

Züchtung menschlicher Hautzellen (1 Projekt: ETHZ/Uni Zürich); orientierte Immobilisierung von Biomolekülen (1 Projekt: Uni Bern); mechanistische Studien an methanogenen Enzymen (1 Projekt: ETHZ); bioaktive Naturstoffe aus Pflanzen (1 Projekt: ETHZ); gentechnologische Methoden für höhere Pflanzen (3 Projekte: ETHZ). Kristallisierung und Strukturaufklärung (X-ray) von Glycosyltransferasen und von membrangebundenen Proteinen (2 Projekte: Uni Zürich/Ciba-Geigy AG bzw. Uni Basel/ETHZ); Erforschung neuer mikrobieller Dehalogenasen bzw. Monooxygenasen mit Umweltrelevanz (2 Projekte: ETHZ bzw. EAWAG/ETHZ). Einige weitere Projekte können später noch akzeptiert werden.

Aus- und Weiterbildungsprogramm in Biotechnologie

Durch das Aus- und Weiterbildungsprogramm des SPP BioTech soll das Forschungspotential der Schweiz im Bereich Biotechnologie gezielt verbessert werden. Das Programm ist im wesentlichen auf die Forschungsthemen und die Bedürfnisse des SPP BioTech ausgerichtet, d.h. es werden vorwiegend Forscherinnen und Forscher unterstützt, die dem SPP in einer späteren Phase neue Impulse geben und ihr in der Aus- oder Weiterbildungszeit (bevorzugt im Ausland) erworbenes Know-How in eines der Module einbringen könnten.

Das Aus- und Weiterbildungsprogramm sieht die folgenden Möglichkeiten vor: Doktorandenprogramm, Postdoc-Programm, Juniorgruppenleiterprogramm und Freisemester-Programm. Bewilligt werden konnten bisher: sechs Doktorandengesuche, zehn Postdocgesuche, fünf Juni-

orgruppenleiterpositionen und drei Freisemestergesuche.

Technologiefolgenabschätzung für das SPP BioTech

1,5% der Mittel des SPP BioTech (und auch der anderen SPPs) sind für interdisziplinäre Studien im Bereich der Technologiefolgenabschätzung (TA) unter der Aufsicht des Schweizerischen Wissenschaftsrates reserviert. Solche TA-Studien, die sowohl die zu erwartenden positiven, d.h. gesellschaftlich erwünschten Auswirkungen der Biotechnologie, als auch die potentiellen Risiken für Gesellschaft, Mensch und Umwelt studieren und beurteilen sollen, sind nicht nur für das SPP BioTech als Ganzes, sondern auch für einzelne Modulthemen vorgesehen. Das SPP BioTech wird (wie im Ausführungsplan vorgesehen), unabhängig und komplementär zu den TA-Projekten des Wissenschaftsrates, in eigener Regie weitere TA-Anstrengungen unternehmen oder unterstützen. Wichtige Aktivitäten in dieser Richtung sind die Errichtung der bereits weiter oben erwähnten Fachstelle BATS und die Projekte zur biologischen Sicherheitsforschung im Rahmen von Modul 5B. Die Resultate der TA-Anstrengungen könnten in Zukunft als Grundlage für eine aktive Technologiegestaltung dienen.

Ausblick auf die weitere Entwicklung des SPP BioTech

Im Frühjahr 1994 werden Programmleitung und Expertengruppe ein erstes Konzept für die vorgesehene Weiterführung des Programms in der Periode 1996–1999 vorlegen, welches eine Grundlage für die nächste Forschungsbotschaft des

Bundesrates bilden soll. Dabei steht in erster Linie die Gewährleistung einer nahtlosen Weiterführung des Programms und vor allem der Forschung (eventuell mit modifizierten Zielsetzungen) in den erfolgreichen Schwerpunkten (Modulen) im Vordergrund. In die Planung einfließen werden auch die ersten Ergebnisse der bereits erwähnten Technologiefolgenabschätzung. In Ergänzung zu, oder eventuell teilweise als Ersatz für jetzt bestehende Module, sollen auch mögliche neue schweizerisch relevante Themen für die biotechnologische Forschung identifiziert, evaluiert und vorgeschlagen werden. Mögliche neue Themen sind: Lebensmittelbiotechnologie, nachwachsende Rohstoffe (Biokonversion)/Naturstoffe.

Eingegangen am 15. Dezember 1993

- [1] O. Ghisalba, H. Vogel, Früherkennungsstudie zur Biotechnologie (1990): Teil 1: 'Staatliche Förderung der Biotechnologie – Eine Analyse öffentlicher Forschungs- und Entwicklungsprogramme der wichtigsten Industrieländer'; Teil 2: 'Die Biotechnologie als Schlüsseltechnologie (Perspektiven und Prognosen) – Die Rolle der Biomoleküle als Informationsträger', Schweizerischer Wissenschaftsrat (Hrsg.), Bern, 1990, A/62 und A/63.
- [2] Ausführungsplan zum Schwerpunktprogramm Biotechnologie – März 1992 (Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung).
- [3] Ausführungsplan zu den Modulen 2 und 3 des Schwerpunktprogramms Biotechnologie – Januar 1993 (Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung).
- [4] Schwerpunktprogramm Biotechnologie – Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Broschüre des Nationalfonds, Mai 1993, erhältlich auf deutsch, französisch und englisch.

Chimia 48 (1994) 98–101
© Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft
ISSN 0009–4293

Japans Biotechnologie – ein Vorbild für Europa?

Oreste Ghisalba*

In Japan fehlt weitgehend die im Europa des 18. Jahrhunderts entwickelte Idee des 'Fortschritts', die für das Leben der westlichen Welt von so zentraler Bedeutung ist. Die japanische Gesellschaft ist nicht (oder doch nicht mit der gleichen Unverträglichkeit) wie die unsere in zwei

streitende Lager von 'Konservativen' und 'Progressiven' gespalten. Polare Denksätze sind in Japan immer noch beliebter als dualistische.

Historisch gesehen sind die wichtigsten Hauptkennzeichen der gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungen

in Japan und damit auch die Grundlagen der wirtschaftlichen Erfolge der Japaner:

- die genaue und relativ undogmatische Beobachtung der 'Vorbilder', verbunden mit grosser Bereitschaft zur Erprobung und 'Assimilation' neuer und auch fremder Konzepte, Ideen, Methoden und Produkte;
- die stetige, d.h. nicht sprunghafte Weiterentwicklung, Integration und Optimierung der Systeme;

*Korrespondenz: PD Dr. O. Ghisalba
Programmleiter SPP BioTech
Ciba-Geigy AG
R-1060.1.02
CH-4002 Basel

- die enge interne Vernetzung (auf Konsensbasis), möglichst aller an einer Entwicklung oder Produktion Beteiligten;
- die weitgehende Integration alter und neuer Technologien;
- die grosszügige Einräumung der nötigen Zeitspannen für die Einführung neuer Technologien;
- die aktive Förderung gewünschter Entwicklungen durch den Staat.

Im folgenden sollen einige wichtige Charakteristika der japanischen Forschungs- und Entwicklungspolitik, mit Schwerpunkt Biotechnologie, dargestellt werden. Die Auseinandersetzung mit der Biotechnologie (wie auch mit anderen 'neuen Technologien') nach japanischem Muster enthält prinzipiell drei Elemente:

- 1) eine sehr langfristige 'Technologie-Voraussage' (Technology Forecast);
- 2) eine anwendungsbezogene 'Technologiefolgenabschätzung' (Technology Assessment), verbunden mit der Auswahl und Priorisierung relevanter und wünschenswerter Entwicklungen;
- 3) eine aktive Technologiegestaltung (basierend auf 1 und 2) durch gezielte Förderung der gewünschten nationalen oder internationalen Entwicklungen.

Die wichtigste Organisation für die Wissenschaft in Japan ist die 'Science and Technology Agency (STA)'. Sie ist direkt dem Prime Minister's Office unterstellt und hat landesweite Verantwortung für die Koordination der Wissenschafts- und Technologiepolitik. Die Regierung und die STA werden in ihrer Forschungspolitik beraten durch den 'Science Council of Japan (JSC)' (eine Art gewähltes Wissenschaftlerparlament) und seine Fachkommissionen. Die Empfehlungen des JSC gehen an den 'Council for Science and Technology (CST)', welcher unter dem Vorsitz des Ministerpräsidenten die allgemeine Forschungspolitik Japans formuliert und die entsprechenden Weisungen an die Ministerien und die STA erlässt. Wissenschafts- und Technologiepolitik ist also in der japanischen Regierung sozusagen 'Chefsache'.

Durch die 'Science and Technology Agency STA' wurden auf dem Wege umfangreicher Umfragen 1971, 1976, 1982, 1986 und 1990/91 Prognosen zur zukünftigen Entwicklung der Technologie erstellt. Die bisher letzte Umfrage von 1991 wurde 1993 auch auf englisch veröffentlicht (Future Technology in Japan – Toward the Year 2020, The Fifth Technology Forecast Survey, Science and Technology Agency, Institute for Future Technology, Tokyo, 1993, ISBN 4-944008-03-1). Sie umfasste 1149 Technologie-

aspekte aus 16 Anwendungsfeldern für den Zeitraum von 30 Jahren (1991–2020)! Die Umfrage wurde nach der Delphi-Methode durchgeführt, d.h. in zwei Befragungsrunden. Von insgesamt 3334 Fragebogen der ersten Runde wurden 2781 oder 83% (!) beantwortet; von den 2781 Fragebogen der zweiten Runde (mit dem Feedback der Resultate aus der ersten Runde) wurden 2385 oder 86% beantwortet. Die Antworten dürften somit höchst repräsentativ sein. Die 1149 Technologieaspekte wurden nach den folgenden sieben Kategorien aufgliedert und quantifiziert: Grad der Expertise; Grad der Wichtigkeit; voraussichtliche Realisierungszeit; Erfolgswahrscheinlichkeit; Notwendigkeit internationaler Entwicklungszusammenarbeit; Vergleich des aktuellen FuE-Niveaus Japans mit jenem anderer Länder; Beschränkungen oder Behinderungen der Realisierbarkeit (technisch, institutionell, kulturell, finanziell, FuE-mässig, etc.). Die meisten Technologieaspekte mit hoher Priorität fanden sich in den fünf Anwendungsfeldern: Biologische Wissenschaften; Gesundheit und Medizin; Weltraum; Erde (Marine Wissenschaften, Erdwissenschaften); Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei. Den biologischen Aspekten der Zukunft, und damit natürlich auch der Biotechnologie, wird also eine sehr grosse Bedeutung beigemessen.

Die Resultate dieser von der STA periodisch durchgeführten Umfragen zur Technologieentwicklung und deren sorgfältige Analyse bilden eine der wichtigen Entscheidungsgrundlagen für die Gestaltung und Ausrichtung der künftigen, langfristigen Forschungspolitik der STA und damit auch der Förderungspolitik der japanischen Regierung. In enger Anlehnung an das japanische Vorbild hat das Bundesministerium für Forschung und Technologie der BRD im August 1993 ebenfalls eine 'Delphi-Studie' vorgelegt. Eine französische Delphi-Studie wird zur Zeit erstellt.

Japan hat eine lange Tradition in traditioneller Biotechnologie (Brauereiwesen, fermentierte Lebensmittel, Vitamine, Aminosäuren, Antibiotica, etc.). Diese Tradition wurde durch die japanischen Firmen und Institute auch nach dem Auftreten der sog. modernen Biotechnologie (mit Hauptgewicht auf Molekularbiologie, Gentechnologie) nicht aufgegeben oder reduziert, wie dies bei vielen amerikanischen oder europäischen Institutionen der Fall war. Die neuen Techniken wurden nicht als Ersatz, sondern vielmehr als Komplementierung der traditionellen (Physiologie-orientierten) Verfahren betrachtet und sinnvoll zu einem umfassenderen Ganzen integriert.

In allen verfügbaren japanischen Studien, die sich mit zukünftigen Technologieentwicklungen und speziell mit der Biotechnologie befassen, wird klar gesagt, dass:

- die Biotechnologie die wichtigste Schlüsseltechnologie für das 21. Jahrhundert ist;
- grosse wirtschaftliche Gewinne der neuen Biotechnologie-Industrie nicht vor der Jahrhundertwende zu erwarten sind;
- die gesellschaftlichen und industriellen Auswirkungen der modernen Biotechnologie erst im 21. Jahrhundert manifest werden.

Es scheint, dass die nötigen Zeiträume für die weitere Entwicklung der Biotechnologie in Japan grosszügiger und realistischer eingeschätzt werden als anderswo. Es wird klar gesagt, dass in der Forschung und bei der staatlichen Förderung langfristige Perspektiven nötig sind und dass die kurzfristigen Auswirkungen der modernen Biotechnologie nicht überschätzt werden dürfen. Biotechnologie wird als eine Herausforderung für das 21. Jahrhundert und nicht als die letzte wichtige Innovation des 20. Jahrhunderts betrachtet. Viel Gewicht muss auf die Grundlagenforschung gelegt werden. In Japan werden grosse Anstrengungen zur Promotion neuer Technologien unternommen, seitens der Regierung und Technologieorganisationen, aber auch seitens der einzelnen Industrieunternehmen. Die Vorbereitung für das 21. Jahrhundert ist das Hauptthema aller grossen Technologieausstellungen Japans. Vor allem die grosse Tsukuba-Expo von 1985 hat sich im Bewusstsein des Volkes tief eingepreßt. Auf dem Sektor Biotechnologie wird z.B. periodisch eine nationale BIO-FAIR abgehalten (abwechslungsweise in Tokyo und in Osaka), jeweils gekoppelt mit einem wissenschaftlichen Symposium. Diese gut besuchten 'Messen' sind im Gegensatz zu vielen europäischen Veranstaltungen keine reinen Verkaufsmessen. Ein grosser Teil der Standfläche (ca. 20–30%) dient der Information des Publikums über technologische Entwicklungen und Forschungsprogramme, und vor allem der Vermittlung von 'Zukunftsvisionen'. Dies trägt dazu bei, Ängste gegenüber neuen Technologien und zukünftigen Entwicklungen abzubauen. Neue Produkte werden oft schon akzeptiert, bevor sie fertig entwickelt sind und auf den Markt gelangen. Der aktive Dialog mit dem Publikum kann aber auch dazu führen, dass Strategien rechtzeitig modifiziert oder Entwicklungen wegen mangelnder Akzeptanz sistiert werden.

Die japanische Biotechnologieforschung ist so organisiert, dass ein echtes Kontinuum von der reinen Grundlagenforschung über die anwendungsorientierte Forschung bis hin zur Entwicklungsforschung besteht. Dadurch können die Resultate der Forschung problemlos in eine industrielle Nutzung in Form von Verfahren und Produkten umgesetzt werden. Japan und auch andere asiatische Länder haben in den letzten Jahren demonstriert, dass ein solcher Aufbau der Forschung sehr effizient ist und wesentlich zur Stärkung der heimischen Bioindustrie beiträgt. In der japanischen Biotechnologieforschung sind die Hochschulen, die nationalen Forschungsinstitutionen und die Industrie eng miteinander vernetzt. Bei der Definition der Zielsetzungen und beim Zusammenführen der Partner übernimmt der Staat eine wichtige Funktion als Vermittler und Förderer.

Die Stärken der japanischen 'Biotechnologie-Politik' liegen in der ausgeprägten Betonung der Entwicklung von landesweit durch alle involvierten Partner akzeptierten Forschungsstrategien, in der horizontalen Programmorganisation, in der Koordination mit dem privatwirtschaftlichen Sektor, und in der rechtzeitigen Finanzierung und Förderung der nötigen 'high technologies' (in Japan als 'seed corn policy' bezeichnet). Durch diese Strategien wird eine Verteilung des finanziellen Aufwandes und eine Verringerung des unternehmerischen Risikos der Beteiligten für Forschung und Entwicklung in der vorwettbewerblichen Phase ermöglicht. Viele der Partner können sich so an Projekten beteiligen (und damit spezifisches Know-How erwerben), die ihre eigenen Mittel bei weitem übersteigen würden. Der Wettbewerb zwischen den Partnern fängt erst dann richtig an, wenn die Erfolgsaussichten für eine neue Entwicklung wirklich gegeben sind.

Die Universitäten spielen eine wichtige Rolle in der nationalen wissenschaftlichen und technischen Forschung. Sie umfassen ca. 40% des gesamten nationalen Forscherbestandes. Die universitäre Forschung weist ungefähr die folgende Verteilung auf die Forschungssektoren auf: 55% Grundlagenforschung, 37% angewandte Forschung und 8% Entwicklungsforschung. Für die nationalen Forschungsinstitutionen ist die Verteilung: 13% Grundlagenforschung, 30% angewandte Forschung und 57% Entwicklungsforschung; und für die Industrie gelten die folgenden Zahlen: 6% Grundlagenforschung, 22% angewandte Forschung und 72% Entwicklungsforschung. (Quelle: The University Research System in Japan,

1986, Ministry of Education, Science and Culture (Monbusho), MESC 3-8608.) Zusammenarbeiten zwischen Universitäten und Industrie finden entweder über 'joint research' oder über 'contract research' statt. Verbreitet sind auch sog. 'donations' seitens der Industrie zur Unterstützung von Lehr- und Forschungsaktivitäten im Einklang mit den Interessen des 'donators'. In bezug auf die Hochschulforschung in Biotechnologie sind vor allem die sieben 'National Universities' von grosser Wichtigkeit: Tokyo University, Kyoto University, Osaka University, Hokkaido University, Tohoku University, Nagoya University und Kyushu University. Die biotechnologische Forschung (Hauptgebiete: mikrobielle Physiologie; mikrobielle Chemie; Biosynthese; Enzymtechnologie; Sekundärmetaboliten; Molekularbiologie; Zellbiologie) ist gewöhnlich in den Departementen für 'Agricultural Chemistry' oder 'Agricultural Biochemistry' lokalisiert. Die Kyoto University führt neben dem Department of Agricultural Chemistry, berühmt für seine Erfolge in enzymatischer/mikrobieller Chemie und deren Umsetzung in industrielle Verfahren(!), noch ein 'Research Center for Cell and Tissue Culture' und ein 'Laboratory of Microbial Biochemistry'. Drei Universitäten (Hiroshima, Osaka und Yamana-shi) verfügen über 'Departments of Fermentation Technology'. An der Kyoto University und am Tokyo Institute of Technology sind auch die 'Departments of Chemical Engineering' für die Biotechnologie wichtig.

Den Kern der öffentlichen FuE-Szene in Japan bilden die 'National Laboratories' und 'Research Public Corporations', in die ein beträchtlicher Anteil der öffentlichen Forschungsgelder fließt. Die Liste der 'Science and Technology Agency' (National Laboratories and Research Public-Corporations in Japan, Parts I and II, Science and Technology Agency (STA), 1987/88) umfasst 106 Forschungsinstitutionen, von denen sich rund 30 ganz oder anteilmässig mit Biowissenschaften befassen. Eine wichtige Strategie für die zukünftige Entwicklung von FuE in Japan ist das sog. Technopolis-Konzept. Dieses Konzept sieht die Errichtung mehrerer Forschungsstädte (riesige Technologieparks) vor. Die erste fertiggestellte Technopolis ist Tsukuba Science City. Es sind rund 55 Forschungsinstitute, zwei Universitäten und ca. 100 Firmen in Tsukuba ansässig. 40% aller Forscher der 'National Institutes' befinden sich in Tsukuba. Im Ballungszentrum Osaka/Kyoto entsteht zur Zeit eine zweite Wissenschaftsstadt, die Kansai Science City, sowie der Senri Tech-

nology Park. Ergänzend zu diesen beiden nationalen Technopolis-Projekten (in Tsukuba und Kansai) werden derzeit an 24 Orten, über ganz Japan verteilt, die Regionalverwaltungen dabei unterstützt, Technopolis-Städte zu errichten. Die Biotechnologie wird ausser in Tsukuba Science City und Kansai Science City noch in mehreren dieser geplanten Städte vertreten sein (R.D. Schmid, 'Tsukuba, Kansai Science City und 24 mal «Technopolis»', *Chemie in unserer Zeit* 1988, 22, 149).

Die Gesamtzahl der industriellen Biotechnologie-FuE-Forscher in Japan wird auf 10'000 geschätzt. Nach einer anderen Umfrage durch BIDEC 1989 (seit 1990 JBA) wurde ein 'All-Japan Bioindustry Sourcebook' erstellt, in dem 848 'Bio-Related Companies in Japan' verzeichnet sind (Bio-Related Companies in Japan 848 - The All-Japan Bioindustry Sourcebook. 4 Volumes, Tokyo 1989, Bioindustry Development Center (BIDEC)).

Für die Grundlagenforschung in Biotechnologie spielt die STA eine sehr wichtige Rolle. Neben der STA sind vier Ministerien an der Förderung der Biotechnologie beteiligt:

- Ministry for International Trade and Industry (MITI);
- Ministry of Agriculture, Fisheries, and Forestry (MAFF);
- Ministry of Education, Science, and Culture (MESC, Monbusho);
- Ministry of Health and Welfare (MHW).

Von diesen vier Ministerien ist MITI bei weitem das wichtigste. MITI führt die Biotechnologie in seiner Prioritätenliste der 'next generation base technologies' und betreibt eine beträchtliche Zahl eigener Forschungsinstitute (National Laboratories), die mit Biotechnologie befasst sind. MITI unterstützt zwei wichtige Biotechnologie-Organisationen:

- die 'Research Association for Biotechnology' (Diese fördert kollaborative, präkompetitive Forschung, d.h. angewandte Grundlagenforschung im Verbund von Firmen. Sie umfasst über 40 Firmen, darunter Mitsubishi Chemicals, Mitsui, Kyowa Hakko, Ajinomoto und Takeda.);
- die 'Japan Bioindustry Association' (JBA). (JBA hat die Funktion einer Drehscheibe für den Informationsaustausch zwischen Industrie, Akademie und Regierung und hilft die Chancen für biotechnologische Entwicklungen zu verbessern. JBA umfasst 1991 193 Promoting Member Companies, 113 Supporting Member Companies, 54 Public Members und 1697 Private Individual Members. JBA gibt neben

themenbezogenen japanischen Einzelstudien auch die englische Zeitschrift 'Japan Bioindustry Letters' heraus und organisiert die internationale 'Bio-Fair'.)

Die Stärke der Förderungspolitik durch MITI liegt darin, dass mit relativ geringem eigenem Mitteleinsatz grössere Finanzsätze der Industrie für FuE induziert werden und damit die industrielle Entscheidungsfindung beeinflusst wird. Der 'consensus approach' für die industrielle Forschungspolitik erfordert eine sehr extensive Beratung vor den Programmabschlüssen, damit, wie im Falle der Biotechnologie, möglichst breite Bereiche der japanischen Industrie erfasst werden. MITI betrachtet die Biotechnologie als einen wichtigen Weg, um die relativ schwache chemische Industrie Japans zu restrukturieren. Dies erklärt Japans grosse Anstrengungen auf den Gebieten der Enzymtechnologie und der Spezialitätenchemie. MITI strebt auch eine Restrukturierung der pharmazeutischen Industrie an.

Die STA fördert 'interministerielle' FuE-Programme nach den Richtlinien des 'Council for Science and Technology'. Die STA betreibt zwei Forschungssysteme: 'ERATO' (Exploratory Research for Advanced Technology) und seit 1987 die 'International Frontier Research Programs'. Der Anteil an Bioprojekten in diesen beiden Forschungssystemen ist gross.

Von 1991–2000 läuft zudem unter der Federführung von STA (unter Einbezug von MAFF, MITI und MHW) ein sehr grosszügig dotiertes nationales Forschungs- und Entwicklungsprogramm zum Thema 'Glykokonjugate und Glykotechnologie'.

Die 'Agency of Industrial Science & Technology (AIST)' fördert einige nationale FuE-Verbundforschungsprojekte (AIST – Agency of Industrial Science and Technology, Prospekt 1988, Technology Research and Information Division, MITI-AIST). Die folgende Liste gibt nur die Biotechnologieaspekte wieder:

- Research and Development Project on Basic Technologies for Future Industries:
 - (1981–1988: Entwicklung neuer Energie- und Ressourcen-sparender Bioreaktorsysteme für kontinuierlichen Betrieb;
 - 1981–1989: Zellkultur im technischen Massstab mit serumfreien Medien bei hohen Zelldichten und guter Produktion;
 - 1981–1990: rDNA-Technologie für die Entwicklung neuer Mikroorganismen für industrielle Anwendungen;

1986–1995: Bioelektronische Geräte; 1989–1998: Molekulare Aspekte funktioneller Proteinsysteme;

1991–2000: Produktions- und Anwendungstechnologien für komplexe Kohlenhydrate).

- The National Research and Development Program – The Large-Scale Project:

(1985–1990: 'Aqua-Renaissance' 90'/ Neue anaerobe Abwasserreinigungssysteme;

1988–1996: Feinchemikalien aus marinen Organismen)

- R&D on New Energy Technology – The Sunshine Project: (enthält Projekte zur Grundlagenforschung Bioenergie).

Direkt dem MITI unterstellt ist die 'New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO)', welche sich ausschliesslich mit Fragen der Energiegewinnung, -Umwandlung und -Speicherung befasst. NEDO bearbeitet auch den Themenkreis Alkohol- und Methangewinnung aus Biomasse. Von 1991 bis 1998 läuft bei NEDO ein gross angelegtes zukunftsorientiertes Verbundforschungsprojekt 'Development of Environmentally Friendly Technology for the Production of Hydrogen', in welchem die biosolare Wasserstoffproduktion mit Mikroorganismen in einen technischen Massstab umgesetzt werden soll.

Neben den oben erwähnten Institutionen existieren in Japan eine ganze Reihe von Biotechnologie-Forschungsinstituten (z.T. für produktorientierte Forschung), die durch private Stiftungen oder Firmenkonsortien getragen oder mitgetragen werden. Als einige Beispiele seien hier angeführt: Institute of Microbial Chemistry; Kitasato Institute; Research Center for the Industrial Utilization of Marine Organisms (25 Firmen, NEDO) im Zusammenhang mit dem AIST- 'Large Scale Project'; Das Protein Engineering Research Institute (PERI) wird durch 14 japanische Firmen und das Japan Key Technology Center (Japan Key-TEC) getragen. Japan Key-TEC ist eine Organisation der Regierung, der Japan Development Bank und privater Unternehmen, welche über ein Innovationsrisikogarantiesystem (bis zu 70% Beteiligung) FuE für Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts unterstützt.

Die Ausrichtung der öffentlichen FuE in Biotechnologie verschiebt sich immer mehr in Richtung Grundlagenforschung. Japan beginnt sich der internationalen Zusammenarbeit zu öffnen (Wissenschaftler austausch; Initiierung internationaler Programme). Der Council for Science and Technology hat zusammen mit den Mini-

sterien und Agenturen das 'Human Frontier Science Program (HFSP)' lanciert (Start 1989). Dies ist ein gross angelegtes Forschungsprogramm internationalen Zuschnitts. Das Programmziel ist die Aufklärung der Funktionsmechanismen lebender Organe. Zu diesem Zweck wurden acht wichtige Forschungsfelder und fünf Schlüsseltechniken bezeichnet.

Aus den japanischen Erfahrungen und Erfolgen könnten zur Verbesserung der Erfolgchancen für die moderne Biotechnologie in Europa (und teilweise auch USA) die folgenden Massnahmen abgeleitet werden:

- Verbesserung der langfristigen Technologie-Voraussagen und der Auswahlprozesse;
- Verbesserung des Dialogs mit und Einbezug der Öffentlichkeit bei der Umsetzung neuer Technologien und Anwendungen;
- undogmatische Auseinandersetzung mit 'fremden' Ideen und Strategien;
- gezieltere staatliche Anregung und Förderung gewünschter Entwicklungen → Der Staat sollte vor allem eine 'Katalysatorfunktion' übernehmen;
- Einräumung realistischer Zeithorizonte für diese Entwicklungen;
- mehr Mut zu langfristig angelegten, aber für die nachhaltige Entwicklung von Gesellschaft und Wirtschaft essentiellen Forschungsprogrammen;
- Optimierung der Anteile bei der Förderung von reiner Grundlagenforschung, anwendungsorientierter Forschung und Entwicklungsforschung, sowie Etablierung eines echten 'Forschungskontinuums' über diese drei Sektoren;
- Verbesserung des Dialogs und der Zusammenarbeit zwischen Hochschulen, nationalen Forschungsinstitutionen und Industrie;
- optimale Integration von traditioneller und moderner Biotechnologie;
- Die Biotechnologie sollte sich nicht zu sehr auf 'high Tech Produkte' konzentrieren, sondern vermehrt auch die Optimierung von chemischen Produktionsprozessen und die Reduktion von Umweltbelastungen ins Visier nehmen.