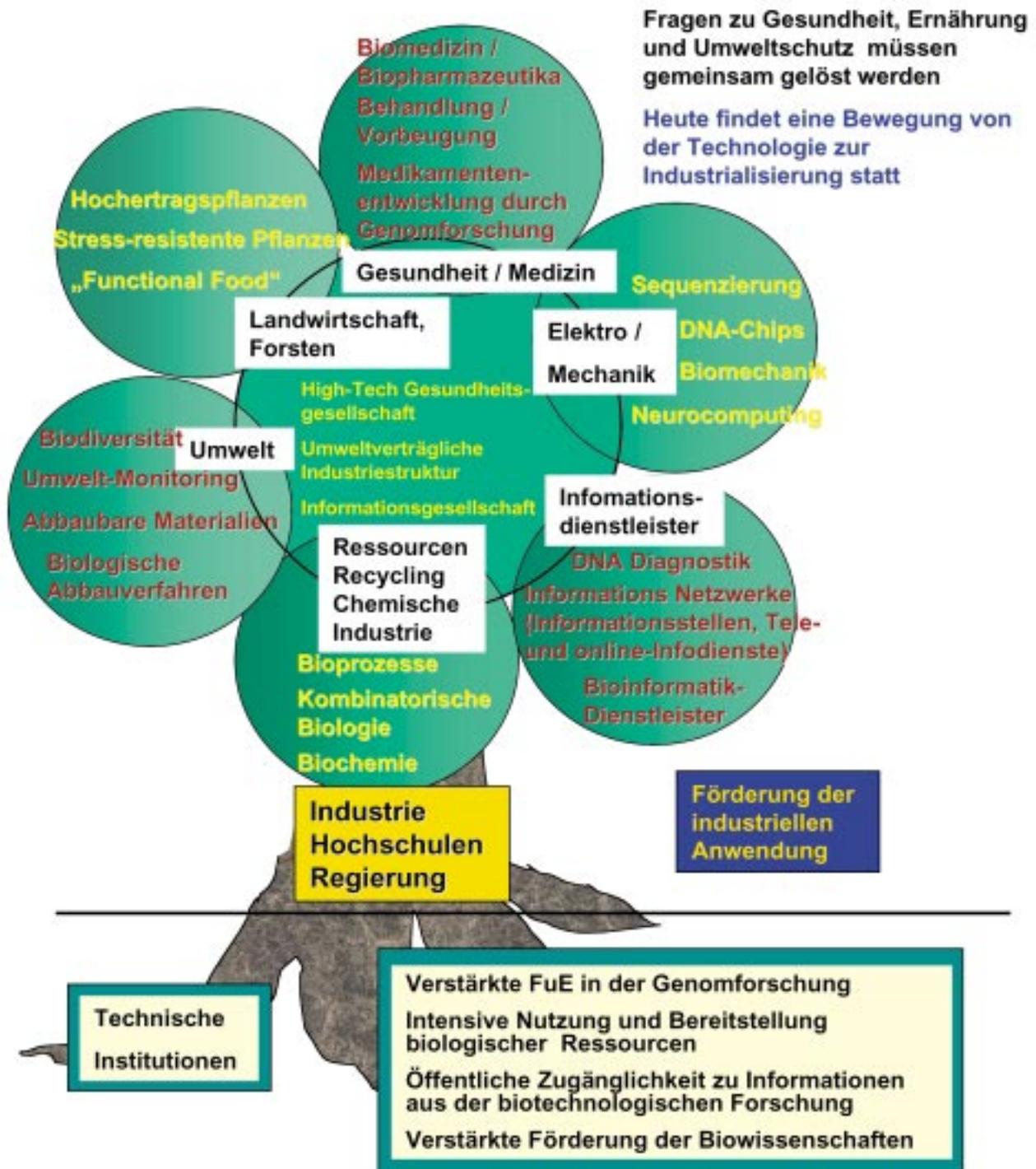
5.1.1 Optimierung der institutionellen Forschungsstruktur

Die im Rahmen der außeruniversitären Forschung vorhandene leistungsfähige institutionelle wissenschaftliche Basis (siehe Kapitel 4) soll durch strukturelle Maßnahmen weiter verbessert werden. Es geht dabei vor allem um eine Optimierung von Arbeitsteilung, Schwerpunktbildung und Vernetzung sowie eine Wettbewerbs- und Innovationsorientierung. Es gilt, die kritische Masse an Spitzenforschung zu schaffen, die im internationalen Wettbewerb eines entstehenden Euro-Forschungsraums erfolgreich ist, die der biotechnologischen Forschung wichtige Impulse gibt und als Partner kleiner Biotech- und global agierender Industrieunternehmen attraktiv ist. Um dies zu erreichen, ist eine zentrenübergreifende Globalsteuerung mit einer Vorgabe forschungspolitischer Ziele und einer vergleichenden Bewertung des Kompetenzangebotes der Zentren erforderlich. Es ist geplant, dies in Form einer programmorientierten Förderung – zunächst der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) – ab dem Jahre 2002 zu realisieren.

Wichtige Impulse werden dabei auch weiterhin von der BMBF-Projektförderung ausgehen: Impulse für den Anschlag neuer Forschungsgebiete, für die Fokussierung auf wichtige Entwicklungsgebiete, für die Stimulierung von Kooperationen und Vernetzungen mit der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL) und Hochschulen sowie Ansätze für einen verbesserten Transfer in die Wirtschaft. Diese Impulse müssen von der Programmplanung der HGF-Zentren aufgegriffen und verstetigt werden.

Neu zu entwickeln ist deshalb eine Förderpolitik, die die Programmförderung der HGF-Zentren, die institutionelle Förderung der WGL-Zentren und die Instrumente der Projektförderung integriert, um das Ziel einer international hoch kompetitiven deutschen Forschungslandschaft zu erreichen.

Ein Blick auf die Bioindustrie im Jahr 2010



5.1.2 Nachwuchsförderung

Im Wachstumsmarkt Biotechnologie und damit verbundenen Branchen fehlen nach Aussage der Gesellschaft Deutscher Chemiker deutschlandweit pro Jahr rund 2000 Fachkräfte. Gleichzeitig ist die Arbeitslosenquote bei Biologen mit z.Z. zehn Prozent die höchste in den Naturwissenschaften. Es fehlen also ganz offensichtlich hoch qualifizierte und spezialisierte Fachkräfte wie z.B. Bioinformatiker. Zur Nachwuchssicherung in den Biowissenschaften hat das BMBF daher eine Reihe von Fördermaßnahmen aufgelegt:

BioFuture

Die Fördermaßnahme BioFuture eröffnet jüngeren, in der Forschung bereits erfahrenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus dem In- und Ausland die Möglichkeit, in Deutschland mit einer eigenen Arbeitsgruppe neue, grundlagenorientierte Forschungsansätze in den Biowissenschaften zu bearbeiten. Hierdurch soll den Preisträgerinnen und Preisträgern der Weg in eine wissenschaftliche Spitzenkarriere oder eine aussichtsreiche Unternehmensgründung geebnet werden. Das durchschnittliche Finanzvolumen pro Gruppe liegt bei 3 Mio. DM bei einer Laufzeit von 5 Jahren. Die Förderung der Nachwuchsgruppen soll die beruflichen Perspektiven für hervorragend ausgewiesene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Deutschland nachhaltig verbessern und damit den Standort Deutschland für den wissenschaftlichen Nachwuchs in dieser Schlüsseltechnologie attraktiver machen. Gleichzeitig soll die Bildung von Kompetenzzentren in wissenschaftlich und wirtschaftlich besonders aussichtsreichen Gebieten der Biotechnologie gefördert werden.

Fonds für Biologische Chemie

Durch den gemeinsam vom Verband der Chemischen Industrie (VCI) und dem BMBF getragenen Fonds für Biologische Chemie erfolgt eine leistungsbezogene, individuelle Förderung von Spitzenwissenschaftlern. Die auf Hochschullehrer und Wissenschaftler an außeruniversitären Forschungseinrichtungen abzielende Förderung in Form von Forschungsbeihilfen soll zu einer engeren Verknüpfung von Grundlagen- und angewandter Forschung beitragen. Über den Fonds werden weiterhin gezielte Förderimpulse zur Schließung technologischer Lücken und Forschungsstipendien für hoch begabte Nachwuchswissenschaftler vergeben. Der inhaltliche Schwerpunkt der seit 1983 mit wechselnder Themenstellung durchgeführten Kooperation liegt derzeit auf dem Gebiet der Bioinformation. Hierunter sind unter anderem zu verstehen: Analyse von Protein- und Gensequenzen, Struktur-Reaktivitäts-Beziehungen, Signalketten in und zwischen Zellen und Informationstransfer zwischen bioaktiven Molekülen.

Human Frontier Science Programme (HFSP)

Das HFSP, das 1989 aufgrund eines Beschlusses der Mitgliedstaaten des Weltwirtschaftsgipfels (G7) gegründet wurde, ist ein einzigartiges Programm zur Förderung der internationalen Zusammenarbeit in der Hirnforschung und der molekularbiologischen Forschung. Nach einem streng qualitätsorientierten Auswahlverfahren werden Forschungsbeihilfen für international zusammengesetzte Arbeitsgruppen,



Lang- und Kurzzeitstipendien und Mittel für Workshops vergeben. Die wissenschaftliche Kontrolle erfolgt über ein Gremium (Council of Scientists) international renommierter Wissenschaftler. Seit 1989 sind die Forschungsprojekte von etwa 380 Arbeitsgruppen gefördert worden und über 1500 Stipendien an jüngere Wissenschaftler vergeben worden.

HFSP-Mitglieder sind neben Deutschland Japan, Frankreich, Großbritannien, die USA, Kanada, Italien, die Schweiz und die Europäische Union. Deutschlands Beitrag für das HFSP, der derzeit etwa 4% des Gesamtbudgets ausmacht, wird aus dem Haushalt des BMBF getragen.

Sonderprogramm Biowissenschaften

Das internationale „Sonderprogramm Biowissenschaften“ mit den Ländern Brasilien, VR China und Indonesien wurde im April 1998 gestartet. Ziel des Programms ist die Vorbereitung gemeinsamer Projekte in aktuellen Bereichen der Biowissenschaften mit den Kooperationsländern im Rahmen der wissenschaftlich-technologischen Zusammenarbeit (WTZ). In einer ersten Phase steht die Anbahnung und Vertiefung wissenschaftlicher Kontakte im Vordergrund, auf denen, aufbauend in einer zweiten Phase, die Konzeption und Umsetzung gemeinsamer Vorhaben unter Beteiligung der Wirtschaft den Schwerpunkt bildet. Gefördert werden Gastaufenthalte ausländischer und deutscher, besonders qualifizierter Postdoktoranden an renommierten Forschungsinstituten. Mit der Durchführung des Programms wurde der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD) beauftragt.

5.1.3 Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft

Die Wirtschaft ist der wichtigste Akteur im deutschen Innovationssystem. Sie führt in ihren Labors rund zwei Drittel der Forschung und Entwicklung durch und bestimmt damit maßgeblich das nationale Innovationsgeschehen. Es ist zu erwarten, dass die Unternehmen weiterhin eine Reihe von neuen Strategien zur Innovation und Anpassung verfolgen. Dazu zählen die internationale Industrieforschung mit grenzüberschreitenden Allianzen und neue Organisationsformen im Rahmen der globalen Zusammenarbeit. Umso wichtiger ist die nationale Vernetzung von Industrie und Wissenschaft, von Grundlagen- und Industrieforschung sowie die Inte-

gration interdisziplinärer Forschung, insbesondere bei mittelständischen Unternehmen.

Wichtiger Impulsgeber einer marktorientierten Forschungspolitik sind die Modernisierung von Bildung und Weiterbildung und eine Einbeziehung der gesamten Innovationskette, von der Informationsbeschaffung über die Marktanalyse, den Transfer von Forschungsergebnissen in den Markt, die Förderung neuer Produkte und Dienstleistungen bis zum Risikokapitalmanagement. Kleine und mittelständische Unternehmen sind nicht nur unter beschäftigungspolitischen Aspekten volkswirtschaftlich bedeutsam, sondern vor allem auch aufgrund ihrer Infrastruktur für das produzierende Gewerbe und wegen ihrer hohen Innovationsfähigkeit, die als Motor für regionale Entwicklung und innovative Prozesse eine große Rolle spielt. Hinsichtlich der neu gegründeten Biotechnologie-Unternehmen nimmt Deutschland inzwischen eine Spitzenposition in Europa ein. Die jungen Firmen sind dabei häufig eng mit den Großkonzernen der chemisch-pharmazeutischen Industrie verbunden. Sie ergänzen in starkem Maß die FuE-Einheiten der Großkonzerne und geben Anstöße für neue Entwicklungen. Die großen Firmen engagieren sich in unterschiedlichen Stadien dieser Entwicklungen und übernehmen die Zulassung, das Marketing und den Vertrieb der Produkte. In den vergangenen Jahren haben sich die Großunternehmen immer stärker auf die letztgenannten Aktivitäten konzentriert und ihre eigenen FuE-Aktivitäten zurückgefahren. Die im Verhältnis dazu kleinen Biotechnologie-Unternehmen können auf neue Herausforderungen schneller und flexibler reagieren. Die Biotechnologie-Unternehmen sind damit ein unverzichtbarer Träger der Innovation für die chemisch-pharmazeutische Industrie geworden.

BioChance / BioProfile

„BioChance“ und „BioProfile“ sind Teile eines integrierten Maßnahmenpakets zur verstärkten Kommerzialisierung der deutschen Biotechnologie.

Mit der Fördermaßnahme „BioChance“ wird das Ziel verfolgt, den in Deutschland in den letzten Jahren begonnenen Prozess der Umsetzung von biotechnologischem Wissen in neue Produkte, Produktionsverfahren und Dienstleistungen, insbesondere über junge Firmen, zu unterstützen und voranzutreiben. Durch anteilige Förderung risikoreicher Forschungsprojekte junger Unternehmen soll dazu bei-

getragen werden, die gegenwärtig in Deutschland entstehende Biotechnologiebranche zu einem international wettbewerbsfähigen Wirtschaftszweig zu entwickeln und das der modernen Biotechnologie inhärente Beschäftigungspotenzial zu erschließen.

Gefördert werden industrielle Forschungs- und vorwettbewerbliche Entwicklungsvorhaben in der Biotechnologie, die maßgeblich zur künftigen Etablierung junger Unternehmen am Markt beitragen können. An Fördermitteln werden insgesamt 100 Mio. DM über einen Fünfjahreszeitraum eingeplant.

Entwicklungsfähige Stärken in ausgewählten Bereichen der modernen Biotechnologie sollen in einem neuen Regionen-Wettbewerb „BioProfile“ entwickelt werden. Mit dem Programm werden zusätzlich neue Impulse für die wirtschaftliche Umsetzung von biowissenschaftlichem Wissen gegeben. Dabei geht es um die Erschließung neuer Anwendungsfelder, den Ausbau von Kompetenzen und die Schärfung regionaler Biotech-Profile. BioProfile richtet sich an Regionen, die spezielle Profile in einzelnen, besonders zukunftsfähigen Anwendungsfeldern aufweisen. Diese gilt es zu identifizieren und gezielt auszubauen. Die Fördermaßnahme ist mit 100 Mio. DM über einen Fünfjahreszeitraum ausgestattet.

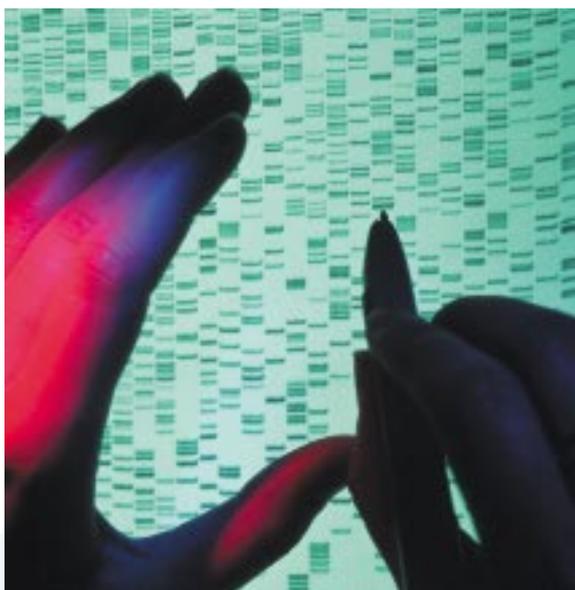
5.1.4 Zusammenarbeit mit einzelnen Staaten

Die internationale Kooperation in der Biotechnologie orientiert sich inhaltlich an den Schwerpunkten des nationalen Forschungsprogramms. Sie findet im Rahmen und in den Förderprogrammen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften und darüber hinaus bilateral mit einzelnen Ländern der Europäischen Gemeinschaft und Osteuropas, mit Industrieländern außerhalb der Europäischen Gemeinschaft und mit Entwicklungs- und Schwellenländern statt. Deutschland ist Mitglied der Europäischen Konferenz für Molekularbiologie (EMBC) und beteiligt sich am Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie (EMBL) in Heidelberg.

Besondere Schwerpunkte der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit (WTZ) in der Biotechnologie bilden Kooperationsprojekte mit Brasilien, der VR China und Indonesien (s. Kap. 5.1.2). Im Rahmen des WTZ-Abkommens mit der Russischen Föderation besteht eine Zusammenarbeit auf der Basis einer gemeinsamen Fachvereinbarung auf dem Gebiet der Biotechnologie. Daneben wird mit einer Reihe weiterer Länder ein Dialog über die Aufnahme themenspezifischer Kooperationen geführt.

Eine besonders enge Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technologie besteht seit nunmehr über 25 Jahren mit Israel. Neben der wissenschaftlichen Zielsetzung im Rahmen des DISNAT-Programms ist die Förderung des deutsch-israelischen Wissenschaftler austausches ein wichtiger Beitrag zum besseren gegenseitigen Verständnis. Seit 1973 sind mehr als 1.300 Stipendien durch die MINERVA-Stiftung vergeben worden. Etwa ein Drittel entfällt davon auf den Bereich der Lebenswissenschaften.

Weltweit arbeiten Wissenschaftler an Sequenzuntersuchungen und Genfunktionsanalysen von Modellorganismen, wie dem Fadenwurm *Caenorhabditis elegans*, der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster*, der Maus und dem Zebrafisch. Die bei der DNA-Sequenzierung erhaltenen Ergebnisse können u.a. aufgrund der ausgeprägten Übereinstimmung vieler wichtiger Gene bei den verschiedenen Spezies auch zu Rückschlüssen auf die entsprechenden menschlichen Genomologe herangezogen werden. In der unteren Abbildung sind die Blutgefäße eines Zebrafisches mit einem speziellen Fluoreszenzfarbstoff markiert, was das Auffinden bestimmter Veränderungen bei Zebrafisch-Mutanten in diesen Strukturen erleichtert.



5.2 Wissenschaftlich-technologische Zielsetzungen

5.2.1 Basisinnovationen

5.2.1.1 Genomforschung

Hintergrund

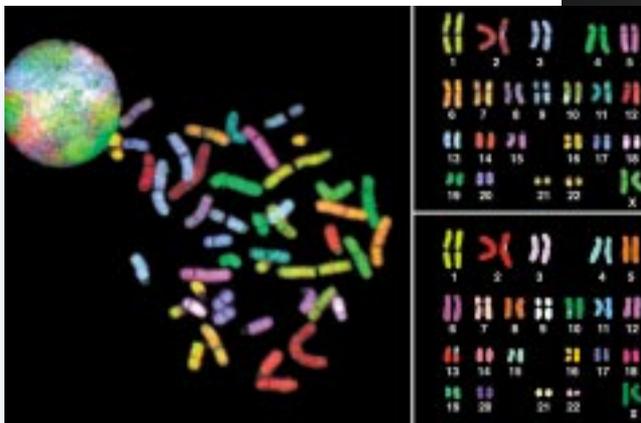
Die Genomforschung ist das entscheidende und grundlegende Wissenschaftsfeld für den Erkenntnisfortschritt in den Lebenswissenschaften und für die Innovationsfähigkeit der Medizin, der Pharma- und Biotech-Industrie, der Agrarwirtschaft, des Nahrungsmittelsektors und des Umweltschutzes. Dazu trägt besonders die Tatsache bei, dass neben den raschen Fortschritten bei der Aufklärung der Struktur der Genome des Menschen, der Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen die Funktionsaufklärung der einzelnen Gene immer mehr in den Fokus der Genomforschung gestellt wird.

Die Forschungsansätze in der Genomforschung sind auf Analysen im großen Maßstab ausgerichtet. Neu sind hierbei insbesondere Umfang und Größenordnung der systematischen Datengenerierung und Datenerfassung, der finanziellen Aufwendungen und des wirtschaftlichen Interesses. Die Arbeitsabläufe sind weitgehend automatisierbar. Die Auswertung der Daten bedarf einer neuen Dimension der Bioinformatik. Ergebnisse müssen zueinander in Beziehung gesetzt werden, um die Anwendung der Erkenntnisse und des Wissens auf individuelle Erkrankungen zu ermöglichen. Die kom-

plexen Forschungsziele sind nur erreichbar, wenn Biologen, Mediziner, Physiker, Chemiker, Mathematiker und Ingenieure eine enge interdisziplinäre Kooperation eingehen und sich die beste Forschungsexpertise regional, überregional und international vernetzt.

Die bisherigen internationalen Erfahrungen zeigen, dass es erforderlich ist, eine lokale Konzentration und kritische Masse an interdisziplinär vernetzter Spitzenforschung zu schaffen, die geeignet ist, Ergebnis- und Technologiecluster zu bilden. Eine solche Clusterbildung ist einerseits für den weiteren wissenschaftlichen Fortschritt unabdingbar und bildet andererseits die Voraussetzung für die Gründung von Unternehmen, welche eine Schlüsselposition bei der dynamischen wirtschaftlichen Umsetzung der Forschungsergebnisse einnehmen. Die Forschungsförderung muss dazu beitragen, dass sich solche Strukturen entwickeln können.

Die Fortschritte der Humangenomforschung und Humangenetik werden zu deutlichen medizinischen Fortschritten sowie zu tief greifenden Veränderungen in der medizinischen Versorgung und in anderen neuen Bereichen des Umgangs mit medizinischer Information führen. Die Forschungsergebnisse bringen im Einzelfall auch gewichtige ethische, rechtliche und soziale Probleme mit sich.



Die Entschlüsselung des kompletten menschlichen Genoms im Rahmen des Humangenomprojektes stellt einen wichtigen Meilenstein in den Lebenswissenschaften dar. Über 10.000 Forscher haben sich an der Decodierung der schätzungsweise 30.000 bis 40.000 Gene des Menschen beteiligt, an die sich nun die intensive Funktionsaufklärung der genomkodierten Proteine anschließen wird.

Der naturwissenschaftliche Erkenntnisfortschritt ist deshalb durch geistes- und sozialwissenschaftliche Forschung zu begleiten, welche frühzeitig wesentliche Entwicklungsmöglichkeiten, problematische Aspekte und neuartige Fragestellungen bei der Anwendung neuen Wissens auf den Menschen erkennt, analysiert und bewertet. Deshalb ist die Förderung von Vorhaben zu ethischen, rechtlichen und sozialen Fragestellungen ein wichtiger Bestandteil der Maßnahmen des BMBF.

Zur Umsetzung dieser Zielvorstellungen wird das BMBF im Jahr 2001 eine Reihe von Maßnahmen ergreifen, die im Strategiepapier „Genomforschung in Deutschland: Stand und Perspektiven“ erläutert werden. Dieses Strategiepapier rückt die Genomforschung noch stärker in den Fokus der Forschungspolitik der Bundesregierung und stellt sie gleichzeitig auf eine gute finanzielle Grundlage.

Maßnahmen

- Humangenomforschung

Das im Jahr 1996 als gemeinsame Initiative des BMBF, der DFG und der Wirtschaft gestartete deutsche Humangenomprojekt (DHGP) hat sich erfolgreich entwickelt und ist in seine 2. Phase (1999 bis 2002) getreten. In dieser 2. Phase des DHGP ist eine Neuorientierung in Richtung auf eine funktionelle Genomanalyse („Functional Genomics“) erfolgt, die die zielgerichtete Verwertung der Erkenntnisse beschleunigen soll. Damit soll gleichzeitig auch die international wettbewerbsfähige Forschungsinfrastruktur „in der Fläche“ weiter gestärkt und sollen die spezifischen Stärken der Forschung in Deutschland weiter ausgebaut werden. Hierzu zählen vor allem die Forschungsfelder, die sich der Funktionsanalyse der medizinisch relevanten Schlüsselgene des Menschen und der für ihr Verständnis notwendigen Gene von Modellorganismen widmen, sowie die Expressionsanalyse, die Bioinformatik und die Verknüpfung der Humangenomforschung mit Pharmakologie und Medizin. Das speziell für das deutsche Humangenomprojekt entwickelte Technologietransfersystem ist für KMUs und Start-ups geöffnet worden. Seine Vorzüge hinsichtlich der umfassenden Patentierung von Forschungsergebnissen und der engen Vernetzung von Wirtschaft und Wissenschaft sollen noch deutlicher zum Tragen kommen.

Aufbauend auf der bisherigen Förderung, soll durch die Bündelung, Vernetzung und den Ausbau der leistungsfähigsten Partner aus Wissenschaft,

Klinik und Wirtschaft ein „Nationales Genomforschungsnetz“ entstehen. Für den Aufbau des „Nationalen Genomforschungsnetzes“ wird die Bundesregierung für den Zeitraum 2001 bis 2003 Sondermittel in Höhe von 350 Mio. DM aus den Zinseinsparungen durch den Verkauf der Mobilfunklizenzen (UMTS) zur Verfügung stellen.

Die Konzentration von Personal und Infrastruktur, neue Kapazitäten an Hochdurchsatz-Techniken und so genannte Plattformtechnologien (z.B. Bioinformatik und Proteomics), ein effektiver Mechanismus für die Priorisierung und Fokussierung der Forschungsthemen unter medizinischen Aspekten, ein auf die Wirtschaft gerichteter Technologietransfer und eine straffe organisatorische Steuerung der Aktivitäten sind wichtige Gesichtspunkte für diese Strukturbildung.

Durch Vernetzung der leistungsfähigsten nationalen Zentren wird der Kernbereich des nationalen Genomforschungsnetzes gebildet. Darin wird im großen Maßstab funktionale Genomanalyse (inklusive Modellorganismen und Technologieentwicklung), unter Einbringung weiterer nationaler Schwerpunktaktivitäten betrieben.

Um diesen Kernbereich gruppieren sich fünf auf vorrangige medizinische Indikationsbereiche fokussierte interdisziplinäre Kompetenznetze:

- Herz/Kreislauf
- Krebs
- Erkrankungen des Nervensystems
- genetische Faktoren umweltbedingter Erkrankungen
- Infektionen und Entzündungen

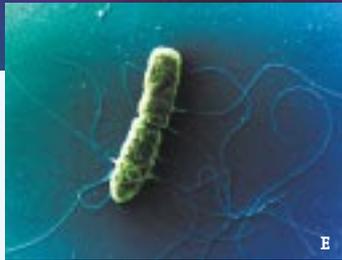
Diese Kompetenznetze werden mit Aktivitäten z.B. in der molekularen Ernährungsforschung (Bezug zu Krebs und Herz-Kreislauf), der mikrobiellen Genomforschung (Bezug zu Infektionskrankheiten) und anderen Schwerpunkten der Gesundheitsforschung verknüpft.

Durch diese Netzstruktur und die Schaffung „kritischer Massen“ auf den verschiedensten Gebieten der Genomforschung wird die Attraktivität des Wissenschaftsstandortes Deutschland nachhaltig erhöht, was letztlich auch – unterstützt durch geeignete Maßnahmen – eine Sogwirkung auf Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem Ausland ausüben wird.

Deutsches Humangenomprojekt (DHGP) 2. Förderphase 1999-2001: Bildung von Kompetenz-Knoten



Genomanalysen von Mikroorganismen können zur Aufklärung von Pathogenitätsmechanismen verschiedener bakterieller Krankheitserreger führen und damit zur Entwicklung neuer Therapeutika verhelfen. Einige medizinisch bedeutsame Pathogene sind: Bakterien im Zahnbelag (A), Haemophilus (B), Helicobacter (C), Borrelien (D) und Salmonellen (E). Sie sind Erreger von so bekannten Krankheiten wie Lungenentzündung, Gastritis, Syphilis oder Typhus.



In der Pflanzen-genomforschung dienen Arabidopsis thaliana (Ackerschmalwand) und Gerste als Modellsysteme für zwei-, bzw. einkeimblättrige Pflanzen. Wichtige Nutzpflanzen wie Reis, Raps, Zuckerrübe, Mais und Kartoffel werden ebenfalls intensiv untersucht.



- Genomforschung an Mikroorganismen

Auf diesem Gebiet gibt es in Deutschland ein enormes und international konkurrenzfähiges Potenzial. Gerade hier ist die Forschung zur Funktionsanalyse von Bakterien und niederen Eukaryonten hervorragend entwickelt. Weltweit führende Gruppen forschen an Universitäten, Max-Planck-Instituten und Großforschungseinrichtungen. Die Förderung von Kompetenznetzen der Genomforschung an Mikroorganismen, in die von der Sequenzierung über die Technologieentwicklung und Bioinformatik bis hin zur Funktionsanalyse entsprechendes Know-how einfließt, kann Deutschland sehr rasch in eine führende Position auf diesem Gebiet bringen.

Im Rahmen der Forschungsinitiative GenoMik sollen deshalb Kompetenznetzwerke der Genomforschung an Mikroorganismen gefördert werden, die sich der Erforschung anwendungsrelevanter Themenfelder, zum Beispiel der Genomforschung an human-, tier- und pflanzenpathogenen, biotechnologisch oder landwirtschaftlich relevanten Mikroorganismen, widmen.

- Pflanzengenomforschung

Das Forschungsprogramm „Genomanalyse im biologischen System Pflanze – GABI“ ist im Oktober 1999 gestartet. Das Programm ist auf einen Zeitraum von acht Jahren angelegt. Bei Konzeption und Ausführung von GABI wurden bereits ein hoher Vernetzungsgrad der Projekte, die intensive Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft und die Gestaltung eines effizienten Technologietransfersystems erreicht. Viele Projekte in GABI besitzen einen hohen Grad an Anwendungsrelevanz.

Pflanzengenomforschungsprojekt GABI

1. Förderphase 1999-2002



5.2.1.2 Techniken und Methoden für die Genom- und Proteomforschung

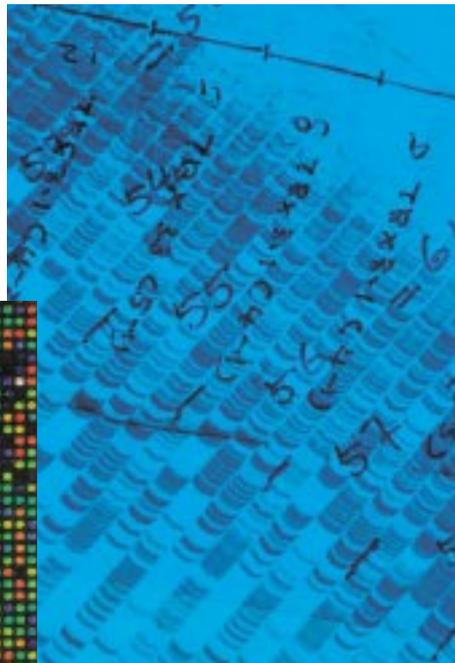
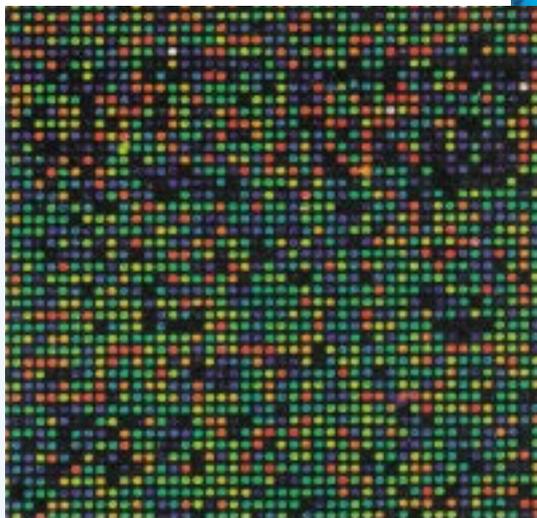
Hintergrund

Die Technik- und Methodenentwicklung für die Genomforschung wurde in den letzten Jahren insbesondere in den Bereichen Automatisierung, Miniaturisierung und Parallelisierung so weit vorangebracht, dass neue Unternehmen entstanden sind, deren Profil sich aus den entwickelten Basisinnovationen herleitet. Die im Rahmen der Genomforschung erzielten Ergebnisse zur Aufklärung der Genfunktionen ermöglichen und beschleunigen die Aufklärung der biologischen Funktion aller Proteine einer Zelle, eines Organs oder eines Organismus. Aufbauend auf den Ergebnissen der Genomforschung, verlagert sich der Schwerpunkt in den Lebenswissenschaften auf die strategische Aufklärung der biologischen Funktion aller Proteine einer Zelle, eines Organs oder eines Organismus. Nur so können die komplexen Prozesse verstanden werden, die für die Entstehung und Behandlung von Krankheiten bei Pflanze, Tier und Mensch sowie für die Nutzung des Synthesepotenzials von biologischen Systemen unerlässlich sind. Zur Erreichung dieses Ziels können Ansätze aus der Glykobiotechnologie und aus der modernen Naturstoffforschung einen wichtigen Beitrag leisten. Techniken und Methoden für das innovationsträchtige Gebiet der Proteomforschung stehen, auch international gesehen, bisher nur in begrenztem Umfang zur Verfügung. Nur durch neue interdisziplinäre Ansätze können die methodisch-technischen Voraussetzungen für die Proteinanalyse verbessert und in Richtung Automatisierung und Miniaturisierung weiterentwickelt werden. Die enge Einbindung der Bioinformatik ist dabei Voraussetzung für die Nutzung der großen anfallenden Datenmengen.

Maßnahmen

Der Förderschwerpunkt „Neue effiziente Verfahren für die funktionelle Proteomanalyse“ ergänzt und unterstützt die Aktivitäten zur Genomforschung (DHGP, GABI etc.) insbesondere im Hinblick auf die Funktionsanalyse, die ohne die Untersuchung der Proteinfunktionen nur langsam vorangebracht werden könnte. Langfristig werden umfangreiche Proteinnetzwerke und Signal- sowie Regulationskaskaden entschlüsselt sein und die Erkenntnisse sowohl in systematischen Studien für die Grundlagenforschung als auch für die Entwicklung neuer therapeutischer Ansätze zur Behandlung von Erkrankungen, die auf Veränderungen auf Genebene zurückzuführen sind (z.B. neue Targets für polygene Erkrankungen), einsetzbar sein. Somit ergänzt der o.g. Schwerpunkt auch in besonderem Maße die Forschung und Entwicklungen im Bereich der Gesundheitsforschung (z.B. Impfstoffentwicklung, Gentherapie, Leitprojekt Molekulare Medizin), die hier zukünftig auf einer soliden Basis ansetzen können. Neue Methodenentwicklungen in der Genom- und Proteomforschung können auch Untersuchungen an Nutztieren mit einbeziehen, wenn dies zu einer Nachhaltigkeit in der Tierproduktion und Tiergesundheit (z.B. durch die Entwicklung neuer Impfstoffe) führt.

Mit DNA-Chips (DNA-Mikroarrays) kann das Expressionsmuster von Genen aus verschiedenen Patienten, Gewebetypen oder in unterschiedlichen Entwicklungsstadien verfolgt werden. Dabei sind bis zu 10.000 verschiedene gentyppische DNA-Fragmente (so genannte Oligonukleotide) auf das Chipmaterial aufgetragen, die mit den entsprechenden, komplementären Transkripten aus dem zu analysierenden Zellmaterial hybridisieren können. Kommt es zur Bindung einer mRNA an ein bestimmtes Oligonukleotid, kann dieses Signal über geeignete Detektionssysteme „sichtbar“ gemacht werden. Die unterschiedlichen Farbsignale geben z.B. Aufschluss darüber, welche Gene unter bestimmten Bedingungen an- bzw. abgeschaltet sind.



5.2.1.3 Strukturelle Molekularbiologie

Hintergrund

Ein detailliertes Verständnis der Funktion eines Proteins ist ohne Kenntnis der dreidimensionalen Struktur des Moleküls in atomarer Auflösung nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Dies gilt ebenso für die gezielte Entwicklung von Wirkstoffen, die z.B. die Funktion eines Proteins in einer Zelle gezielt zu beeinflussen versuchen. Damit stellt die strukturelle Molekularbiologie eine der Grundfesten der Biotechnologie dar. Der außergewöhnliche Erfolg der Strukturbiochemie wird gegenwärtig getragen von den stürmischen Entwicklungen in Molekularbiologie und Biochemie und von enormen Fortschritten in der Proteinkristallographie, die durch moderne Instrumentierung an Synchrotronstrahlungsquellen; sowie durch Fortschritte bei der Kristallisation möglich wurden. Die Strukturbestimmung mit Synchrotronstrahlung geht heute in vielen Fällen derart schnell, dass sich das Verfahren zu einer der tragenden Säulen in Projekten zu „Structural Genomics“ entwickelt. Methoden der Bioinformatik werden dabei immer wichtiger. Parallel dazu gibt es eine Vielzahl hoch interessanter, auf spezifischere Fragestellungen ausgerichtete Arbeiten. Dabei kommen zum Teil auch die komplementären Verfahren der NMR-Spektroskopie und der Cryo-Elektronenmikroskopie zum Einsatz, mit denen die dreidimensionale Struktur von Makromolekülen untersucht werden kann, die sich bisher nicht kristallisieren lassen. Die Genauigkeit der Röntgenstrukturanalyse wird dabei i.a. nicht erreicht. Der Trend geht zu Untersuchungen immer größerer Systeme, wie Viren oder Ribosomen, und deren Funktion in den Organismen. Diese oft bahnbrechenden Arbeiten werden von kleineren Forschergruppen durchgeführt, die dafür Zugang zu den Messmöglichkeiten an den großen nationalen und internationalen Synchrotronstrahlungsquellen oder an regionalen Zentren für NMR-Spektroskopie oder Elektronenmikroskopie benötigen.

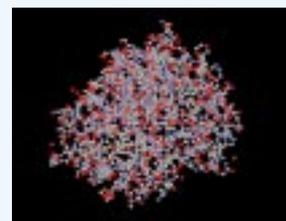
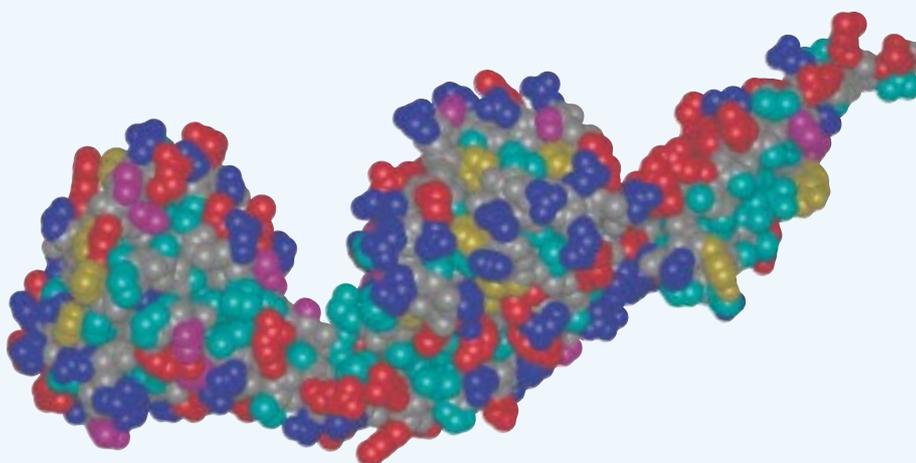
Maßnahmen

An den laborübergreifenden Zentren, insbesondere an den Synchrotronstrahlungsquellen, müssen die instrumentellen und personellen Voraussetzungen für schnellen Zugriff auf Messzeit und professionelle Unterstützung bei Vorbereitung und Durchführung der Messungen sowie bei der Datenanalyse vor Ort verbessert werden. Die Zahl der mit Synchrotronstrahlung zu lösenden Strukturen wird als Folge der „Structural Genomics“-Projekte, aber auch auf Grund des wachsenden Messzeitbedarfs für die effiziente Optimierung der Kristallisationsprozesse großer Biomoleküle, weiter wachsen. In Zukunft kommt es darauf an, Forschergruppen aus der Industrie, insbesondere Wissenschaftlern aus kleinen und mittleren Unternehmen, die ihnen gemäßen Arbeitsmöglichkeiten anbieten zu können. Nationale Zentren mit europäischer Vernetzung sollten dabei zu interdisziplinären Zentren der Kommunikation zwischen den Wissenschaftlern aus Universität, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Industrielaboratorien ausgebaut werden.

5.2.1.4 Bioinformatik

Hintergrund

Die Bioinformatik bezieht ihre Dynamik aus der stürmischen Entwicklung bestimmter moderner Zweige der Biowissenschaften. Überall dort, wo große Mengen an Daten anfallen und diese zueinander in Beziehung gesetzt und in einen übergeordneten Kontext gebracht werden müssen, ist die Anwendung bioinformatischer Verfahren und Methoden unverzichtbar. Neben der Hirnforschung und der Erforschung der Biologischen Vielfalt liegt eines der Hauptanwendungsfelder derzeit in der Genomforschung. Selbst wenn die Sequenzierung des Human-genoms im Jahr 2000 im Wesentlichen erfolgt und die Sequenzierung der wichtigsten Modellorganismen (u.a. Ratte, Maus, Zebra- und Kugelfisch, Reis) in wenigen Jahren abgeschlossen sein wird, wird



Die Aufklärung der räumlichen Anordnung der einzelnen Aminosäuren und die Faltung der Proteinkette erfolgt z.B. mit Hilfe der Röntgenstrukturanalyse. Die große Abbildung zeigt die dreidimensionale Darstellung eines Glutamat-Transfer-Proteins, das kleine Bild die Struktur des bakteriellen Proteins Subtilisin. Subtilisin wird aufgrund seiner proteolytischen Aktivität als Waschmittelzusatz verwendet.



Die Auswertung und Speicherung riesiger Datenmengen erfordert die Herstellung geeigneter Datenverarbeitungssysteme und stellt höchste Anforderungen an die Bioinformatik. Neben der Genomforschung sind auch das virtuelle Moleküldesign und die Analyse von Hochdurchsatz-Verfahren auf Hochleistungsrechner angewiesen. Bei der DNA-Sequenzierung werden parallel 96 Reaktionen aufgetrennt und mit Hilfe eines Detektors ausgewertet (oben). Die unterschiedlichen Fluoreszenzfarbstoffe repräsentieren jeweils eine Base.

durch die schon jetzt einsetzende Funktionsanalyse (Struktur, Funktion und Zusammenspiel der Proteine von Zellen) weitere bioinformatische Expertise in großem Umfang benötigt. Es ist davon auszugehen, dass aufgrund der Komplexität von Regelsystemen in Zellen und Organismen jede neue Fragestellung der Molekularbiologie die Entwicklung neuer Verfahren der Bioinformatik notwendig macht. Bis die Molekularbiologie die Mechanismen des Lebens in ihren wesentlichen Elementen aufgeklärt hat, wird die Bioinformatik vor ständig neue Herausforderungen gestellt sein. Die Weiterentwicklung der Biotechnologie mit allen Auswirkungen auf die Bereiche Medizin, Pharmazie, Landwirtschaft und Umwelt, aber auch auf die Nanotechnologie, die Informationstechnologie sowie die Materialforschung hängen damit unmittelbar von der Weiterentwicklung der Bioinformatik ab.

Maßnahmen

Schon heute beeinflusst der Engpass an ausgebildeten Bioinformatikern das Gründungsgeschehen in der jungen deutschen Biotechnologie-Branche negativ. Die notwendigen leistungsfähigen Bioinformatik-Werkzeuge müssen von Biowissenschaftlern und Informatikern in interdisziplinären Arbeitsgruppen entwickelt werden. Weitere zentrale Ziele sind die Schaffung gemeinsamer bioinformatischer Standards, ohne die die Integration und die Nutzung des Wissens problematisch ist, sowie die Umsetzung infrastruktureller Maßnahmen wie der Einrichtung neuer Bioinformatik-Studiengänge zur Verbesserung der Nachwuchssituation in Deutschland.

5.2.1.5 Nanobiotechnologie

Hintergrund

Die Nanobiotechnologie ist ein sich neu entwickelndes Gebiet der wissenschaftlichen und technologischen Möglichkeiten, das Nanofabrikation und Biosysteme zum Nutzen beider Disziplinen verbindet. Sie ist charakterisiert durch ihre hohe Interdisziplinarität und wird eine enge Zusammenarbeit zwischen Lebenswissenschaften, physikalischen Wissenschaften und Ingenieurwissenschaften vorantreiben. Es entstehen dadurch substantiell neue Einblicke in die Funktion biologischer Systeme. Gleichzeitig wird die Nanobiotechnologie zur Gestaltung einer völlig neuen Klasse von mikro- und nanohergestellten Geräten und Systemen führen. Die Nutzung der Mikrofabrikation als Methode der Miniaturisierung von biologischen und biomedizinischen Geräten beginnt gerade die Biotechnologie-Industrie zu erreichen. Aus in-

dustrieller Sicht ist die Nanofabrikation jedoch bisher unbearbeitet. Das Interesse daran ist weltweit sehr groß. Die Dynamik auf diesem Gebiet kann verglichen werden mit der Mikroelektronik vor mehr als einem Jahrzehnt. Die in der jüngsten Zeit in Deutschland entstehenden Kompetenzzentren Nanotechnologie bieten ein sehr gutes wissenschaftlich-technisches Umfeld für diese Entwicklungen.

Maßnahmen

Die Voraussetzungen für die Anwendung dieser neuen Technologie sollen durch Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft in interdisziplinären Verbundprojekten geschaffen werden. Die Möglichkeiten der Nanobiotechnologie sind für Innovationen zu nutzen, die die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Deutschland verbessern sowie Ressourcen und Umwelt schonen.

5.2.1.6 Neurowissenschaften

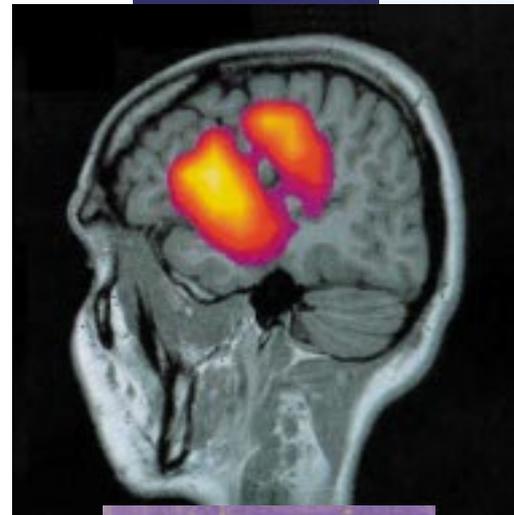
Hintergrund

Das menschliche Gehirn enthält ungefähr 100 Milliarden Nervenzellen, die über etwa 100 Billionen Verschaltungen (Synapsen) miteinander verknüpft sind. Die Fähigkeiten des Gehirns zur massiven Verarbeitung von Informationen, als Sitz der Denkfähigkeit, der Emotionen und des Verhaltens und der zentralen Steuerung des Körpers hebt es in seiner Bedeutung unter allen Organen heraus. Weltweit wird intensiv an der Aufklärung seiner Struktur, seiner Funktion und seiner Entwicklung in Gesundheit und Krankheit gearbeitet. Experten sehen in der funktionalen Analyse des Gehirns eine mindestens ebenso große und umfangreiche Herausforderung, wie sie in der Aufklärung von Struktur und Funktion des menschlichen Genoms gesehen wird.

Die Neurowissenschaften sind in Deutschland auf breiter Basis durch Einrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft, der WGL und der HGF sowie durch entsprechend spezialisierte Hochschulinstitute repräsentiert. Etwa 50 Unternehmen führen auf diesem Gebiet Forschung und Entwicklung durch. Das BMBF, die DFG, die VW-Stiftung und die EU-Kommission fördern hier Forschungsprojekte in größerem Umfang. Defizite liegen vor allem im Fehlen eines koordinierten nationalen und internationalen Vorgehens und einer Möglichkeit der Integration vorhandener Forschungsansätze und -ergebnisse, die das gesamte komplexe System beschreiben. Weitere Defizite betreffen die Zusammenarbeit zwischen klinischer Forschung und dem Grundlagenbereich.



Neurowissenschaftler befassen sich mit der Funktionsanalyse des Gehirns, wobei hier gezielt die Aktivitäten bestimmter Gehirnbereiche untersucht werden. Kanal-Mikroelektrodenarray zur Analyse einzelner Gehirnbezirke wie z. B. dem Hippocampus. (oben)



Mitte: Aufnahme einer Magnet-Resonanztomographie, die durch eine Magnetenzephalographie ergänzt wurde. Die natürliche Nervenzellaktivität induziert schwache Magnetfelder, die mit Hilfe empfindlicher Detektoren erfasst und anschließend bildlich dargestellt werden. Mit dieser neuen diagnostischen Methode lassen sich auch Störungen der normalen Gehirnfunktion nachweisen und untersuchen (z.B. bei Epilepsie). Unten: Spezieller Mikrochip, der zur Messung der Aktivität einer einzelnen Nervenzelle dient.

Maßnahmen

Das BMBF wird seine Strategie in der Förderung der Neurowissenschaften zukünftig besonders auf Fragen der Funktionalität des menschlichen Gehirns ausrichten. Durch Verknüpfung mit weiteren Fachprogrammen der Informationswissenschaften und der Gesundheitsforschung sollen die Schnittstellen zu relevanten technischen Systemen und zur Medizin künftig stärker berücksichtigt werden. Auf der Basis von Empfehlungen und Absprachen, die vor allem auch die internationale Ebene mit einbeziehen, soll ein nationaler Aktionsplan „Neuroinformatik“ mit einer strukturellen und einer inhaltlich wissenschaftlichen Zielsetzung entwickelt werden. Als strukturelles Ziel ist die Verknüpfung der in Deutschland vorhandenen Expertise zu thematischen Netzwerken beabsichtigt, die sich in sinnvoller Arbeitsteilung spezifischen Fragestellungen widmen und eine möglichst effiziente Nutzung vorhandener Infrastruktur erlauben. Dabei soll eine sinnvolle Verknüpfung mit den im Gesundheitsforschungsprogramm entwickelten Strukturen (wie z.B. Brain-Net) erfolgen.

Um die ungeheure Menge experimenteller Daten zu verarbeiten und zueinander in Beziehung zu setzen, müssen im Rahmen der Netzwerke spezielle neuroinformatische Ansätze entwickelt werden. Ein zentrales Anliegen der auch von Deutschland unterstützten Internet-Plattform Neuroinformatik wird es sein, Werkzeuge für die Datenanalyse und die Modellierung bereit zu stellen und international verbindliche Qualitätsstandards für die Weiterentwicklung neuroinformatischer Methoden zur Verarbeitung und Interpretation der rasch anwachsenden Datenmenge zu vereinbaren.

5.2.2 Forschung für Anwendungen

5.2.2.1 Tissue Engineering

Hintergrund

Bio- und Gentechnologie erweitern das methodische Repertoire der biomedizinischen Forschung erheblich und erlauben es, völlig neue Fragestellungen anzugehen. Die Methoden, die zunächst nur bei Mikroorganismen angewendet wurden, können mittlerweile auch bei höheren Organismen erfolgreich eingesetzt werden.

Dies hat zur Entwicklung neuer Präventions-, Diagnostik- und Therapieverfahren geführt, die wesent-

lich dazu beigetragen haben, dass die Lebenserwartung der Bevölkerung in den letzten 50 Jahren kontinuierlich angestiegen ist. Durch die Umsetzung der neuen Erkenntnisse der biomedizinischen Forschung, sowie der Nutzung anderer naturwissenschaftlich-technischer Entwicklungen und Erkenntnisse z.B. aus der Informatik oder der Mikrosystemtechnik, aber auch der sozialwissenschaftlichen oder ökonomischen Forschung, ergeben sich viel versprechende Möglichkeiten für eine bessere Prävention, schnellere und präzisere Diagnostikverfahren oder effektivere Therapieverfahren. Stellvertretend für zahlreiche weitere medizinische Anwendungen in der Bio- und Gentechnologie soll im Folgenden auf das innovative Gebiet des Gewebeersatzes („Tissue Engineering“) eingegangen werden.

Die heutigen Kenntnisse u.a. auf den Gebieten der Zellbiologie und -kulturtechnik, Molekularbiologie und Biophysik ermöglichen es, eine biologisch orientierte Geweberegeneration anzugehen. Aus Schnittmengen herkömmlicher Disziplinen entwickelt sich ein neues Forschungs- und Anwendungsfeld mit großer Marktrelevanz. Allein im Bereich des Hautzellenersatzes wird ein hohes Marktvolumen erwartet. Auf dem innovativen Gebiet der biologischen Regeneration und „Tissue Engineering“ insgesamt resultiert technologische Kompetenz zunehmend aus interdisziplinärer, vernetzter Forschung und Entwicklung. Der Motor für den Forschungszweig „Organregeneration und Tissue Engineering“ ist der ständig steigende Bedarf an Ersatzgeweben und -organen.

Defizite

Klassische Methoden der Organtransplantation sind nach wie vor in vielen Punkten problembehaftet: mangelhafte Verfügbarkeit, problematische Kompatibilität und Sicherheit. Auch die Xenotransplantation, also die Übertragung von tierischen Organen, Geweben oder Zellen auf den Menschen, ist sehr viel komplexer, als bisher angenommen. So ist grundsätzlich die Gefahr gegeben, dass mit den Xenotransplantaten auch neuartige Krankheitserreger auf den Menschen übertragen werden könnten. Eine Besonderheit liegt in der Gefahr für die öffentliche Gesundheit. So könnten nicht nur einzelne Menschen betroffen sein, die das tierische Transplantat erhalten, sondern möglicherweise breitere Bevölkerungskreise. Der gegenwärtige Kenntnisstand reicht noch nicht aus, um dieses Risiko bewerten zu können.

Inzwischen sind in der Grundlagenforschung wichtige Erkenntnisse gewonnen worden, die erste Erfolge im Bereich resorbierbarer Implantate, bioaktiver Knochensatzstoffe und matrixgestützter (dreidimensionaler) Zell- und Organkulturen ermöglichen. Andererseits traten aber auch zahlreiche Schwierigkeiten zutage, die auf dem Gebiet der Gewebe- und Organregeneration zu überwinden sind. Die Förderpolitik des BMBF zielt daher auf ein vernetztes Problemverständnis und Systemlösungen.

Maßnahmen

Zur Umsetzung biotechnologischen Wissens in die Anwendung werden industrielle Forschungs- und vorwettbewerbliche Entwicklungsvorhaben gefördert. Bei besonders risikoreichen Forschungsvorhaben können Studien zur technischen Durchführbarkeit gefördert werden. Biologische Materie soll zur Geweberekonstruktion und hybridem Gewebeersatz auf den drei Ebenen Moleküle, Zellen und Gewebe bzw. Organe entwickelt und genutzt werden. Artificielle Organe (z.B. auch künstlich hergestellte Hybride von menschlichen Funktionszellen und synthetischem Trägermaterial) können einen Lösungsweg aus bestehendem und weiter wachsendem Organmangel aufzeigen, indem sie – zunächst extrakorporal – ausgefallene Organfunktionen ohne Gefahren für den Patienten oder die öffentliche Gesundheit übernehmen können. Die Förderung wird als gemeinsame Initiative mit dem Gesundheitsforschungsprogramm durchgeführt.

5.2.2 Umweltfreundliche Bioverfahren

Hintergrund

Die Biotechnologie als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts besitzt großes Potenzial, um neue Wege einer umweltgerechten, ressourcenschonenden Wirtschaftsweise aufzuzeigen. Im Zentrum der Aktivitäten im Bereich „Umweltfreundliche Bioverfahren“ steht die technische Nutzung des Synthesepotenzials biologischer Systeme, dies sind beispielsweise isolierte Biokatalysatoren, Zellkulturen, Mikroorganismen und Pflanzen, zur Entwicklung innovativer, umweltschonender, biotechnologischer Produktionsprozesse und Produkte. Biologische Systeme können zur Nachhaltigkeit einen wichtigen Beitrag leisten, da sie in der Regel ressourcenschonend, Energie sparend

und Abfall vermeidend arbeiten. Die „Umweltbiotechnologie“ hat bisher hauptsächlich die Entwicklung biotechnologischer Ansätze zum Abbau von bereits vorhandenen Umweltschadstoffen, so genannter „end-of-pipe“-Technologien, verfolgt. Im Vordergrund stand die Umweltentlastung durch die Reinigung von Boden, Wasser und Luft sowie die Vermeidung von Umweltbelastungen durch die Entwicklung von Methoden zur Reststoffverwertung. Zukünftig wird die Entwicklung innovativer umweltfreundlicher biotechnologischer Produktionsverfahren und Produkte im Mittelpunkt stehen, die von Beginn an die



Die Anzucht körpereigener Zellen kann in Zellkulturflaschen erfolgen, die mit geeigneten Kulturmedien und Wachstumsfaktoren versetzt werden (links).

und Abfall vermeidend arbeiten. Die „Umweltbiotechnologie“ hat bisher hauptsächlich die Entwicklung biotechnologischer Ansätze zum Abbau von bereits vorhandenen Umweltschadstoffen, so genannter „end-of-pipe“-Technologien, verfolgt. Im Vordergrund stand die Umweltentlastung durch die Reinigung von Boden, Wasser und Luft sowie die Vermeidung von Umweltbelastungen durch die Entwicklung von Methoden zur Reststoffverwertung. Zukünftig wird die Entwicklung innovativer umweltfreundlicher biotechnologischer Produktionsverfahren und Produkte im Mittelpunkt stehen, die von Beginn an die

Mit Hilfe neuer Zellkulturtechnologien können komplette Gelenke aus patienteneigenen Zellen außerhalb des Körpers gezüchtet werden. Für diesen Zweck entnimmt man z.B. Knochenzellen aus dem Beckenknochen und Knorpelzellen aus der Rippe eines Patienten, die zunächst im Labor für etwa vier Wochen vermehrt werden. Mit Hilfe einer Trägersubstanz wächst, wie links abgebildet, ein Fingergelenk in die gewünschte dreidimensionale Form, die anschließend transplantiert werden kann.



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines mit Knorpelzellen besiedelten, resorbierbaren Vlieses.



Entstehung von Umweltbelastungen verhindern bzw. minimieren und somit einen wichtigen Beitrag zum produktions- und produktintegrierten Umweltschutz leisten.

Maßnahmen

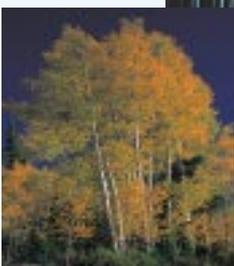
Die wissenschaftliche Basis für die technische Nutzung biologischer Systeme zur Entwicklung umweltschonender nachhaltiger Verfahren und Produkte wurde im bisherigen Förderschwerpunkt „BioProduktion“ gelegt. Zukünftiger Schwerpunkt im Bereich „Umweltfreundliche Bioverfahren“ ist die Schaffung der Grundlagen für die Umsetzung biotechnologischen Wissens in die Anwendung, d.h. die Umsetzung in nachhaltige Produktionsverfahren, Produkte und Dienstleistungen. Besondere Priorität haben dabei umweltfreundliche biotechnologische Verfahren, die bestehende konventionelle industrielle Produktionsverfahren substituieren, sowie Verfahren, die eine nachhaltige Produktion neuer Wirkstoffe und innovativer Materialien ermöglichen. Bezüglich der Nachhaltigkeit und unter Kosten-Nutzen-Aspekten sind bei biotechnologischen Produkten und Verfahren grundsätzlich die gleichen Kriterien anzulegen wie bei konventionellen. Da Aspekte der Nachhaltigkeit zu einem möglichst frühen Zeitpunkt der Verfahrensentwicklung zu berücksichtigen sind, kommt insbesondere den KMUs als Entwicklungsmotor der Branche eine wichtige

Rolle zu. Moderne Ansätze in der nachhaltigen Bio-Produktion haben einen ausgeprägten interdisziplinären Charakter. Die erfolgreiche Integration der Bio-, Ingenieur-, Informations- und Umweltwissenschaften ist daher eine entscheidende Voraussetzung dafür, dass die Biotechnologie einen substantiellen Beitrag zur einer nachhaltigen Wirtschaftsweise leisten kann. Da nicht generell davon ausgegangen werden kann, dass alle biotechnologischen Verfahren umweltfreundlich sind, wird zur Illustration der Nachhaltigkeit auf quantifizierbare ökologische und ökonomische Beiträge, wie Bilanzierung von Stoff- und Energieströmen, Wert gelegt.

5.2.2.3 Ernährung

Hintergrund

Ein Drittel aller Kosten im Gesundheitswesen werden durch direkt oder indirekt ernährungsabhängige Krankheiten verursacht. Inwieweit diese durch besondere Ernährungsfaktoren in ihrer Entstehung und Entwicklung positiv beeinflusst werden können, ist bislang nur unzureichend untersucht. Durch die aktuellen Fortschritte in der Humangenomforschung ist jedoch ein kausales Verständnis der präventiven Wirkung von Lebensmittelbestandteilen auf molekularer Ebene möglich geworden. Dies gilt ebenso für die sachgerechte Bewertung von Produkten (von „Functional Food“ bis Biokost), die derartige Nutzeffekte versprechen und zur wachsenden Unsicherheit des Verbrauchers bezüglich gesundheitsbezogener Aussagen zur Ernährung beitragen. Auch für den Umgang mit neuen Entwicklungen im Grenzbereich zwischen Arznei- und Lebensmittel sind unter vorsorgepolitischen Aspekten vermehrte Erkenntnisse und verfeinerte Untersuchungsmethoden dringend erforderlich.



Defizite

Eine präventiv orientierte Ernährungsforschung zur Begleitung dieser vielschichtigen Entwicklungen ist in den medizinischen Fakultäten kaum etabliert. Die Durchdringung der Ernährungswissenschaften andererseits mit biomedizinisch begründeten, kausal- und funktionsorientierten Ansätzen und entsprechender Methodik ist aufgrund der traditionellen Anbindung an die Agrarwissenschaften verbesserungsbedürftig. Vergleichsweise isoliert ist auch die mittelständische Industrieforschung, welche nahezu ausschließlich auf produktionstechnische Aspekte ausgerichtet ist und mögliche Innovationspotenziale durch die Verbesserung von Lebensmitteln in gesundheitlicher Sicht nicht optimal nutzen kann.

Maßnahmen

Das Programm „Biologische Forschung und Technologie“ wird daher in Zusammenarbeit mit anderen Programmen des BMBF, insbesondere dem Gesundheitsforschungsprogramm, einen gemeinsamen Beitrag zur Überwindung der bestehenden Defizite erbringen.

Als biomedizinische Begleitforschung zu den produktorientierten „Leitprojekten Ernährung – Moderne Methoden der Lebensmittelerzeugung“ und in komplementärer Ergänzung der 1. Leitaktion im 5. Rahmenprogramm der EU wird das BMBF in enger Kooperation mit BMVEL und BMG den Aufbau von multidisziplinären Netzwerken zur präventiven Ernährungs- und Lebensmittelforschung fördern. Hierbei werden die Forschungsaktivitäten der be-

treffenden Ressortforschungseinrichtungen, der Wissenschaftsgemeinschaft Wilhelm Gottfried Leibniz und der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren sowie die Kommunikationszentren der öffentlich geförderten Ernährungsaufklärung in geeigneter Weise einbezogen. Das Ziel der Maßnahme besteht in einer vertieften Bewertung der Langzeiteffekte ausgewählter Lebensmittelbestandteile bei der Prävention und Ernährungstherapie von Volkskrankheiten wie Krebs oder Diabetes, und zwar bei genetisch definierten Populations- bzw. Risikogruppen. Durch den Informationstransfer in die mittelständische Industrie sollen Technologieschübe durch objektive Verbesserung der funktionellen Qualität von Lebensmitteln erleichtert und eine allgemeine Strukturverbesserung und Integration der Ernährungs- und Lebensmittelforschung in Deutschland erzielt werden.

5.2.3 Vorsorgeforschung

5.2.3.1 Biologische Sicherheit

Hintergrund

Die rasche Entwicklung der Genomforschung und ihre fortschreitende praktische Anwendung in den verschiedensten Bereichen wird von der Öffentlichkeit aufmerksam begleitet. Neben der Nutzung der Genomforschung in der Medizin stehen insbesondere die Anwendungsmöglichkeiten gen- und biotechnologischer Methoden in der Landwirtschaft und der Lebensmittelindustrie im Zentrum der kontrovers geführten öffentlichen Diskussion um mögliche Risiken der „Grünen Gentechnik“.



Biotechnologische Verfahren finden im Bereich des Umweltschutzes vielfältige Anwendungen. Neben den so genannten „end-of-pipe“-Technologien, bei denen industrielle Abfallstoffe unschädlich gemacht werden, versucht man heute gezielt, prozessintegrierte biotechnologische Verfahren zu entwickeln. So kann die Synthese toxischer Produkte häufig ganz vermieden werden, oder diese Abfallsubstanzen werden zu ungefährlichen Stoffen umgewandelt (z.B. durch Mikroorganismen oder Biokatalysatoren).

Im Rahmen des Förderschwerpunktes „Sicherheitsforschung und Monitoring“ soll der Einfluss von gentechnisch veränderten Pflanzen auf Mensch und Umwelt untersucht werden.



Maßnahmen

Das BMBF wird deshalb die Förderung einer verantwortbaren, am Vorsorgeprinzip orientierten Nutzung dieser Technologien durch eine biologische Sicherheitsforschung begleiten. Ziele dieser Sicherheitsforschung sind vor allem die Erweiterung des Wissens über das Verhalten gentechnisch veränderter Pflanzen und Mikroorganismen unter Freilandbedingungen und die Entwicklung geeigneter Methoden zu ihrer Beobachtung in einem Langzeitmonitoring.

Im Rahmen der Sicherheitsforschung sollen ebenfalls weitergehende Untersuchungen der Wirkung von gentechnisch veränderten Organismen im

ökologischen Kreislauf, wie z.B. in der Nahrungskette, in Stoffkreisläufen und Habitatstrukturen, erfolgen. Ein professioneller Rahmen für die Kommunikation der Forschungsprojekte und Forschungsergebnisse soll das gewonnene Wissen für die interessierte Öffentlichkeit zugänglich machen und die Zusammenarbeit zwischen Anwendern und Behörden verbessern. Bei der Auswahl der Fragestellungen werden die in der öffentlichen Debatte vorgebrachten wissenschaftlich begründeten Einwände

und Befürchtungen berücksichtigt. Ein sachgerechtes Projektmanagement wird die Vernetzung der für die Lösung konkreter wissenschaftlicher Fragestellungen einzubringenden Expertise gewährleisten und die Zusammenfassung, Auswertung und Kommunikation der Forschungsergebnisse vorbereiten.

5.2.3.2 Biologische Vielfalt

Hintergrund

Die Erhaltung der biologischen Vielfalt der Ökosysteme, der Arten und deren genetischer Vielfalt dient nicht nur der Sicherung unserer natürlichen Lebensgrundlagen, sondern ist auch Voraussetzung für eine innovative und nachhaltige Nutzung der bio-



logischen Ressourcen. Der derzeit hohe Verlust an biologischer Vielfalt wird vor allem auf veränderte Landnutzung (Intensivierung der Landwirtschaft, Urbanisierung) und die Einführung gebietsfremder Arten zurückgeführt. Als Ursache für den Verlust pflanzengenetischer Ressourcen wird überdies auch die Einführung neuer Kulturpflanzenarten diskutiert.

Die Biodiversitätsforschung sollte auf den Umsetzungsprozess der UN-Konvention über die biologische Vielfalt abgestimmt werden, deren Vertragsstaat Deutschland seit 1993 ist. Während der regelmäßig stattfindenden Vertragsstaatenkonferenzen, in denen die gemeinsamen Aktivitäten konkretisiert werden, und bei der Umsetzung der Beschlüsse zu den vielfältigen Einzelthemen hat sich z.T. erheblicher Forschungsbedarf gezeigt.

Der Deutsche Bundestag hat daher in einer Entschließung zu einem vom Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung vorgelegten Bericht „Gentechnik, Züchtung und Biodiversität“ die Erarbeitung eines Forschungsprogramms zur biologischen Vielfalt vorgeschlagen.

Maßnahmen

Das BMBF wird diese Empfehlung federführend für die Bundesregierung aufgreifen und in enger Zusammenarbeit mit den betroffenen Ministerien (BMU, BMZ, BMVEL) ein ressortübergreifendes Konzept entwickeln, das sowohl den Forderungen aus dem parlamentarischen Raum als auch den internationalen Erfordernissen, die sich unter anderem aus den vertraglichen Verpflichtungen gegenüber der UN-Konvention über die biologische Vielfalt ergeben, Rechnung trägt. Im Rahmen des Programms „Biologische Forschung und Technologie“ werden vor allem Untersuchungen zur genetischen Vielfalt im Vordergrund stehen.

5.3.3.3 Tierschutz

Hintergrund

Das Tierschutzgesetz verpflichtet die Biowissenschaften, aus der Verantwortung des Menschen für das Tier als Mitgeschöpf dessen Leben und Wohlbefinden weitmöglich zu schützen. Seit 1980 wurden im Rahmen des Förderschwerpunktes „Ersatzmethoden zum Tierversuch“ über 220 Forschungsvorhaben gefördert, die Beiträge zum langfristigen Ersatz und zur Reduktion von Tierversuchen sowie

zur Verminderung der versuchsbedingten Belastung der in Versuchen eingesetzten Tiere abzielten. Der Rückgang der Tierversuche in Deutschland von 1991 bis 1999 um 33,8% (Statistik BMVEL, 26.12.2000) ist zu einem nicht unerheblichen Teil auch auf die Ergebnisse der Förderung zurückzuführen.

Defizite

Dennoch bedarf es hier weiterer Forschungsanstrengungen, um den Erfolg zu verstetigen. Defizite bei der Entwicklung von Alternativmethoden zum Tierversuch bestehen neben ihrer Validierung und internationalen Anerkennung v.a. im Ersatz von Tiermodellen, in denen systemische Funktionen betrachtet werden. In diesem Zusammenhang ist die explizite und zielgerichtete Anwendung von biowissenschaftlichen Untersuchungsmethoden, die zum Studium hochkomplexer Lebensvorgänge geeignet sind, zur Reduzierung des Tierverbrauchs weiter zu forcieren.

Maßnahmen

Das BMBF wird den Forschungsschwerpunkt „Ersatzmethoden zum Tierversuch“ fortsetzen. Insbesondere müssen die Tierversuche erfordernden Rechtsvorschriften auf der Basis des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik einer kritischen Neubewertung unterzogen werden, um die spezifischen Potenziale zur Senkung des Tierverbrauchs aufzudecken und optimal zu nutzen. Weitere Maßnahmen zielen darauf ab, den Informationsaustausch national und international zu verbessern und den Transfer der Ergebnisse zu optimieren.

Vorschriftenübergreifend müssen die modernen Basismethoden verschiedener biowissenschaftlicher Teildisziplinen (z.B. Molekularbiologie, Bioinformatik) in die Thematik integriert werden, um auf erweiterter Basis innovative Ansätze für neue Alternativmethoden zu erarbeiten. Um die derzeit noch unentbehrlichen Tiermodelle soweit wie möglich zu ersetzen, sind Schritte zur Entwicklung hin auf komplexe In-vitro-Modelle von Organen bzw. Organfunktionen sowie ganzer Organsysteme von großer Bedeutung. Die Entwicklung von Ersatzmethoden zum Tierversuch ist auch Gegenstand der Förderung im 5. Rahmenprogramm der EU innerhalb der Key Action 3 (u. a. „Novel in-vitro testing as alternatives to animal testing“).

6. Finanzierung

Projektfördermittel (Angaben in Mio. EURO)	2001	2002	2003	2004	2005
Strukturelle Maßnahmen	39,5	43,0	40,0	41,0	41,0
Basisinnovationen	77,8	83,0	95,0	95,0	98,0
Forschung für Anwendungen	15,9	16,0	17,0	16,0	17,5
Vorsorgeforschung	12,5	12,0	14,0	14,0	14,5
Summe	145,7	154,0	166,0	166,0	171,0
	Gesamtfördersumme 2001-2005: 802,7 Mio. EURO				

7. Von der Vorhabensidee zum geförderten Projekt

42

WAS WIRD GEFÖRDERT?

Gefördert werden FuE-Vorhaben in Deutschland, die neben den wissenschaftlichen Zielen, die im Biotechnologieprogramm festgelegt sind, auch eine verstärkte Vernetzung von akademischer Forschung und Industrie bewirken und eine Verwertung der Ergebnisse vorsehen.

Weitere Ziele sind die Stärkung der Vorlauforschung für öffentliche Aufgaben wie Gesundheits-, Ernährungs- und Umweltvorsorge sowie FuE-Vorhaben zur Kommerzialisierung der Biotechnologie.

WER WIRD GEFÖRDERT?

Sowohl Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft mit Sitz in Deutschland als auch Universitäten, Fachhochschulen, Forschungseinrichtungen sowie andere FuE-Institutionen können sich um Fördermittel des Biotechnologieprogramms bewerben. Die einzelnen Förderschwerpunkte werden jeweils öffentlich im Bundesanzeiger und im Internet bekannt gemacht.

WIE WIRD GEFÖRDERT?

Einzelheiten zu Themen, Terminen, Antragsberechtigung, zuwendungsfähigen Kosten und Ausgaben sowie Laufzeiten und maximalen Förderquoten sind den jeweiligen Bekanntmachungen der Förderschwerpunkte zu entnehmen.

WER GIBT AUSKUNFT UND NIMMT FÖRDERANTRÄGE ENTGEGEN?

Das BMBF hat Projektträger mit dem fachlichen und administrativen Fördermanagement von FuE-Projekten beauftragt. Sie beraten Antragsteller und begleiten die Durchführung von Projekten.

Für Biotechnologie:

Forschungszentrum Jülich GmbH
Projektträger Pt Jülich
52425 Jülich
Telefon: 02461-615543, Fax -612690;
E-Mail: beo31.beo@fz-juelich.de
www.fz-juelich.de/beo

Für Deutsches Humangenom Programm (DHGP) und Nationales Genomforschungsnetz:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
DLR-PT
Südstr.125
53175 Bonn
Telefon: 0228-3821-0, FAX -3821257;
E-Mail: helmut.klein@dlr.de
www.dlr.de/PT

WIE STELLT MAN EINEN ANTRAG?

1. Formulierung einer kurzen Beschreibung des FuE-Vorhabens
2. Kontakt zum in der Bekanntmachung genannten Ansprechpartner beim Projektträger
3. Ggf. Beratung der wissenschaftlich-technischen Inhalte und der Verwertungsstrategie, Fördervoraussetzungen und Bewilligungsbedingungen mit dem PT unter Berücksichtigung der in den Förderbekanntmachungen vorgegebenen Kriterien und Regelungen
4. Formulierung des Projektantrags, Ausfüllen der Antragsformulare (elektronischer Antragsassistent EASY [www.kp.dlr.de/profi/easy]), Einreichen beim zuständigen PT
5. Fachliche und administrative Prüfung des Antrages durch den PT zur Vorbereitung der Förderentscheidung, ggf. Einschaltung externer Gutachter
6. Entscheidung über die Förderung durch BMBF oder PT

WIE LÄUFT EIN FuE-VORHABEN AB?

1. Beginn der FuE-Arbeiten nach Erteilung eines Zuwendungsbescheides
2. Turnusmäßige Vorlage von Zwischenberichten, Zwischennachweisen und Zahlungsanforderungen durch den Zuwendungsempfänger beim PT
3. Prüfung der Zwischenberichte, Zwischennachweise und Zahlungsanforderungen durch den PT, Veranlassung weiterer Zahlungen
4. Nach Abschluss:
Vorlage des Verwendungsnachweises und des Abschlussberichtes durch den Zuwendungsempfänger, Veröffentlichung der Ergebnisse durch den Zuwendungsempfänger, Erfolgskontrolle durch BMBF und Pt Jülich
5. Bericht zur Verwertung der Ergebnisse gemäß Verwertungsplan

8. Bekanntmachungen

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
zur BMBF-Förderaktivität
„BioChance“
im Förderprogramm Biotechnologie 2000
vom 09. Juni 1999

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
zur BMBF-Förderaktivität
„BioProfile“
im Förderprogramm Biotechnologie 2000
vom 04. November 1999

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
zur BMBF-Förderaktivität
„Tissue Engineering“
im Förderprogramm Biotechnologie 2000
vom 13. Januar 2000

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
zur BMBF-Förderaktivität
„Nanobiotechnologie“
im Förderprogramm Biotechnologie 2000
vom 10. April 2000

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
zur BMBF-Förderaktivität
„Nachhaltige BioProduktion“
im Förderprogramm Biotechnologie 2000
vom 20. April 2000

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
zur BMBF-Förderaktivität
**„Neue effiziente Verfahren für die funktionelle
Proteomanalyse“**
im Förderprogramm Biotechnologie 2000
vom 15. Juni 2000

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
zum Wettbewerb **„BioFuture“** (4. Auswahlrunde)
im Programm der Bundesregierung
„Biotechnologie 2000“
vom 15. September 2000

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
zur BMBF-Förderaktivität
**„Ausbildungs- und Technologieinitiative
Bioinformatik“**
im Förderprogramm Biotechnologie 2000
vom 22. September 2000

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
zur BMBF-Förderaktivität
„TSE-Diagnostik“
im Förderprogramm Biotechnologie 2000
vom 03. März 2001

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
„Sicherheitsforschung und Monitoring“
im Programm der Bundesregierung
„Biotechnologie 2000“
vom 21. März 2000

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
„GenoMik“
(Genomforschung an Mikroorganismen:
Kompetenznetzwerke der Forschung
für die Gesundheit, die Umwelt,
die Biotechnologie und die Analyse und Nutzung
der Biodiversität
vom 16. Oktober 2000

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
Netzwerke der Molekularen Ernährungsforschung
**„Lebensmittel zur Gesunderhaltung des Menschen
– Krankheitsprävention durch Ernährung“**
in den Programmen der Bundesregierung
„Biologische Forschung und Technologie“
und „Gesundheitsforschung“
vom 25. Oktober 2000

Bekanntmachung der Förderrichtlinien
„Ersatzmethoden zum Tierversuch“
im Programm der Bundesregierung
„Biologische Forschung und Technologie“
vom März 2001

9. Anschriften

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Heinemannstraße 2
53175 Bonn-Bad Godesberg
Tel.: 0 18 88-57-0; Fax: 0 18 88-57-83 60 1
E-Mail: bmbf@bmbf.bund.de
Internet: <http://www.bmbf.de>

Forschungszentrum Jülich GmbH

Projektträger Biologie, Energie, Ökologie (Pt Jülich, ehemals BEO)
Postfach 1913, 52425 Jülich
Tel.: 0 24 61-61-0, -46 22; Fax: 0 24 61-61-69 99
E-Mail: beo01.beo@fz-juelich.de
Internet: <http://www.fz-juelich.de/ptj>

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Projektträger des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)
Südstraße 125, 53175 Bonn
Tel.: 0228/38 21 0; Fax: 0228/38 21-2 29
E-Mail: PT@dlr.de
Internet: <http://www.dlr.de/PT>

Stiftung Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC)

Robert-Rössle-Straße 10, 13125 Berlin-Buch
Tel.: 0 30-9 40 60, Fax: 0 30-9 49 41 61
E-Mail: presse@mdc-berlin.de
Internet: <http://www.mdc-berlin.de>

GSF-Forschungszentrum für Umwelt u. Gesundheit GmbH

Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg
Tel.: 0 89-31 87-0; Fax: 0 89-31 87-33 22
E-Mail: oea@gsf.de
Internet: <http://www.gsf.de>

Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH (GBF)

Mascheroder Weg 1, 38124 Braunschweig
Tel.: 05 31-61 81-0; Fax: 05 31-61 81-5 12
E-Mail: info@gbf.de
Internet: <http://www.gbf.de>

Stiftung Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ)

Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg
Tel.: 0 62 21-42-0; Fax: 0 62 21-42-29 95
E-Mail: webmaster@dkfz-heidelberg.de
Internet: <http://www.dkfz-heidelberg.de>

Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK)

Stiftung des öffentlichen Rechts
Corrensstraße 3, 06466 Gatersleben
Tel.: 03 94 82-5-0; Fax: 03 94 82-5-139
E-Mail: muelen@ipk-gatersleben.de
Internet: <http://www.ipk-gatersleben.de>

Institut für Pflanzenbiochemie (IPB)

Weinberg 3, 06120 Halle
Tel.: 03 45-55 82-0; Fax: 03 45-55 82-1 49
E-Mail: ipb@ipb.uni-halle.de
Internet: <http://www.ipb.uni-halle.de>

Institut für Molekulare Biotechnologie e. V. Jena (IMB)

Beutenbergstraße 11, 07745 Jena
Tel.: 0 36 41-6 56-3 33; Fax: 0 36 41-6 56-3 35
E-Mail: hilgenfd@imb-jena.de
Internet: <http://www.imb-jena.de>

Hans-Knöll-Institut für Naturstoff-Forschung e.V. Jena (HKI)

Beutenbergstraße 11, 07745 Jena
Tel.: 0 36 41-6 56-6 11; Fax: 0 36 41-6 56-6 00
E-Mail: ahinnen@pmail.hki-jena.de
Internet: <http://www.hki-jena.de>

**Deutsches Institut für Ernährungsforschung
Potsdam-Rehbrücke (DifE)**

Arthur-Scheunert-Allee 114/116
14558 Bergholz-Rehbrücke
Tel.: 03 32 00-88-0; Fax: 03 32 00-88-4 44
E-Mail: schulz@www.dife.de
Internet: <http://www.dife.de>

**Leibniz-Institut für Neurobiologie Magdeburg
(IFN)**

Stiftung des öffentlichen Rechts
Brenneckestraße 6, 39118 Magdeburg
Tel.: 03 91-6 26 32 18; Fax: 03 91-61 61 60
E-Mail: staak@ifn-magdeburg.de
Internet: <http://www.ifn-magdeburg.de>

**Forschungsinstitut für Molekulare
Pharmakologie (FMP)**

im Forschungsverbund Berlin e.V.
Alfred-Kowalke-Straße 10, 10315 Berlin
Tel.: 0 30-51 55 10; Fax: 0 30-51 55 12 91
E-Mail: biziat@fmp-berlin.de
Internet: <http://www.fmp-berlin.de>

10. Literatur

- Genomanalyse im Biologischen System Pflanze (GABI), Januar 2001, BMBF
- Hightech statt Tiere – Ersatz- und Ergänzungsmethoden zu Tierversuchen; Grundlagen – Ergebnisse – Perspektiven; 2001, Hrsg.: BMBF, BMVEL, BMG, BMV
- Beschäftigungspotentiale im Bereich Bio- und Gentechnologie, September 2000, BMBF
- Science live – Wissenschaft im Dialog, Perspektiven moderner Biotechnologie und Gentechnik, April 2000, BMBF
- Funding of Biotechnology in Germany, Mai 2000, Pt-Jülich
- Biotechnologie – Basis für Innovationen, Mai 2000, BMBF
- DHGP XPRESS – Informationen aus dem Deutschen Humangenomprojekt – Newsletter
- Info Biotechnologie – Das Deutsche Humangenomprojekt und sein Ressourcenzentrum; Flyer
- German Human Genome Meeting 2000 – From Functional Genomics to Target Validation; Abstract Book
- Informationsblätter Biotechnologieförderung; Oktober 1999; Pt-Jülich
- Biotechnologie für umweltverträgliche industrielle Produkte und Verfahren; November 1999; Pt-Jülich
- Jahresbericht 1999; Projektträger Biologie, Energie, Umwelt des BMBF und des BMWi (Pt-Jülich)
- Biologische Sicherheit; Proceedings zum BMBF-Workshop Mai 1998; ISBN 3-89336-234-7
- Biotechnology for Clean Industrial Products and Processes; OECD Paris 1998; ISBN 92-64-16102-3

Bildquellennachweis

S. 4:

Roche Diagnostics, Penzberg
dpa, Jens Kalaene, Luckenwalde
AgrEvo

S. 5:

CEC Brüssel
E. Schröck und T. Ried; NHGR/NIH Bethesda, MD
PhotoDisc
AgrEvo
MEV

S. 7:

dpa, Kasper, Jena
PhotoDisc

S. 8:

Bayer AG
dpa, Kasper, Jena
RZPD GmbH Berlin

S. 9:

Science live

S. 10:

Aventis

S. 11:

Agentur „Eye of Science“, Reutlingen

S. 12:

Monsanto

S. 13:

Prof. Dr. W. Barthlott, Universität Bonn

S. 24:

Anja Hassinger
DHGP, Berlin

S. 26:

Artemis Pharmaceuticals AG
PhotoDisc

S. 27:

DKFZ Heidelberg
E. Schröck und T. Ried; NHGR/NIH Bethesda, MD

S. 30:

oben:

Prof. Dr. Wanner, Botanisches Institut der LMU,
München
Weitere Informationen zu den elektronen-
mikroskopischen Aufnahmen finden Sie auf der CD
„Bakterien“ von Dr. Gunnar Dembeck, München

unten:

AgrEvo

S. 32:

Patrick Browne, Stanford University, Los Angeles
DigitalVision

S. 33:

BBSRC London
GBF Braunschweig

S. 34:

GBF Braunschweig
Millennium Pharmaceuticals, Inc.
Incyte Genomics Systems, Inc.
Anja Hassinger

S. 35:

NMI Reutlingen
Forschungszentrum Jülich

S. 37:

Integra Bioscience GmbH
iTV, Denkendorf
BioTissue Technologies AG

S. 38/39:

MEV

S. 40:

AgrEvo



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

bmb+f

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

BMBF PUBLIK