

Christine Katz  
Joachim J. Schmitt  
Leonhard Hennen  
Arnold Sauter

## Biotechnologien für die "Dritte Welt"

Eine entwicklungs-  
politische Perspektive?



Biotechnologien für die „Dritte Welt“

**2** Studien des Büros für  
Technikfolgen-Abschätzung  
beim Deutschen Bundestag

Christine Katz  
Joachim J. Schmitt  
Leonhard Hennen  
Arnold Sauter

## **Biotechnologien für die „Dritte Welt“**

Eine entwicklungspolitische  
Perspektive?



Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

**Biotechnologien für die „Dritte Welt“** : eine entwicklungspolitische  
Perspektive? / Christine Katz ... - Berlin : Ed. Sigma, 1996

(Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim  
Deutschen Bundestag ; 2)

ISBN 3-89404-811-5

NE: Katz, Christine; Deutschland / Büro für Technikfolgen-Abschätzung:  
Studien des Büros...

© Copyright 1996 by edition sigma® rainer bohn verlag, Berlin.

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Mikroverfilmungen, Übersetzungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

Textverarbeitung: TAB, Bonn.

Druck: Rosch-Buch, Hallstadt

Printed in Germany

# Inhalt

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>9</b>
<b>I. Einleitung</b> .....	<b>27</b>
1. Problemskizze und Aufgabenstellung .....	27
2. Definitionen .....	28
3. Vorgehensweise .....	33
<b>II. Status und Perspektiven biotechnologischer Forschung für Entwicklungsländer</b> .....	<b>37</b>
1. Anwendungsbereiche Landwirtschaft und Nahrungsmittel .....	37
1.1 Pflanzenbau .....	37
1.2 Biotechnologie in der Tierproduktion .....	43
1.3 Nahrungsmittelproduktion und Substitution von Agrarpro- dukten .....	44
1.4 Pflanzenbiotechnologische Forschungsprojekte mit Bezug zu Entwicklungsländern .....	47
1.5 Forschungsfinanzierung .....	51
1.6 Die internationalen Agrarforschungszentren (IARCs) .....	53
2. Anwendungsbereich Medizin.....	56
2.1 Der Beitrag der Biotechnologie für die medizinische Versor- gung von Entwicklungsländern und die tropenmedizinische Forschung .....	56
2.2 Biotechnologie im Rahmen internationaler Programme im Ge- sundheitswesen .....	62
2.3 Die Entwicklung von tropenmedizinischen Produkten durch die Pharmaindustrie .....	67
2.4 Der Stand der medizinischen Biotechnologie in den Entwick- lungsländern .....	69
3. Anwendungsbereich Ressourcenschutz.....	70
3.1 Umweltrelevante biotechnologische Anwendungen.....	70
3.2 Schutz genetischer Ressourcen .....	73

<b>III.</b>	<b>Auswirkungen der Nutzung neuer Biotechnologien .....</b>	<b>79</b>
1.	Auswirkungen auf die Position der Entwicklungsländer im internationalen Handel .....	79
1.1	Weltwirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	80
1.2	Substitutionsmöglichkeiten agrarischer Rohstoffe durch biotechnologische Entwicklungen.....	90
1.3	Die wirtschaftlichen Auswirkungen von Exportsubstitutionen auf Entwicklungsländer .....	96
1.4	Nutzen-Schutz-Konzepte für biologische Ressourcen.....	99
2.	Ökologische Auswirkungen .....	104
2.1	Ökologische Auswirkungen der landwirtschaftlichen Nutzung der Biotechnologie.....	104
2.2	Auswirkungen auf die biologische Vielfalt.....	110
2.3	Biologische Sicherheit in Entwicklungsländern - Die Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen .....	116
3.	Soziale Auswirkungen .....	129
3.1	Auswirkungen auf die Lebenslage der ländlichen Bevölkerung.....	129
3.2	Auswirkungen im Bereich Gesundheitsversorgung.....	137
3.3	Auswirkungen auf die Frauen in Entwicklungsländern.....	143
3.4	Produktsicherheit und Auswirkungen auf Verbraucher.....	151
<b>IV.</b>	<b>Bewertung der Biotechnologie vor dem Hintergrund entwicklungspolitischer Ziele .....</b>	<b>159</b>
1.	Ernährungssicherung.....	159
2.	Verbesserung der Gesundheitsversorgung .....	163
3.	Wissenschaftlich-technologische Autonomie.....	166
4.	Sozialverträglichkeit der Biotechnologie .....	172
5.	Umwelt- und ressourcenschonendes Wirtschaften .....	175
6.	Schlußfolgerungen für die deutsche Entwicklungszusammenarbeit .....	179
6.1	Förderung angepaßter Biotechnologien .....	180
6.2	Ausrichtung der Forschungsförderung auf die Probleme und Bedürfnisse des Südens und Transfer moderner Biotechnologien.....	183
6.3	Gestaltung der internationalen Rahmenbedingungen.....	185
6.4	Begleitende Maßnahmen.....	187
6.5	Schlußbemerkung .....	189



<b>Literatur .....</b>	<b>191</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>201</b>
1. Gutachten und Kommentare.....	201
2. Übersichten und Tabellen .....	205
2.1 Vom BMZ in der pflanzlichen Produktion geförderte biotechno- logische Vorhaben .....	205
2.2 Privat finanzierte Sammelprojekte für genetische Ressourcen.....	212
2.3 Regelungen zur Biologischen Sicherheit in Entwicklungslän- dern.....	217
3. Glossar .....	223
4. Abkürzungen.....	228

**Auch wenn im folgenden Text bei Personen- und Berufsbezeichnungen die weibliche Form der Einfachheit halber nicht gesondert aufgeführt ist, sind Frauen selbstverständlich mit gemeint.**

## **Zusammenfassung**

Von der modernen Biotechnologie werden vielfältige Auswirkungen auf die soziale, ökonomische und ökologische Situation von Entwicklungsländern erwartet. Biotechnologische Verfahren sollen Beiträge zur Lösung oder zumindest Minderung zentraler Probleme von Entwicklungsländern leisten, mit ihnen verbindet sich aber auch die Sorge, daß sich die technologische und wirtschaftliche Kluft zwischen armen und reichen Ländern noch weiter vertiefen könnte. Die Bedeutung, die die Biotechnologie zukünftig bei der Entwicklung der Nord-Süd-Beziehungen erlangen könnte, zeigt sich nicht zuletzt in der besonderen Beachtung, die sie auf der Umweltkonferenz der Vereinten Nationen 1992 in Rio de Janeiro fand. Insbesondere die dort verabschiedete Konvention über biologische Vielfalt befaßt sich mit den Fragen einer fairen Kooperation von Industrie- und Entwicklungsländern auf dem Gebiet der Biotechnologie und der sozial- und umweltverträglichen Gestaltung der durch die Biotechnologie forcierten Nutzung genetischer Ressourcen.

Mit dem vorliegenden Bericht schließt das TAB das im Februar 1994 auf Initiative des Ausschusses für wirtschaftliche Zusammenarbeit und im Auftrage des damaligen Ausschusses für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages begonnene Projekt "Auswirkungen moderner Biotechnologien auf Entwicklungsländer und Folgen für die zukünftige Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Entwicklungsländern" ab. Der Bericht stellt, ausgehend von den derzeit erkennbaren Anwendungsmöglichkeiten, mögliche Folgen für die ökonomische, ökologische und soziale Situation der Entwicklungsländer dar, versucht, die Bedeutung der modernen Biotechnologie vor dem Hintergrund entwicklungspolitischer Zielsetzungen zu bewerten, und zieht Schlußfolgerungen für die zukünftige deutsche Entwicklungszusammenarbeit.

## **Status und Perspektiven biotechnologischer Forschung für Entwicklungsländer**

Die Untersuchung des Stands und der Perspektiven biotechnologischer Forschung und ihrer Anwendungen ist vor allem in den Bereichen Landwirtschaft, Medizin und Ressourcenschutz von Relevanz für Entwicklungsländer. In den Anwendungsbereichen Landwirtschaft und Nahrungsmittel steht der Pflanzen-

bau im Mittelpunkt, da mit ihm die größten Erwartungen, vor allem im Hinblick auf die zukünftige Ernährungssicherung, verbunden sind. Besondere Beachtung finden von der Bundesrepublik Deutschland und der EU geförderte Forschungsprojekte, die Arbeit der Internationalen Agrarforschungsinstitute (IARCs) sowie die Forschungsfinanzierung. Für den Bereich Medizin wird der mögliche Beitrag, den Biotechnologie in der Gesundheitsversorgung von Entwicklungsländern leisten könnte, beschrieben. Dabei werden die Arbeiten im Rahmen internationaler Programme und die Tätigkeit von Privatunternehmen sowie das technologische Potential der Entwicklungsländer auf diesem Gebiet untersucht. Im Bereich des Ressourcenschutzes wird neben verschiedenen umweltrelevanten Anwendungen vor allem der Schutz der genetischen Vielfalt diskutiert.

### **Anwendungsbereiche Landwirtschaft und Nahrungsmittel**

*Pflanzenbiotechnologische Methoden* umfassen eine Vielzahl von Verfahren: Zell- und Gewebekulturtechniken ermöglichen neuartige oder beschleunigen bisherige Züchtungs- und Vermehrungsansätze; analytische Methoden erleichtern die Untersuchung und Selektion gewünschter Eigenschaften von Pflanzen und werden zur Krankheitsdiagnostik eingesetzt; gentechnische Verfahren sollen die gezielte Neukombination von Einzelmerkmalen wie Virusresistenz oder Nährstoffzusammensetzung bewirken. Diese Methoden wurden in begrenztem Umfang in den vergangenen Jahren auch bei Pflanzenarten angewendet, die vor allem für Entwicklungsländer von Bedeutung sind. Konkrete Erfolge der Anwendung moderner biotechnologischer Verfahren, in Form neuer, besonders ertragreicher oder schädlingsresistenter Sorten, wurden bei diesen Pflanzen allerdings bisher nicht berichtet, im Gegensatz zu Arten, die für die Industrieunternehmen des Nordens finanziell lohnende Forschungsobjekte darstellen. Der potentielle Nutzen der zur Zeit möglichen, äußerst aufwendigen gentechnischen Veränderungen wird als eher gering eingeschätzt. Bessere Erfolgchancen bieten die verstärkte Anwendung erprobter, einfacherer moderner biotechnologischer Verfahren im Bereich Zell- und Gewebekultur sowie Analysetechniken. Als umweltfreundliche Option werden verbesserte Biopestizide und Biodüngemittel angesehen, durch die der Austrag konventioneller chemischer Produkte verringert werden könnte.

Die *Viehwirtschaft* bietet eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten für moderne biotechnologische Methoden, z.B. für Zuchtanalysen, die Produktion von Impfstoffen und im gesamten Bereich der Reproduktionsbiologie. Für Ent-

wicklungsländer vordringlich ist jedoch eine grundsätzliche Modernisierung der (konventionellen) Viehzucht durch Aufbau der entsprechenden Infrastruktur, z.B. mit Hilfe der internationalen Agrarforschungszentren, wobei für die jeweilige Problemlage die an die örtlichen Bedürfnisse bestangepaßten Verfahren und Lösungsmöglichkeiten ermittelt werden müssen.

Moderne biotechnologische Methoden werden im *Nahrungsmittelbereich* zunehmend eingesetzt werden, v.a. bei der großmaßstäblichen industriellen Fertigung, die auch für die Ernährung der wachsenden Zahl "westlich orientierter", in Großstädten lebender Menschen in den Entwicklungsländern immer wichtiger wird. Neben der möglichen Weiterentwicklung und Optimierung traditioneller biotechnologischer, fermentativer Verfahren zur Lebensmittelproduktion werden moderne Methoden insbesondere zur Substitution bislang nur sehr aufwendig und teuer produzierbarer Stoffe (Enzyme, Aroma-, Geschmacks- und Farbstoffe u.ä.) zum Einsatz kommen.

Die *Bundesrepublik Deutschland* hat von 1988-1994 mehr als 100 *pflanzenbiotechnologische Projekte gefördert*, die auf Entwicklungsländer bzw. auf Entwicklungsländer-spezifische Pflanzenarten bezogen waren. Bei den Vorhaben, die oft nur einen sehr geringen finanziellen und zeitlichen Umfang hatten, dominierten einfachere Zell- und Gewebekulturtechniken sowie analytische Verfahren; Hauptforschungsgebiete waren Pflanzengenetik/züchtung und Pflanzenschutz. Während die deutschen Projekte meist eine übergreifende Koordination vermissen ließen, beschränkte sich die *EU* im gleichen Förderzeitraum auf 20 Vorhaben, die aber viel umfassender die jeweiligen Themen bearbeiteten und dabei auch ein größeres Spektrum moderner biotechnologischer Methoden einsetzten. Die weltweiten finanziellen Aufwendungen für biotechnologische Forschung können nicht quantitativ exakt ermittelt werden, was für eine weitergehende Abschätzung zukünftiger Trends notwendig wäre. Die *verfügbaren Zahlen* zeigen, welche geringe Bedeutung entwicklungsländerbezogene biotechnologische Forschung bislang besitzt.

Die *internationalen Agrarforschungszentren* sind die zentralen Einrichtungen, in denen versucht wird, die Ergebnisse moderner Agrarforschung zur Lösung landwirtschaftlicher Probleme der Entwicklungsländer anzuwenden. Bei Pflanzenarten, die auf den Weltmärkten keine Rolle spielen und daher für Privatunternehmen nicht lukrativ sind, aber der Ernährung in der "Dritten Welt" dienen, verfolgen die IARCs meist als einzige aufwendige und aktuelle Forschungsansätze. Die bisherige finanzielle Ausstattung muß angesichts der Bedeutung der Aufgabe der IARCs als zu gering angesehen werden. Bei der Anwendung moderner biotechnologischer, insbesondere gentechnologischer Me-

thoden entstehen Probleme für die IARCs v.a. im Bereich des geistigen Eigentums. Da viele der modernen Methoden patentgeschützt sind, können sie nicht unlicenziert auf die Mandatspflanzen der Forschungszentren angewendet werden. Daneben sehen sich die IARCs bei Kooperationen mit Privatunternehmen teilweise zu eigener, "defensiver" Patentierung genötigt, die in Konflikt mit der bisherigen Politik der "offenen Türen" geraten kann.

## **Anwendungsbereich Medizin**

Im *medizinischen Sektor* bieten biotechnologische und darunter vor allem gentechnologische Methoden theoretisch eine Reihe von Möglichkeiten, die Diagnose von Krankheiten in Entwicklungsländern zu verbessern, therapeutische Möglichkeiten zu erforschen, Impfstoffe herzustellen und immunologische Mittel zur Empfängnisverhütung zu entwickeln. Die Forschung mit gentechnologischen Methoden stellt jedoch sehr hohe Anforderungen an das Know-how der Wissenschaftler, die Ausrüstung entsprechender Forschungszentren - auch unter Sicherheitsaspekten beim Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen - und an die notwendigen Finanzmittel. Diese Voraussetzungen sind in der Regel in armen Entwicklungsländern nicht vorhanden. Eine Forschung und Entwicklung mit bio- und gentechnologischen Methoden an Krankheiten, die vor allem in Entwicklungsländern verbreitet sind, kann daher aus eigenen Mitteln vor Ort kaum stattfinden. Da Medikamente und Impfstoffe aus gentechnischer Forschung und Produktion in der Regel teurer sind als herkömmlich hergestellte Präparate, können sie auch nicht zur finanziellen Entlastung der medizinischen Versorgung von Entwicklungsländern beitragen.

Biotechnologische Methoden werden im Rahmen *internationaler tropenmedizinischer Forschungsprogramme* angewandt. Sie sollen dazu beitragen, die Erforschung einiger in den Tropen weit verbreiteter Krankheiten, wie Malaria, Bilharziose und Filariose, zu verbessern und Bekämpfungsmethoden zu entwickeln. Entsprechende Projekte werden sowohl mit Unterstützung des TDR-Programms von UNDP, Weltbank und WHO durchgeführt als auch durch das STD-Programm der EU gefördert. Im Rahmen dieser Projekte soll zum einen die Kooperation zwischen europäischen Instituten und Einrichtungen in den Entwicklungsländern auf- und ausgebaut werden, zum anderen soll sowohl die Zusammenarbeit innerhalb Europas gefördert als auch die Forschung in den Industrieländern stärker auf die Bedürfnisse der Entwicklungsländer ausgerichtet werden. Der Hauptanteil der vergebenen Fördermittel des STD-Programms ent-

fällt auf die Europäische Gemeinschaft, gefolgt von Afrika, Lateinamerika und Asien. Nach einer Untersuchung der GTZ sind deutsche Forschungsinstitute in internationalen tropenmedizinischen Programmen unterrepräsentiert.

Die hohe Verschuldung vieler armer Entwicklungsländer bzw. ihr Devisenmangel macht ihnen die Einfuhr teurer Medikamente unmöglich. Dadurch fehlt der *Pharmaindustrie* weitgehend der Absatzmarkt für neu zu entwickelnde, relativ teure tropenmedizinische Medikamente. Viele deutsche Pharmafirmen haben daraufhin die Entwicklung entsprechender Medikamente eingestellt. Sie betonen, daß die unsichere Marktlage in armen Entwicklungsländern eine Zusammenarbeit mit staatlichen Geldgebern notwendig mache. US-amerikanische Pharmafirmen zeigen ein wachsendes Interesse an Märkten in Schwellenländern. Zur Finanzierung entsprechender Forschungsprojekte gegen Krankheiten in diesen Ländern bilden sie Forschungs- und Finanzpools und arbeiten mit wissenschaftlichen Instituten vor Ort zusammen.

Die *Anwendung der medizinischen Biotechnologie ist in den Entwicklungsländern* unterschiedlich weit fortgeschritten. In armen Entwicklungsländern gibt es kaum eigene Forschungsinstitute. Vertretungen von Pharmafirmen in diesen Ländern sorgen oft lediglich für den Vertrieb, ohne die wissenschaftliche Kapazität des Landes zu fördern. Die meisten Schwellenländer, jedoch nur wenige ärmere Länder, z.B. Kenia und Simbabwe, verfügen über moderne biotechnologische Forschungseinrichtungen. Ziel vieler Vorhaben in diesen Einrichtungen ist jedoch nicht die Entwicklung und Produktion tropenmedizinischer Präparate für die arme Bevölkerungsmehrheit, sondern die Produktion von Nachahmprodukten für den Pharmamarkt in Industrieländern oder für die reiche Bevölkerungsschicht im Lande.

### **Anwendungsbereich Ressourcenschutz**

*Umweltrelevante biotechnologische Anwendungen* finden sich im Bereich Biogas- und Bioalkoholproduktion, beim Abbau von Schadstoffen in Boden und Wasser sowie bei der bakteriellen Erzlaugung. Gentechnische Ansätze spielen auf diesen Gebieten noch keine besondere Rolle, die Forschung beschäftigt sich vorrangig mit der Identifizierung und Charakterisierung geeigneter Mikroorganismen. Technologische Neuerungen können häufig aus Kostengründen von Entwicklungsländern nicht übernommen werden, wie auch wenig eigene Forschung finanziert werden kann.

Biotechnologische Methoden werden seit Mitte der 80er Jahre vermehrt für die *Konservierung genetischer Ressourcen* in Genbanken verwendet. Gewebekulturverfahren stellen die Mittel der Wahl für den internationalen Austausch von vegetativ vermehrbarem Pflanzenmaterial dar, das z.B. vor Virusbefall geschützt werden muß. In den letzten Jahren hat eine verstärkte Orientierung der weltweiten Konservierungsstrategien in Richtung Sammlung und Erhalt der Vielfalt lokal bedeutsamer Arten bzw. Sorten stattgefunden. Für Entwicklungsländer von besonderer Bedeutung ist die Frage der Standorte der internationalen Genbanken sowie der Nutzungs- und Wertschöpfungsrechte, auch bezüglich der "historischen" Proben, die die Grundlage industrieller Pflanzenzucht geliefert haben und zum Großteil aus tropischen Ländern stammen.

## **Auswirkungen der Nutzung neuer Biotechnologien**

### **Auswirkungen auf die Position der Entwicklungsländer im internationalen Handel**

Die Entwicklung der Biotechnologie sowie die Chancen und Risiken ihres Einsatzes hängen für einzelne Länder entscheidend von den nationalen und internationalen politischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen ab. Zu solchen Bedingungen zählen - neben der nationalen Politik von Staaten und Wirtschaftsregionen - überregionale Abkommen wie das Weltwirtschaftsabkommen GATT und das in ihm enthaltene reformierte Patentrecht (TRIPS). Innerhalb dieser Rahmenbedingungen können biotechnologische Entwicklungen, die z.B. zur Substitution traditioneller, von Entwicklungsländern exportierter agrarischer Rohstoffe führen können, einen großen Einfluß auf die wirtschaftliche Entwicklung besonders betroffener Länder ausüben. Bei der Einführung der Biotechnologie sind Entwicklungsländer mit gut ausgebautem technologischen und infrastrukturellen Potential im Vorteil und können daher biotechnologische Verfahren und Produkte schneller und erfolgreicher nutzen als Länder mit schlechter Infrastruktur. Dies gilt auch für den Aufbau von Nutzungsmöglichkeiten für genetische Ressourcen und die Einrichtung von Schutzmaßnahmen für artenreiche Ökosysteme.

Bei der *Gestaltung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen* spielen zahlreiche bi- und multilaterale Abkommen zwischen Regierungen und staatliche Regulative wie Zölle und nichttarifäre Handelshemmnisse sowie die finanzielle Unterstützung der heimischen Produktion und Exportsubventionen eine wichtige



Rolle. Im Vergleich dazu wird der Einfluß der Biotechnologie auf die Weltmarktposition der Entwicklungsländer in absehbarer Zeit eher gering bleiben. Erhebliche Effekte werden indes von der im *GATT* geforderten Liberalisierung des Welthandels erwartet. Unter der Voraussetzung, daß eine Liberalisierung des Welthandels und des internationalen Agrarmarktes stattfindet, werden eine Belebung des Welthandels und ein Anstieg der Rohstoffpreise auf dem Weltmarkt zumindest für diejenigen landwirtschaftlichen Produkte erwartet, deren Weltmarktpreis bislang durch Exportsubventionen niedrig gehalten wurde. Ein höherer Rohstoffpreis könnte die Entwicklung effizienterer Produktionsverfahren mit Hilfe biotechnologischer Methoden begünstigen. Von einem weitreichenden und wirksamen *Schutz geistigen Eigentums* werden positive Impulse für die Entwicklung der Biotechnologie in Industrie- und Schwellenländern erwartet. Sehr arme Entwicklungsländer könnten jedoch - beim Fehlen nationaler Sonderkonditionen -, z.B. durch finanzielle Forderungen für Lizenzverträge vom Zugriff auf gerade für sie wichtige patentierte biotechnologische Verfahren und Produkte ausgeschlossen werden. Eine Lücke bisheriger Regelungen zum Schutz geistigen Eigentums ist die rechtliche und finanzielle Behandlung indigenen Wissens.

Das vermutete *Veränderungspotential der Biotechnologie auf dem Weltagrarmarkt* stützt sich auf die nicht unstrittige Annahme, daß mit Hilfe biotechnologischer Entwicklungen bestimmte agrarische Rohstoffe billiger als mit traditionellen Methoden und Pflanzen erzeugt werden könnten. Die Produktion von Stoffen in Fermentern und die biotechnologische Veränderung von Pflanzen ermöglichen eine gewisse Entkopplung der Produktion bestimmter Stoffe von den sie bisher erzeugenden Pflanzen und Organismen. Besonders deutlich wird dies auf dem Gebiet der Erzeugung von pflanzlichen Fetten und Ölen (z.B. Kakaobutter), wo bereits zahlreiche Patentanmeldungen zur Veränderung der Fettsäurezusammensetzung von Pflanzen und für mikrobiologische Produktionsverfahren von Fettsäuren vorliegen. Dies weist darauf hin, daß relativ teure Rohstoffe wie Kakaobutter, Erdnuß- und Kokosöl durch die biotechnologische Umwandlung billigerer Fettsäuren aus Raps-, Soja- und Palmöl schon bald ersetzt werden könnten. Hauptvoraussetzung für den breiten Einsatz von Substituten ist jedoch ihre Rentabilität. Diese ist zur Zeit bei vielen technisch bereits verfügbaren *Substituten* bzw. *Substitutionsverfahren* noch nicht gegeben, und es ist fraglich, ob sie bei anhaltend niedrigen Herstellungskosten für die entsprechenden natürlichen Rohstoffe in absehbarer Zeit erreicht werden kann.

Die Produktion und der Export bestimmter agrarischer Produkte sind auf dem Weltmarkt stark auf einzelne Länder konzentriert, so daß die *Auswirkun-*

gen einer Reduktion der (insbesondere durch Industrieländer) nachgefragten Rohstoffmengen durch Substitutionen für einige exportierende Länder gravierend, für andere hingegen kaum spürbar wären. Zu den Ländern, auf die technisch bereits realisierbare Substitutionsmöglichkeiten einen nicht zu unterschätzenden Einfluß haben könnten, zählen Côte d'Ivoire, Ghana, Kongo, Mauritius, Nigeria, die Dominikanische Republik und Bolivien. Die Analyse ihrer Exportstruktur zeigt, daß sie in der Regel fast ausschließlich auf ein einziges Exportprodukt (meist Kakao oder Zucker) spezialisiert sind, so daß hier eine Substitution schwerwiegende Folgen haben könnte. Unter den Entwicklungsländern werden infrastrukturell gut ausgebaute Länder größere Vorteile durch biotechnologische Methoden und Produkte haben als Länder mit einer schwächeren Infrastruktur, da sie neue Pflanzensorten und biotechnologische Methoden schneller entwickeln und anpassen können und anderenorts entwickelte Fortschritte schneller in ihrem Land etablieren können. Die ungleichen Anwendungsmöglichkeiten verfügbarer Techniken können daher weitere Handelsverschiebungen zu Lasten jetzt schon sehr armer Länder verursachen.

Bisher standen genetische Ressourcen für die Suche nach Wirkstoffen (z.B. für Medikamente) weitgehend kostenlos zur Verfügung. Vor dem Hintergrund des steigenden Wertes von Genen und der immer notwendiger werdenden Schutzmaßnahmen für artenreiche Gebiete versuchen neuere Strategien, die Nutzung vorhandener Genressourcen an gleichzeitige Schutzmaßnahmen zu binden (*Nutzen-Schutz-Konzept*). Um diesem Konzept völkerrechtliche Verbindlichkeit zu verleihen, wurde im Rahmen der Umweltkonferenz der Vereinten Nationen 1992 die Konvention über den Schutz der biologischen Vielfalt verabschiedet. Als eine erste konkrete Umsetzung dieses Konzepts gilt ein Vertrag zwischen dem amerikanischen Konzern *Merck Sharp & Dohme Pharmaceuticals* und dem *Instituto de Biodiversidad (InBio)* in Costa Rica, einer halbstaatlichen Firma, die genetisches Material sammelt und aufbereitet. Dieser Vertrag sowie der Aufbau von *InBio* in Costa Rica gelten einigen Entwicklungsländern (z.B. Mexiko, Indonesien und Kenia) als vorbildlich für die Vermarktung und den Schutz von genetischen Ressourcen bei gleichzeitigem Aufbau eigener technologischer Kapazitäten. Andere Entwicklungsländer betrachten ihre Chancen für den Aufbau von eigenen Verwertungs- und Vermarktungskapazitäten für ihre genetischen Ressourcen eher skeptisch. Länder, die nur über geringe wissenschaftliche und technologische Kapazitäten verfügen, werden sich eher auf die arbeitsintensiven Bereiche, wie erste Probensammlungen, beschränken müssen und bleiben daher wahrscheinlich bloße Rohstofflieferanten.

## Ökologische Auswirkungen

Abgesehen davon, daß nachsorgende Maßnahmen, gleich auf welcher Technologie sie beruhen, in den meisten Fällen die zweitbeste Variante im Vergleich zu vorsorgenden Maßnahmen darstellen, werden im Bereich der konkreten umweltrelevanten Anwendungen die Möglichkeiten und Auswirkungen moderner biotechnologischer Verfahren meist positiv beurteilt. Durchaus kontrovers werden jedoch die Auswirkungen moderner Biotechnologie bei ihrem Einsatz in der Landwirtschaft und zum Schutz genetischer Ressourcen diskutiert.

Der vermehrte Einsatz von *Biopestiziden* und *Biodünger* könnte es ermöglichen, in Entwicklungsländern umwelt- und humantoxikologisch bedenkliche konventionelle chemische Produkte in größerem Umfang zu ersetzen oder ihren Einsatz ganz zu vermeiden. Allerdings gibt es große Wissensdefizite bezüglich der ökosystemaren Auswirkungen, die eine intensive Begleitforschung erfordern. *Streßtolerante Pflanzen* - die auf absehbare Zeit gentechnisch wohl nicht hergestellt werden können - könnten zur Entlastung von übernutzten Gunststandorten und/oder Ertragszuwächsen führen, bergen aber die Gefahr der Zerstörung der letzten unberührten, bisher landwirtschaftlich nicht genutzten Flächen. Nicht wünschenswert erscheint eine weitere Zunahme ökologisch bedenklicher, ausgedehnter Monokulturen zur Bioalkoholproduktion, zumal wenn dafür die Nahrungsmittelproduktion eingeschränkt wird.

Biotechnologische Methoden können im Rahmen von *Ex-situ-Schutzmaßnahmen* helfen, den drohenden weiteren Verlust biologischer Vielfalt zu vermeiden. Von der Anwendung biotechnologischer Methoden, v.a. in der Landwirtschaft, gehen jedoch auch Gefahren für die Arten- und Sortenvielfalt aus. Neben einer zunehmenden Uniformisierung des optimierten Pflanzgutes, die z.B. durch klonale Propagation verstärkt werden kann, besteht gerade in tropischen und subtropischen Entwicklungsländern, die in den Gebieten der größten biologischen Vielfalt liegen, eine größere Wahrscheinlichkeit des unkontrollierten "gene flow" von Kultur- auf Wildpflanzen. Die tatsächlichen Gefährdungspotentiale sind aufgrund der unzureichenden Kenntnisse der ökosystemaren Zusammenhänge bisher nicht genau abzuschätzen. Für die zukünftige Ernährungssicherung kaum zu überschätzen ist der Erhalt der Vielfalt lokaler standortangepaßter Sorten, der *in situ* über die Pflege einer vielfältigen Landwirtschaft erfolgen muß.

Die Frage der *Biologischen Sicherheit* stellt sich angesichts einer erwartbaren Zunahme des Transfers gentechnologischer Verfahren und Produkte in die Länder des Südens mit besonderer Dringlichkeit: Zum einen, weil besondere

Risiken einer ungewollten Freisetzung von GVOs in den Zentren biologischer Vielfalt nicht auszuschließen sind; zum anderen, weil rechtliche Regelungen zur Biologischen Sicherheit sowie Infrastruktur und Know-how für entsprechende Kontrollen in den Entwicklungsländern größtenteils fehlen. Im Rahmen der Bemühungen um ein international verbindliches Protokoll zur Biologischen Sicherheit im Anschluß an die Biodiversitätskonvention wird zu diskutieren sein, ob für Länder des Südens besondere Sicherheitsbestimmungen gelten müssen. Unabhängig davon, ob grundsätzlich eine Einzelfallprüfung für Freisetzungen in Entwicklungsländern als nötig erachtet wird oder ob das in westlichen Ländern verfolgte "familiarity"-Konzept, d.h. eine generelle Genehmigung der Freisetzung von als ungefährlich eingestuften Organismen, als ausreichend angesehen wird, erscheint eine Unterstützung von Entwicklungsländern beim Aufbau eines rechtlichen und institutionellen Systems der Biologischen Sicherheit erforderlich.

### **Soziale Auswirkungen**

Im Zusammenhang möglicher Auswirkungen des Einsatzes moderner Biotechnologie auf die soziale Lage der Bevölkerung wird zur Zeit vor allem die Frage diskutiert, ob die Biotechnologie geeignet ist, die Einkommenssituation der armen ländlichen Bevölkerung durch die Verfügbarmachung einfach zu handhabender Produktionsmittel zu verbessern. Daneben werden Effekte vor allem auf die Stellung der Frau durch die Veränderung traditioneller Produktionsprozesse und neue Verhütungsmethoden erwartet. Der Beitrag der Biotechnologie zur Verbesserung der gesundheitlichen Lage der Bevölkerung in den Entwicklungsländern wird auf absehbare Zeit voraussichtlich eher gering sein. In der Folge zunehmenden internationalen Handels mit gentechnisch hergestellten Verbrauchsgütern wird die Frage des Verbraucherschutzes an Bedeutung gewinnen.

Mögliche positive Effekte *angepaßter biotechnologischer Verfahren für die ländliche Bevölkerung*, aber auch - soweit verfügbar - *angepaßter Sorten* werden kaum unmittelbar und von selbst zum Tragen kommen. Werden die Rahmenbedingungen kleinbäuerlicher Landwirtschaft - wie schlechte Kapitalausstattung und mangelnder Zugang zu Märkten - außer acht gelassen, kann der Einsatz der Biotechnologie möglicherweise eher zu sozialen Verwerfungen im traditionellen landwirtschaftlichen Produktionssystem der Entwicklungsländer führen. Es ist im wesentlichen eine gesellschaftspolitische und nicht eine technologiepolitische Frage, ob der Einsatz (vom Potential her) "angepaßter" Tech-

nologien den Kleinbauern zugute kommt oder gar marginalisierten kleinbäuerlichen Schichten - über die Sicherung einer Existenzgrundlage hinaus - die Möglichkeit bietet, durch einen Beitrag zur nationalen Volkswirtschaft insgesamt ihren Status zu verbessern. Die Rahmenbedingungen kleinbäuerlicher Produktion wie auch soziale, politische und kulturelle Strukturen in den ländlichen Regionen des Südens (Dominanz lokaler Eliten, Disparitäten der Landverteilung, geringe formale Bildung, Mangel an funktionierenden lokalen Verwaltungsstrukturen) werden den Zugang zu den neuen Technologien erschweren. Diese werden wahrscheinlich eher von bereits mit westlichem Know-how vertrauten Plantagenbetrieben oder sogenannten progressive farmers (bäuerliche Mittelschicht mit guter Land- und Kapitalausstattung) genutzt werden als von Kleinbauern.

In der biotechnologischen Forschung steckt zweifellos ein großes Potential zur Verhütung und Therapie von Tropenkrankheiten. Der *Beitrag der modernen Biotechnologie zur Lösung der gesundheitlichen Probleme in den Entwicklungsländern* wird aber im wesentlichen davon abhängen, daß sich die ökonomische und soziale Situation der Länder des Südens insgesamt verbessert und eine eigene Forschung und Entwicklung sowie ein funktionierendes Gesundheitswesen aufgebaut werden können. Grundsätzlich scheint die Verbesserung der gesundheitlichen Situation der Bevölkerung der Entwicklungsländer weniger vom Fortschritt medizinischer Forschung und Entwicklung abzuhängen. Die Weltbank schätzt, daß in den Ländern mit einem Pro-Kopf-Einkommen unter 350 Dollar schon durch die Verbesserung der öffentlichen Gesundheitsvorsorge sowie der klinischen Grundversorgung mit einem relativ geringen Kostenaufwand von 12 Dollar pro Kopf und Jahr die Krankheitsbelastung der Bevölkerung um 32% reduziert werden könnte.

Der *Einsatz neuer biotechnologischer Verfahren und Sorten in Landwirtschaft und Nahrungsversorgung* läßt für Frauen nur dann positive Effekte erwarten, wenn den Bedürfnissen und dem Wissen von Frauen eigens Aufmerksamkeit in entsprechenden entwicklungspolitischen Projekten gewidmet wird. Auch "angepaßte" Technologien, wie z.B. die Gewebekulturtechnik, können unter bestehenden Bedingungen nicht als per se förderlich für die Lage der Frauen angesehen werden. Selbst dann, wenn Biotechnologie dazu angetan scheint, die Einkommensverhältnisse oder die Ernährungslage der Haushalte in den Entwicklungsländern zu verbessern, können wirtschaftliche Lage und sozialer Status der Frauen durch anstehende technologische Veränderungen negativ betroffen sein.

Hinsichtlich der Einschätzung von Notwendigkeit und Auswirkungen *empfängnisverhütender Impfungen* gehen die Ansichten weit auseinander. Ihre "Anwenderinnen-unabhängige" Wirksamkeit erscheint als Vorteil unter dem Gesichtspunkt effektiver Verhütungsprogramme, als Gefahr hinsichtlich *reproduktiver Rechte der Frauen*. Unbestritten scheint zu sein, daß eine weitere Untersuchung möglicher Gesundheitsrisiken notwendig ist. Einigkeit - so ergab die im Auftrag des TAB durchgeführte Recherche - herrscht weitgehend auch hinsichtlich der zu präferierenden Forschungsziele im Bereich der Verhütung. Nicht nur von Frauenorganisationen, sondern auch von Organisationen wie dem UNFPA, der Weltbank oder der Deutschen Stiftung Weltbevölkerung wird der Entwicklung von Barrieremethoden (mit antiviralen Eigenschaften zum Schutz gegen Geschlechtskrankheiten), von Verhütungsmethoden für Männer sowie von Methoden, die von den Anwenderinnen selbst kontrolliert werden können, Priorität eingeräumt.

So wie bezüglich der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen ein den im Norden geltenden Regelungen zur Gentechnik entsprechendes völkerrechtlich verbindliches Protokoll nötig sein wird, so werden mit zunehmendem internationalen Handel mit gentechnisch hergestellten Lebensmitteln im Interesse des *Verbraucherschutzes* auch auf der Ebene der Produkte internationale Sicherheitsstandards und entsprechende Kontrollsysteme unumgänglich werden. Die Weichen hierfür werden über das GATT und hier über die Codex Alimentarius Commission gestellt werden. Strittig ist derzeit die Frage des angemessenen Sicherheitskonzeptes insbesondere bezüglich gentechnisch hergestellter Lebensmittel. Es wird die Frage zu klären sein, ob das Prinzip der "substantiellen Äquivalenz", das von einer prinzipiellen Vergleichbarkeit traditionell und gentechnisch hergestellter Lebensmittel ausgeht, der geeignete Ausgangspunkt für eine solche Vereinbarung ist. Auf jeden Fall erscheint aber eine Umsetzung internationaler Standards in nationale Rechtsvorschriften und erst recht in wirksame Kontrollsysteme - und damit die Realisierung eines effektiven Schutzes der Verbraucher in den Entwicklungsländern wie in den Industrienationen - von den meisten Entwicklungsländern nicht ohne entsprechende Unterstützung realisierbar zu sein.

## **Schlußfolgerungen für die deutsche Entwicklungszusammenarbeit**

Insgesamt gesehen sind zwei *Leitlinien für die deutsche bzw. "nördliche" Entwicklungszusammenarbeit bzw. -politik* zu erkennen: Einerseits sollte sie helfen, die möglichen negativen Folgen des Einsatzes moderner Biotechnologie für Entwicklungsländer abzufedern, andererseits sollte sie es den Entwicklungsländern ermöglichen, biotechnologische Methoden und Verfahren für ihre eigenen Ziele nutzbar zu machen. Ein übergreifender und grundlegender Schritt wäre es, die Koordination sowohl der deutschen als auch der internationalen Entwicklungsprogramme zu verbessern. Auch müßte Entwicklungszusammenarbeit als Querschnittsaufgabe deutscher Politik verstanden werden, die eine Integration von Maßnahmen der verschiedenen Ressorts (Wirtschaft, Gesundheit, Bildung und Forschung etc.) erfordert. Dies ergibt sich nicht zuletzt auch als Folge der weitreichenden Verpflichtung im Hinblick auf die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung, die die Bundesrepublik Deutschland durch die Ratifizierung der verschiedenen Dokumente der UNCED-Rio-Konferenz, insbesondere die Biodiversitätskonvention, übernommen hat.

Angesichts der Knappheit der finanziellen Mittel, die in den nächsten Jahren voraussichtlich für die Entwicklungszusammenarbeit zur Verfügung stehen werden, sollte die Förderung moderner Biotechnologien konzentriert auf strategisch wichtige Verfahren erfolgen. Anderenfalls besteht die Gefahr, daß die Unterstützung solcher - für den Einsatz in Entwicklungsländern besonders geeigneter - biotechnologischer Methoden im Rahmen der allgemeinen Förderung der Agrarforschung oder des Gesundheitswesens zu kurz kommt.

Das Ziel entsprechender Fördermaßnahmen kann nicht sein, lediglich die Ergebnisse bzw. Produkte moderner Biotechnologie in Entwicklungsländer zu transferieren. Fördermaßnahmen sollten vielmehr so angelegt werden, daß sich biotechnologische Anwendungen in die sozialen, kulturellen und ökonomischen Rahmenbedingungen eines Landes einfügen und so einen Beitrag zur Weiterentwicklung seiner Eigenständigkeit leisten können. Es ergibt sich eine Reihe von Aufgaben und Handlungsoptionen:

## **Förderung angepaßter Biotechnologien**

Ausgehend von den vergleichsweise geringen wissenschaftlichen, technologischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Menschen in armen Entwicklungsländern, sollten bevorzugt angepaßte oder zumindest anpaßbare biotechnologische Verfahren gefördert werden. Dabei wird es sich - zumindest zur Zeit - kaum um gentechnologische Verfahren handeln. Das heißt jedoch nicht, daß den Entwicklungsländern der Einstieg in die Gentechnologie verwehrt werden soll. Die Förderung gentechnologischer Methoden mit Mitteln der Entwicklungshilfe muß jedoch an entsprechende institutionelle und finanzielle Voraussetzungen des entsprechenden Entwicklungslandes bzw. der dort vorhandenen Forschungseinrichtungen gebunden sein. Grundsätzlich sollte sich die Förderung des Technologietransfers in Entwicklungsländer angesichts der dringenden Versorgungsprobleme der Menschen in den meisten Ländern streng am vordringlichsten Ziel orientieren: der schon kurzfristig erreichbaren allgemeinen Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktionsweisen und damit der Nahrungsversorgung der Bevölkerung, ohne dabei längerfristig die Produktionsgrundlagen zu gefährden. Voraussetzungen für erfolgreichen Technologietransfer sind grundlegende Maßnahmen wie Bildungsförderung, die Stärkung der Finanzierungs-, Produktions- und Vermarktungssysteme sowie die Verbesserung der sozialen Rahmenbedingungen. Bei der Projektkonzeption zur Förderung von Biotechnologien sollte insbesondere geachtet werden auf:

- eine Orientierung der geförderten Maßnahmen an den Bedürfnissen von Kleinbauern und Kleinbäuerinnen, wobei ihr traditionelles Wissen miteinbezogen werden sollte;
- eine spezielle Förderung der Frauen, da sie durch (technische) Innovationschübe besonders benachteiligt werden können;
- die Förderung nationaler und lokaler Forschungseinrichtungen sowie einheimischer Saatgutunternehmen, da diese die züchterische Weiterentwicklung angepaßter Sorten im Blick auf die spezifischen Bedingungen des jeweiligen Landes und die Umsetzung biotechnologischer Ergebnisse und Fortschritte vor Ort am besten gewährleisten können.



## **Ausrichtung der Forschungsförderung auf die Probleme und Bedürfnisse des Südens - Transfer moderner Biotechnologien**

Angesichts der Größe der Probleme, die bei wachsenden Bevölkerungszahlen im Bereich der Ernährungs-, Gesundheits- und Umweltsituation in den Entwicklungsländern entstehen werden, sollten alle Optionen für Lösungsmöglichkeiten geprüft werden. Neben der vorrangigen Förderung angepaßter Technologien im Zuge einer umfassenden und nachhaltigen Modernisierung ist es notwendig zu untersuchen, welche Ergebnisse moderner biotechnologischer Forschung auf Pflanzen und Tiere des Südens übertragen werden können und welche Forschungsanstrengungen auch in Institutionen der Industriestaaten (z.B. in der Tropenmedizin) "zugunsten" von Entwicklungsländern durchgeführt werden können. Die Förderung teurer biotechnologischer Ansätze, die sich für Pflanzen des Südens fast ausschließlich im Experimentierstadium befinden, ist zwar im Hinblick auf längerfristige Anwendungsmöglichkeiten wünschenswert, erscheint jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt vor dem Hintergrund knapper Finanzmittel nicht vorrangig. Gentechnische Forschungsansätze sollten - nicht zuletzt aus Sicherheitsgründen - wie bisher allenfalls in internationalen Agrarforschungszentren und entsprechend ausgerüsteten Forschungseinrichtungen in Entwicklungsländern verfolgt werden.

Die Finanzierung der IARCs und anderer Einrichtungen der internationalen Agrarforschung sollte nicht nur gesichert, sondern ausgebaut werden. Dabei sollten die öffentlichen Fördermittel auf die Weiterentwicklung traditioneller Nahrungspflanzen sowie bisher wenig genutzter Arten ("orphan crops") konzentriert werden.

Sinnvoll erscheint es, auch im Bereich der Tropenmedizin ein Netz internationaler Forschungszentren in Entwicklungsländern aufzubauen, die - in der Konzeption ähnlich den Internationalen Agrarforschungszentren - die Erforschung der Krankheiten vor Ort in Angriff nehmen könnten. Dies würde allerdings erhebliche zusätzliche Mittel erfordern. Für die erfolgreiche Entwicklung neuer Medikamente bis zur Marktreife müßte wegen des erheblichen Know-how- und Finanzbedarfes eine stärkere Kooperation mit der Industrie erfolgen. Hierzu bedürfte es neuer Finanzierungsmodelle, bei denen die öffentliche Hand z.B. einen Teil des Medikamentenpreises oder der Forschungskosten subventioniert, während die Unternehmen im Gegenzug - zumindest für eine gewisse Zeit - auf die sonst üblichen Gewinnspannen verzichten.

Auch auf mittel- und langfristige Sicht wird es unverzichtbar bleiben, durch Genbanken das Aussterben der am stärksten bedrohten Arten, Sorten und Popu-

lationen so weit wie möglich zu verhindern und die genetische Vielfalt der Nutzpflanzen im Hinblick auf zukünftige Züchtungsanforderungen zu erhalten. Durch einen umfassenden Schutz der wenigen noch intakten Ökosysteme auf der Erde vor Eingriffen des Menschen würden nicht nur die bekannten Arten geschützt, sondern vor allem die vermutlich bei weitem größere Zahl der unbekannteren Spezies.

### **Gestaltung der internationalen Rahmenbedingungen**

Eine entscheidende Grundlage für die nachhaltige und umweltverträgliche Nutzung moderner biotechnologischer Verfahren ist die Schaffung entsprechender rechtlicher Rahmenbedingungen zum Schutz des geistigen Eigentums, auf dem Gebiet der Biologischen Sicherheit und zum Schutz genetischer Ressourcen.

Nationale und internationale Patent- und Sortenschutzsysteme sollten Ausnahmeregelungen für arme Entwicklungsländer enthalten, die es diesen Ländern ermöglichen, bestimmte biotechnologische Erfindungen nicht unter Patent- und Sortenschutz zu stellen, wenn dies für die Ernährung, die medizinische Versorgung oder die wirtschaftliche Entwicklung des entsprechenden Landes nützlich ist. Die Bundesrepublik Deutschland sollte sich in den entsprechenden internationalen Gremien weiterhin dafür einsetzen, daß die Entwicklungsländer eine schrittweise Annäherung an weltwirtschaftliche Maßstäbe des Patentrechtes und -schutzes vollziehen können. Außerdem sollte sie die Länder des Südens bei der Errichtung entsprechender Institutionen (z.B. von Patentämtern) beratend und personell unterstützen. Geklärt werden sollte, wie indigenes Wissen über medizinische Wirkungen von Heilpflanzen und Eigenschaften von Nahrungspflanzen entgolten werden kann. Auch bedarf es einer Regelung, wie die Nutzung des biologischen Materials, das vor der Rio-Konferenz in Genbanken der Industriestaaten eingelagert wurde, rechtlich zu behandeln ist.

Für den Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen sollten in den Entwicklungsländern mindestens so strenge Maßstäbe angestrebt werden wie in Industrieländern, weil dort eine größere Wahrscheinlichkeit des Entstehens von Gefahren für Mensch und Umwelt besteht. Als Grundlage könnte ein internationales Biosafety-Protokoll dienen, das angesichts der rasant ansteigenden Zahl von Freisetzungen gentechnisch veränderter Organismen in Entwicklungsländern so bald wie möglich verabschiedet werden sollte.

Des weiteren sollten in Entwicklungsländern rechtliche und institutionelle Systeme für die Lebensmittelüberwachung etabliert werden, wofür sich deut-

sche und europäische Behörden zur Beratung und Hilfestellung anbieten. Neben ihrer Funktion im Sinne des Verbraucherschutzes würde eine verlässliche Lebensmittelüberwachung in den Entwicklungsländern auch dazu beitragen, daß deren Exportprodukte den Anforderungen und Standards des Weltmarktes genügen.

Im Interesse einer nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung müßte langfristig die eigentliche Wertschöpfung aus der Nutzung genetischer Ressourcen in den Ländern des Südens selbst erfolgen. Zur Finanzierung der dafür notwendigen Maßnahmen, die von umfangreichen Kartierungs- bzw. Inventarisierungsmaßnahmen zur Dokumentation der biologischen Vielfalt bis zum Aufbau entsprechender eigener Industrieunternehmen reichen könnten, müßten dringend praktikable und international anerkannte Nutzen-Schutz-Konzepte entwickelt werden. Entscheidend für einen Erfolg möglicher Maßnahmen wird die weitgehende Einbeziehung der einheimischen Bevölkerung sein.

### **Begleitende Maßnahmen**

Die umfassenden Bewertungsansätze und erprobten Methoden der Technikfolgen-Abschätzung könnten wichtige Beiträge bei der Bewertung von Entwicklungsprogrammen und -projekten darstellen. Technikfolgen-Abschätzung sollte besonders die Auswirkungen entsprechender Maßnahmen auf die Bevölkerung vor Ort, ihre traditionelle Organisation und ihre sozialen Strukturen, insbesondere die Aufgabenteilung zwischen Männern und Frauen, untersuchen und bewerten.

Manche Entwicklungsländer werden auf Dauer vermutlich am stärksten nicht durch die Anwendung moderner biotechnologischer Verfahren im Land selbst betroffen, sondern infolge des Einsatzes entsprechender Methoden in Industrie- oder konkurrierenden Entwicklungsländern, die landwirtschaftliche Produkte effektiv substituieren können. Um den potentiell negativ betroffenen Ländern des Südens zu helfen, auf solche Entwicklungen rechtzeitig zu reagieren, sollte eine Arbeitsgruppe aus Vertretern staatlicher und nichtstaatlicher Organisationen (Universitäten, NGOs, Wirtschaft etc.) gebildet werden, die die weltweite Entwicklung der Biotechnologie beobachtet, im Hinblick auf Auswirkungen auf Länder der "Dritten Welt" analysiert und versucht, strategische nationale Konzepte zur Generierung von Produktionsalternativen zu erarbeiten.



# **I. Einleitung**

## **1. Problemskizze und Aufgabenstellung**

In den 80er Jahren avancierte die Biotechnologie durch vielversprechende Neuentwicklungen zu einer als zukunftssträftig angesehenen Schlüsseltechnologie. Mit ihr verbinden sich seither gerade im Hinblick auf Entwicklungsländer Hoffnungen, die Lösung wichtiger Menschheitsprobleme (Hunger, Armut, mangelnde gesundheitliche Versorgung) ihrer Verwirklichung ein Stück näher zu bringen. Die meisten dieser an die Biotechnologie herangetragenen hohen Erwartungen wurden bislang allerdings noch nicht erfüllt.

Die Einschätzungen und Prognosen hinsichtlich der konkreten sozioökonomischen Chancen und Risiken der Biotechnologie in Entwicklungsländern gehen weit auseinander. Während die einen davon ausgehen, daß mit modernen biotechnologischen Verfahren leistungsfähigere landwirtschaftliche Produkte und Produktionsmittel erzeugt werden können, die dem Süden zu deutlichen Positionsgewinnen verhelfen werden, befürchten andere, daß vorrangig die industrialisierten Länder von den Neuerungen der Biotechnologie profitieren werden und sich folglich das bereits existierende wirtschaftliche und soziale Gefälle zwischen Nord und Süd weiter verschärfen wird. Wird es beispielsweise mit Hilfe moderner Biotechnologien den Industrienationen möglich sein, bisher aus Entwicklungsländern importierte Stoffe (z.B. Pflanzeninhaltsstoffe für die Arznei- und Lebensmittelindustrie) im eigenen Land zu produzieren, so wird dies längerfristig eine Verminderung der Exporte der Ländern der "Dritten Welt" nach sich ziehen. Weitgehende Einigkeit besteht darüber, daß mit der Weiterentwicklung und dem Einsatz moderner Biotechnologien strukturelle Verschiebungen in Gang gesetzt werden, sowohl zwischen den verschiedenen Entwicklungsländern als auch innerhalb des sozialen Gefüges der jeweiligen Länder.

Vor dem Hintergrund dieser Diskussion wurde das TAB auf Initiative des Ausschusses für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung durch den damaligen Ausschuß für Forschung, Technologie und Technikfolgen-Abschätzung im Februar 1994 beauftragt zu untersuchen, welchen Beitrag moderne Biotechnologie zur Lösung der drängendsten Probleme in den Entwicklungsländern leisten kann und welche Schwierigkeiten mit der Entwicklung und dem Einsatz solcher Technologien verbunden sind. Es sollten

- geäußerte Erwartungen und Versprechungen auf ihre Realisierungschancen sowie ihre Vor- und Nachteile hin geprüft,
- bereits in der Anwendung befindliche Verfahren beurteilt und
- sich daraus ergebende mögliche bzw. bereits zu beobachtende positive und negative Folgen für Entwicklungsländer eingeschätzt werden.

Die Untersuchungen konzentrierten sich auf fünf thematische Schwerpunkte:

- Landwirtschaft und Nahrungsmittelverarbeitung,
- Gesundheitsversorgung und pharmazeutischer Sektor,
- Arbeits- und Lebensbedingungen in Entwicklungsländern,
- wirtschaftliche Beziehungen zwischen Industrie- und Entwicklungsländern sowie
- internationale rechtliche Regelungen.

## 2. Definitionen

Da sich die großen Hoffnungen, die mit modernen Biotechnologien verbunden werden, vordringlich auf die Lösung grundlegender Probleme wie Ernährungsunsicherheit, Krankheit oder die ökonomische Misere beziehen, erschien es sinnvoll, die Untersuchung sowohl technik- als auch problemorientiert anzugehen. Zum einen werden also, ausgehend von einer Beschreibung biotechnologischer Innovationen, Überlegungen zu den möglichen Chancen und Risiken des Einsatzes moderner Biotechnologie angestellt. Zum anderen wird der Versuch unternommen, die Biotechnologie bezüglich entwicklungspolitischer Zielsetzungen, also hinsichtlich ihres möglichen Beitrages zur Lösung der drängendsten Probleme der Entwicklungsländer, zu bewerten. Dabei sind sowohl die biotechnischen Erzeugnisse (z.B. Biodünger und -pestizide, Saatgut, Medikamente) als auch die Prozesse und Stufen ihrer Entstehung (Fermenterproduktion, Zell- und Gewebekulturen, Gentechnik) Gegenstand der Analyse.

### Definition von Biotechnologie

Der vorliegenden TA-Studie liegt ein breites Verständnis der Biotechnologie zugrunde. So werden darunter alle Prozesse der Transformation von erneuerbaren Rohmaterialien wie auch Produktionsprozesse durch Mikroorganismen sowie durch Tier- und Pflanzenzellkulturen für einen breiten Bereich von Sub-

stanzen subsumiert. Biotechnologie umfaßt dementsprechend ein weites Spektrum von Techniken und Methoden, die in drei Kategorien eingeteilt werden können:

- Traditionelle Biotechnologie

Dazu gehören die "klassischen" mikrobiologischen Verfahren der Lebensmittelherzeugung (Bierbrauen, Milchverarbeitung, Essigherstellung), die Inokulation ("Beimpfung") von Pflanzen mit Mikroorganismen, welche z.B. eine bessere Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff bewirken (Biodünger), die Verwendung insektizider Bakterien als biologische Pflanzenschutzmittel und die industrielle Produktion spezieller chemischer Grundstoffe (z.B. Aminosäuren und Kohlenhydratverbindungen) durch Mikroorganismen in Gärbehältern (Fermentertechnik). Bei den meisten dieser Anwendungen werden mittlerweile auch gentechnisch veränderte Bakterien und Einzeller eingesetzt, so daß in diesen Fällen nicht mehr von traditioneller Biotechnologie gesprochen werden kann.

- Moderne Biotechnologie "unterhalb" der Gentechnik

*Zell- und Gewebekulturtechniken*

Sie ermöglichen die Regeneration vollständiger Pflanzen aus Zellen oder Gewebeteilen, die auf Nährmedien unter genau definierten Bedingungen im Labor gehalten und vermehrt werden können. Ein Großteil der Fragestellungen der modernen Pflanzenforschung konnte erst nach Entwicklung dieser Verfahren - die im Fachjargon u.a. als Embryo rescue, Haploidenkultur, In-vitro-Selektion und Protoplastenfusion bezeichnet werden - erfolgreich angegangen werden. Die Techniken lassen die viel genauere Untersuchung grundlegender biochemischer und molekularbiologischer Vorgänge in den isoliert gehaltenen Pflanzenzellen oder -geweben zu. Sie haben überhaupt erst die Möglichkeit der Manipulation von Pflanzen durch gentechnische Verfahren eröffnet und können eingesetzt werden, um Pflanzensorten, -arten oder sogar -gattungen miteinander zu kombinieren, bei denen klassische Züchtungsverfahren nicht anwendbar sind.

Als einfache Basistechnik, die keine aufwendige Laborausstattung und nur geringe Kenntnisse erfordert, wird die sogenannte Mikropropagation mittlerweile weltweit routinemäßig durchgeführt. Damit wird die (vegetative) Vermehrung von Pflanzen aus Wachstumsgeweben bezeichnet, die genetisch identische Organismen (Klone) liefert. Sie dient der Verbreitung besseren - z.B. virusfreien - Pflanzgutes und beschleunigt v.a. die Vermehrung von Arten mit langen Generationszeiten (Bäume). Auch für die In-

in vitro-Konservierung von Pflanzenmaterial in Genbanken werden die Zell- und Gewebekulturtechniken immer wichtiger. Seit kurzer Zeit erlangt die industrielle, rohstoff- und standortunabhängige Produktion von Pflanzeninhaltsstoffen in Fermenterzellkulturen für die Länder des Südens eine besondere Bedeutung, da hierdurch komplexe und teure Stoffe, die bislang wichtige Exportprodukte darstellten - wie z.B. natürliches Vanillearoma -, substituiert werden können. Tierische und menschliche Zell- und Organkulturen werden zur Produktion von poly- und monoklonalen Antikörpern, Hormonen, Peptiden u.ä. eingesetzt.

#### *Biochemische und molekularbiologische Diagnoseverfahren*

Diese dienen dem Nachweis organischer Substanzen in biotischen Proben, z.B. von Krankheitserregern in der Human-, Tier- und Pflanzenmedizin, der Analyse genetischer Eigenschaften in Tier- und Pflanzenzüchtung, der Charakterisierung der Stoffwechselprodukte industriell genutzter Mikroorganismen oder von Kontaminationen in Lebensmitteln. Aus Mäusen oder anderen Säugern gewonnene (poly- oder monoklonale) Antikörper können für den Nachweis der meisten biologisch relevanten Verbindungen entwickelt und benutzt werden (in sogenannten RIA- oder ELISA-Tests). Nukleinsäuren (DNA und RNA) können mit hoher Empfindlichkeit mittels diverser Hybridisierungstechniken analysiert werden (u.a. RFLP-, RAPD- und Fingerprint-Verfahren genannt). DNA- und RNA-Nachweismethoden erhalten v.a. im Rahmen der zunehmenden Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen eine besondere Bedeutung. Als Methode zur Vervielfältigung spezifischer DNA-Abschnitte aus kleinsten Ausgangsmengen hat die sogenannte PCR-Technik in den letzten Jahren die Anwendungsmöglichkeiten molekularbiologischer Verfahren stark erweitert.

- **Gentechnik ("Genetic engineering")**  
Sie umfaßt die Summe von Methoden zur Isolierung und Vervielfältigung von Genen, deren gezielte Umgestaltung, Neuzusammenfügung und den Einbau in den Ursprungs- oder einen Fremdorganismus (Rekombination von Erbsubstanz). Produkt bzw. Ziel einer solchen "Transformation" sind transgene Organismen mit veränderten Eigenschaften. Zu den ersten Anwendungen gehörte die Pharmakaproduktion durch gentechnisch veränderte Bakterien (Insulin); neuere Ansätze verfolgen die Herstellung speziell angepaßter und widerstandsfähiger Pflanzen, die Nutzung transgener Säugetiere für die



Produktion pharmakologisch wichtiger menschlicher Proteine und im humanmedizinischen Bereich die Gentherapie.

Nach wie vor sind traditionelle biotechnologische Verfahren für Entwicklungsländer besonders wichtig. Da die Nützlichkeit ihrer Anwendung jedoch kaum in Frage gestellt wird, werden sie im vorliegenden Bericht nicht ausdrücklich behandelt. Bei der Betrachtung moderner Biotechnologien wurde Wert darauf gelegt, gentechnische von anderen Verfahren abzugrenzen. Dies erwies sich als notwendig, da einerseits Verfahren unterhalb der Gentechnik oft bei weitem einfacher durchführ- und damit anwendbar sind und andererseits die Gentechnik völlig neue Fragen im Bereich der Biologischen Sicherheit aufwirft.

### **Zur Typologisierung von Entwicklungsländern**

Entwicklungsländer unterscheiden sich gravierend beispielsweise bezüglich ihrer wissenschaftlichen Kapazitäten, der sozioökonomischen Strukturen und der verfolgten Entwicklungsstrategien. Neben solchen Unterschieden im Entwicklungsstand müssen auch Differenzierungen zwischen verschiedenen sozialen Gruppen und Produktionsweisen (z.B. traditionelle neben "modernen" Anbaumethoden in der Landwirtschaft) bei der Abschätzung von Folgen beachtet werden. Eine sinnvolle Bewertung der positiven und negativen Auswirkungen moderner Biotechnologien sollte außer der Vielfalt der einsetzbaren technischen Verfahren und Methoden die Vorschläge zur Typologisierung von Entwicklungsländern berücksichtigen. Zwei der meistdiskutierten im Zusammenhang mit dem Thema der vorliegenden Untersuchung sind:

- Die Kategorisierung von Ländern nach dem Grad der Betroffenheit durch Biotechnologie:

Dieser Vorschlag stammt von Junne (1988), der die Auswirkungen von Biotechnologien auf Entwicklungsländer anhand von zwei Faktoren abschätzt, nämlich der Import/Exportrate landwirtschaftlicher Produkte sowie des wissenschaftlich-technologischen Potentials. Der erste Parameter definiert dabei den Grad möglicher wirtschaftlicher Verluste oder Vorteile infolge neuer biotechnologischer Produktionsweisen, der zweite die Fähigkeit, selbst neue Methoden zu entwickeln oder zumindest zu adaptieren und damit über Produktdiversifizierung und höhere Wertschöpfung von der Biotechnologie zu profitieren. Brasilien und Malaysia beispielsweise haben unter den Nettoexporteuren landwirtschaftlicher Produkte ein recht hohes technologisches Potential aufzuweisen und können daher biotechnologische Methoden

zur Produktionssteigerung einsetzen. Die Mehrzahl der karibischen und afrikanischen Staaten hingegen ist dazu nicht in der Lage, sondern leidet unter zunehmender Konkurrenz bei fallenden Weltmarktpreisen. Unter den Nettoimportnationen gelten Indien und China als wissenschaftlich-technologisch weit entwickelt, ganz anders dagegen Bangladesch oder Äthiopien (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 50). Nettoimporteure können vorübergehend von sinkenden Weltmarktpreisen als Folge weltweit verbesserter landwirtschaftlicher Produktion profitieren, bedroht ist dabei allerdings die eigene Agrarwirtschaft.

- Die Kategorisierung von Ländern nach dem Stand der Entwicklung eigener biotechnologischer Aktivitäten (Sasson 1993, S. 25):

Danach werden Entwicklungsländer unterteilt in

- solche, die zwar potentiell an Biotechnologie interessiert sind, aber bislang keine eigene Forschung betreiben;
- solche, die eine nationale Strategie der Biotechnologieförderung einschließlich eines hauptsächlich auf konventionelle Biotechnologie ausgerichteten Forschungsprogrammes haben, die internationalen Entwicklungen verfolgen, aber bislang kaum eigene biotechnologische Kapazitäten aufgebaut haben;
- solche, die eine nationale biotechnologische Strategie inklusive eines Forschungsprogrammes verfolgen, das hauptsächlich auf konventionelle Biotechnologie abgestellt ist, aber darüber hinaus Kooperationsmöglichkeiten mit Industrieländern in Form von wissenschaftlichen Trainee-Programmen und der Akquisition neuer Technologien initiiert haben, sowie
- solche, die eine nationale biotechnologische Strategie inklusive eines Forschungsprogrammes für moderne Biotechnologien besitzen und außerdem forschungspolitisch international stark eingebunden sind, und zwar sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich.

Beide Typologisierungen von Entwicklungsländern zeigen bei der Untersuchung der Auswirkungen moderner biotechnologischer Verfahren sowohl Vorzüge als auch Mängel. Für das Anliegen des TAB-Projektes erwies es sich als weder sinnvoll noch praktikabel, eine der Typologien durchgängig den in Auftrag gegebenen Gutachten oder dem Endbericht zugrunde zu legen. Vielmehr wurde auf die Typologien fallweise, besonders in den Abschnitten Auswirkungen (III.) und Bewertung (IV.), zurückgegriffen.

### 3. Vorgehensweise

Das TAB hatte zur Vorbereitung des Projektes im Juni 1993 eine Überblicksstudie über die gesamte Thematik erstellen lassen (Commandeur/van Roozendaal 1993). Diese Studie diente u.a. als Grundlage für ein vom TAB im November 1993 erarbeitetes Konzept, dem im Februar 1994 vom Ausschuß für wirtschaftliche Zusammenarbeit und vom Ausschuß für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung zugestimmt wurde.

Zu den verschiedenen Aspekten des Projektes wurden insgesamt neun Unteraufträge konzipiert und vergeben. Zu vier Studien, die besonders kontrovers diskutierte Fragen behandeln, wurden zusätzlich Kommentare eingeholt (s. Anhang). Folgende Themen wurden in den Gutachten bearbeitet (vgl. hierzu Anhang 1):

- Stand der Forschung und Entwicklung im landwirtschaftlichen Bereich;
- Auswirkungen der Biotechnologie auf den Welthandel am Beispiel pflanzlicher Fette und Öle;
- Folgen von Patentierung und Sortenschutz für Entwicklungsländer;
- Ökologische Chancen und Risiken bei der Nutzung genetischer Ressourcen;
- Fragen des Verbraucherschutzes und der Sicherheitsstandards;
- Auswirkungen auf Frauen im Bereich Verhütung und Nahrungsproduktion;
- Formen des Technologietransfers am Beispiel Thailand;
- Stand der Forschung und Entwicklung im tropenmedizinischen Bereich;
- Internationale Verträge über Schutz und Nutzung genetischer Ressourcen.

Als Ergänzung zu den Gutachten wurde vom TAB eine Reihe von Nichtregierungsorganisationen (NGOs) in Entwicklungs- und Industrieländern angeschrieben und bezüglich ihrer Erfahrungen und Einschätzungen im Bereich der Biotechnologie befragt. Des weiteren wurden mehrere, v.a. deutsche Industrieunternehmen, die im Bereich Biotechnologie tätig sind, nach ihren Aktivitäten im Hinblick auf Entwicklungsländer sowie nach Anregungen für und Ansprüchen an eine diesbezügliche effektive Ausgestaltung der Entwicklungspolitik befragt.

Zur Unterstützung der laufenden Arbeiten wurden im Rahmen des Projektes zwei Veranstaltungen durchgeführt:

- Experten/innen-Gespräch über die Auswirkungen moderner Biotechnologie im Bereich der Landwirtschaft (Veranstalterin: Arbeitsgemeinschaft Tropische und Subtropische Agrarforschung e.V. [ATSAF]; 18. und 19. April 1994);

- Fachtagung in der Evang. Akademie in Iserlohn über potentielle Gestaltungsspielräume für eine Entwicklungspolitik, die die negativen und positiven Möglichkeiten moderner Biotechnologien berücksichtigt (23. und 24. Juni 1994).

*Die Autoren/in des vorliegenden Berichtes bedanken sich bei den Teilnehmern/innen dieser Veranstaltungen und den Bearbeitern/innen der Gutachten für die sehr gute Zusammenarbeit.* Der vorliegende Bericht stellt zum großen Teil eine Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse der vergebenen Gutachten und der Tagungen dar, was notwendigerweise mit Auswahlentscheidungen verbunden ist. Zur Vertiefung der einzelnen Themengebiete wird die Heranziehung der Gutachten empfohlen.

Der vorliegende Bericht gliedert sich in drei Hauptabschnitte: *Status* (II.), *Auswirkungen* (III.) sowie *Bewertung und Schlußfolgerungen* (IV.). Stand und Perspektiven biotechnologischer Forschung und ihrer Anwendungen, die in den Bereichen Landwirtschaft, Medizin und Ressourcenschutz für Entwicklungsländer von Relevanz sind, werden in Abschnitt II dargestellt. Im Kapitel über Landwirtschaft steht der Pflanzenbau im Mittelpunkt, mit dem die größten Erwartungen, vor allem im Hinblick auf die zukünftige Ernährungssicherung, verbunden sind. Besondere Beachtung finden von der Bundesrepublik Deutschland und der EU geförderte Forschungsprojekte, die Arbeit der Internationalen Agrarforschungsinstitute (IARCs) sowie die Forschungsfinanzierung. Das Kapitel über Medizin beschreibt den möglichen Beitrag, den Biotechnologie in der Gesundheitsversorgung von Entwicklungsländern leisten könnte, untersucht die Arbeiten im Rahmen internationaler Programme sowie die Tätigkeit von Privatunternehmen und das technologische Potential der Entwicklungsländer auf diesem Gebiet. Im Kapitel Ressourcenschutz wird neben verschiedenen umweltrelevanten Anwendungen (u.a. Schadstoffabbau und Bioalkoholproduktion) vor allem der Schutz der genetischen Vielfalt behandelt, der auch in den darauf folgenden Abschnitten eine besondere Beachtung erfährt.

Schon beobachtbare und absehbare Folgen des Einsatzes moderner Biotechnologien für Entwicklungsländer werden in Abschnitt III auf wirtschaftlichem, ökologischem und sozialem Gebiet dargestellt. Im wirtschaftlichen Bereich wird der Einfluß auf die Position der Entwicklungsländer im internationalen Handelsgefüge betrachtet, unter besonderer Berücksichtigung des Weltwirtschaftsabkommens GATT und der mit ihm verbundenen Patentschutzbestimmungen, der Folgen der Substitution verschiedener landwirtschaftlicher Exportprodukte sowie der Chancen, die internationale Verträge über die Nutzung

der biologischen Ressourcen den Ländern des Südens bieten. Die Auswirkungen biotechnologischer Verfahren und Produktionsmittel in der Landwirtschaft, Möglichkeiten und Risiken der Biotechnologie im Rahmen des Artenschutzes sowie das Problem der Biologischen Sicherheit bilden die Schwerpunkte des Abschnittes über Folgen für die Umwelt. Auf gesellschaftlichem Gebiet werden Auswirkungen auf die Situation der kleinbäuerlichen Landbevölkerung, auf die Gesundheitsversorgung und auf die Lage der Frauen sowie Aspekte des Verbraucherschutzes behandelt.

Die Bewertung moderner Biotechnologien im Rahmen entwicklungspolitischer Zielsetzungen in Abschnitt IV erschien angebracht, um die Ergebnisse der vorliegenden Studie im Hinblick auf die entsprechenden Fragestellungen zu bündeln. Dabei werden in Abschnitt III behandelte Aspekte zusammenfassend analysiert und bewertet. Als zentrale entwicklungspolitische Zielsetzungen, für die die Biotechnologie einen Beitrag erwarten läßt, werden die Ernährungssicherung, die Verbesserung der Gesundheitsversorgung, die wissenschaftlich-technologische Autonomie, die Sozialverträglichkeit sowie umwelt- und ressourcenschonendes Wirtschaften diskutiert. Ein abschließendes Kapitel faßt Schlußfolgerungen für die Gestaltung der deutschen Entwicklungspolitik zusammen.



## **II. Status und Perspektiven biotechnologischer Forschung für Entwicklungsländer**

### **1. Anwendungsbereiche Landwirtschaft und Nahrungsmittel**

Landwirtschaft und Nahrungsmittelproduktion sind die klassischen Anwendungsfelder für Biotechnologien. Da die größten Auswirkungen moderner biotechnologischer Forschung für Entwicklungsländer auf dem Agrarsektor - und hier speziell im Pflanzenbau - erwartet werden, steht dieser Bereich im Mittelpunkt des folgenden Kapitels.

#### **1.1 Pflanzenbau**

##### **Forschungsziele, -methoden und -objekte**

Prognosen der FAO besagen, daß die Nahrungsmittelproduktion in den nächsten 15 Jahren zumindest verdoppelt werden muß, wenn bei wachsenden Bevölkerungszahlen Hunger und Mangelernährung vermieden werden sollen (Leisinger 1994, S. 3). *Da die landwirtschaftlich nutzbaren Flächen mit konventionellen Mitteln kaum noch erweitert werden können, muß in den Bereichen Pflanzenproduktion und -züchtung für eine umweltverträgliche und nachhaltige Steigerung der Flächenerträge gesorgt werden. Darüber hinaus könnten neue Anbaugebiete durch die Entwicklung speziell angepasster, streßtoleranter Pflanzen erschlossen werden.* Bei der Verfolgung dieser Ziele wird in den letzten Jahren in der landwirtschaftlichen pflanzenbaulichen Forschung auf das ganze Spektrum molekular- und zellbiologischer sowie biochemischer Methoden moderner Biotechnologie zurückgegriffen (vgl. Kap. I.2).

*Zell- und Gewebekulturtechniken* dienen in Form der sogenannten *Mikropropagation* der Erzeugung überlegenen, z.B. virusfreien Saatgutes, vor allem bei vegetativ vermehrten Arten wie Knollenfrüchten. Dabei werden pflanzliche Gewebeteile durch Wärme oder Chemikalien von den Krankheitserregern befreit und danach zur Produktion von Stecklingen benutzt. Die *Embryo-rescue-*

*Technik* ermöglicht in einer Reihe von Fällen die Kreuzung bislang nicht erfolgreich kreuzbarer Sorten bzw. Arten, wodurch z.B. die Übertragung von Resistenzgenen aus Wildtypen vereinfacht werden kann. Bei der *In-vitro-Selektion* werden besonders widerstandsfähige Zellen im Labor analysiert, ausgewählt und zu ganzen Pflanzen (mit der gleichen Widerstandsfähigkeit) regeneriert. Ganz allgemein kann mit Hilfe der verschiedenen Techniken die Regeneration und damit der Züchtungsvorgang beschleunigt werden, was vor allem bei mehrjährigen Pflanzen einen Vorteil bedeutet. Darüber hinaus bilden einige Methoden der Zell- und Gewebekultur mittlerweile einen unverzichtbaren Bestandteil der Maßnahmen zur In-vitro-Konservierung von Pflanzenmaterial in Genbanken (s. Kap. II.3.2).

*Analytische Methoden* (unter Verwendung von *Antikörpern* und von *DNA-Proben*) werden u.a. zur schnellen, einfachen und exakten Krankheitsdiagnostik und zur Analyse der Erregerverbreitung in der Epidemiologie eingesetzt, wodurch viel gezieltere Bekämpfungsmaßnahmen möglich werden. Im Rahmen der Analyse des Erbgutes von Pflanzen, der *Genomkartierung*, können nutzbare Eigenschaften lokalisiert und mit spezifischen DNA-Sequenzen, sogenannte *Marker*, verbunden werden, die die Selektion und Züchtung beschleunigen. Landwirtschaftlich interessante Einzelgene können identifiziert und sequenziert werden und stehen damit sowohl für Populationsanalysen im Rahmen konventioneller Züchtungsprogramme als auch für die gentechnische Veränderung von Nutzpflanzen zur Verfügung.

*Gentechnische Verfahren* schließlich werden zur Vervielfältigung und zur Übertragung ausgewählter Gene benutzt. In solcherart hergestellte, *rekombinante* oder *transgene* Pflanzen mit gezielt veränderten Eigenschaften werden einerseits die größten Hoffnungen gesetzt, andererseits werden mit ihnen auch Befürchtungen (s. Kap. III.2.3) verbunden. Eine Steigerung (bzw. Sicherung) der Ernteerträge soll durch den "Einbau" von Krankheits- und Schädlingsresistenzen erzielt werden; durch Veränderung der Nährstoffzusammensetzung - z.B. der Proteinkomposition - sollen Mangelkrankheiten als Folge armutsbedingter einseitiger Ernährung vermieden werden. Pflanzen, die infolge gentechnischer Eingriffe gegen abiotischen Streß wie Salz, Trockenheit, Kälte oder Schwermetalleinwirkung tolerant wären, erlaubten eine Ausdehnung der Anbaugebiete in bislang nicht nutzbare Regionen (s. Kap. III.2.1). Des weiteren wird Gentechnik im Rahmen der Verbesserung von Biodünger und Biopestiziden eingesetzt.

*Die Zahl der Pflanzenarten, bei denen eine gentechnische Transformation experimentell erfolgreich durchgeführt werden konnte, ist in den vergangenen*



*Jahren rasant angewachsen und umfaßt mittlerweile die meisten der für Entwicklungsländer relevanten Nahrungs- und Nutz- oder Exportpflanzen - u.a. Reis, Mais, Weizen, Hirse, Gerste, Süßkartoffel/Batate, Kartoffeln, Cassava (auch Maniok bzw. Tapioka genannt), Soja- und andere Bohnen, Erdnuß, Sonnenblume, Baumwolle, Kaffee, Kakao (Singh 1993; Meister/Mayer 1994). Die methodisch fortgeschrittenen Arbeiten an diesen "Pflanzen des Südens" werden zu einem Großteil von den Internationalen Agrarforschungszentren geleistet, denen aufgrund ihrer besonderen Bedeutung im Rahmen des Untersuchungsgegenstandes ein eigenes Kapitel (1.6) gewidmet ist. Vor allem im Bereich der Krankheits- und Schädlingsresistenzen, aber auch zur Streßtoleranz und zur Verbesserung der Inhaltsstoffzusammensetzung wird mittlerweile eine ganze Reihe von Projekten verfolgt.*

*Von der Umsetzung der Labor- und Gewächshausresultate in die Entwicklung landwirtschaftlich nutzbarer transgener Sorten ist die Forschung - die bei diesen Pflanzenarten fast ausschließlich von der öffentlichen Hand finanziert wird - allerdings noch weit entfernt. Aller Voraussicht nach werden die prognostizierten, gentechnisch optimierten Pflanzen - mit überlegenem Ertrag, resistent gegen Krankheiten und Schädlinge, angepaßt an ungünstige Standorte und streßtolerant (in der Presse z.B. "Superreis" genannt) -, die zur Bekämpfung des Hungers in der Welt beitragen sollen, noch Jahrzehnte auf sich warten lassen (OECD 1994, S. 13 f.), falls sie überhaupt realisiert werden können. Die Zahl der bisher beschriebenen Einzelgene, die sinnvoll übertragen werden können bzw. eindeutig praxisrelevant sind, ist noch gering (Jacobsen 1993b). Die meisten der verbesserungswerten pflanzlichen Eigenschaften, wie Ertrag, Vegetationsdauer oder Fruchtbarkeit, werden multigen, d.h. von einer ganzen Reihe verschiedener Gene bestimmt, die nach heutigem Stand der (Gen-)Technik einer gezielten Veränderung nicht zugänglich sind. Beispielsweise haben sich im Bereich der biologischen Stickstofffixierung (Knudsen/Komen 1992) und bei der Erzeugung von Toleranzen gegen abiotische Streßfaktoren, wie Trockenheit und Versalzung (Plän 1994b, in INF 1994, S. 14 ff.), die Hoffnungen, die in die Benutzung biotechnologischer Methoden gesetzt wurden, bisher nicht erfüllt, so daß hier wieder vermehrt auf die Verbesserung konventioneller Züchtungsansätze gesetzt wird (Kuo 1992; Biotechnology and Development Monitor 1994).*

*Vor allem Basistechniken aus dem Bereich der Zell- und Gewebekultur (z.B. Mikropropagation) wurden bei den Pflanzen des Südens zur Praxisreife geführt und werden in Entwicklungsländern routinemäßig eingesetzt (ATAS 1992; GTZ 1993). Für den Einsatz aufwendigerer biotechnologischer Verfahren fehlen in*

den meisten Entwicklungsländern - neben Geld - häufig das wissenschaftliche Know-how und die technischen Möglichkeiten bis hin zu grundlegenden infrastrukturellen Voraussetzungen, wie z.B. eine konstante Strom- und Wasserversorgung oder geeignete Kühlmöglichkeiten. Allerdings wird der Nutzen einiger der komplexeren Methoden, vor allem von Protoplastenfusion und In-vitro-Selektion, als eher gering betrachtet, da bislang auch bei Pflanzen des Nordens keine verwertbaren Ergebnisse erzielt werden konnten (Jacobsen 1993a). Als (an die speziellen Probleme von Entwicklungsländern) "angepaßte" Anwendung der Biotechnologie wären theoretisch sogenannte Testkits zur Krankheits- und Schädlingsdiagnose geeignet, die hitzeunempfindlich und äußerst einfach in der Anwendung sind. Ihre Entwicklung erfordert allerdings bestausgestattete Labors und Fertigungsanlagen, gleichzeitig müßte der Preis äußerst niedrig liegen (Smits 1992).

Für die Märkte des Nordens hingegen haben in jüngster Zeit Privatunternehmen eine ganze Reihe gentechnisch veränderter neuer Sorten entwickelt (u.a. lagerfähige Tomaten, industriell besser nutzbare Kartoffeln, virusresistente Zuckerrüben und Raps mit geänderter Fettsäurezusammensetzung). *Der hohe Grad an Privatisierung der Forschung* (s. Kap. 1.5) *muß* (zumindest im Vergleich zur "Grünen Revolution", die nahezu ausschließlich durch die Arbeit öffentlicher Einrichtungen vorangetrieben wurde) *als eines der Hauptcharakteristika der Bio-, insbesondere der Gentechnologie, bezeichnet werden*. Er determiniert einerseits die Forschungsziele und -objekte, andererseits wirft er spezielle Probleme im Bereich des geistigen Eigentums und in der Frage des Technologietransfers auf, die Entwicklungsländer besonders betreffen und daher im vorliegenden Bericht einen breiten Raum einnehmen.

### **Biopestizide und Biodünger**

Während der Großteil moderner biotechnologischer Methoden bei den untersuchten Pflanzen des Südens bisher noch keine greifbaren Ergebnisse hervorgebracht hat, werden Biopestizide und Biodünger verhältnismäßig intensiv genutzt, zum einen, weil es sich um traditionelle Verfahren handelt, die mit modernen Methoden verbessert wurden, zum anderen, weil die Probleme weniger pflanzenspezifisch sind und sich daher die Ergebnisse, die vorwiegend an Pflanzen des Nordens erarbeitet wurden, leichter übertragen lassen.

Biopestizide sind Viren und Mikroorganismen oder deren Produkte, die zur Kontrolle von Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall eingesetzt werden. 90% des gesamten Biopestizidmarktes werden durch *Bacillus thuringiensis* -

einem Bakterium, das v.a. gegen Schmetterlingsraupen, die einen enormen landwirtschaftlichen Schaden anrichten, wirksam ist - abgedeckt. Der US-amerikanische Markt für bakterielle, Pilz-, virale und Pheromonpestizide beläuft sich auf annähernd 2,5% des gesamten Pestizidumsatzes mit jährlichen Steigerungsraten von 11%. Die Kosten für Biopestizide pro Applikation und/oder Saison sind bislang tendenziell höher als die für konventionelle chemische Pestizide. Jedoch können durch einen gezielteren Einsatz der Biopestizide sowie aufgrund der Möglichkeit ihrer Herstellung durch die Landwirte selbst Kosten eingespart werden (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 34).

Biopestizide wurden in etlichen Ländern entwickelt, beispielsweise in Kuba, China, Indien oder in Brasilien, wo der Cassava Hornwurm mit Viren bekämpft wird (die von Farmern selbst vermehrt werden können), in Peru, wo gegen einen Kartoffelkäfer erfolgreich Pilze eingesetzt werden, und in Kamerun, wo Tests mit Bakterien gegen Mücken, die die Filariose übertragen, durchgeführt werden (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 35). Biotechnologie wird genutzt, um die In-vitro-Produktion und die Lagerung von Biopestiziden sowohl methodisch als auch ökonomisch zu optimieren. Gentechnik kann eingesetzt werden, um das Spektrum der kontrollierbaren Zielorganismen zu erweitern, die Aktivität der Biopestizide im Freiland zu erhöhen und den Angriffsmechanismus zu verbessern (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 34 f.). Die Übertragung des *Bacillus-thuringiensis*-Toxins in Nutzpflanzen (sozusagen als "eingebautes Pestizid") ist eine der prominentesten und fortgeschrittensten Gentechnikanwendungen in der Landwirtschaft, die bei Mais von den beiden schweizerischen Konzernen *CIBA* und *Sandoz* praktisch bis zur Sortenreife geführt worden ist.

Biodünger besteht aus Mikroorganismen, die Luftstickstoff so fixieren, daß er pflanzenverfügbar wird. Die hierbei verwendeten Hauptorganismen sind die sogenannten Knöllchenbakterien der Gattung *Rhizobium* (die in Symbiose mit Hülsenfrüchten leben), die ebenfalls Knöllchen bildenden *Frankia* (vorrangig bei Bäumen und Sträuchern der pazifischen Pflanzenfamilie *Casuarinae*) sowie bestimmte Blaualgen. Freilebende Bakterien können Samen, Schößlingen oder dem Boden zugefügt werden, eine Technik, die als Inokulation ("Beimpfung") bezeichnet wird (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 32). Biodünger ist für Entwicklungsländer sehr attraktiv, weil er mit einfacher Fermentertechnik billig herzustellen ist. Die Blaualge *Azolla* beispielsweise wird auf mindestens 2% der Weltanbaufläche für Reis genutzt, Brasilien hat im Sojaanbau fast vollständig auf Biodünger umgestellt.

Gentechnische Methoden werden seit langem mit dem Ziel eingesetzt, das Wirtsspektrum der Rhizobien zu erweitern oder die Stickstoffbindungsfähigkeit auf die Pflanzen direkt zu übertragen. Beide Bemühungen haben trotz großer Anstrengungen noch zu keinem Erfolg geführt, und es ist zweifelhaft, daß die Ziele jemals erreicht werden können. Größere Fortschritte wurden bisher mit konventionellen Methoden erzielt, so bei der züchterischen Optimierung von Sojabohnen als Wirtspflanzen für Rhizobien. Wichtige weitere Forschungsanstrengungen beschäftigen sich mit der Erhöhung der Streßtoleranz der Knöllchenbakterien, die äußerst empfindlich auf Schwankungen der Umweltbedingungen, z.B. des Säure- und Wassergehaltes des Bodens, reagieren (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 33 f.).

### **Fazit**

Pflanzenbiotechnologische Methoden umfassen eine Vielzahl von Verfahren: Zell- und Gewebekulturtechniken ermöglichen neuartige oder beschleunigen bisherige Züchtungs- und Vermehrungsansätze; analytische Methoden erleichtern die Untersuchung und Selektion gewünschter Eigenschaften von Pflanzen und werden zur Krankheitsdiagnostik eingesetzt; gentechnische Verfahren sollen die gezielte Neukombination von Einzelmerkmalen wie Virusresistenz oder Nährstoffzusammensetzung bewirken. Diese Methoden wurden in begrenztem Umfang in den vergangenen Jahren auch bei Pflanzenarten angewendet, die vor allem für Entwicklungsländer von Bedeutung sind. Konkrete Erfolge der Anwendung moderner biotechnologischer Verfahren, in Form neuer, besonders ertragreicher oder schädlingsresistenter Sorten, wurden bei diesen Pflanzen allerdings bisher nicht berichtet, im Gegensatz zu Arten, die für die Industrieunternehmen des Nordens lohnende Forschungsobjekte darstellen. Der potentielle Nutzen der zur Zeit möglichen, äußerst aufwendigen gentechnischen Veränderungen wird als eher gering eingeschätzt. Bessere Erfolgchancen bieten die verstärkte Anwendung erprobter, einfacherer moderner biotechnologischer Verfahren im Bereich Zell- und Gewebekultur sowie Analysetechniken. Als umweltfreundliche Option werden verbesserte Biopestizide und Biodüngemittel angesehen, durch die der Austrag konventioneller chemischer Produkte verringert werden könnte.

## 1.2 Biotechnologie in der Tierproduktion

Die Viehwirtschaft spielt im Vergleich zur Pflanzenproduktion - vor allem bei der Betrachtung ihrer Relevanz für Entwicklungsländer - eine insgesamt eher untergeordnete Rolle und wurde im Rahmen des TA-Projektes lediglich gestreift.

Biotechnologische Methoden in der Tierproduktion werden vor allem eingesetzt:

- analytisch für allgemeine genetische Populationsanalysen, zur Erstellung von Genomkarten, bei der Krankheitsdiagnose und in der Epidemiologie,
- zur Produktion von Impfstoffen,
- in der Reproduktionsbiologie/technik (Besamung, Zyklussynchronisation, Embryotransfer, Geschlechtsbestimmung, Klonierung),
- zur Verbesserung von Futtermitteln und der Darmflora von Wiederkäuern sowie
- zur Herstellung von rekombinantem Rinderwachstumshormon (rBST), das zur Steigerung der Milchleistung eingesetzt werden kann.

Transgene Schafe und Ziegen werden als sogenannte Bioreaktoren für die Arzneimittelherstellung genutzt, indem sie in ihrer Milch z.B. den menschlichen Blutgerinnungsfaktor VIII oder Alpha-1-Antitrypsin produzieren. Neben Versuchen mit Schweinen, Kaninchen und Schafen gibt es vor allem bei Fischen weiter vorangeschrittene Bestrebungen, durch die Vervielfachung des Wachstumshormogens eine Zunahme des Ertrages zu erreichen. Andere Ansätze versuchen, durch den Einbau von "Gefrierschutzproteinen", u.a. in Lachse, eine geographische Ausdehnung der Fischzucht zu ermöglichen.

*Wenige der aufgeführten Techniken wurden bisher in größerem Umfang in Entwicklungsländern zum Einsatz gebracht. So fehlen für eine Anwendung der Reproduktionstechniken, speziell in den armen Ländern Afrikas und Asiens, grundlegende infrastrukturelle Voraussetzungen wie zuverlässige Strom- und Wasserversorgung für Kühlketten und Laborbetrieb oder Verteilungssysteme für Zuchtsamen oder -embryos. Die Steigerung der Milchleistung durch Gabe von Rinderwachstumshormon, die auch bei den in Industrieländern gehaltenen Hochleistungskühen äußerst umstritten ist, erscheint gerade bei dem oft unter Mangelbedingungen lebenden Milchvieh als nicht sinnvoll. Dringlicher ist eine Verbesserung der allgemeinen viehwirtschaftlichen Produktionstechniken unter Beachtung sowohl der traditionellen lokalen und regionalen Eigenheiten als auch der Erkenntnisse der modernen Agrarforschung. Daran wird in einigen*

der Internationalen Agrarforschungszentren gearbeitet, v.a. auf den Gebieten Züchtung, Futtermittelverbesserung und Krankheitsbekämpfung. Dabei setzt das Internationale Forschungslabor für Tierkrankheiten in Nairobi (ILRAD) im Rahmen der Entwicklung verbesserter Diagnostika und Impfstoffe gegen die Theileriosis (Ostküstenfieber) sowie die Schlafkrankheit (Trypanosomiasis) in großem Umfang auch modernste Bio- und Gentechnologie ein (Komen 1992).

Die Verbesserung der Zuchtpopulationen sowie Tiermedizin und -hygiene bilden auch die Schwerpunkte der biotechnologischen Projekte, die von der Bundesrepublik Deutschland und der EU in der Entwicklungskooperation gefördert werden (ATSAF 1994, S. 39 ff.). Vorrangig untersuchte Tiere sind dabei die Wiederkäuer (Rinder, Schafe, Ziegen). Der Schwerpunkt sowohl der deutschen als auch der europäischen Kooperationsprojekte liegt in Afrika, gefolgt von Asien.

## **Fazit**

Die Viehwirtschaft bietet eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten für moderne biotechnologische Methoden, z.B. für Zuchtanalysen, die Produktion von Impfstoffen und im gesamten Bereich der Reproduktionsbiologie. Für Entwicklungsländer vordringlich ist jedoch eine grundsätzliche Modernisierung der (konventionellen) Viehzucht durch Aufbau der entsprechenden Infrastruktur, z.B. mit Hilfe der internationalen Agrarforschungszentren, wobei für die jeweilige Problemlage die an die örtlichen Bedürfnisse bestangepaßten Verfahren und Lösungsmöglichkeiten ermittelt werden müssen.

### **1.3 Nahrungsmittelproduktion und Substitution von Agrarprodukten**

Im Lebensmittelbereich hatten biotechnologische Verfahren (wie z.B. Bierbrauen, Wein- und Käseherstellung) schon immer einen hohen Stellenwert. Dabei wurde und wird Biotechnologie eingesetzt, um die Nahrungsmittelqualität, den Nährwert oder die Haltbarkeit und Lagerfähigkeit zu verbessern. In Entwicklungsländern spielen diese traditionellen Formen der Biotechnologienutzung nach wie vor die dominierende Rolle. *Die modernen biotechnologischen Verfahren wurden auch im Nahrungsmittelsektor vorrangig in und zum Nutzen von Industrieländern entwickelt.* Gentechnisch veränderte Mikroorganismen in

der Käse- und Bierherstellung sind prominente Beispiele für dieses Gebiet, das in den Industrieländern unter dem Schlagwort "Novel food" kontrovers diskutiert wird.

Die Notwendigkeit, daß die Produkte für die Ernährung absolut sicher sein müssen und daß z.B. im Vergleich zur Pharmaindustrie große Mengen an Ausgangsstoffen eingesetzt werden müssen, erweist sich neben Aspekten der Wirtschaftlichkeit und Verbraucherakzeptanz sowohl in Industrie- als auch in Entwicklungsländern als wesentliche Restriktion für eine schnelle Anwendung und Weiterentwicklung von biotechnologischen Innovationen in der Nahrungsmittelbranche. *Da Lebensmittel in Entwicklungsländern oft auch eine hohe kulturelle Bedeutung haben, stoßen technologische Neuentwicklungen im Nahrungsbereich dort auf besondere Widerstände* (Verschuur 1990). Vor allem die junge Bevölkerung in den Großstädten des Südens übernimmt jedoch in starkem Umfang "westliche" Ernährungsgewohnheiten, die eine Angleichung der Produktionsweisen nach sich zieht. Des weiteren betreiben die großen Nahrungsmittelkonzerne eine weltweite Standardisierung ihrer Produkte und Verfahren.

Zahlreiche biotechnologische Neuentwicklungen warten auf ihren großtechnischen Einsatz im Nahrungsmittelbereich (OECD 1994, S. 16 f.):

- *Enzyme* zum Einsatz in der Prozessierung von Lebensmitteln und Getränken sowie bei der Modifizierung von Geschmacks-, Aroma- und sonstigen Inhaltsstoffen;
- *Pflanzenzellkultur* zur Massenproduktion komplexer Aroma-, Geschmacks- und Farbstoffe;
- *Mikroalgenkultur* für die Produktion spezieller Nährstoffe;
- *Biokonservierung* mit Hilfe veränderter Mikroorganismen, die antimikrobielle Substanzen produzieren und so eine Haltbarmachung ohne weitere chemische Zusätze ermöglichen;
- *Lebensmittelsicherheits- und -qualitätstests* zur schnellen Identifizierung von Kontaminationen (durch Einsatz monoklonaler Antikörper sowie von DNA- und RNA-Proben).

Während die zukünftige Bedeutung der Algenkultur, die in der Vergangenheit die in sie gesetzten wirtschaftlichen Hoffnungen bei weitem nicht erfüllt hat (Biotechnology and Development Monitor 1991b), sehr fraglich ist, könnten die anderen Verfahren einen großen Einfluß erlangen. Der zunehmende Trend, Lebensmittel in ihre Bestandteile zu zerlegen und zu neuen, auf die Konsumentenwünsche zugeschnittenen, einfach handhabbaren Produkten zusammenzufügen ("Food-Design"), eröffnet der modernen Biotechnologie ein weites An-

wendungsspektrum. Dabei ergibt sich für Entwicklungsländer, deren Wirtschaft auf den Export landwirtschaftlicher Rohstoffe ausgerichtet ist, die Gefahr der Substitution ihrer Agrarprodukte durch neue Formen biotechnologisch-industrieller Fertigung in den Industrieländern.

Ein besonderes Interesse an der Entwicklung biotechnologischer Verfahren hat die Wirtschaft im Bereich industriell genutzter Pflanzen sowie für die Substitution teurer Naturstoffe. Drei Hauptanwendungsfelder können unterschieden werden:

- die Züchtung von Pflanzen mit neuartigen Eigenschaften, v.a. mit veränderter Inhaltsstoffzusammensetzung (z.B. Raps mit veränderter Fettsäurekomposition);
- die Erweiterung und Verbesserung der Enzymtechnologie durch die Produktion entsprechender, bisher nicht in größerer Menge verfügbarer Enzyme (z.B. für die Verarbeitung von Stärke zu Zucker);
- die In-vitro-Produktion von Pflanzeninhaltsstoffen durch Mikroorganismen bzw. in Zell- und Gewebekulturen (z.B. von Vanillearoma).

Wegen ihrer großen ökonomischen Bedeutung werden diese Entwicklungen sowie ihre Folgen ausführlich im Zusammenhang mit den wirtschaftlichen Auswirkungen dargestellt (s. Kap. III.1.2).

## **Fazit**

Moderne biotechnologische Methoden werden im Nahrungsmittelbereich zunehmend eingesetzt werden, v.a. bei der großmaßstäblichen industriellen Fertigung, die auch für die Ernährung der wachsenden Zahl "westlich orientierter", in Großstädten lebender Menschen in den Entwicklungsländern immer wichtiger wird. Neben der möglichen Weiterentwicklung und Optimierung traditioneller biotechnologischer, fermentativer Verfahren zur Lebensmittelproduktion werden moderne Methoden insbesondere zur Substitution bislang nur sehr aufwendig und teuer produzierbarer Stoffe (Enzyme, Aroma-, Geschmacks- und Farbstoffe u.ä.) zum Einsatz kommen.



## 1.4 Pflanzenbiotechnologische Forschungsprojekte mit Bezug zu Entwicklungsländern

*Art und Umfang der internationalen biotechnologischen F&E-Anstrengungen können nicht quantitativ erfaßt werden, weil der Großteil der Forschungsprojekte von Privatunternehmen durchgeführt wird, die diesbezüglich keine ergiebigen Informationen zur Verfügung stellen.* Eine im Rahmen dieses TA-Projektes durchgeführte Erhebung über landwirtschaftliche biotechnologische Forschung mit Bezug zu Entwicklungsländern (ATSAF 1994; ATSAF Statusbericht) lieferte relativ detaillierte Angaben über die von der Bundesrepublik Deutschland sowie der EU öffentlich geförderten Projekte der vergangenen 6 Jahre (Tab. 1), die im folgenden dargestellt werden.

### Von der Bundesrepublik Deutschland geförderte Forschungsprojekte

Bei den deutschen Projekten entfällt der größte Anteil auf *Pflanzengenetik* und *-züchtung*, gefolgt von *Pflanzenschutz* (inklusive Pflanzenschädlings- und -krankheitsforschung) und *Pflanzenphysiologie/-ernährung*; Projekte auf den Gebieten Biodiversität, Nacherntetechnologien und Forstwirtschaft spielen nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Als *Forschungsziele* wurden bei knapp einem Drittel der deutschen Projekte die Verbesserung der Toleranz bzw. Erzeugung der Resistenz der Pflanzen gegenüber biotischen (d.h. Krankheitserregern und Schädlingen) oder abiotischen Faktoren (Trockenheit, Salz- oder Schwermetallstreß) genannt (24 bzw. 8%); 7% beschäftigen sich mit der Qualitätsverbesserung pflanzlicher Inhaltsstoffe, je 6% mit Methoden zur schnellen Vermehrung von Pflanzen und der Evaluierung oder dem Erhalt der genetischen Ressourcen. 33% der Projekte wurden von der ATSAF als zur Grundlagenforschung gehörig identifiziert, weil sie kein anwendungsorientiertes Nahziel erkennen ließen.

*Die Zahl der deutschen Projekte je Nutzpflanzenart korreliert recht deutlich mit der jeweiligen Bedeutung für die Ernährung in Entwicklungsländern oder mit dem wirtschaftlichen Wert als Exportpflanzen.* Bei den stärkeliefernden Grundnahrungspflanzen führt Reis mit 8 Nennungen vor Mais mit 6, dahinter kommen Weizen/Triticale/Roggen, Batate, Kartoffel und andere Knollenpflanzen mit jeweils 4, Yam mit 3. Cassava mit 2 und Sorghum/Hirse mit lediglich einer Nennung sind nur gering vertreten. Die meistbeforschten *Obstarten* sind

Banane und Mehlbanane mit insgesamt 8 Projekten; die Mehl- oder Kochbanane (Pisang) ist für viele Menschen in karibischen und westafrikanischen Staaten die hauptsächliche Ernährungsgrundlage. Zitrusfrüchte und Kokospalme (je 5 Projekte), Ölpalme und Zuckerrohr (je 3 Projekte) gehören zu den sogenannten "*cash crops*", deren Export für einige Entwicklungsländer die Hauptdevisenquelle darstellen. Die übrigen Arten, die in mehreren (je 3) Projekten bearbeitet werden, sind bei den Leguminosen zu finden (Phaseolus-Bohnen und Kichererbsen), die vor allem als *proteinliefernde Nahrungspflanzen* wichtig sind.

Tab. 1: Verteilung öffentlich geförderter pflanzenbiotechnologischer Forschungsprojekte mit Bezug zu Entwicklungsländern (1988-1994) auf unterschiedliche Forschungsbereiche

<i>Forschungsbereiche</i>	<i>Zahl der erfaßten Forschungsprojekte</i>	
	<i>Deutschland</i>	<i>EU (STD3)</i>
Pflanzenproduktion, allgemein	8	-
Pflanzengenetik und -züchtung	43	7
Pflanzenphysiologie und -ernährung	11	-
Pflanzenschutz, allgemein	4	1
Pflanzenschädlinge	5	2
Pflanzenkrankheiten	25	5
Unkrautkontrolle	1	-
Forstwirtschaft	3	2
Biodiversität	5	2
Nachertetechnologien (Lagerung u.ä.)	3	1
Gesamtzahl:	108	20

<sup>a</sup> Programm "Life Sciences and Technologies for Developing Countries" der Europäischen Union

Quelle: nach ATSAF 1994, S. 7, und ATSAF 1994 Statusbericht

Die Einteilung der deutschen Projekte nach den *vorrangig angewandten biotechnologischen Methoden* ergab ca. 50% Zell- und Gewebekulturtechniken, 40% analytische und knapp 10% gentechnische Verfahren. Lediglich ein Vorhaben aus der letztgenannten Gruppe verfolgt ein konkretes anwendungsbezogenes Ziel, nämlich den "Einbau" eines Proteins aus der Paranuß in Bohnen zur

Verbesserung ihrer ernährungsphysiologischen Eigenschaften. Die übrigen gentechnischen Forschungsaktivitäten beschäftigen sich mit der Anwendung und Etablierung der grundlegenden Methoden bei Pflanzen des Südens, für die bisher noch keine Routineverfahren zur Verfügung stehen (u.a. Durumweizen, Reis, Ölpalmen und Yamknollen).

Die *Kooperationspartner* der deutschen Forschungsprojekte stammen zu annähernd gleichen Teilen aus Afrika, Asien und Lateinamerika. Kooperierende Institutionen in den jeweiligen Partnerländern sind zu etwa gleichen Teilen Universitäten, die internationalen Agrarforschungszentren und die nationalen Agrarforschungseinrichtungen.

*Fördermittel* werden bei ca. einem Drittel der deutschen Projekte vom BMZ zur Verfügung gestellt, eine Unterstützung durch Stiftungen erfolgt bei knapp 10%. (*Eine Liste der vom BMZ geförderten Vorhaben im Bereich der pflanzlichen Produktion findet sich im Anhang.*) Das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, die Deutsche Forschungsgemeinschaft und der Deutsche Akademische Austauschdienst wurden jeweils in weniger als 5% der Fälle als Geldgeber angeführt.

*Insgesamt besehen, handelt es sich bei den erfaßten deutschen Forschungsvorhaben um eine Vielzahl kleinerer Projekte, die zwar bei genauerer Analyse gewisse Überschneidungen erkennen lassen, aber - abgesehen von dem mehr als 20 Einzelprojekte umfassenden Forschungsvorhaben "Angewandte Genetik im Dienst der Welternährung" an der Universität Hohenheim - keine koordinierende Strategie.* Die Notwendigkeit einer stärkeren Koordination der Forschungsvorhaben wird seit längerem diskutiert und hat in jüngster Zeit zur Gründung der "Allianz der International Ausgerichteten Deutschen Agrarforschung (AIDA)" geführt (vgl. ATSAF CIRCULAR 1995.). Der recht hohe Anteil einfacher Methoden aus der Zell- und Gewebekultur scheint den technischen Möglichkeiten der ärmeren unter den Entwicklungsländern angepaßt und sollte im Rahmen der Zusammenarbeit mit den nationalen Agrarforschungsinstituten eine effiziente Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis ermöglichen. *Der Verzicht auf technisch aufwendige Ansätze stimmt mit den Empfehlungen überein, die bei einer Tagung der GTZ mit Vertretern der geförderten Länder im Herbst 1993 verabschiedet wurden und besagen, daß pflanzenbiotechnologische Methoden erst dann schrittweise eingeführt werden sollen, wenn die konventionellen Anwendungen optimiert worden sind* (GTZ 1993, S. 223). Von einigen Ausnahmen abgesehen (darunter Reis, Bohnen, Cassava und Baumwolle), sei die Etablierung von Gentransfertechniken kein wichtiges Nahziel für die Forschung an Pflanzenarten des Südens, weil es an realistischen

Zielen fehle, die Infrastruktur in vielen Entwicklungsländern bislang zu schlecht sei und zuerst grundlegende Standards, z.B. in den Bereichen Saatgutvermehrung und Züchtungsprogramme, etabliert werden müßten (GTZ 1993, S. 216).

### **Projekte der Europäischen Union**

Da es sich bei den von der EU geförderten Projekten des STD3-Programmes (s. Tab. 1) um multilaterale Kooperationen zwischen mehreren europäischen, meist universitären Einrichtungen mit nationalen Forschungszentren oder Universitäten aus einem oder mehreren Entwicklungsländern handelt, *sind Umfang und Komplexität der Forschungsansätze bei weitem größer als bei den deutschen Projekten und können daher meist nicht eindeutig einzelnen Forschungsbereichen oder -zielen zugeordnet werden.* So umfassen Züchtungsprojekte bei Cashewnüssen, Yamknollen und Lathyrus (einer Leguminosengattung) auch sozioökonomische Begleitforschung, die forstwirtschaftlichen Untersuchungen behandeln meist auch Aspekte der Biodiversität. Alle EU-Projekte haben unterschiedliche Pflanzen als Untersuchungsgegenstand, dabei dominieren stärker vor eiweißliefernden Arten und Bäumen (ATSAF 1994 Statusbericht).

Wie bei den Forschungszielen können die EU-Projekte auch bei den Methoden nicht einzelnen Kategorien zugeordnet werden. *Bei allen werden DNA- oder Protein-analytische Methoden eingesetzt, in 50% der Fälle (so bei allen Züchtungsprojekten) Zell- und Gewebekulturtechniken.* 7 Projekte (35%) nennen die gentechnische Veränderung der untersuchten Pflanzen als Nah- oder Fernziel, alle mit einem konkreten Vorhaben (v.a. Inhaltsstoffverbesserung und Virenresistenz).

*Die EU-Projekte kooperieren vorrangig mit afrikanischen Ländern.* Zu 60% sind die nationalen Agrarforschungsinstitutionen, zu 40% Universitäten in den Entwicklungsländern Kooperationspartner; die internationalen Agrarforschungszentren sind nicht involviert.

*Im Unterschied zu den deutschen Projekten schließen die von der Europäischen Union geförderten Forschungsvorhaben meist die aufwendigeren Methoden bis hin zur Gentechnologie mit ein.* Die Projektbeschreibungen zeigen, daß der Großteil der anspruchsvolleren Untersuchungen - vermutlich wegen der deutlich besseren Ausstattung - von den europäischen Partnern und nicht von den Partnern in den Entwicklungsländern durchgeführt wird, wodurch natürlich auch der Großteil der Finanzmittel in Europa verbleibt. *Positiv zu vermerken ist*

*die stärkere Koordination der Projekte durch die zentrale Vergabe der Forschungsgelder.*

## **Fazit**

Die Bundesrepublik Deutschland hat von 1988-1994 mehr als 100 pflanzenbiotechnologische Projekte gefördert, die auf Entwicklungsländer bzw. auf Entwicklungsländer-spezifische Pflanzenarten bezogen waren. Bei den Vorhaben, die oft nur einen sehr geringen finanziellen und zeitlichen Umfang hatten, dominierten einfachere Zell- und Gewebekulturtechniken sowie analytische Verfahren; Hauptforschungsgebiete waren Pflanzengenetik/züchtung und Pflanzenschutz. Während die deutschen Projekte meist eine übergreifende Koordination vermissen ließen, beschränkte sich die EU im gleichen Förderzeitraum auf 20 Vorhaben, die aber viel umfassender die jeweiligen Themen bearbeiteten und dabei auch ein größeres Spektrum moderner biotechnologischer Methoden einsetzten.

## **1.5 Forschungsfinanzierung**

Die Erfüllung der Forderung der OECD aus dem Jahr 1982, regelmäßig weltweit die Art und den Umfang biotechnologischer Forschung zu evaluieren, wird angesichts der zunehmenden Bedeutung privater Forschung immer unrealistischer. *Nach Schätzungen der Weltbank werden über 90% der weltweit investierten Mittel für moderne Biotechnologie in der "Triade" (USA, Europa, Japan) aufgebracht* (Sprenger/Zweifel 1994, S. 52), *davon mehr als zwei Drittel durch die Industrie* (Hobbelink 1991, S. 32, nach Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 88). Doch selbst über die öffentlichen Aufwendungen gibt es keine umfassenden Statistiken. Eine Zusammenstellung verfügbarer Zahlen zur Finanzierung agrobiotechnologischer Forschung mit Bezug auf Entwicklungsländer gibt Tab. 2. Der Vergleich mit den Aufwendungen deutscher und US-amerikanischer Industrieunternehmen zeigt, *daß die öffentlichen Förderinstitutionen BMZ, USAID, die EU (über das STD-Programm), UNDP, IAEA, Weltbank und Rockefellerstiftung zusammen genommen Anfang der 90er Jahre einen ähnlichen Etat für Biotechnologie hatten wie die US-amerikanische Firma Monsanto 1990 allein (ca. 60 Millionen US\$).*

Tab. 2.: Finanzielle Aufwendungen ausgewählter Förderinstitutionen<sup>a</sup> für biotechnologische landwirtschaftliche Projekte mit Bezug auf Entwicklungsländer (A) und Etats der wichtigsten deutschen und US-amerikanischen Industrieunternehmen für agrobiotechnologische Forschung (B)

A)

<i>Organisation</i>	<i>Durchschnittlicher Jahresetat in Mio. US\$ für entwicklungsländerbezogene Biotechnologie</i>	<i>Zeitraum</i>
BMZ	6,53	1979-1997
USAID	11,60	1992-1994
EU/STD3	9,02	1991-1992
UNDP	5,10	1986-1996
IAEA	9,72	1986-1993
Weltbank	11,62	1982-1988
Rockefellerstiftung	11,00	1984-1993

B)

<i>Industrieunternehmen</i>	<i>Jahresausgaben in Mio. US\$ für Agrobiotechnologie insgesamt 1992 (nicht nur entwicklungsländerbezogen)</i>
Bayer, BASF und Hoechst	26
Monsanto	61
15 weitere US- Firmen <sup>b</sup>	143

<sup>a</sup> s. Abkürzungsverzeichnis <sup>b</sup> Abbott, Agracetus, American Cyanamid, BioTechnica Intl., Calgene, DNA Plant Technology, Dow Elanco, Du Pont, Ecogen, Eli Lilly, Merck & Co., Mycogen, SmithKline Beecham, Syntro und Upjohn

Quelle: nach ATSAF 1994 Ergänzung, Tabellen 1-3

## Fazit

Die weltweiten finanziellen Aufwendungen für biotechnologische Forschung können nicht quantitativ exakt ermittelt werden, was für eine weitergehende Abschätzung zukünftiger Trends notwendig wäre. Die verfügbaren Zahlen zeigen, welche geringe Bedeutung entwicklungsländerbezogene biotechnologische Forschung bislang besitzt.

## 1.6 Die internationalen Agrarforschungszentren (IARCs)

*Ein wichtiger Teil moderner landwirtschaftlicher Forschung mit Bezug zu Entwicklungsländern wird in den internationalen Agrarforschungszentren geleistet. Die Geschichte der IARCs beginnt mit den Züchtungsprogrammen, die die Rockefellerstiftung als Reaktion auf Hungersnöte in Mexiko zu Beginn der 40er Jahre ins Leben rief und die über die Verbesserung der Sorten und Anbau-techniken bei Mais, Weizen und Reis zur "Grünen Revolution" führten. Nachdem das Reisforschungsinstitut IRRI in Manila, Philippinen (1962), das Mais- und Weizeninstitut CIMMYT in Mexiko Stadt (1966) sowie die Institute für tropische Agrarforschung CIAT in Cali, Kolumbien (ebenfalls 1966), und IITA in Ibadan, Nigeria (1967), entstanden waren, wurde 1971 unter der Ägide von Weltbank, UNDP und FAO die Beratende Gruppe für Internationale Agrarforschung (CGIAR) gegründet, die die mittlerweile 16 IARCs finanziert. Die Forschungszentren liegen zum überwiegenden Teil in Entwicklungsländern, sind juristisch eigenständige Institutionen und haben bestimmte Pflanzenarten oder Forschungsfelder als sogenannte "Mandate". Die IARCS sollen durch Nutzung der neuesten agrarwissenschaftlichen Erkenntnisse und Problemlösungsstrategien eine nachhaltige Landwirtschaft unter dem Aspekt der Nahrungssicherheit in Entwicklungsländern fördern. Die Ergebnisse ihrer strategischen und angewandten Forschung stellen sie den nationalen Agrarforschungssystemen (NARS) kostenlos zur Verfügung (CGIAR 1995). Diese sind für die eigentliche Sortenentwicklung entsprechend den nationalen Bedürfnissen zuständig.*

41 Staaten sind Mitglieder der CGIAR und damit Geldgeber der IARCs. Die "Top Ten", angeführt von den USA, der Weltbank und Japan, brachten 1992 fast 80% der ca. 250 Millionen US\$ für die sogenannte Kernförderung der Zentren auf (vgl. hierzu und zum folgenden: Peters 1994). Von den damals 7 Entwicklungsländern in der CGIAR (Korea, China, Indien, Philippinen, Mexiko, Nigeria und Brasilien) wurden jeweils maximal 0,5 Millionen US\$, d.h. 0,2%, beigesteuert. Auch wenn man die gut 50 Millionen US\$ der Einzelprojektförderung hinzuzählt, *nimmt sich das Budget der IARCs im Vergleich mit den finanziellen Forschungskapazitäten der großen Industrieunternehmen äußerst bescheiden aus.* Trotz der weltweiten Bedeutung der Aufgaben, die den IARCs zugewiesen werden, wurde das Budget seit Beginn der 90er Jahre bis zum Sommer 1994 um fast ein Drittel gekürzt, bevor die Weltbank auf Drängen ihres früheren Präsidenten McNamara in größerem Umfang zusätzliche Mittel zur Verfügung stellte. *Die vergleichsweise geringe finanzielle Ausstattung be-*

deutet, daß die IARCs ihre Arbeit auf die für Entwicklungsländer wichtigsten Pflanzen- und Tierarten konzentrieren müssen. Nur regional oder gar lokal relevante Spezies oder Anbautechniken können nicht in größerem Umfang beforscht werden. Auch die Schwerpunktverlagerung in Richtung Ressourcenmanagement, die in den letzten Jahren von der CGIAR vorgenommen wurde, wird mit der schlechten Finanzlage in Verbindung gebracht (von Urff 1994). Um zu verhindern, daß die oft sehr schwach ausgestatteten nationalen Agrarforschungseinrichtungen - wie in der Vergangenheit oft geschehen - sich an mehrere internationale Partner wenden und dabei einen Teil ihrer knappen Mittel ineffektiv einsetzen, wurden in jüngster Zeit die Aufgaben der IARCs erweitert. Neben der Bearbeitung ihrer Mandatspflanzen bzw. -bereiche sollen sie zukünftig jeweils für eine bestimmte Ökoregion zuständig sein und dort intensiver mit den nationalen Institutionen zusammenarbeiten (von Urff 1994).

Lediglich 5% der Finanzmittel der IARCs werden für Biotechnologie i.e.S. ausgegeben<sup>1</sup>, doch spielen die IARCs als Vorreiter und Multiplikatoren bei der Verbreitung biotechnologischer Verfahren eine wichtige Rolle. Alle Institute, die konkrete züchterische Projekte bearbeiten, wenden mittlerweile biotechnologische Methoden an. Gerade bei Arten wie Cassava, Sorghum, Süßkartoffel, Kochbananen oder diversen Leguminosen, die ausschließlich für die Ernährung der Menschen in Entwicklungsländern eine Rolle spielen, verfolgen oft allein die IARCs aktuellere Forschungsansätze und -methoden, da einerseits die Verbraucherländer zur Finanzierung dieser Forschung nicht in der Lage sind und andererseits die transnationalen Konzerne an diesen Pflanzen kein Interesse haben.

Ende der 80er Jahre gründete die CGIAR eine spezielle Arbeitsgruppe (BIOTASK), die sich mit den besonderen Anforderungen z.B. im Bereich Patentschutz und Biologische Sicherheit befassen sollte. Eine Studie der Weltbank (1991) sprach im Hinblick auf den veränderten Auftrag und die neuen Bedingungen der Arbeit der IARCs die Empfehlung aus, daß die Zentren ihre Programme weg von angewandter und hin zu strategischer Forschung orientieren sollten, die von ihnen erzielten Forschungsergebnisse patentrechtlich geschützt werden müßten und die Zusammenarbeit mit dem privaten Sektor intensiviert werden sollte (vgl. Biotechnology and Development Monitor 1991c). Die CGIAR hat sich jedoch den Prinzipien der freien Verfügbarkeit von Technologien und Genmaterial ausdrücklich verpflichtet (CGIAR 1992). Die "Luzerner

---

<sup>1</sup> Laut M. Collinson vom Wissenschaftlichen Beirat der CGIAR, nach Sprenger/Zweifel 1994, S. 53.



Erklärung" der Repräsentanten der Mitglieder zur Erneuerung der CGIAR aus dem Februar 1995 nimmt keine gesonderte Stellung zur Biotechnologie, sondern betont die Notwendigkeit einer umfassenden Integration indigenen Wissens und moderner Wissenschaft durch eine Ausdehnung der Zusammenarbeit sowohl mit dem privaten Sektor als auch mit Vertretern der Nicht-Regierungsorganisationen (CGIAR 1995).

Bezüglich der Kooperation der IARCs mit Industrieunternehmen haben sich in den letzten Jahren vielfältige Kontakte entwickelt, so z.B. in einem internationalen Netzwerk zur Erstellung einer Maisgenomkarte zwischen dem Mais- und Weizeninstitut CIMMYT und (u.a.) vier europäischen Firmen, darunter der wichtigste deutsche Saatgutproduzent Kleinwanzlebener Saatzucht AG (KWS). Grundsätzlich sind sich die IARCs allerdings der Probleme bewußt, die sich bei solchen Kooperationen in Fragen des geistigen Eigentums und der finanziellen Verwertung der gemeinsamen Forschungsergebnisse ergeben können (Biotechnology and Development Monitor 1990a). Nur um zu gewährleisten, daß sie ihre Resultate auch weiterhin den NARS zur Verfügung stellen können, wollen bzw. sollen die Zentren auf den Patentschutz zurückgreifen, (CGIAR 1992). *Es besteht die Sorge, daß aus solchen vorsorglichen, "defensiven" Schutzmaßnahmen Probleme für lokale Innovationsanstrengungen, im Bereich des Technologietransfers und grundsätzlich bezüglich der "Politik der offenen Türen" der IARCs erwachsen* (Biotechnology and Development Monitor 1991e). Eine finanzielle Unterstützung durch den privaten Sektor ist zwar dringend erwünscht, darf allerdings nicht zu Lasten des "public-good-Charakters" der CGIAR-Forschungsergebnisse gehen (CGIAR 1995).

## Fazit

Die internationalen Agrarforschungszentren sind die zentralen Einrichtungen, in denen versucht wird, die Ergebnisse moderner Agrarforschung zur Lösung landwirtschaftlicher Probleme der Entwicklungsländer anzuwenden. Bei Pflanzenarten, die auf den Weltmärkten keine Rolle spielen und daher für Privatunternehmen nicht lukrativ sind, aber der Ernährung in der "Dritten Welt" dienen, verfolgen die IARCs meist als einzige aufwendige und aktuelle Forschungsansätze. Die bisherige finanzielle Ausstattung muß angesichts der Bedeutung der Aufgabe der IARCs als zu gering angesehen werden. Bei der Anwendung moderner biotechnologischer, insbesondere gentechnologischer Methoden entstehen Probleme für die IARCs v.a. im Bereich des geistigen Eigentums. Da viele

der modernen Methoden patentgeschützt sind, können sie nicht unlizenziiert auf die Mandatpflanzen der Forschungszentren angewendet werden. Daneben sehen sich die IARCs bei Kooperationen mit Privatunternehmen teilweise zu eigener, "defensiver" Patentierung genötigt, die in Konflikt mit der bisherigen Politik der "offenen Türen" geraten kann.

## 2. Anwendungsbereich Medizin

### 2.1 Der Beitrag der Biotechnologie für die medizinische Versorgung von Entwicklungsländern und die tropenmedizinische Forschung

Die Tropenmedizin befaßt sich mit allen Gesundheitsstörungen, die durch das tropische Klima und die besonderen Lebensumstände in den tropischen Entwicklungsländern bedingt sind. *Die Hauptursachen für Erkrankungen in den Tropen sind in der Mangelernährung und den schlechten Lebens- und Hygienebedingungen insbesondere der armen Bevölkerungsschichten von Entwicklungsländern zu suchen.* Die Folge sind weit verbreitete Infektionskrankheiten, wie z.B. Durchfall-Erkrankungen einschließlich der Cholera, Erkrankungen der Atemwege (z.B. Tuberkulose) und AIDS.

Um Tropenkrankheiten im engeren Sinne handelt es sich bei Erkrankungen, deren Ausbildung im Regelfall durch das tropische Klima bedingt ist. Zu solchen Krankheiten zählen z.B. Malaria, Bilharziose, Afrikanische Schlafkrankheit, Chagas-Krankheit, Filariose, Onchozerkose, Leishmaniose und Lepra. *Bei der Erforschung und Bekämpfung der Tropenkrankheiten im engeren Sinn können bio- und gentechnologische Methoden eingesetzt werden, um*

- die Entstehung, den Wirkmechanismus, den Verlauf und die Symptomatik besser zu verstehen,
- die Diagnose und die diagnostischen Hilfsmittel zu verbessern,
- Mittel für die Krankheitsprävention, wie z.B. Prophylaxen und Impfstoffe, zu finden und einfach zu produzieren sowie Überträger von Krankheiten (z.B. Insekten, Schnecken) zu bekämpfen und
- Therapeutika herzustellen bzw. ihre Produktion zu vereinfachen.

## Wirkmechanismen

Bei der Erforschung der Wirkmechanismen setzt die Wissenschaft immer mehr auf gentechnische Methoden. Mit Hilfe der Gentechnik wird versucht herauszufinden, welche Gene am Entstehen und der Weiterentwicklung einer Krankheit beteiligt sind und welche Gene andere Menschen resistent gegen die untersuchte Krankheit machen. Beispielsweise ist bekannt, daß Menschen mit einer genetischen Anlage für Sichelzellanämie weniger anfällig für Malaria sind als Menschen ohne diese Anlage. Analog den bei der Sichelzellanämie aufgeklärten genetischen Mechanismen versuchen Wissenschaftler bei anderen Krankheiten, Kenntnisse über die involvierten Gene und ihre Funktion zu erlangen. Dazu sind in der Regel sehr umfangreiche Untersuchungen an vielen erkrankten und gesunden Menschen notwendig, um durch den Vergleich der Erbanlagen bestimmte Genmutationen finden zu können. Gelingt der Nachweis einer solchen Mutation, dann ermöglicht dies nicht nur ein besseres Verständnis des Krankheitsablaufes, sondern - über die mikrobiologische Produktion des Stoffes, den das Gen kodiert - eventuell auch die Entwicklung eines neuen Medikamentes. Die mit einem Medikament gegen eine häufig in Industrieländern vorkommende Krankheiten verbundene hohe Gewinnerwartung rechtfertigt für viele Pharmafirmen in Industrieländern den großen wissenschaftlichen, technischen, zeitlichen und finanziellen Aufwand, der mit gentechnologischen Methoden der Forschung verbunden ist. Ein entsprechend hoher Forschungsaufwand für Krankheiten, die größtenteils nur in armen tropischen Ländern zu finden sind, erscheint für Pharmafirmen dagegen mit großen finanziellen Risiken behaftet und findet daher zur Zeit kaum mehr statt. *Firmen in armen Entwicklungsländern bzw. deren Regierungen sind in der Regel nicht in der Lage, die für gentechnologische Forschungsansätze nötigen Investitionen zu leisten.*

## Diagnose

Der Einsatz neuer gentechnologischer Methoden hat in den letzten Jahren sowohl das Spektrum der Diagnosemöglichkeiten als auch die Empfindlichkeit diagnostischer Mittel enorm gesteigert. So können beispielsweise mit Hilfe von selektiven Methoden der DNA-Vermehrung (PCR-Methode) Erreger von Krankheiten bzw. deren DNA in geringsten Mengen nachgewiesen werden. Dadurch ist in Einzelfällen eine viel genauere und frühzeitigere Diagnose von Infektionen möglich als mit anderen Methoden. Die hohe Empfindlichkeit die-

ser Methoden birgt jedoch auch eine ganze Reihe von Fehlermöglichkeiten, so daß sehr hohe Anforderungen an das diese Tests durchführende Personal und an die Reinheit der Ausgangsmaterialien gestellt werden müssen. *Für den großflächigen Einsatz in Entwicklungsländern ist die PCR-Methode daher bisher kaum geeignet.*

Andererseits könnten einfach gestaltete Tests (sogenannte Test-Kits oder Teststreifen) auch in Entwicklungsländern eine breite Anwendung finden und dort bei der schnellen Identifikation von Krankheiten und Krankheitserregern zum Einsatz kommen. Mit Hilfe von Tests-Kits können Krankheitserreger oder durch eine Krankheit verursachte abnormale Konzentrationen von Körpersubstanzen festgestellt werden. Die Charakterisierung von Krankheitserregern kann bereits durch die gentechnisch ermöglichte Identifikation spezifischer DNA-Abschnitte des Erregers (sogenannte DNA-Sonden) erfolgen. Älter und weiter verbreitet ist jedoch die Identifikation der Krankheitserreger durch sogenannte monoklonale Antikörper, die mit Hilfe biotechnologischer Methoden gewonnen werden. *Diese Antikörper sind nach einer relativ aufwendigen Forschung und Entwicklung billig, stabil und in großen Mengen herstellbar. Durch sie sind daher Teile des modernen diagnostischen Potentials von Industrieländern auf Entwicklungsländer übertragbar.*

Neue Entwicklungen zielen darauf ab, menschliche monoklonale Antikörper von gentechnisch veränderten (transgenen) Tieren und Zellkulturen produzieren zu lassen und sie dann als Medikamente gegen bestimmte Krankheiten von Menschen einzusetzen. Solche therapeutischen Antikörper würden sich auch für den Einsatz in Entwicklungsländern eignen. Sie müßten dann allerdings, ähnlich wie andere Medikamente und Impfstoffe, speziell gegen bestimmte Tropenkrankheiten entwickelt werden. Zur Entwicklung und großtechnischen Herstellung von Antikörpern sind moderne molekularbiologische Zentren mit hohem Sicherheitsstandard notwendig, die bisher nur in Ländern mit relativ hohem technologischen Potential zu finden sind.

## **Impfstoffe**

Besondere Hoffnungen setzen Wissenschaftler und Tropenmediziner in den Einsatz gentechnischer Methoden bei der Herstellung von Impfstoffen. Sind Gene, die Oberflächenkomponenten von Krankheitserregern determinieren, bekannt (z.B. Gene eines Virus-Hüllproteins), können diese Gene in Bakterien eingebracht werden. Diese gentechnisch veränderten Mikroorganismen können

das Oberflächenprotein billig produzieren, so daß es dann in ausreichenden Mengen zur Impfung von Menschen zur Verfügung steht (sogenannte Untereinheitenvakzine).

Eine andere Strategie besteht darin, die entsprechenden Gene in andere, vergleichsweise weniger gefährliche Viren, wie z.B. den Kuhpockenvirus (*Vaccinia*), einzubauen und damit Menschen zu impfen. *Tropenmediziner hoffen, mit Hilfe solcher zusammengesetzter Viren in Zukunft einmal eine Immunisierung gegen mehrere Viren mit nur einer Impfung erreichen zu können. Dies wäre für die Versorgung der Landbevölkerung vieler Entwicklungsländer ein Fortschritt, da dort viele Menschen einen weiten Weg zur nächsten medizinischen Versorgungstation haben und diese daher nur selten aufsuchen können.*

Jüngste Experimente haben gezeigt, daß auch die Injektion von hochgereinigter DNA in Muskelzellen von Mäusen zur Bildung der von der Fremd-DNA kodierten Proteine geführt haben. Eine Immunisierung auf diesem Wege könnte eventuell einfache und widerstandsfähige Impfstoffe auf DNA-Basis hervorbringen, die sich auch für den Einsatz in Entwicklungsländern eignen würden.

*Die Nebenwirkungen und Risiken für Mensch und Umwelt durch direkte DNA-Übertragungen in Menschen ebenso wie durch den Zusammenbau von Impfviren aus verschiedenen pathogenen Ausgangsviren sind jedoch Gegenstand kontroverser Diskussionen. Viele Experten beurteilen diese Techniken als beherrschbar und argumentieren, daß es beim gegenwärtigen Stand von Forschung und Technik extrem unwahrscheinlich ist, daß nicht beabsichtigte Nebenwirkungen - wie die unbemerkte Neubildung pathogener Viren - bei der Nutzung dieser Techniken auftreten. Andere Fachleute erkennen in diesen Bereichen so große Wissenslücken, daß ihnen eine Sicherheitsbeurteilung dieser Techniken nicht zuverlässig möglich erscheint. Insbesondere die mögliche Neubildung und Verbreitung von Viren bezeichnen sie als durchaus möglich und messen diesem Umstand ein nicht kalkulierbares Gefahrenpotential für andere Menschen und Tiere bei. Sie lehnen daher einen Export solcher Techniken und Produkte in Entwicklungsländer strikt ab.*

## **Therapeutika**

Gentechnisch hergestellte Medikamente wie Humaninsulin gegen Diabetes, Gewebe-Plasminogen-Aktivator (TPA) zur Auflösung von Blutgerinnseln nach Herzinfarkten, Erythropoetin gegen Blutarmut, verschiedene Interferone zur Behandlung von Krebs usw. sind auf dem Weltmarkt bereits vorhanden. Einer

Pressemeldung zufolge umfaßte die Gruppe dieser Medikamente Ende 1994 alleine in der Schweiz 27 zugelassene, 60 in der klinischen Erprobung und 210 in der Entwicklung befindliche Präparate (Chemische Rundschau 1994). Bereits 1993 waren in den USA 20 gentechnisch hergestellte Medikamente für mindestens 15 Indikationen zugelassen. 143 solcher Medikamente waren in der Entwicklung. Diese waren fast alle zur Behandlung von typischen Krankheiten in Industrieländern konzipiert (maligne, genetische und degenerative Erkrankungen sowie schwere Infektionskrankheiten und ihre Komplikationen) (GTZ 1994, S. 29). Unter den 143 in der Entwicklung befindlichen Produkten waren auch 20 Impfstoffe, darunter 9 gegen AIDS, 3 gegen Malaria und 2 gegen Hepatitis. *Mittel gegen AIDS, Hepatitis und Malaria sind nicht nur für Industrieländer von Bedeutung, sondern vor allem auch für Entwicklungsländer.*

*Die Entwicklung von Therapeutika und Impfstoffen mit Hilfe gentechnologischer Methoden ist jedoch sehr aufwendig und teuer.* So kostete beispielsweise ein herkömmlich aus Blutplasma hergestellter Impfstoff gegen Hepatitis B weniger als 1 US\$, ein gentechnisch hergestellter hingegen 15 US\$ pro Dosis (Biotechnology and Development Monitor 1991d). Es wird davon ausgegangen, daß die armen Menschen in Entwicklungsländern und die staatlichen Gesundheitssysteme dieser Länder nicht in der Lage sein werden, den Preis für diese Medikamente zu zahlen (GTZ 1994, S. 52). Ebenso können die hohen Kosten von 30-40 Mio. US\$ für die Entwicklung eines gentechnisch hergestellten Impfstoffes von diesen Ländern in der Regel nicht aufgebracht werden. Hinzu kommt, daß diese Forschung nur von Ländern mit entwickelter wissenschaftlich-technischer Infrastruktur durchgeführt werden kann.

### **Biotechnologische Methoden für die Entwicklung von Mitteln zur Empfängnisverhütung**

Auf der Suche nach billigen und problemlosen Verhütungsmethoden, die vor allem auch Frauen in Ländern der "Dritten Welt" eine Familienplanung ermöglichen, versucht man schon seit den 70er Jahren, immunologische Mittel zur Schwangerschaftsverhütung zu entwickeln. Diese Versuche folgen der Idee, mit Hilfe bio- und gentechnologischer Methoden menschliche Hormone in Stücke zu zerlegen und dann bestimmte Abschnitte dieser Hormone als Impfstoff zu verwenden. Dadurch soll das Immunsystem der Probanden/innen gegen eines ihrer körpereigenen Geschlechtshormone aktiviert werden. Man hofft, daß die Immunabwehr des Körpers die Menge der entsprechenden Hormone so redu-

ziert, daß die Entwicklung befruchtungsfähiger Samen, Eizellen oder die Einnistung und Entwicklung von Embryonen unterbunden wird. Andere Versuche zielen auf eine Immunisierung von Frauen gegen männliche Samen oder die eigenen Eizellen ab. Dadurch soll eine Befruchtung der weiblichen Eizellen verhindert werden.

Derzeit wird an sechs Varianten immunologischer Verhütungsmethoden in unterschiedlichen Entwicklungsstadien geforscht. Man schätzt, daß bereits ca. 400 Personen an klinischen Versuchen beteiligt waren. Am weitesteten entwickelt sind Immunisierungen gegen das Schwangerschaftshormon hCG (human Choriongonadotropine), das für die Einnistung der befruchteten Eizellen und die Aufrechterhaltung der Schwangerschaft sorgt. In Schweden fanden in Zusammenarbeit mit der WHO Versuchsreihen mit einem Impfstoffprototypen statt, die inzwischen jedoch unterbrochen wurden. Ein Konkurrenzprodukt dazu wird - ohne Unterstützung der WHO - in Indien bereits in einer klinischen Studie der Phase III getestet. Weitere Versuche sind in nächster Zeit in den USA, in Frankreich und in Großbritannien geplant (Sprenger/Zweifel 1994, S. 34).

*Die Vorteile solcher immunologischer Verhütungsmethoden werden seitens der Forschung darin gesehen, daß sie wenig hormonelle und metabolische Nebenwirkungen und eine natürliche Reversibilität zeigen, Frauen die Möglichkeit der persönlichen Diskretion gewähren, keine Anforderungen an die Selbstdisziplin stellen und auch die Aufbewahrung und Beseitigung unproblematisch ist. Erste klinische Versuche mit immunologischen Verhütungsmethoden zeigten jedoch, daß die individuelle Immunantwort sehr unterschiedliche ausfällt und das Immunsystem einiger Frauen so schwach auf die Immunisierungen reagierte, daß sie trotzdem schwanger wurden. In einigen Fällen entwickelten sich Abwehrreaktionen nicht nur gegen die beabsichtigten Hormone, sondern auch gegen andere, ähnliche Hormone und Zellen. Zudem weisen Versuche mit Zellkulturen darauf hin, daß durch Abwehrreaktionen auch Eierstöcke angegriffen werden können. Ungeklärt ist ebenfalls, ob die Reversibilität des Verhütungseffektes in jedem Fall und auch bei längerer Anwendung gewährleistet ist (Sprenger/Zweifel 1994, S. 36). Kritisiert wird auch, daß zum Ausschluß einer Kontraindikation (z.B. geschwächtes Immunsystem, Blutarmut, Allergiefähigkeit) Voruntersuchungen notwendig sind, die die Anwendung des Impfstoffes verteuern und in Entwicklungsländern nur an speziellen Orten möglich sind. Dies könnte eine breite Anwendung in Entwicklungsländern fragwürdig bzw. unmöglich machen.*

## Fazit

Biotechnologische und darunter vor allem gentechnologische Methoden bieten theoretisch eine Reihe von Möglichkeiten, die Diagnose von Krankheiten in Entwicklungsländern zu verbessern, therapeutische Möglichkeiten zu erforschen, Impfstoffe herzustellen und immunologische Mittel zur Empfängnisverhütung zu entwickeln. Die Forschung mit gentechnologischen Methoden stellt jedoch sehr hohe Anforderungen an das Know-how der Wissenschaftler, die Ausrüstung entsprechender Forschungszentren - auch unter Sicherheitsaspekten beim Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen - und an die notwendigen Finanzmittel. Diese Voraussetzungen sind in der Regel in armen Entwicklungsländern nicht vorhanden. Eine Forschung und Entwicklung mit bio- und gentechnologischen Methoden an Krankheiten, die vor allem in Entwicklungsländern verbreitet sind, kann daher aus eigenen Mitteln vor Ort kaum stattfinden. Da Medikamente und Impfstoffe aus gentechnischer Forschung und Produktion in der Regel teurer sind als herkömmlich hergestellte Präparate, können sie auch nicht zur finanziellen Entlastung der medizinischen Versorgung von Entwicklungsländern beitragen.

## 2.2 Biotechnologie im Rahmen internationaler Programme im Gesundheitswesen

### Das tropenmedizinische Programm (TDR) von UNDP, Weltbank und WHO

Auf internationaler Ebene gibt es verschiedene Programme, über die medizinische Forschung für tropische Entwicklungsländer gefördert wird. Ein Beispiel ist das 1975 eingerichtete Sonderprogramm für Forschung und Ausbildung TDR. Es wird vom UNDP, von der Weltbank und der WHO gemeinsam finanziert. *Im Rahmen dieses Programmes werden zur Erforschung und Bekämpfung von Tropenkrankheiten auch moderne biotechnologische Methoden eingesetzt.* Die Zahl der aus diesem Programm hervorgegangenen biotechnologisch hergestellten Produkte ist jedoch noch sehr klein (s. Tab. 3).



Tab. 3: Biotechnologische Produkte des TDR-Programms

<i>Krankheit/Produkt</i>	<i>Stand</i>		
	<i>Entwicklung</i>	<i>Prüfung</i>	<i>Im Einsatz</i>
<i>Malaria</i>			
Tumor-Nekrose-Faktor-Antagonist		1991	
Impfstoffe	1977 - 1989	1989/1992	
DNA-Sonden zur Ermittlung von Malariaparasiten im Blut		1987	
DNA-Sonden und RNA-Sonden	1987		
Monoklonale Diagnostik (Zavala-Test)		1986	1989
<i>Bilharziose</i>			
Impfstoff	1989		
Diagnostik	1992		
<i>Filariose</i>			
verschiedene DNA-Sonden für Parasiten-Diagnostik		1989	1989

Quelle: GTZ 1994, S. 62 (modifiziert nach: UNDP/World Bank/WHO: TDR Towards the Year 2000 - Strategic Considerations, Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases. Geneva 1992)

Ende der 80er Jahre wurde das TDR-Programm umstrukturiert und unterstützt jetzt nicht mehr hauptsächlich die wissenschaftliche Forschung, sondern die Entwicklung von Produkten bis zur Marktreife. So wird im Rahmen des TDR-Programmes beispielsweise seit 1992 auch die Produktentwicklung des vielversprechenden, jedoch nicht gentechnisch hergestellten Malaria-Impfstoffes (Spf66 von Prof. Patarroyo aus Kolumbien) unterstützt.

*Deutschland ist am TDR-Programm mit ca. 20 Mio. US\$ beteiligt. Davon fließen ca. 4,1 Mio. US\$ in deutsche Forschungsinstitute und Hochschulen zurück.* Die Sachgebiete, die Zahl und der finanzielle Umfang der damit unterhaltenen Projekte sind in Tab. 4 zusammengestellt.

Tab. 4: Deutsche Beteiligung am tropenmedizinischen Programm TDR von UNDP, Weltbank und WHO in den verschiedenen Forschungsgebieten

<i>Deutsche Projekte nach Sachgebieten</i>		
<i>Sachgebiet</i>	<i>Zahl der Projekte</i>	<i>TDR-Mittel (US\$)</i>
Pathogenese	1	27.000
Malaria-Chemotherapie	2	126.160
Malaria-Immunologie	5	411.656
Bilharziose	9	472.460
Filariose	19	1.663.647
Schlafkrankheit	10	589.373
Chagas-Krankheit	3	34.489
Leishmaniose-Chemotherapie	2	74.850
Lepra-Immunologie	6	401.900
Lepra-Chemotherapie	4	167.500
Biologische Bekämpfung von Krankheitsvektoren	3	63.599
Forschungs- und Entwicklungsprojekte, gesamt	65	4.072.634
Aus- und Fortbildung	1	9.000
Summe	66	4.081.634

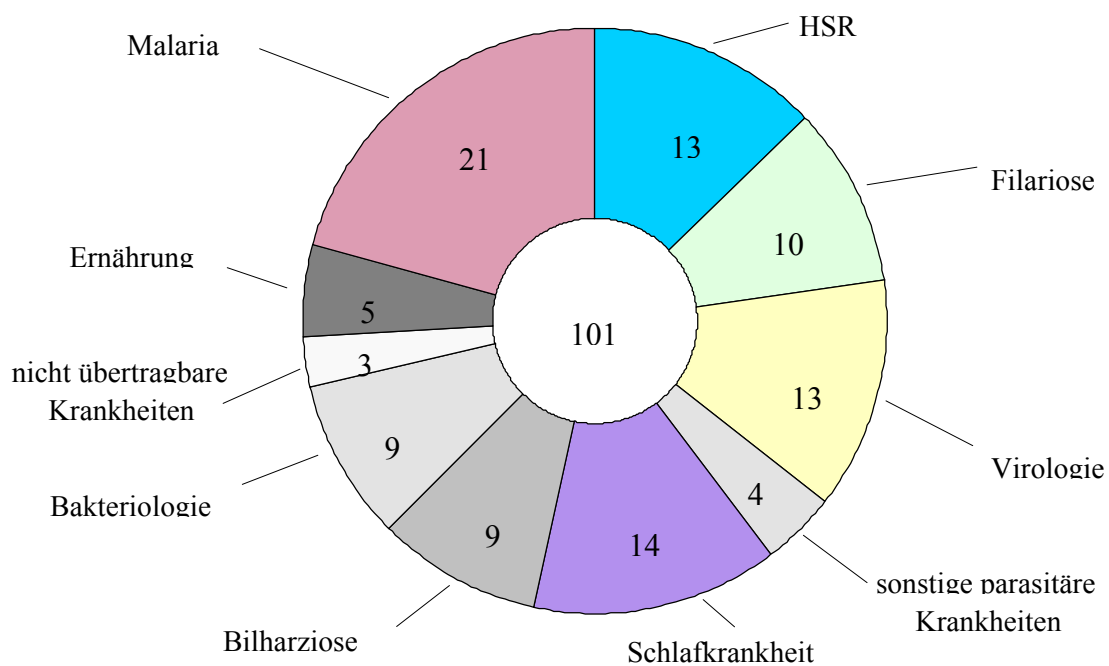
Quelle: GTZ 1994, S. 96 (modifiziert nach: UNDP/World Bank/WHO: TDR Country Profile - Germany. Geneva 1994)

### **Das STD-Programm der Europäischen Union**

Das Programm "Life Sciences and Technologies for Developing Countries" (STD) lief 1983 an. *Mit diesem Projekt sollen die Biowissenschaften, die Erforschung von Tropenkrankheiten und die Technikentwicklung in Ländern der "Dritten Welt" unterstützt werden.* Dafür standen in der dritten Vier-Jahres-Periode für den medizinischen Sektor ca. 43 Mio. ECU zur Verfügung (GTZ 1994, S. 65). Für die 5. Finanzperiode von 1995-1998 sind 63 Mio. ECU veranschlagt. Mit den Forschungsprojekten sollen für die Entwicklungsländer geeignete, wirksame und gleichzeitig kostengünstige Impfstoffe, Arzneimittel und

Diagnoseverfahren für Tropenkrankheiten im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen den führenden Wissenschaftlern Europas und Fachleuten aus den Staaten des Südens entwickelt werden. Eine besondere Bedeutung bei Forschung, Aus- und Fortbildung und Technologietransfer kommt hier der Biotechnologie zu. Insgesamt wurden in der 3. Vier-Jahres-Periode des STD-Programms 100 Einzelprojekte mit insgesamt mehr als 27 Mio. ECU gefördert (bis 1993 abgerufene Mittel). Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Sachthemen und die Anzahl der darin vom STD-Programm finanzierten Projekte. Der Hauptteil der genehmigten Anträge bezieht sich auf die großen Tropenkrankheiten (Malaria, Bilharziose, Filariose und Schlafkrankheit) sowie die Erforschung von Gesundheitssystemen (Health System Research, HSR).

Abb. 1: Sachgebiete und Anzahl der vom STD-Programm finanzierten Forschungsprojekte



Quelle: GTZ 1994, S.68 (aus: European Commission: Life Sciences and Technologies for Developing Countries [STD] Programme-Area Health. 1993). HSR: Health System Research.

*Ziel des STD-Programms ist es, Kooperationen zwischen europäischen Institutionen und Einrichtungen in den Entwicklungsländern aufzubauen. Dadurch soll nicht nur die Zusammenarbeit innerhalb Europas gefördert werden, sondern auch die Forschung in den Industrieländern stärker auf die Bedürfnisse der*

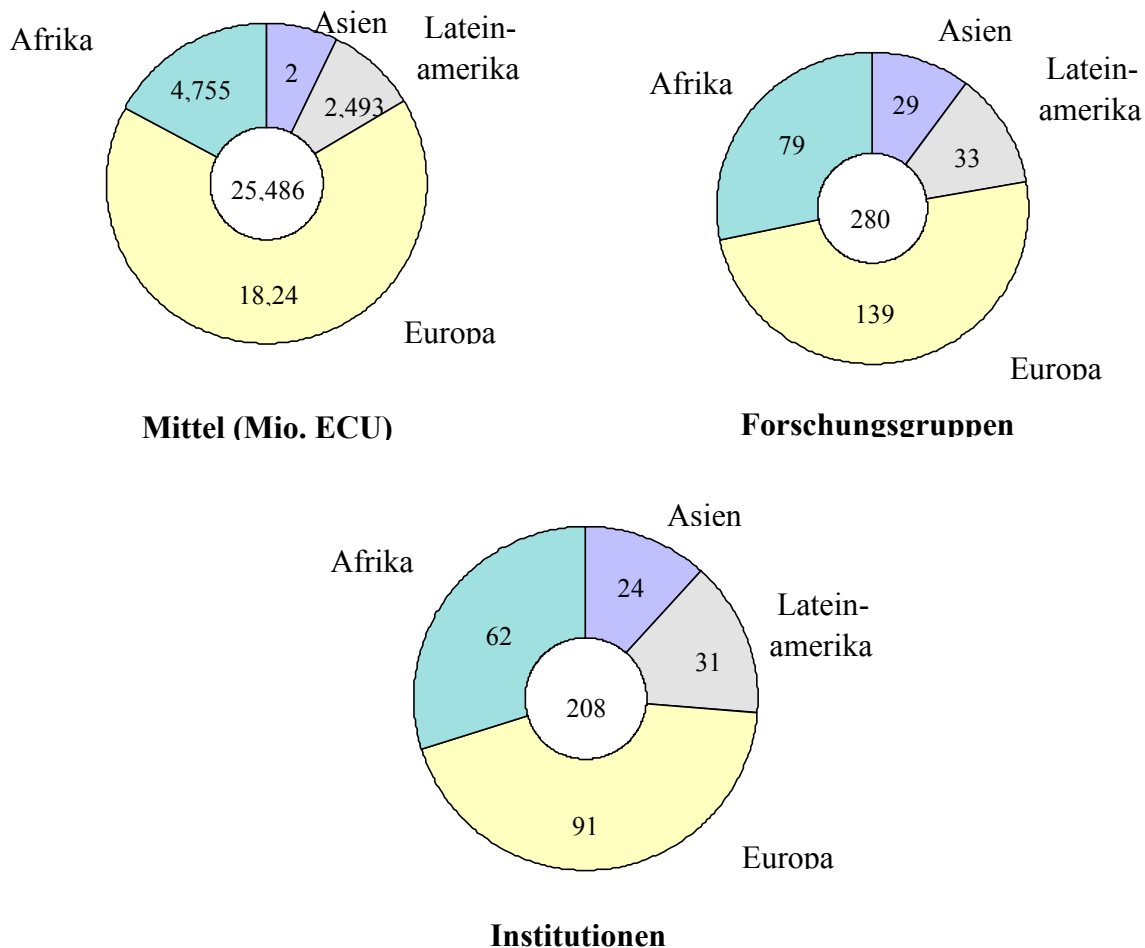
*Entwicklungsländer ausgerichtet werden.* Um dies zu erreichen, wird die Entwicklung von Forschungsverbundnetzen angestrebt. Dazu müssen bei einem Förderantrag immer zwei europäische Ansprechpartner und ein Partner aus dem Süden beteiligt sein. Der Grad der dadurch bisher erreichten Vernetzung zwischen Institutionen in verschiedenen Kontinenten ist in Abbildung 2 dargestellt. *Dabei zeigt sich, daß der Hauptanteil der bisherigen Förderung auf die Europäische Gemeinschaft entfällt, gefolgt von Afrika, Lateinamerika und Asien.*

Nach Untersuchungen der GTZ findet in der deutschen Entwicklungszusammenarbeit auf dem Sektor der Tropenmedizin ansonsten keine systematische Forschungsförderung statt. Einerseits habe das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung kein Forschungsmandat und sähe Forschungsförderung auch nicht als seine primäre Aufgabe an, andererseits würden Anträge für entsprechende Forschungsvorhaben bei anderen Förderern mit Hinweis auf die Zuständigkeit des BMZs abgewiesen (GTZ 1994, S. 138).

## **Fazit**

Biotechnologische Methoden werden im Rahmen internationaler tropenmedizinischer Forschungsprogramme angewandt. Sie sollen dazu beitragen, die Erforschung einiger in den Tropen weit verbreiteter Krankheiten, wie Malaria, Bilharziose und Filariose, zu verbessern und Bekämpfungsmethoden zu entwickeln. Entsprechende Projekte werden sowohl mit Unterstützung des TDR-Programms von UNDP, Weltbank und WHO durchgeführt als auch durch das STD-Programm der EU gefördert. Im Rahmen dieser Projekte soll zum einen die Kooperation zwischen europäischen Instituten und Einrichtungen in den Entwicklungsländern auf- und ausgebaut werden, zum anderen soll sowohl die Zusammenarbeit innerhalb Europas gefördert als auch die Forschung in den Industrieländern stärker auf die Bedürfnisse der Entwicklungsländer ausgerichtet werden. Der Hauptanteil der vergebenen Fördermittel des STD-Programms entfällt auf die Europäische Gemeinschaft, gefolgt von Afrika, Lateinamerika und Asien. Nach einer Untersuchung der GTZ sind deutsche Forschungsinstitute in internationalen tropenmedizinischen Programmen unterrepräsentiert. Anträge auf nationale Forschungsprogramme im tropenmedizinischen Bereich scheiterten an einer ungeklärten Zuständigkeit deutscher Ministerien.

Abb. 2: Verteilung der bis 1993 abgerufenen Mittel der 3. Vierjahresperiode (1991-1994) des STD-Programmes nach Regionen und Zuordnung zu Forschungsgruppen und Institutionen



Quelle: GTZ 1994, S.66 (nach: European Commission: Life Sciences and Technologies for Developing Countries [STD] Programme-Area Health. 1993)

### 2.3 Die Entwicklung von tropenmedizinischen Produkten durch die Pharmaindustrie

In der Vergangenheit war der Export von Medikamenten in Entwicklungsländer ein lukratives Geschäft. Seitdem jedoch viele Entwicklungsländer zu stark verschuldet sind, besitzen sie häufig nicht mehr die nötigen Devisen, um den Import notwendiger Medikamente bezahlen zu können (Weyerer 1993). Mehrere deutsche Unternehmen, die in der Vergangenheit Medikamente gegen tropische

Infektions- oder parasitäre Krankheiten entwickelten, haben diese Arzneimittel nicht bis zur Marktreife geführt - nicht wegen fehlenden Bedarfs, sondern wegen der Prognose eines fehlenden finanzkräftigen Absatzmarktes. Aus diesem Grund beendeten z.B. die Firmen *Merck* und *Bayer* eine Zusammenarbeit zur Entwicklung eines Mittels gegen Bilharziose. Gestoppt wurde ebenfalls die Entwicklung eines Tiermedikamentes gegen Leishmaniose, das *Bayer* in Zusammenarbeit mit *Boehringer/Ingelheim* entwickelte. Die *Behringwerke* in Marburg stellten 1993 nach 13 Jahren ihre Forschung an einem gentechnisch hergestellten Malariaimpfstoff ein und übergaben ihre Ergebnisse der USAID (US Agency for International Development) zur Weiterentwicklung (Hanke 1993). *CIBA-Geigy* hat einige Medikamente und einen Malariaimpfstoff zur Weiterentwicklung der WHO zur Verfügung gestellt. *In einer Umfrage des TAB betonten namhafte Pharmaunternehmen, daß die Entwicklung von Medikamenten für die Tropen angesichts der unsicheren Marktlage eine Zusammenarbeit mit staatlichen Geldgebern notwendig mache, um die hohen Kosten aufbringen und die langen Entwicklungszeiten durchhalten zu können.*

Andererseits wächst das Interesse, insbesondere von US-amerikanischen Pharmafirmen, an den Märkten in Asien und Lateinamerika. Innerhalb des bestehenden Sozialgefüges gibt es Gruppen, die sich auch teure biotechnologisch hergestellte Medikamente leisten können (GTZ 1994, S. 33). Wegen der hohen Entwicklungskosten und langen Entwicklungszeiten für Medikamente gründen Firmen für diese Märkte Forschungs- und Finanzpools (*Genentec, Syntex* und *Roche, Cetus* und *Schering*, etc.) (GTZ 1994, S. 56).

Ein interessanter Markt ist seit langem Indien. Die indische Stärke in den biotechnologischen Disziplinen und die Attraktivität des indischen Binnenmarktes bewegten die schwedische Pharmafirma *AB ASTRA*, das *Asien-Forschungszentrum* (ARCI) in Banglore als Gemeinschaftsunternehmen mit der indischen Regierung zu gründen. Ziel dieses Zentrums ist die Entwicklung neuartiger Diagnostika sowie von therapeutischen und prophylaktischen Produkten für die Gesundheit der Bevölkerung in tropischen Ländern (GTZ 1994, S. 55).

## Fazit

Die hohe Verschuldung vieler armer Entwicklungsländer bzw. ihr Devisenmangel macht ihnen die Einfuhr teurer Medikamente unmöglich. Dadurch ist der Pharmaindustrie der Absatzmarkt für neu entwickelte und damit relativ teure tropenmedizinische Medikamente weitgehend verlorengegangen. Viele deut-

sche Pharmafirmen haben daraufhin die Entwicklung entsprechender Medikamente eingestellt. Sie betonen, daß die unsichere Marktlage in Entwicklungsländern eine Zusammenarbeit mit industriestaatlichen Geldgebern notwendig mache. US-amerikanische Pharmafirmen zeigen ein wachsendes Interesse an Märkten in Schwellenländern. Zur Finanzierung entsprechender Forschungsprojekte gegen Krankheiten in diesen Ländern bilden sie Forschungs- und Finanzpools und arbeiten mit wissenschaftlichen Instituten vor Ort zusammen.

## 2.4 Der Stand der medizinischen Biotechnologie in den Entwicklungsländern

Für den Süden muß hinsichtlich des Nutzens der medizinischen Biotechnologie zwischen relativ reichen Schwellenländern und den armen Ländern differenziert werden. *In den armen Ländern des Südens gibt es kaum eigene Forschungsinstitute, auch sind sie, von wenigen Ausnahmen abgesehen, von unzureichender Qualität.* Die oft im Norden sehr gut ausgebildeten Wissenschaftler finden in ihren Ländern häufig nicht jene Bedingungen vor, die es erlauben würden, ihre Kenntnisse auch einzusetzen. Sind in diesen Ländern pharmazeutische Industrieunternehmen aus dem Norden vertreten, so werden deren medizinische Produkte oft lediglich vertrieben, jedoch hier weder erforscht noch hergestellt. Das Ergebnis ist, daß durch diese Vertriebsstätten der Industrien zwar Arbeitsplätze geschaffen werden, jedoch die wissenschaftliche Kapazität des Landes nicht gefördert wird.

*In einigen Schwellenländern gibt es hervorragende wissenschaftliche Institute sowie Personal; ebenso bestehen wissenschaftliche Kooperationen mit Einrichtungen des Nordens.* Eine wissenschaftliche Infrastruktur beginnt sich zu entwickeln mit entsprechendem Nutzen für das Land, wie Einbindung in den internationalen Wissenschaftsbetrieb und Herstellung von medizinischen Produkten im Land selbst. Zahlreiche Schwellenländer haben auf diesem Weg bereits erhebliche Fortschritte gemacht. Zu ihnen gehören Indien, Thailand, Mexiko, Argentinien, Brasilien und China. In anderen Staaten, wie beispielsweise Kolumbien, Kuba, Kenia, Simbabwe, Chile und Indonesien, gibt es bereits moderne biotechnologische Forschungseinrichtungen, die auf dem Gebiet der Medizin tätig sind (GTZ 1994, S. 57). Ziel von vielen Entwicklungsvorhaben ist hierbei die Produktion von wettbewerbsfähigen "Nachahmprodukten" (z.B. Impfstoffe gegen Hepatitis A, Hepatitis B, Hepatitis NANB, den Epstein-Barr-Virus, Interferone, Erythropoetin, Wachstumshormone und Insulin sowie dia-

agnostische Reagentien für Blutbanken, die Bestimmung von Papilloma-Viren und die prä- und postnatale Diagnose von Erbkrankheiten).

*Die Medizin hat in allen lateinamerikanischen Staaten, in denen es eine Biotechnologie-Politik gibt, Priorität, jedoch sind diese Programme vorwiegend auf die Erkrankungen einer kleinen reichen Schicht oder den Pharmamarkt in industrialisierten Ländern, nicht jedoch auf die Krankheiten der armen Bevölkerungsschichten ausgerichtet. Dieses Phänomen ist nicht spezifisch für Lateinamerika, sondern ist weltweit zu beobachten (GTZ 1994, S. 58).*

## **Fazit**

Die Anwendung der medizinischen Biotechnologie ist in den Entwicklungsländern unterschiedlich weit fortgeschritten. In armen Entwicklungsländern gibt es kaum eigene Forschungsinstitute. Vertretungen von Pharmafirmen in diesen Ländern sorgen oft lediglich für den Vertrieb, ohne die wissenschaftliche Kapazität des Landes zu fördern. Die meisten Schwellenländer, jedoch nur wenige ärmere Länder, wie Kenia und Simbabwe, verfügen über moderne biotechnologische Forschungseinrichtungen. Ziel vieler Vorhaben in diesen Einrichtungen ist jedoch nicht die Entwicklung und Produktion tropenmedizinischer Präparate für die arme Bevölkerungsmehrheit, sondern die Produktion von Nachahmprodukten für den Pharmamarkt in Industrieländern oder für die reiche Bevölkerungsschicht im Lande.

## **3. Anwendungsbereich Ressourcenschutz**

### **3.1 Umweltrelevante biotechnologische Anwendungen**

Von vielen der modernen biotechnologischen Methoden und Produkte werden positive ökologische Auswirkungen erwartet. In der Landwirtschaft sollen Bio-dünger und Biopestizide den Verbrauch an Agrochemikalien senken (vgl. Kap. II.1.1), die chemische Industrie kann beim Ersatz konventioneller Verfahren durch biotechnologische einen großen Teil der zuvor notwendigen Lösungsmittel und unerwünschten Beiprodukte einsparen bzw. vermeiden. Konkrete umweltrelevante Anwendungsmöglichkeiten der Biotechnologie gibt es beim Abbau mineralischer Rohstoffe mit Hilfe von Mikroorganismen, im Energiebe-



reich (Biogas- und Bioalkoholproduktion) und beim Abbau von Schadstoffen in Abwasser, Abfall und Altlasten.

### **Biogas- und Bioethanolproduktion**

Von der *Nutzung von Mikroorganismen im Bereich wiederernewerbarer Rohstoffe*, z.B. bei der Biogas- und Bioalkoholherstellung, erwarten sich einige Länder zum einen *mehr Unabhängigkeit vom Weltmarktprodukt Öl*, zum anderen *eine umweltverträglichere Nutzung von Ressourcen*.

Die *Biogastechnologie* erlaubt die Umwandlung organischen Materials (z.B. Abfallprodukte aus der Landwirtschaft) in Dünger und Energie. Seit 1985 wird die Etablierung und Nutzung dieser Methode in der Entwicklungszusammenarbeit erfolgreich gefördert. Die meisten Anlagen finden sich in Asien, insbesondere in China (4.75 Mio.) und Indien (1.5 Mio.). In Afrika ist die Biogasproduktion v.a. wegen finanzieller Probleme und unzureichender Wasserversorgung weniger gut entwickelt. Die biotechnologische Forschung hinsichtlich einer Weiterentwicklung der Biogasproduktion beschäftigt sich vorrangig mit der Identifizierung und Charakterisierung geeigneter Bakterien und der Prozessierung des verbleibenden Restmaterials zur Nutzung beispielsweise als Biodünger, Fischfutter, für die Pilzzüchtung oder als Saatgutschutzbelag. Versuche, die bei der Biogasproduktion involvierten Bakterien genetisch zu verbessern, sind ebenfalls bekannt. Allerdings werden solche Ansätze nicht prioritär verfolgt, da entscheidendes Grundlagenwissen, z.B. über die tatsächlich beteiligten mikrobiellen Vorgänge, noch immer fehlt. Am meisten wird nach wie vor im Bereich der eigentlichen Bioreaktorentwicklung geforscht (Comman-deur/van Roozendaal 1993, S. 42 f.).

*Ethanol* wird mikrobiell durch die Vergärung von Zucker erzeugt. Für die Verarbeitung von Stärke oder Zellulose müssen diese Stoffe vor der Fermentation in Zucker umgewandelt werden. Der Zelluloseabbau hat noch keinen kommerziellen Status erreicht. Große Forschungserfolge im Bereich fortgeschrittener Fermentation (Beschleunigung der Fermentation und Erhöhung ihrer Effizienz, Einsatz eines breiteren Spektrums an Rohmaterialien) wurden von Unternehmen in Industrieländern erzielt. *Diese Technologien sind häufig nur schwer für Entwicklungsländer zugänglich, doch gibt es auch Beispiele von Eigenentwicklungen*. So hat das Central American Institute of Industrial Technology (ICAITI) in Guatemala einen äußerst effektiven Fermentationsprozeß entwickelt, bei dem 99% des Zuckers im Ausgangsmaterial fermentiert werden,

mit im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren wesentlich niedrigeren Ausrüstungskosten (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 44).

Angesichts niedriger Zucker- und steigender Ölpreise wurde in den 80er Jahren v.a. in Entwicklungsländern die Ethanolproduktion als Chance zur Treibstoffsubstitution gesehen. Mit Brasilien als Führungsnation etablierten sich in zahlreichen Ländern "Ethanol-Treibstoff"-Programme. Brasilien blieb der weltweit größte Ethanolhersteller. Das Ethanol-Projekt konnte jedoch nur durch gezielte Subvention überleben: Trotz sinkender Produktionskosten ist der Preis für 1 Barrel Ethanol bei weitem höher als für 1 Barrel Öl (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 43). Die brasilianische Regierung hat kürzlich den Bau weiterer Neuanlagen untersagt.

In Ländern Afrikas und Asiens wurde und wird ebenfalls mit der Ethanolproduktion experimentiert. Beispielsweise arbeitet Thailand an der Fermentation von Cassava-Stärke zu Alkohol, nachdem die EU den Markt für Cassava-Importe zwischenzeitlich geschlossen hatte (Walgate 1990, S. 119).

### **Abbau von Schadstoffen**

Die mikrobielle Reinigung toxischer Industrieabfälle oder kontaminierter landwirtschaftlicher Reststoffe stellt eine weitere Herausforderung für die moderne Biotechnologie dar. Nicht nur Industrie-, sondern auch viele Entwicklungsländer sind mit einer Reihe massiver Abfallprobleme konfrontiert, die zu einem großen Teil von landwirtschaftlichen Aktivitäten herrühren, wie z.B. der Kaffee- oder Rohrzuckeraufbereitung (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 45).

Die Forschungsanstrengungen und Erwartungen bezüglich des Einsatzes von Bakterien gegen Schadstoffbelastungen sind in Industrieländern hoch. Allerdings bedarf die Dekontamination der oft sehr unterschiedlichen Schadstoffe einer komplexen Mischung verschiedener Mikroorganismen (Walgate 1990, S. 121). Darüber hinaus sind Forschungsergebnisse bzw. Sanierungserfahrungen nur bedingt auf andere Schadstoffstandorte übertragbar. Die Verwendung gentechnisch veränderter Bakterien mit erhöhter Produktivität und erweiterten Fähigkeiten, schädliche Substanzen zu zerlegen, spielt zur Zeit noch eine untergeordnete Rolle. *Der überwiegende Anteil biotechnologischer Forschung konzentriert sich darauf, das Adaptionspotential von Bakterien an unterschiedliche Umweltbedingungen auszuschöpfen und bereits existierende, potentiell nützliche Bakterien zu kartieren* (Commandeur/van Roozendaal '93, S. 46). Die Vieltaligkeit der Mikroorganismen gibt grundsätzlich jedem Land - bei entspre-

chender finanzieller und technologischer Ausstattung - die Möglichkeit, für die jeweiligen Entsorgungsprobleme speziell zugeschnittene Lösungen zu finden.

### **Bakterieller Abbau mineralischer Rohstoffe**

Mikroorganismen können im Bergbau zur Extraktion schwach erzhaltiger Gesteine oder Abwässer genutzt werden ("bacterial leaching", bakterielle Laugung). Die Methode bietet dieser sehr umweltbelastenden Branche neben vorrangig ökonomischen auch ökologische Vorteile in Form einer Reduktion der Luftverschmutzung, allerdings ist der Wasserverbrauch immens. *Die biotechnologische Forschung in diesem Bereich konzentriert sich auf die Identifizierung von Bakterien, die den jeweiligen Ansprüchen der verschiedenen Minenstandorte genügen* (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 46). Neben einer Reihe von Industrieländern nutzt vor allem Chile (im Kupferbergbau) diese Technologie. Allein aus Gründen der Konkurrenzfähigkeit wird es für die afrikanischen Kupferexporteure nötig sein, diese Methode zu etablieren, wobei allerdings große Probleme bei der Wasserversorgung auftreten können (Biotechnology and Development Monitor 1991a).

### **Fazit**

Umweltrelevante biotechnologische Anwendungen finden sich im Bereich Biogas- und Bioalkoholproduktion, beim Abbau von Schadstoffen in Boden und Wasser sowie bei der bakteriellen Erzlaugung. Gentechnische Ansätze spielen auf diesen Gebieten noch keine besondere Rolle, die Forschung beschäftigt sich vorrangig mit der Identifizierung und Charakterisierung geeigneter Mikroorganismen. Technologische Neuerungen können häufig aus Kostengründen von Entwicklungsländern nicht übernommen werden, wie auch wenig eigene Forschung finanziert werden kann.

## **3.2 Schutz genetischer Ressourcen**

Die Entstehung neuer Kulturarten (ertragreicher bzw. unter geänderten Umweltbedingungen mindestens ertragsstabiler Sorten) hängt von dem Vorhandensein genetischer Vielfalt ab. *Laut Schätzungen sollen allein seit Beginn des 20.*

*Jahrhunderts 75% der genetischen Diversität im Bereich landwirtschaftlicher Nutzpflanzen verloren gegangen sein* (Saouma 1993, nach Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 68). Die Ursachen für eine derartige Gen-Erosion sind mannigfaltig und reichen von Übernutzung landwirtschaftlicher Flächen über zunehmende Industrialisierung, Ressourcenverschmutzung und -übernutzung bis zur gezielten Verbreitung uniformer Sorten.

Während gegen Ende des 19. Jahrhunderts die meisten landwirtschaftlichen Forschungsinstitute über bescheidene Arbeitskollektionen verfügten, wurden umfassende Genbanken zur Erhaltung pflanzlicher genetischer Ressourcen erst relativ spät etabliert. Anfänglich sammelten einzelne interessierte Botaniker Früchte bzw. Samen auf Eigeninitiative. Das geschah meist auf Universitäts-ebene ohne staatliche finanzielle Unterstützung und beschränkte sich darüber hinaus auf Nutzpflanzensamen bzw. auf eine an aktuellen Erfordernissen orientierte Aufbewahrung (Mooney/Fowler 1991, S. 160 ff.). In den frühen 80er Jahren wurden die Sammelstrategien auf bedrohte Landsorten und Wildtypen der Haupterntearten ausgedehnt. Es sollte sichergestellt werden, daß von jeder Hauptkulturart mindestens in einem Forschungszentrum in der Welt eine Basiskollektion des Genmaterials aufbewahrt wird, um die genetische Vielfalt der Art im Hinblick auf zukünftige Züchtungsanforderungen zu erhalten.

*Seit Mitte der 80er Jahre werden bei der Konservierung Forschungsergebnisse moderner Biotechnologie angewendet.* Biotechnologische Diagnosemethoden dienen der raschen Evaluierung und Charakterisierung des gesammelten Keimmaterials (z.B. um Doppeleinträge zu vermeiden). Die Gewebekulturtechnik wird zur Aufbewahrung vegetativ vermehrbarer Pflanzen und von Pflanzen mit Samen, die weder Trocknung noch Einfrieren überleben würden, erfolgreich eingesetzt (die meisten tropischen Früchte, einige Knollenfrüchte und etliche Plantagenkulturarten fallen in diese beiden Kategorien).

*Weiterentwickelte Gewebekulturtechniken werden als Methoden für den internationalen Austausch von vegetativ vermehrbarem Material präferiert und stehen deswegen im Zentrum von Forschungsaktivitäten,* z.B. des Internationalen Institutes für Pflanzengenetische Ressourcen (IPGRI). Neben dieser weltweit prominentesten Einrichtung, die dem System der Internationalen Agrarforschungszentren angehört, gibt es zahlreiche andere internationale Aktivitäten zum Schutz genetischer Ressourcen. Exemplarisch erwähnt seien die Tätigkeit des von UNEP und UNESCO errichteten Netzwerks der "Microbiological Resources Centres" (MIRCENs), das zuständig ist für die Konservierung und Verteilung von Mikroorganismen, die Unterstützung der GTZ beim Aufbau nationaler und internationaler Konservierungsprojekte sowie die Engagements der

Ford-Stiftung und der Interamerikanischen Entwicklungsbank (Mooney/Fowler 1991, S. 168; Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 69).

Bei der ersten internationalen Umweltschutzkonferenz 1972 in Stockholm wurde das Problem des Schutzes der Biodiversität und die Frage des Zugangs zu den genetischen Ressourcen behandelt. Sowohl die Beratende Gruppe für Internationale Agrarforschung, CGIAR, als auch das damals neu gegründete Umweltschutzprogramm der Vereinten Nationen, UNEP, betrachteten diese Probleme als Teile ihrer Aufgabengebiete. Der kurze Zeit später (1974) gegründete Internationale Rat für Pflanzengenetische Ressourcen (IBPGR) wurde schließlich der CGIAR unterstellt. Gelder für die Sammlungs- und Konservierungsaktivitäten sowie für logistische Fragen kamen überwiegend von der FAO. Aufgabe des IBPGR war es, ein weltweites Netzwerk an Aktivitäten aufzubauen, in das alle existierenden Programme integriert werden sollten. Das anfänglich niedrige Budget von 1 Mio. US\$ wurde bis 1990 auf 7,1 Mio. US\$ angehoben. Im Lauf der Jahre hat der IBPGR die Institutionalisierung der Kollektion genetischer Ressourcen in mehr als 120 Ländern unterstützt, so daß *die CGIAR mittlerweile, wie geplant, das größte internationale Genbanken-Netzwerk unterhält bzw. unterstützt* (Biotechnology and Development Monitor 1990b); die 16 IARCs verwalten gut 11% der globalen Ex-situ-Sammlungen (FAO 1995).

Der IBPGR ist mittlerweile im Internationalen Institut für Pflanzengenetische Ressourcen (IPGRI) aufgegangen, das 1992 als unabhängige internationale Einrichtung gegründet wurde. *Es soll hinsichtlich des Erhaltes und der Nutzung der jeweiligen landeseigenen Pflanzenressourcen vermehrt die Interessen von Entwicklungsländern berücksichtigen, indem z.B. ein stärkeres Gewicht auf regional bzw. lokal bedeutende Arten oder Sorten gelegt wird.* Darüber hinaus soll das IPGRI als Informationszentrale für den Stand grundlegender und angewandter wissenschaftlicher Entwicklungen im Bereich des weltweiten Ressourcenschutzes dienen.

*IPGRI sichert die hohe Qualität des gesammelten Materials und versucht, den freien Austausch zu gewährleisten.* Die Sammlungen der CGIAR-Zentren gelten als internationaler Besitz unter Schirmherrschaft der FAO. Die vom IPGRI unterstützten *nationalen* Institutionen sind zwar für die Langzeitkonservierung jeweils bestimmter Nutzpflanzen-Genpools auf regionaler bzw. globaler Ebene verantwortlich, doch verbleiben die Kollektionen rechtlich in nationaler Obhut, weshalb ein freier Austausch aus politischen oder ökonomischen Gründen behindert werden kann.

Grundsätzliche Kritik richtet sich gegen die Verteilung der Genbanken auf die verschiedenen Länder und Regionen. Obwohl der größte Anteil des eingelagerten Materials aus den Entwicklungsländern stammt, sind etwa 50% der Basis-kollektionen des IBPGR in Industrieländern stationiert, 11% lagern in den Genbanken der Internationalen Agrarforschungszentren und lediglich 38% in den Ursprungsländern selbst (FAO 1995). *Vor allem die Entwicklungsländer sind interessiert an international gültigen Regelungen bzw. Korrekturen der Verteilung der Genbanken und der aus dem Austausch von Keimmaterial verteilten Wertschöpfung.* Die Auseinandersetzungen über Zugang und Verwendung sowie Besitz dieser Sammlungen nehmen an Schärfe zu, seit auf der UNCED in Rio 1992 die Biodiversitätskonvention verabschiedet wurde. Deren Art. 15 spricht den Herkunftsstaaten die Souveränität über ihre genetischen Ressourcen zu. Ungelöst sind bisher vor allem die Fragen im Zusammenhang mit Material, das vor Inkrafttreten der Konvention gesammelt wurde.

### **Die Konvention über biologische Vielfalt**

Das wichtigste völkerrechtlich verbindliche internationale Abkommen zum Schutz der biologischen Ressourcen ist die 1992 auf der Rio-Konferenz der Vereinten Nationen verabschiedete Biodiversitätskonvention (CBD), die mittlerweile von über 100 Vertragsstaaten ratifiziert worden und für die Bundesrepublik Deutschland am 21.03.94 in Kraft getreten ist. Die Umsetzung der Konvention erfordert konkrete nationale und internationale gesetzgeberische Schritte, die seit der Ratifizierung Gegenstand intensiver Auseinandersetzung und einer Reihe von Konferenzen waren. Im Rahmen des vorliegenden Berichtes von besonderer Bedeutung sind folgende Elemente der CBD (vgl. BMU 1992, S. 11 ff.; Keating 1993, S. 66 f.):

- Sie nennt eine Reihe notwendiger Schutzmaßnahmen zum Erhalt der biologischen Vielfalt, darunter die Regulierung bzw. Kontrolle der von gentechnisch veränderten Organismen ausgehenden Risiken (s. Kap. III.2.3), die Verhinderung der Einführung bzw. Kontrolle oder Auslöschung von nicht-heimischen Arten und den Schutz und die Anwendung von traditionellen Schutz- und Bewirtschaftungsformen;
- sie betont die Notwendigkeit ergänzender Ex-situ-Schutzmaßnahmen (s. Kap. III.2.2);

- sie verlangt eine nachhaltige Nutzung biologischer Ressourcen, wobei Behörden und privater Sektor bei der Entwicklung geeigneter Methoden kooperieren sollen;
- sie fordert die Vertragsstaaten auf, den Zugang zu unter nationale Souveränität fallende genetische Ressourcen zu erleichtern, verknüpft mit der Verpflichtung zu einer gerechten und ausgewogenen Verteilung der Vorteile, die aus der Nutzung resultieren, wobei die besondere Rolle der indigenen Gemeinschaften - die vom Erhalt der biologischen Ressourcen besonders abhängig sind - betont wird;
- sie betrachtet die Biotechnologie als eine für den Schutz der biologischen Vielfalt wichtige Technologie und fordert sicherzustellen, daß sie kein Gefährdungspotential für die biologische Vielfalt darstellt;
- sie verlangt eine Intensivierung des Technologietransfers - insbesondere der Biotechnologie - zum Schutz und zur Nutzung der Ressourcen in den Herkunftsländern und die Erleichterung des Zugangs zu Patenten, ohne in das private Eigentum der Patentinhaber einzugreifen. Ein Junktim zwischen der Nutzung genetischer Ressourcen und dem Technologietransfer wird nicht hergestellt (Gündling 1994, S. 3).

Bei der Umsetzung der Konventionspflichten sollen die Entwicklungsländer von den Industriestaaten finanziell unterstützt werden. Dies soll vorläufig über die sogenannte Globale Umweltfazilität - eine Einrichtung von Weltbank, UNDP und UNEP für die Förderung umweltverträglicher Entwicklungsprojekte - geschehen.

Als wichtige Neuerung gegenüber vorhergegangenen Abkommen über den Arten- bzw. Naturschutz wird die Verbindung von Schutz und Nutzung der biologischen Ressourcen angesehen. Obwohl die Vertragsparteien der CBD Staaten sind, stellen Verträge zwischen privaten Unternehmen und Herkunftsländern genetischer Ressourcen (bzw. dort ansässigen Institutionen) eine Möglichkeit dar, um Forderungen der Konvention umzusetzen (Gündling 1994, S. 6). Unter den in den letzten Jahren getroffenen bilateralen Vereinbarungen zwischen Biotechnologiefirmen und Entwicklungsländern ist der sogenannte Merck-InBio-Vertrag sicherlich der bekannteste (s. Kap. III.1.4).

Der Grad der von der CBD ausgehenden Verpflichtung wurde auch von seiten der Bundesregierung als zu gering empfunden (BMU 1992, S. 13). Die bisherigen Versuche, auf den Treffen der diversen Gremien (z.B. in Nairobi oder auf den Bahamas 1994) eine Konkretisierung der Konvention zu erreichen, haben noch zu keinem entscheidenden Erfolg geführt (vgl. Kap. III.2.3).

**Fazit**

Biotechnologische Methoden werden seit Mitte der 80er Jahre vermehrt für die Konservierung genetischer Ressourcen in Genbanken verwendet. Gewebekulturverfahren stellen die Mittel der Wahl für den internationalen Austausch von vegetativ vermehrbarem Pflanzenmaterial dar, das z.B. vor Virusbefall geschützt werden muß. In den letzten Jahren hat eine verstärkte Orientierung der weltweiten Konservierungsstrategien in Richtung Sammlung und Erhalt der Vielfalt lokal bedeutsamer Arten bzw. Sorten stattgefunden. Für Entwicklungsländer von besonderer Bedeutung ist die Frage der Standorte der internationalen Genbanken sowie der Nutzungs- und Wertschöpfungsrechte, auch bezüglich der "historischen" Proben, die die Grundlage industrieller Pflanzenzucht geliefert haben und zum Großteil aus tropischen Ländern stammen.



### **III. Auswirkungen der Nutzung neuer Biotechnologien**

#### **1. Auswirkungen auf die Position der Entwicklungsländer im internationalen Handel**

*Auswirkungen der Anwendung moderner biotechnologischer Methoden auf die wirtschaftliche Situation von Entwicklungsländern werden hauptsächlich im Agrarsektor erwartet (UNCTAD 1991). Zwar findet zur Zeit der Großteil biotechnologischer Forschung im Gesundheitsbereich statt, die Anwendung moderner bio- und gentechnologischer Methoden in Forschung und Produktion von Medikamenten beschränkt sich jedoch auf technologisch hochentwickelte Industriestaaten und Schwellenländer. Außerdem wird der Weltmarkt für pharmazeutische Produkte nur auf ca. 10% des Wertes des Weltagrarmarktes geschätzt (Commandeur et al. 1994a, S. 49).*

Im Agrarsektor könnten bio- und gentechnologische Veränderung von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen und die Entwicklung biotechnologischer Verfahrens- und Produktionsweisen eine Erweiterung der Anbau- und Produktionsgebiete für bestimmte Pflanzen und agrarische Rohstoffe ermöglichen. So könnten beispielsweise mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen Gewürzstoffe in Industrieländern produziert werden, die zuvor aus Entwicklungsländern importiert werden mußten. Pflanzen könnten so verändert werden, daß sich ihr Anbaugebiet und ihre Anbauweise (z.B. Plantagen) erweitert bzw. verändert (Junne 1992, S. 166). *Die bisherigen Standortvorteile bestimmter Entwicklungsländer (z.B. Klima, billige Arbeitskräfte) würden dadurch zunehmend an Bedeutung verlieren.* Die Erweiterung des Anbau- und Produktionsgebietes vergrößert die Zahl möglicher Anbieter bestimmter Produkte auf dem Weltmarkt und steigert dadurch die Konkurrenz um Marktanteile (OECD 1989, S. 74). Biotechnologisch ermöglichte Substitutionen von Gütern und die schnellere Erzeugung verbesserter Pflanzen mit Hilfe bio- und gentechnischer Methoden könnten daher zur Veränderung der wirtschaftlichen Beziehungen zwischen Industrie- und Entwicklungsländern, aber auch zwischen Entwicklungsländern untereinander und zwischen Industrieländern untereinander beitragen (Junne 1992, S. 173 ff.).

*Die Entwicklung der Biotechnologie sowie die Chancen und Risiken ihres Einsatzes hängen für einzelne Länder entscheidend von den nationalen und internationalen politischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen ab.* Zu solchen Bedingungen zählen - neben der nationalen Politik von Staaten und Wirtschaftsregionen - überregionale Abkommen wie das Weltwirtschaftsabkommen GATT und das in ihm enthaltene reformierte Patentrecht (TRIPS) (Kap. 1.1). Innerhalb dieser Rahmenbedingungen spielen der Stand von Forschung und Entwicklung (Kap. 1.2) und das technologische und infrastrukturelle Potential von Staaten (Kap. 1.3) eine wichtige Rolle. Die Einkommensmöglichkeiten von Entwicklungsländern durch eine nachhaltige Nutzung ihrer genetischen Ressourcen werden im Schlußkapitel dieses Abschnittes (Kap. 1.4) dargestellt.

## **1.1 Weltwirtschaftliche Rahmenbedingungen**

Die weltwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und damit die Bedingungen für den Außenhandel und die Deviseneinnahmen vieler Länder der "Dritten Welt" werden in vielfältiger Weise von Industrieländern bzw. Wirtschaftsregionen, wie z.B. der EU, beeinflußt. Eine andere Triebfeder für weltwirtschaftliche Veränderungen ist der zur Zeit zu beobachtende Trend in der Privatwirtschaft, ihre Aktivitäten zu globalisieren, indem sie ihre Produktionsnetze und Arbeitsteilung internationalisiert (Nunnenkamp et al. 1994).

*Bei der Gestaltung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen spielen zahlreiche bi- und multilaterale Abkommen zwischen Regierungen und vielgestaltige staatliche Regulative wie Zölle und nichttarifäre Handelshemmnisse (z.B. technische Vorschriften und Normen) sowie die finanzielle Stützung der heimischen Produktion und Exportsubventionen wichtige Rollen. Der Preis agrarischer Rohstoffe und nationale Stützungsmaßnahmen gelten als starke Gestaltungselemente für die Entwicklung der Biotechnologie auf dem Agrarsektor. So unterstützte beispielsweise die EU in den vergangenen Jahren den Anbau von Ölpflanzen wie Raps, Sonnenblumen und Soja in ihren Mitgliedsländern, um - neben der Einkommenssicherung für ihre Landwirte - die Abhängigkeit vom Import zu vermindern. Damit stieg nicht nur das Interesse der Landwirte in der EU, diese Pflanzen anzubauen, sondern auch das Interesse von Züchtern und Wissenschaftlern, neue Sorten dieser Pflanzen anzubieten. Dies ist mit Hilfe biotechnologischer Methoden für alle drei Ölpflanzen gelungen.*

Die staatlichen Stützungsmaßnahmen führten schon nach wenigen Jahren zu einer Überproduktion von Raps in der EU. Um den Überschuß an dem entsprechenden Öl abzubauen, wurden neue Anwendungsgebiete für dieses Öl auf dem heimischen Markt gesucht. Auch hier bot die Biotechnologie Lösungsmöglichkeiten an. Mit Hilfe biotechnologischer Methoden konnten Enzyme gefunden und produziert werden, die es ermöglichen, die Zusammensetzung des Öls so zu verändern, daß es das Öl aus anderen Pflanzen ersetzen kann. Der großflächige Einsatz solcher Substitutionsverfahren für andere Öle in der EU könnte bei Erreichen der Rentabilitätsgrenze (was bislang nicht gelungen ist) zukünftig den Ölpflanzenexport einer Reihe von Entwicklungsländern vermindern, da die EU weltweit einer der Hauptimporteure von tropischen Ölen ist. *Eine die heimische Produktion subventionierende EU-Politik hätte indirekt eine Importverminderung von agrarischen Rohstoffen zur Folge und würde daher eine verstärkte Entwicklung und Anwendung biotechnologischer Substitutionsmethoden begünstigen* (Commandeur et al. 1994a, S. 109 ff.).

Im Rahmen des zuletzt 1993/1994 revidierten Allgemeinen Zoll- und Handelsabkommens GATT bzw. der zuvor verabschiedeten Agrarreform hat sich die EU jedoch zum Abbau staatlicher Unterstützungen für die heimische Produktion verpflichtet. Würde beispielsweise der Anbau von Raps in der EU finanziell nicht mehr unterstützt, würde sich für Landwirte auch eine Mehrproduktion dieser Pflanzen kaum mehr rechnen, da davon ausgegangen wird, daß ein Überangebot dieser Öle ohne staatliche Unterstützung zu niedrigen Verkaufserlösen führen wird. Mit dem Abbau der Mehrproduktionen vermindert sich jedoch auch der Anreiz, dieses Öl zur Substitution anderer Öle einzusetzen. *Unter den Voraussetzungen eines liberalisierten Welthandels würde sich daher die indirekte politische und ökonomische Unterstützung der EU für die Entwicklung von biotechnologischen Substitutionsmöglichkeiten vermindern. Als treibende Kraft für die Entwicklung von Substituten, insbesondere durch privatwirtschaftliche Forschungseinrichtungen, bliebe dann jedoch immer noch die Aussicht, agrarische Rohstoffe mit Hilfe biotechnologischer Verfahren eventuell billiger und schwankungsfreier (witterungsunabhängig) als mit bisherigen Methoden produzieren zu können* (Commandeur et al. 1994a, S. 112 ff.).

Beim Kampf um die preisgünstigste Produktion von Agrargütern stehen sich im Rahmen eines freieren Welthandels nicht nur Industrie- und Entwicklungsländer gegenüber, sondern auch Entwicklungsländer untereinander. Den Handelsbestimmungen des GATT bzw. der damit angestrebten Liberalisierung des Welthandels wird bei der zukünftigen Konkurrenzentwicklung ein großer Einfluß zugeschrieben.

## Der Einfluß von GATT auf die Entwicklung der Biotechnologie

Das Allgemeine Zoll- und Handelsabkommen GATT wurde 1947 in Genf abgeschlossen. Ihm sind inzwischen 123 Staaten (Stand: Mai 1994) beigetreten, darunter auch viele Entwicklungsländer. In bisher acht Handelsrunden ist das GATT-Abkommen stetig weiterentwickelt worden mit dem Ziel, durch den Abbau von Zöllen, Subventionen und nichttarifären Handelshemmnissen eine Liberalisierung des Welthandels zu erreichen. Die bisher letzte, die sogenannte Uruguay-Runde, wurde offiziell Anfang 1994 beendet.

*Erstmals wurde in dieses Vertragswerk auch ein Agrarabkommen integriert.* Die Hauptbestimmungen der neuen Agrarmarktordnung sollen die Öffnung der Agrarmärkte bzw. die Erleichterung des Marktzutritts auf internationaler Ebene regeln, die Beschränkung und Neuausrichtung der heimischen Stützungsmaßnahmen voranbringen und die Verbesserung des internationalen Wettbewerbs durch eine Reduktion der Exportsubventionen und der subventionierten Exportmengen bewirken. Das erklärte Ziel dieser Agrarmarktordnung ist die Schaffung eines von Handelshemmnissen und Exportsubventionen möglichst freien Agraraußenhandels, der auf die besonderen Bedürfnisse der wirtschaftlich schwachen Länder Rücksicht nimmt und dem Ziel der Sicherung der Nahrungsmittelversorgung und dem Umweltschutz Rechnung trägt (Senti 1994, S. 67 ff.). Auf Entwicklungsländer wird durch längere Fristen für die Umsetzung von Bestimmungen und verschiedene Sonderkonditionen Rücksicht genommen. Wirtschaftlich besonders schwache Länder sind von der Umsetzung verschiedener Forderungen befreit. *Trotz der vielfältigen Liberalisierungsansätze bewirkt eine ganze Reihe von Ausnahmemöglichkeiten (insbesondere bei der Neuausrichtung von Stützungsmaßnahmen für die eigene Landwirtschaft) eine Abschwächung des anvisierten Liberalisierungseffektes.* Schwierigkeiten werden auch bei der Umsetzung der einzelnen Bestimmungen erwartet, da für die Berechnung und Zuteilung neuer Handelstarife und Kontingente Datenerhebungen äußerst problematisch sind. Auch wird erwartet, daß harte Auseinandersetzungen zwischen verschiedenen Unternehmen und Branchen (Produktion, Verarbeitung und Handel) mit unterschiedlichen Interessen die Umsetzung der Bestimmungen bremsen werden und neue Regelungen und Ausnahmebestimmungen einen so hohen Verwaltungsaufwand mit sich bringen könnten, daß ein Ziel der GATT-Vereinbarungen, nämlich eine größere Transparenz des Weltmarktes zu schaffen, unterlaufen werden könnte (Senti 1994, S. 67 ff.).

*Unter der Voraussetzung, daß trotz dieser Schwierigkeiten die Bestimmungen des GATT die beabsichtigten Auswirkungen zeigen, wird von einer Liberalisierung des Agrarmarktes eine Belebung des Welthandels und ein Anstieg der Rohstoffpreise für diejenigen landwirtschaftlichen Produkte erwartet, deren Weltmarktpreis bislang durch Exportsubventionen niedrig gehalten wurde, während der bisher hohe Preis dieser Stoffe in den z.Zt. subventionierenden Ländern sinken würde. Netto exportierende Entwicklungsländer solcher Produkte profitieren von höheren Weltmarktpreisen, während sich die finanzielle Lage der netto importierenden Entwicklungsländer verschlechtert. Die Lage letzterer würde sich erst dann wieder bessern, wenn die höheren Weltmarktpreise zu einer Erhöhung der Rentabilität der eigenen Landwirtschaft und dadurch eventuell zu einer Stimulation der Eigenproduktion von Lebensmitteln führen würde.*

*Hohe Preise für Rohstoffe können anregend auf die Erforschung und Entwicklung billigerer Herstellungsweisen für diese Rohstoffe wirken. Dies kann den Einsatz von biotechnologischen Methoden zur Entwicklung neuer Pflanzensorten für kostengünstigere Produktionsmöglichkeiten in und für Entwicklungsländer(n) begünstigen. Die Intensivierung des Welthandels kann daher beschleunigend auf die Entwicklung der Biotechnologie wirken. Langfristig könnte der breite Einsatz biotechnologisch verbesserter Pflanzen und Verfahren zur Produktivitätssteigerung den Bedarf an den betreffenden Rohstoffen (und damit auch ihren Preis) wieder senken. Die Einstellung und Reaktion auf mögliche Auswirkungen biotechnologischer Entwicklungen ist daher gerade für Entwicklungsländer schon jetzt notwendig, um rechtzeitig ihre Abhängigkeit von nur wenigen - eventuell substituierbaren - Exportgütern durch eine Erneuerung ihrer Wirtschaftsstrukturen (z.B. eine Diversifizierung der Produktpalette) vermindern zu können.*

### **Das Abkommen zum Schutz geistigen Eigentums (TRIPS)**

Ein weiterer Teil der neuen GATT-Vereinbarungen betrifft den Schutz geistiger Eigentumsrechte im grenzüberschreitenden Verkehr (Agreement on Trade-related Aspects of Intellectual Property Rights, TRIPS). Dieses Abkommen regelt unter anderem auch den internationalen Schutz biotechnologischer Erfindungen. *Von diesen Bestimmungen werden erhebliche Einflüsse auf die Entwicklung der Biotechnologie, insbesondere in Entwicklungsländern und auch für Länder der "Dritten Welt" erwartet.* Allgemein verfolgt das Abkommen über den Schutz geistigen Eigentums zwei Ziele:

- bereits bestehende internationale Vorschriften über den Schutz geistiger Eigentumsrechte zu koordinieren und zu integrieren und
- geltende Bestimmungen an die Anforderungen einer immer intensiveren Verflechtung des internationalen Handels anzupassen und neu auszurichten.

Die vom Abkommen vorgesehenen Anpassungsfristen betragen ein Jahr für Industriestaaten, fünf Jahre für Entwicklungsländer und 11 Jahre für wirtschaftlich besonders schwache Entwicklungsländer (Senti 1994, S. 111 ff.).

Nach dem TRIPS-Abkommen sind die Entwicklungsländer nach Ablauf der Umsetzungsfristen verpflichtet, einen Großteil biotechnologischer Innovationen patentrechtlich zu schützen. Das Abkommen sieht einen Patentschutz von 20 Jahren vor. *Ein Patentschutz für Mikroorganismen und bio- bzw. gentechnologische Verfahrensweisen muß nach diesen Bestimmungen immer gewährt werden.* Vom Patentrecht ausgenommen werden können neben diagnostischen, therapeutischen und operativen Methoden zur Behandlung von Menschen oder Tieren auch *Pflanzen und Tiere* sowie im wesentlichen biologische Verfahren zu ihrer Erzeugung. *Für Pflanzensorten muß Schutz durch Patente, ein anderes effektives Schutzsystem oder eine Kombination von beidem zur Verfügung gestellt werden.* Als Modell für ein anderes effektives Schutzsystem für Pflanzensorten gilt das 1961 in Paris verabschiedete und 1972, 1978 und 1991 revidierte Internationale Übereinkommen zum Schutz von Pflanzenzüchtungen (UPOV). Dieses Übereinkommen verpflichtet die Unterzeichnerstaaten, unter bestimmten Voraussetzungen ein gewerbliches Schutzrecht für Pflanzenzüchtungen zu gewähren. In Deutschland ist dieses Schutzrecht im Sortenschutzgesetz geregelt. Dem UPOV-Übereinkommen ist bislang kein Entwicklungsland beigetreten und nur wenige Entwicklungsländer haben bislang Sortenschutzgesetze erlassen.

*Der durch Sortenschutz gewährte Schutzzumfang ist weniger umfassend als der des Patentrechtes.* So darf nach dem UPOV-Übereinkommen von 1987 der Landwirt ohne Erlaubnis des Sortenschutzinhabers einen Teil seiner Ernte einbehalten und im nächsten Jahr kostenlos im eigenen Betrieb als Saatgut zur Erzeugung von Konsumgut verwenden. Dieses sogenannte *Landwirteprivileg* gestattet zudem die kostenlose Abgabe von Saatgut im Rahmen der *Nachbarschaftshilfe*. *Züchter dürfen geschützte Sorten gebührenfrei als Ausgangsmaterial für weitere Verbesserungen nutzen (Züchterprivileg), was als entscheidende Voraussetzung für den Züchtungsfortschritt bei Saatgut angesehen wird.*

*Das Patentrecht kennt weder ein Landwirte- noch ein Züchterprivileg.* Bei der Weiterverwendung von patentierten Pflanzen ist also sowohl der Landwirt als auch der Züchter von einer Lizenzerteilung durch den Patentinhaber abhän-

gig und damit zu entsprechenden Zahlungen verpflichtet. Dies gilt z.Zt. auch dann, wenn das Saatgut selbst nicht patentiert ist, aber ein patentiertes Teil, z.B. ein Gen, enthält. Vom Europäischen Patentamt wurden auch Patente erteilt, die nicht nur gentechnologische Verfahren, sondern auch ganze Pflanzen sowie deren Vermehrungsgut zum Gegenstand haben. Solche Patente wurden vom Europäischen Patentamt beispielsweise 1994 für gentechnisch veränderte Soja- und Baumwollpflanzen sowie deren Vermehrungsgut vergeben. Diese Patentschriften erregten vor allem durch die Breite ihrer Ansprüche, die jeweils sämtliche transgenen Soja- beziehungsweise Baumwollpflanzen erfassen, weltweites Aufsehen (Leskien/Flitner 1994, S. 22). Ob derartige Patente künftig haltbar sein werden, erscheint nach einer jüngst ergangenen Entscheidung der Technischen Beschwerdekammer des Europäischen Patentamts allerdings fraglich. Die Beschwerdekammer bekräftigte in diesem Urteil ein Patentierungsverbot für Pflanzensorten, wie es der Artikel 53 (b) des Europäischen Patentübereinkommens vorsieht (Grunwald 1994, S. 98). In dem im Februar 1995 verhandelten Fall hielt die Kammer zwar die patentrechtlichen Ansprüche auf biotechnische Verfahren zur Veränderung einer Pflanzenzelle (Einführung einer Resistenz gegen das Herbizid *BASTA*) und auf die veränderte Pflanzenzelle aufrecht, hob aber die patentrechtlichen Ansprüche auf die regenerierte Pflanze sowie deren Nachfolgenerationen aufgrund des zur Zeit geltenden Patentierungsverbots für Pflanzensorten auf.

In Industriestaaten wird der Sortenschutz dem Patentschutz immer mehr angepaßt. So ist es nach der inzwischen verabschiedeten Verordnung über das Pflanzensortenrecht der Europäischen Union (Nr. 2100/94) und einer 1991 vorgenommenen Revision des UPOV-Abkommens dem Landwirt nicht mehr generell erlaubt, seine Ernte gebührenfrei zur erneuten Aussaat zu verwenden. Die an den Inhaber der Sorte zu zahlende Vergütung für selbst gezogenes Saatgut soll jedoch spürbar unter dem Preis für das Ursprungssaatgut liegen. Kritiker dieser Verstärkung des Sortenschutzrechtes gehen davon aus, daß sich trotz einer solchen Preiserleichterung der Nachbau von Saatgut nur mehr in wenigen Fällen lohnen wird (Leskien/Flitner 1994, S. 33).

*Ein weitreichender und wirksamer Schutz geistigen Eigentums, gerade auch für biotechnologische Erfindungen und Entwicklungen, fördert - nach Meinung von Befürwortern - den technologischen, wirtschaftlichen und sozialen Fortschritt sowie den Technologietransfer* (Straus 1994, S. 2) und bildet eine Voraussetzung für das Engagement privater ausländischer und einheimischer Firmen in Forschung und Produktion. Das Patentrecht könnte sich daher in folgender Weise positiv auswirken:

- Für *Industrieländer*: Ein wirksamer Schutz erleichtert es Unternehmen, ihr Know-how in andere Länder zu transferieren, ohne dort mit einem billigeren Nachbau ihrer Produkte rechnen zu müssen. Ein weitreichendes Patentrecht wird daher auch als ein positives psychologisches Signal für eine Weiterentwicklung der internationalen Arbeitsteilung und Schaffung internationaler Produktionsnetze gewertet (Lesser et al. 1989, S. 15).
- Für *Entwicklungsländer mit relativ hohem technologischen Potential*: Bei Gewährung von Patentschutz wird ein verstärkter Technologietransfer in diese Länder erwartet. Dadurch kann das technologische Potential dieser Länder weiter angehoben werden, wenn auch der für diese Länder eventuell besonders lohnende und aufgrund ihres technischen Potentials mögliche Nachbau von Produkten aus Industrieländern unterbunden wird. Die Einführung eines Patentrechts auf internationalem Niveau kann daher für Länder, in denen prosperierende Industriezweige vorhanden sind und die eventuell sogar den Export ihrer Produkte in Industriestaaten anstreben, von Vorteil sein. In einer vom TAB in Auftrag gegebenen Fallstudie zur Situation der Biotechnologie in Thailand wird beispielsweise festgestellt, daß das Fehlen eines effektiven Patentschutzes in Thailand lokale Investoren entmutigt und ausländische Firmen von Investitionen in Thailand abhält (Tentscher 1994, S. 65).
- Für *Entwicklungsländer mit niedrigem technologischen Potential*: Nach Meinung der Befürworter eines weitreichenden Schutzes geistigen Eigentums stellt die Gewährung dieser Rechte einen Anreiz für ausländische Firmen dar, auch in diesen Ländern Forschungskapazitäten aufzubauen. Da insbesondere biotechnologische Erfindungen (z.B. neue Pflanzen) einer Anpassung an lokale Verhältnisse bedürfen und vorausgesetzt wird, daß die in diesen Ländern zur Verfügung stehenden Forschungskapazitäten dies kaum leisten können, wäre das Engagement ausländischer Firmen eine der Voraussetzungen für arme Entwicklungsländer mit niedrigen technologischen Potential, die Vorteile biotechnologischer Erfindungen im eigenen Land nutzen zu können.

*Aufgrund der bisherigen Erfahrungen mit Patenterteilungen an Firmen aus Industriestaaten wird von Entwicklungsländern jedoch Kritik an den industriestaatlichen Systemen des Schutzes geistigen Eigentums geübt.* Ein Hauptkritikpunkt ist, daß 90-95% der von Entwicklungsländern an ausländische Firmen erteilten Patente nicht dazu geführt haben, daß die Firmen Produktionsstätten in den entsprechenden Entwicklungsländern aufgebaut haben. Die Anerkennung



eines patentrechtlichen Schutzes verbietet es jedoch den lokalen Firmen in Entwicklungsländern, entsprechende Produkte selbst zu produzieren und zu vertreiben. Der Nachbau von mit Hilfe biotechnologischer Methoden eventuell billig herzustellenden, patentierten Medikamenten und Nahrungsmitteln sowie der Anbau und die Weiterentwicklung patentierter Pflanzensorten wären damit zunächst verboten. Um dieses Verbot zu überwinden, müssen Firmen einen entsprechenden Lizenzvertrag mit den Patentinhabern abschließen und sich damit zur Einhaltung entsprechend ausgehandelter Bedingungen und Zahlungen verpflichten. In diesem Zusammenhang ist vielfach die Verwendung solch restriktiver Bedingungen bekannt geworden, daß dadurch die wissenschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung von Lizenznehmern in Entwicklungsländern behindert wurde. Entsprechende Klauseln beziehen sich beispielsweise auf Exportverbote, Geheimhaltungsbestimmungen, Einschränkung der Forschungstätigkeit und Abnahmeverpflichtungen (Leskien/Flitner 1994, S. 6). Es wird daher vermutet, daß das Patentrecht häufig nicht dazu führt, daß Produktionsstätten in Entwicklungsländern aufgebaut werden und/oder Know-how transferiert wird, sondern von Firmen eher zur Sicherung ihrer Exporte in Entwicklungsländer benutzt wird. Angesichts dieser Praxis wird *eine fördernde Wirkung des Patentrechtes in Frage gestellt, falls betroffene Entwicklungsländer bereits vorhandene Instrumente des Patentrechtes wie Zwangslizenzierungen und Patentausschlüsse nicht durchsetzen können und sich auch nicht durch eventuell einzuräumende Sonderkonditionen (z.B. ein Verbot von entwicklungspolitisch kontraproduktiven Klauseln in Lizenzverträgen) gegen wettbewerbsbeschränkende Praktiken zur Wehr setzen können.*

Ein weiterer Kritikpunkt an dem 1994 verabschiedeten Übereinkommen zum Schutz geistigen Eigentums TRIPS ist, daß es hohe patentrechtliche Mindeststandards festlegt und daher insbesondere für die Entwicklungsländer die "so dringend notwendige Freiheit, die Patentgesetzgebung an nationalen Zielen und Bedürfnissen auszurichten, äußerst stark eingeschränkt wurde" (Leskien/Flitner 1994, S. 5). *So hatten beispielsweise viele Entwicklungsländer seit den Patentrechtsrevisionen in den siebziger Jahren den landwirtschaftlichen, chemischen und pharmazeutischen Bereich von der Patentierung ausgenommen. Diese Ausnahmen bedürfen bei der Umsetzung des TRIPS-Abkommens nun einer erneuten Revision* (Kochendörfer 1995, S. 29). Die Verweigerung eines patentrechtlichen Schutzes liegt insbesondere dann im Interesse von Entwicklungsländern und von entwicklungspolitischen Zielsetzungen, wenn der Nachbau biotechnologisch veränderter Pflanzen sowie die Imitation biotechnologischer Verfahren zur Verbesserung der Ernährungs- und Gesundheitsversorgung für die Men-

schen in Entwicklungsländern führen können. *Mit der Erteilung von Patentrechten selbst auferlegte oder durch Wirtschaftssanktionen von anderen Nationen erzwungene Nachbauverbote können Vorteile biotechnologischer Entwicklungen für arme Entwicklungsländer zunichte machen* (Leskien/Flitner 1994, S. 7, 13, 61).

Wie erwähnt müssen nach dem TRIPS-Abkommen in Zukunft Patente auf Mikroorganismen und mikrobiologische, bio- und gentechnische Verfahren erteilt werden. Von der Patenterteilung ausgenommen werden können jedoch Pflanzen und Tiere sowie im wesentlichen biologische Verfahren zur Züchtung von Pflanzen und Tieren. Für Pflanzensorten muß jedoch Schutz durch Patente, durch ein anderes effektives Schutzsystem (*sui generis*) oder eine Kombination von beidem gewährt werden. *Um den restriktiven Bestimmungen des Patentgesetzes entgehen zu können, wird den Entwicklungsländern geraten, die Freiräume des TRIPS-Abkommens zu nutzen und für Pflanzensorten ein anderes Schutzsystem zu entwickeln, das ihre jeweiligen Entwicklungsziele berücksichtigt* (Leskien/Flitner 1994, S. 9, 68). Grundlage für ein solches Schutzsystem könnte beispielsweise das Sortenschutzrecht in seiner Fassung von 1978 sein, in dem vor allem der Landwirtevorbehalt noch Geltung hat. Die stringenten Schutzbestimmungen des Patentrechtes könnten sich kontraproduktiv bei der Entwicklung verbesserter Pflanzensorten bzw. deren Anpassung an Standortbedingungen von Entwicklungsländern auswirken. Die Zahlung von Lizenzgebühren oder der ständige Neukauf von Saatgut wird vor allem für arme Bauern in Entwicklungsländern und für deren Regierungen kaum möglich sein. *Die Patentierung biotechnologischer Produkte und Verfahren in Entwicklungsländern könnte daher angesichts fehlender nationaler Sonderkonditionen für die ärmsten Länder gerade die Menschen, für die biotechnologische Entwicklungen eine Verbesserung ihrer Situation bringen sollen, von der Nutzung dieser Verbesserungen ausschließen* (Leskien/Flitner 1994, S. 61).

Weitere Probleme wirft der Patentschutz im Bereich des Schutzes von Wissen über Pflanzen und deren Wirkung auf, das einheimische Völker über Generationen entwickelt und bewahrt haben. Unbestritten ist, daß viele Kulturpflanzen industrialisierter Länder und darin eingebrachte zusätzliche Eigenschaften (z.B. Schädlingsresistenzen) aus traditionellen Kultursorten von Bauern und Bäuerinnen aus Entwicklungsländern stammen. Es ist daher für viele Entwicklungsländer und deren Landwirte nicht einsichtig, daß sie Lizenzgebühren für Pflanzen, die auf der Grundlage ihrer züchterischen Vorleistungen verbessert wurden, zahlen sollen, ohne daß ihre Vorleistungen entsprechend gewürdigt werden. *Eine Anerkennung solcher Vorleistungen eingeborener Gemeinschaften*

*ist in den bisherigen Abkommen zum Schutz geistigen Eigentums nicht vorgesehen.* Inzwischen wird über die Möglichkeiten einer Anerkennung von solchem sogenanntem indigenem Wissen über einen Fonds unter dem Stichwort *Farmers' Rights* diskutiert. Eine Resolution der Organisation für Ernährung und Landwirtschaft der Vereinten Nationen (FAO) von 1989 bezeichnet als *Farmers' Rights* die den Bäuerinnen und Bauern in aller Welt aufgrund ihrer vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Leistungen zum Erhalt und zur Verbesserung genetischer Ressourcen zustehenden Rechte, an der gewinnbringenden Nutzung dieser Ressourcen durch die Pflanzenzüchtung oder andere wissenschaftliche Methoden in vollem Umfang zu partizipieren (nach Leskien/Flitner 1994, S. 62). Die 1992 auf der Rio-Konferenz der Vereinten Nationen verabschiedete Konvention über biologische Vielfalt sieht zwar eine Entschädigung der in Zukunft gelieferten genetischen Ressourcen vor (s. Kap. II.3.2), nimmt jedoch die genetischen Ressourcen, die vor der Verabschiedung der Konvention gesammelt wurden, von einer rechtsverbindlichen Vereinbarung auf internationaler Ebene aus. Über die Hälfte der weltweit etwa 4,2 Mio. gesammelten Genmuster liegen heute jedoch in den Genbanken von Industriestaaten (Leskien/Flitner 1994, S. 62 f.). Eine praktische Realisierung der *Farmers' Rights* und damit nach der FAO-Definition dieser Rechte auch eine Vergütung für Genmuster, die schon vor der Rio-Konferenz ebenfalls gesammelt wurden, wird jedoch ausdrücklich in der auf der Rio-Konferenz ebenfalls verabschiedeten "Agenda 21" (die allerdings keine völkerrechtliche Bindung besitzt) gefordert. Es ist jedoch nicht klar, wie entsprechende Forderungen durchgesetzt werden sollen, wenn auch eine Reihe von Modellen in der Diskussion ist. Ein Vorschlag bezieht sich beispielsweise darauf, im Rahmen des Produktzulassungsrechts (etwa des Saatgutverkehrsrechts) oder auch des Patent- und Sortenschutzrechts eine Offenlegung des Herkunftslandes des verwendeten Genmaterials zur Voraussetzung der Erteilung der Zulassung bzw. des Schutzrechts zu erheben und das entsprechende Land bzw. die entsprechenden Bevölkerungsgruppen an den Gewinnen aus denjenigen Produkten, bei denen sie eine Vorleistung erbracht haben, zu beteiligen (Leskien/Flitner 1994, S. 9).

## **Fazit**

Bei der Gestaltung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen spielen zahlreiche bi- und multilaterale Abkommen zwischen Regierungen und staatliche Regulative wie Zölle und nichttarifäre Handelshemmnisse sowie die finanzielle Unterstüt-

zung der heimischen Produktion und Exportsubventionen eine wichtige Rolle. Im Vergleich dazu wird der Einfluß der Biotechnologie auf die Weltmarktposition der Entwicklungsländer in absehbarer Zeit eher gering bleiben. Erhebliche Effekte werden indes von der im GATT geforderten Liberalisierung des Welthandels erwartet. Unter der Voraussetzung, daß eine Liberalisierung des Welthandels und des internationalen Agrarmarktes stattfindet, werden eine Belebung des Welthandels und ein Anstieg der Rohstoffpreise auf dem Weltmarkt zumindest für diejenigen landwirtschaftlichen Produkte erwartet, deren Weltmarktpreis bislang durch Exportsubventionen niedrig gehalten wurde. Ein höherer Rohstoffpreis könnte die Entwicklung effizienterer Produktionsverfahren mit Hilfe biotechnologischer Methoden begünstigen. Von einem weitreichenden und wirksamen Schutz geistigen Eigentums werden positive Impulse für die Entwicklung der Biotechnologie in Industrie- und Schwellenländern erwartet. Sehr arme Entwicklungsländer könnten jedoch - beim Fehlen nationaler Sonderkonditionen - z.B. durch finanzielle Forderungen für Lizenzverträge vom Zugriff auf gerade für sie wichtige patentierte biotechnologische Verfahren und Produkte ausgeschlossen werden. Eine Lücke bisheriger Regelungen zum Schutz geistigen Eigentums ist die rechtliche und finanzielle Behandlung indigenen Wissens.

## **1.2 Substitutionsmöglichkeiten agrarischer Rohstoffe durch biotechnologische Entwicklungen**

*Das vermutete Veränderungspotential der Biotechnologie auf dem Weltagrarmarkt stützt sich auf die nicht unstrittige Annahme, daß mit Hilfe biotechnologischer Entwicklungen bestimmte agrarische Rohstoffe billiger als mit traditionellen Methoden und Pflanzen erzeugt werden könnten. Dies soll auf der einen Seite durch die biotechnologisch beschleunigte Züchtung von Pflanzen mit gewünschten Eigenschaften, wie höhere Erträge, geringerer Bedarf an Dünger und Pflanzenschutzmitteln und rationellere Anbau- und Verarbeitungsmöglichkeiten, erreicht werden. Andererseits soll aber auch die industrielle Produktion teurer Rohstoffkomponenten durch gentechnisch veränderte Mikroorganismen und die enzymatische Umwandlung billiger Rohstoffe in höherwertige und damit teurere Stoffkomponenten den Einkauf entsprechender agrarischer Rohstoffe für z.B. die Lebensmittel-, Waschmittel- und Kosmetikindustrie verbilligen. Die Biotechnologie ermöglicht dabei also eine Art Entkopplung bestimmter*

*Stoffe von den sie bisher erzeugenden Pflanzen und Organismen.* Diese Mechanismen sollen im folgenden an einigen Beispielen erläutert werden.

### **Pflanzliche Öle und Fette**

Pflanzliche Fette und Öle spielen im Welthandel eine erhebliche ökonomische Rolle. Sie werden in Form unverarbeiteter Ölsaaten und -früchte, als gepreßter Ölkuchen oder als fertige Pflanzenöle gehandelt. Ölhaltige Pflanzen (bzw. die aus ihnen gewonnenen Fette und Öle) haben Bedeutung vor allem für die menschliche Ernährung, als Viehfutter und als Rohstoffe für die Waschmittel- und Kosmetikindustrie sowie für die Herstellung von Schmierstoffen. Dabei entscheidet die Zusammensetzung der Fettsäuren eines Pflanzenöls über dessen spezifische Verwendungsmöglichkeiten. Beispielsweise bilden langkettige und gesättigte Fettsäuren, wie sie u.a. im Kakao- und Kokosöl zu finden sind, ein zähflüssiges Öl oder sogar ein festes Fett (Kakaobutter, Kokosfett). Sie können daher z.B. zur Produktion von Margarine, Salben und kosmetischen Cremes eingesetzt werden. Kurzkettige und mehrfach ungesättigte Fettsäuren, die vor allem in Raps- und Sojaölen zu finden sind, ergeben ein dünnflüssiges Öl und können daher als Speiseöle und leichte Schmierstoffe Verwendung finden. Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren spielen in den letzten Jahren auch als wichtiger Bestandteil der gesundheitsbewußter Ernährung (z.B. für Herzinfarkt gefährdete Menschen) eine besondere Rolle. War bisher die Produktion spezifischer Fettsäuren an bestimmte Pflanzen gebunden, ermöglichen nun die Entwicklungen der modernen Biotechnologie Veränderungen der pflanzenspezifischen Fettsäuremuster. Pflanzen können mit Hilfe biotechnologischer Verfahren (in wesentlich kürzer Zeit als mit bisherigen Methoden) so "umgebaut" werden, daß sie bestimmte Fettsäuren in höheren oder niedrigeren Konzentrationen produzieren und so - unter Voraussetzung der zumindest zur Zeit noch nicht erreichten ökonomischen Rentabilität - bisherige Lieferanten bestimmter Fettsäuren ersetzen können. Die Veränderung der Inhaltsstoffe von Pflanzen ist bereits Stand der Technik. Beispielsweise liegt ein Patentantrag auf eine neue Rapspflanze vor, die einen erhöhten Anteil von Ölsäure (einem wichtigen Ausgangsstoff für die enzymatische Erzeugung anderer Fettsäuren) produziert. Ein weiterer Patentantrag bezieht sich auf Rapspflanzen, die weniger ungesättigte Fettsäuren erzeugen und deren Öl weniger Schwefel, eine höhere Stabilität gegen Oxidation und einen verbesserten Geschmack aufweist. Auch Sonnenblumen mit einer reduzierten Produktion von gesättigten Fettsäuren sind Gegenstand von Patentanmeldungen (Commandeur et al. 1994a, S. 56 ff.).

Eine weitere Methode, billig bestimmte Fettsäuren zu produzieren, ist der Einsatz von Enzymen. Mit Hilfe solcher, mit biotechnologischen Methoden einfach zu produzierender Stoffe können beispielsweise aus einfach ungesättigten Fettsäuren mehrfach ungesättigte Fettsäuren erzeugt werden oder umgekehrt. Patentanträge für entsprechende Enzyme (Desaturasen) liegen bereits vor. Fettsäuren können biotechnologisch auch billig von gentechnisch veränderten oder entsprechend ausgesuchten, natürlich vorkommenden Mikroorganismen produziert werden. Hierzu liegen bereits eine ganze Reihe von Patentanträgen vor. Dabei spielt besonders die Produktion der dreifach ungesättigten Linolensäure eine große Rolle (Commandeur et al. 1994a, S. 62).

*Die zahlreichen Patentanmeldungen zur Veränderung von Fettsäuren deuten darauf hin, daß mit Hilfe biotechnologischer Methoden relativ teure Rohstoffe wie Kakaobutter, Erdnuß- und Kokosöl durch die Umwandlung billigerer Fettsäuren aus Raps, Soja und Palmöl schon bald ersetzt werden könnten. Voraussetzung ist jedoch, daß der Preisunterschied zwischen den relativ teuren und den billigeren Ölen so groß ist, daß eine - zusätzliche Kosten verursachende - biotechnische Umwandlung der billigeren Öle rentabel ist. Diese Voraussetzung ist zur Zeit nicht gegeben und ihr Eintreffen wird von einigen Ökonomen bei Fortdauer der gegenwärtig sehr niedrigen Produktionskosten agrarischer Rohstoffe in vielen Entwicklungsländern bezweifelt.*

Findet nach weiteren technischen und/oder ökonomischen Entwicklungen in Zukunft jedoch eine zunehmende Umwandlung von billigen zu bisher teuren Fettsäuren statt und fängt ein erweiterter Bedarf des Weltmarktes die Produktionserweiterung bisher teurer Öle durch Substitute nicht auf, dann könnte der Bedarf an entsprechenden Fettsäuren aus den bisherigen teuren Rohstoffen sinken. Dies könnte für einige Entwicklungsländer bedeuten, daß die Nachfrage von Industrieländern nach ihren Ölen zurückgeht. Profitieren würden jedoch solche Länder, die billige Öle produzieren, die nach entsprechender Behandlung als Ersatz für teure Öle dienen könnten (Commandeur et. al. 1994a, S. 51).

Als ein Beispiel möglicher Substitutionsentwicklungen können gegenwärtige Tendenzen auf dem *Kakaomarkt* dienen. Die bereits existierenden Substitutionsfette für Kakao ("Kakaobutter-Alternativen") hatten 1992 ein Marktvolumen von 130.000 t, äquivalent zu 350.000 t Kakaobohnen, was etwa 15% der Weltproduktion entspricht. Das derzeitige Volumen der Kakao-Substitute wird u.a. durch den niedrigen Kakao-Weltmarktpreis und durch die begrenzte Verfügbarkeit geeigneter Substitutionsöle, die z.T. aus relativ teuren tropischen Pflanzen mit stark schwankenden Ernteerträgen gewonnen werden, begrenzt (van Roozendaal 1992). Die Verwendung billigerer Öle als Kakaobutter-Ersatz

ergab bisher Probleme bei der Verarbeitung (z.B. nur schwer mischbar mit Kakaobutter) oder durch Geschmacksveränderungen (z.B. durch hohe Anteile an Laurinsäure). Biotechnologische Methoden (enzymatische Umesterungsprozesse billiger Öle) sowie Pflanzen mit veränderter Fettsäurezusammensetzung können nun die bisherigen Nachteile und schlechte Verfügbarkeit von Kakao-Substituten beseitigen. Beispielsweise hat der japanische Nahrungsmittelkonzern *Ajinomoto* bereits ein Patent auf enzymatische Prozesse zur "Synthese von hochwertiger Kakaobutter aus minderwertigen Ölen" erhalten (Shand 1989, in Sprenger/Zweifel S.67). Auch die Firma *Unilever* hält mehrere Patente im Kakao-Sektor, z.B. für die enzymatische Umwandlung von Fetten aus Palmöl und für eine neue Variante einer Sojapflanze, die einen erhöhten Anteil gesättigter Fettsäuren und damit mehr Öle für den Ersatz von Kakao produziert. Der amerikanische Konkurrent von Unilever, die *Procter & Gamble Company*, besitzt ein Patent über die Substitution von Kakaobutter durch einen Sucrose-Polyester, einen Stoff, der weniger Kalorien enthält und billiger als Kakaobutter ist, ansonsten aber ähnliche Eigenschaften (Schmelzeigenschaften) wie die natürliche Kakaobutter aufweist (Commandeur et al. 1994b, S. 72 f.).

Die Substitution von Kakaobutter durch niederwertigere Öle, wie z.B. Palmöl, das durch Enzymbehandlungen aufgewertet werden kann, wird z.Zt. außer aus Gründen der Wirtschaftlichkeit auch aufgrund politischer Entscheidungen noch nicht in größerem Umfang angewandt. Beispielsweise darf Schokolade außer in Irland, Großbritannien und Dänemark in den Ländern der EU als solche nicht mehr bezeichnet werden, wenn sie andere Öle und Fette als Kakaobutter enthält. In den genannten drei Ländern dürfen 5% der Fette auch aus anderen Pflanzen stammen. Im Zuge einheitlicher Regelungen in der EU wird zur Zeit daran gearbeitet, auch für die anderen Länder der EU mindestens 5% Fremddöle in der Schokolade zu zulassen. *Die Zulassung von Fremddölen in der Schokolade bzw. der Einsatz von Kakaobutter-Substituten könnten bei gleichbleibendem Kakao-Bedarf auf dem Weltmarkt die Nachfrage nach echter Kakaobutter verringern.*

Ein weiteres Anwendungsgebiet biotechnologischer Methoden stellt die Substitution der hohen Kakao-Qualitäten durch niedrigere Qualitäten mit Hilfe von Verbesserungen im Fermentationsprozeß dar. Regional konzentriert sich die Produktion der hohen Qualitäten auf Afrika, die der niedrigen Qualitäten auf Indonesien, Malaysia und Brasilien (van Roozendaal 1992). *Der breite Einsatz solcher Qualitäts-Substitutionen würde voraussichtlich den Standortvorteil der hochwertigen Kakaobutter aus westafrikanischen Länder vermindern.* Schon

seit Jahren sehen sich die traditionellen, kleinbäuerlichen westafrikanischen Kakaoproduzenten der Konkurrenz durch die Plantagenwirtschaft in Brasilien und Südostasien ausgesetzt (Üllenberg 1994).

## **Zucker**

*Deutliche Auswirkungen - in Form konkreter Einnahmeverluste - haben biotechnologische Verfahren bisher auf einige zuckerexportierende Entwicklungsländer gezeigt, unter ihnen vor allem die philippinische Zuckerinsel Negros (Junne 1992). Grund dafür ist v.a. die verminderte Zuckereinfuhr der USA, nachdem dort die enzymatische Verarbeitung von Maisstärke zu Isoglucose (HFCS, High Fructose Corn Syrup) einen Teil des zuvor importierten Zuckerbedarfs deckte (Knerr 1991). Parallel dazu wurde weltweit ein Teil des Zuckerbedarfs durch den wachsenden Einsatz von Süßstoffen ersetzt. Neben den chemisch hergestellten Süßstoffen spielte auch Thaumatin, ein aus einem westafrikanischen Baum isolierter Stoff, eine Rolle und war in westafrikanischen Ländern ein Exportprodukt. Da sich Thaumatin nun biotechnologisch herstellen läßt, könnten die betroffenen afrikanischen Länder ihr Exportprodukt bald verlieren. Auch auf den Zuckermarkt könnte der biotechnologisch hergestellte Süßstoff, der 3000mal süßer als Zucker ist, weiteren Druck ausüben (Comman-deur/van Roozendaal 1993, S. 74).*

## **Gewürze, Aromastoffe und Heilpflanzen**

Die Produktion von Substituten für Gewürze, Aromastoffe und Heilpflanzen ist mit Hilfe der Vermehrung von Zell- und Gewebekultur möglich und erfolgt somit unabhängig von dem natürlichen Standort auf einem künstlichen Nährmedium oder in einem Fermenter. *Dieser Markt ist für die biotechnologische Forschung und Entwicklung von großem Interesse, denn gerade diese Gruppe der sogenannten hochwertigen, niedrig-volumigen Produkte läßt hohe Gewinnmargen erwarten.* Die OECD bezeichnet den Markt als "anfällig" für derzeitige Forschung und Entwicklung und glaubt, daß Substitutionen in diesem Sektor bei entsprechender weiterer Entwicklung ökonomisch rentabel werden könnten (OECD 1994, S. 173 f.). Auch wenn momentan die kommerzielle Umsetzung der Forschungsergebnisse aufgrund der zu hohen Produktionskosten noch nicht geschieht (UNCTAD 1991, S. 10), wird jedoch erwartet, daß zunehmende For-



schung und Produktionserfahrungen die Kosten reduzieren werden (OECD 1989, S. 90). *Unter den Gewürzen ist die Substitutionsmöglichkeit von Vanille am weitesten fortgeschritten.* Mit Hilfe von Gewebekulturen kann das Vanillearoma als sogenannte Phyto-Vanille hergestellt werden. Diese soll geschmacklich die gleiche Qualität haben wie die natürliche Vanille. Die UNCTAD spricht davon, daß die Substitution schon bald kommerziell in Gang kommen könnte (UNCTAD 1991, S. 10). Auch wenn die jeweiligen Marktvolumina im Vergleich zum gesamten Weltmarkt unbedeutend erscheinen, könnten sich die Handelsverschiebungen für einige Länder und gesellschaftliche Gruppen innerhalb dieser Länder mittel- bis langfristig negativ auswirken (OECD 1994, S. 173 f.).

### **Gummi Arabicum und natürlicher Kautschuk**

Gummi Arabicum ist ein Extrakt aus Akazienbäumen, der als Dickungsmittel in der Süßwaren- und Getränkeindustrie eingesetzt wird. Die amerikanische Firma *Tic Gums* hat einen Ersatzstoff mit Namen "Aragum 3000" entwickelt, der 20% weniger Gummi Arabicum braucht. Ein wesentlicher Bestandteil dieses Ersatzstoffes besteht aus einem Polysaccharid (Stärke), welches durch bakterielle Fermentation hergestellt wird. Das so erzeugte Produkt gilt als qualitativ hochwertiger als das natürlich produzierte. Durch die Substitution von Gummi Arabicum sind Senegal, Nigeria und der Sudan betroffen (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 77).

Natürlicher Kautschuk ist nach Kaffee und Zucker das wertmäßig bedeutendste Exportprodukt für die Entwicklungsländer mit einem Exportwert von 3,4 Milliarden US\$ (FAO 1993). US-Firmen forschen derzeit an Möglichkeiten zur Biosynthesierung des natürlichen Stoffes und an der Entwicklung einer natürlichen Kautschuk produzierenden Pflanze für den Anbau in nördlicheren Gebieten. Bei Erfolg dieser Bemühungen könnte Schätzungen zufolge die USA gegen Ende dieses Jahrzehnts 25% ihrer Importe ersetzen. Besonders betroffene Länder wären Thailand, Malaysia und Indonesien (FAO 1993).

### **Fazit**

Das vermutete Veränderungspotential der Biotechnologie auf dem Weltagrarmarkt stützt sich auf die nicht unstrittige Annahme, daß mit Hilfe biotechnolo-

gischer Entwicklungen bestimmte agrarische Rohstoffe billiger als mit traditionellen Methoden und Pflanzen erzeugt werden könnten. Die Produktion von Stoffen in Fermentern und die biotechnologische Veränderung von Pflanzen ermöglichen eine gewisse Entkopplung der Produktion bestimmter Stoffe von den sie bisher erzeugenden Pflanzen und Organismen. Besonders deutlich wird dies auf dem Gebiet der Erzeugung von pflanzlichen Fetten und Ölen (z.B. Kakaobutter), wo bereits zahlreiche Patentanmeldungen zur Veränderung der Fettsäurezusammensetzung von Pflanzen und für mikrobiologische Produktionsverfahren von Fettsäuren vorliegen. Dies weist darauf hin, daß relativ teure Rohstoffe wie Kakaobutter, Erdnuß- und Kokosöl durch die biotechnologische Umwandlung billigerer Fettsäuren aus Raps-, Soja- und Palmöl schon bald ersetzt werden könnten. Hauptvoraussetzung für den breiten Einsatz von Substituten ist jedoch ihre Rentabilität. Diese ist zur Zeit bei vielen technisch bereits verfügbaren Substituten bzw. Substitutionsverfahren noch nicht gegeben.

### **1.3 Die wirtschaftlichen Auswirkungen von Exportsubstitutionen auf Entwicklungsländer**

Die oben dargestellten Beispiele zeigen, daß die Substitution agrarischer Produkte aus Entwicklungsländern auf zwei Ebenen vorangetrieben werden kann. Zum einen durch biotechnologisch erzeugte Ersatzstoffe und zum anderen durch die Entwicklung von Pflanzen mit veränderten Eigenschaften.

*Die industrielle Produktion von Ersatzstoffen, insbesondere, wenn es sich um Produktionsweisen in biotechnischen Fermentern handelt, ist weitgehend unabhängig von einer landwirtschaftlichen Basis und kann daher den Produktionsstandort von Stoffen auch und vor allem in Industriestaaten verlegen. Eine solche Entwicklung könnte die Nachfrage nach Produkten aus Entwicklungsländern vermindern und ihre Exportwirtschaft daher empfindlich treffen. Es wird davon ausgegangen, daß der Substitution von Rohstoffen durch biotechnologische Methoden von seiten der Wissenschaft und Technik langfristig kaum Grenzen gesetzt sind (OECD 1989, S. 90). Entscheidend für den Markterfolg von Substituten ist jedoch, daß sie preisgünstiger sind als die natürlichen Rohstoffe. Die zur Zeit sehr niedrigen Rohstoffpreise sind damit eines der Haupthindernisse für einen ökonomischen Einsatz von Substituten. Der Preis von Rohstoffen und Substituten wird, wie anfangs erwähnt, nicht unwesentlich von der Wirtschaftspolitik (bi- und multilaterale Verträge, Zölle, Stützung der hei-*

mischen Produktion, Exportsubventionen usw.) führender Staaten auf dem Weltmarkt beeinflußt. Setzt sich jedoch künftig eine Liberalisierung des Weltmarkts durch, dann werden steigende Weltmarktpreise für solche Rohstoffe erwartet, deren Preise bisher durch staatliche Exportsubventionen niedrig gehalten wurden. *Steigende Weltmarktpreise und sinkende Herstellungskosten für Substitute, ermöglicht durch technische Weiterentwicklungen, könnten den Markterfolg von Substituten fördern.*

### **Ersatz von Rohstoffen aus Entwicklungsländern durch biotechnologische Produktion in Industrieländern**

Unter Vorbehalt der Rentabilität und weiterer wissenschaftlicher und technischer Entwicklung könnten für die oben behandelten Agrarprodukte schon in nächster Zukunft Substitute angeboten werden. Die Produktion und der Export bestimmter agrarischer Produkte sind auf dem Weltmarkt stark auf einzelne Länder konzentriert, so daß die Auswirkungen einer Reduktion der nachgefragten Rohstoffmengen für einige exportierende Länder gravierend, für andere hingegen kaum spürbar wären. Daher kann der mögliche Einfluß von Produktsubstitutionen nur durch eine Einzelfallbetrachtung der Exportstruktur eines Landes beurteilt werden. Unter dem Vorbehalt, daß eine Abschätzung der in Zukunft stattfindenden Substitutionsprozesse nur mit großer Unsicherheit möglich ist, können einige Länder genannt werden, für deren Wirtschaft die oben genannten Substitutionsmöglichkeiten für Fette und Öle, insbesondere für Kakaobutter, Kokosöl, Ernußöl, Soja- und Sonnenblumenöl, aber auch für Gummi/Kautschuk, für Zucker und für Gewürz-, Aroma- und Heilpflanzen (v.a. Vanille) Auswirkungen hätten. *Von den Substituten für die hier genannten Rohstoffe wäre der Großteil der Entwicklungsländer aufgrund ihrer Exportstruktur nicht oder nur mäßig betroffen. Auf die Agrarexporte einiger Entwicklungsländer hätten diese Substitutionsmöglichkeiten jedoch einen nicht zu unterschätzenden Einfluß.* Zu diesen gehören Côte d'Ivoire, Ghana, Kongo, Mauritius, Nigeria, die Dominikanische Republik und Bolivien. Die Analyse ihrer Exportstruktur zeigt, daß sie in der Regel fast ausschließlich auf ein einziges Exportprodukt (meist Kakao oder Zucker) spezialisiert sind, so daß hier eine Substitution schwerwiegende Folgen haben könnte. Nigeria würde gleich bei zwei seiner Produkte, Gummi und Kakao, durch Exportrückgänge empfindlich getroffen.

Ein Vergleich des Anteils der durch Substitution tangierbaren landwirtschaftlichen Export-Volumina an den Gesamtexporten der Länder zeigt, daß empfindliche Einbußen einiger der aufgeführten Länder im landwirtschaftlichen Sektor auf den gesamten Exportsektor durchschlagen und somit die Deviseneinkünfte negativ betreffen würden. Zu diesen volkswirtschaftlich betroffenen Ländern gehören Côte d'Ivoire, Ghana, Mauritius und die Dominikanische Republik (Gerhardus 1995). Ein Land wäre jedoch positiv betroffen, nämlich Malaysia, welches aufgrund seiner Palmölproduktion von Substitutionsprozessen auf dem Öl- und Kakaomarkt profitieren könnte. Das preisgünstige Palmöl könnte als Substitut für höherpreisige Öle und Fette (z.B. Kakaobutter) dienen.

### **Handelsverschiebungen zwischen Entwicklungsländern mit unterschiedlichem technologischen Potential**

Während biotechnologisch hergestellte Ersatzstoffe die Produktionsstandorte für agrarische Rohstoffe vor allem in Industrieländer verlagern könnten, kann die Entwicklung neuer Pflanzen auch den Kampf unter den Entwicklungsländern um Anteile am internationalen Rohstoffmarkt verschärfen. Konkurrieren Länder mit unterschiedlichem wissenschaftlichen, technischen und infrastrukturellen Potential um Weltmarktanteile bei einem bestimmten Produkt, wird angenommen, daß Länder mit einem höheren Entwicklungsstand in diesen Sektoren schneller und umfassender Vorteile durch verbesserte Pflanzen (z.B. bessere Verarbeitbarkeit, krankheitsresistente Sorten, höherer Ertrag usw.) und Produktionsbedingungen nutzen können als Länder mit weniger gut entwickeltem Potential. *Infrastrukturell gut ausgebaute Länder könnten daher bei der Nutzung biotechnologischer Verfahren und Produkte im Vorteil sein und dadurch ihre Produkte - zumindest vorübergehend - erfolgreicher auf dem Weltmarkt anbieten als Länder mit schlechter Infrastruktur* (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 74 f.).

Als Beispiel für solche marktwirtschaftlichen Mechanismen kann die momentane Entwicklung der Kakaoproduktion angeführt werden. Auf dem Kakao-Sektor sind z.Zt. Hochleistungssorten verfügbar, die insbesondere auf den malaysischen Plantagen gepflanzt werden und mit etwa 1000-1500 kg Bohnen/ha einen mehr als doppelt so hohen Ertrag aufweisen wie die traditionellen Sorten, die v.a. in den westafrikanischen, eher kleinbäuerlichen Produktionssystemen vorherrschen. Eine erfolgreiche Anwendung von Gewebekulturen, die für die Zukunft nicht unwahrscheinlich ist, würde eine Ertragssteigerung auf über 3000 kg/ha ermöglichen. Es wird davon ausgegangen, daß diese über Gewebe-

kultur entwickelten Sorten vor allem in den Ländern mit hoher technologischer Kapazität (einige Länder Asiens) verfügbar sein werden, während die weniger entwickelten und armen Länder Afrikas mit einer solchen Entwicklung weder technologisch noch infrastrukturell in gleichem Maße mithalten können. Zudem verliert der afrikanische Kakao durch die Entwicklung biotechnologischer Aufbereitungsmöglichkeiten den Vorteil seiner besseren Qualität gegenüber den asiatischen Produkten. *Die ungleiche Verteilung verfügbarer Techniken für die Kakaoproduktion kann daher Handelsverschiebungen zu Lasten Afrikas und damit zum Nachteil von jetzt schon sehr armen Ländern auslösen* (Flitner 1991, S. 80 ff.).

## Fazit

Die Produktion und der Export bestimmter agrarischer Produkte sind auf dem Weltmarkt stark auf einzelne Länder konzentriert, so daß die Auswirkungen einer Reduktion der insbesondere durch Industrieländer nachgefragten Rohstoffmengen durch Substitutionen für einige exportierende Länder gravierend, für andere hingegen kaum spürbar wären. Zu den Ländern, auf die technisch bereits realisierbare Substitutionen einen nicht zu unterschätzenden Einfluß haben könnten, zählen Côte d'Ivoire, Ghana, Kongo, Mauritius, Nigeria, die Dominikanische Republik und Bolivien. Die Analyse ihrer Exportstruktur zeigt, daß sie in der Regel fast ausschließlich auf ein einziges Exportprodukt (meist Kakao oder Zucker) spezialisiert sind, so daß hier eine Substitution schwerwiegende Folgen haben könnte. Unter den Entwicklungsländern werden infrastrukturell gut ausgebaute Länder größere Vorteile durch biotechnologische Methoden und Produkte haben als Länder mit einer schwächeren Infrastruktur, da sie neue Pflanzensorten und biotechnologische Methoden schneller entwickeln und anpassen können und anderenorts entwickelte Fortschritte schneller in ihrem Land etablieren können. Die ungleichen Anwendungsmöglichkeiten verfügbarer Techniken können daher weitere Handelsverschiebungen zu Lasten jetzt schon sehr armer Länder verursachen.

## 1.4 Nutzen-Schutz-Konzepte für biologische Ressourcen

Moderne bio- und gentechnologische Methoden ermöglichen zunehmend, Eigenschaften (z.B. Insekten- und Trockenheitstoleranzen) und Wirksubstanzen

von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen durch die Isolation der entsprechenden Gene verfügbar zu machen und in andere Organismen und biotechnologische Produktionsverfahren einzubauen. Dadurch erhalten Gene einen eigenständigen Wert, unabhängig vom Wert ihrer Genträger (bestimmte Pflanzen und Tiere). Vor diesem Hintergrund gewann schon in den 80er Jahren das Sammeln und Kartieren von genetischem Material zunehmend an Bedeutung (siehe Anhang 2.2). *Bisher standen die genetischen Ressourcen jedoch weitgehend kostenlos für die Suche nach Wirkstoffen (z.B. für Medikamente) zur Verfügung. Dies soll nun vor dem Hintergrund des steigenden Wertes von Genen geändert werden.* Ökonomen schätzen, daß bei entsprechender Bezahlung der Austausch genetischer Ressourcen und Technologien zwischen Entwicklungsländern, auf deren Staatsgebiet die Regionen mit der größten genetischen Vielfalt liegen, und Industrieländern, deren technisches Know-how eine entsprechende Verwertung des genetischen Materials ermöglicht, langfristig erhebliche Ausmaße annehmen könnte. *Angesichts weltweit fortschreitender Umweltzerstörung und dem damit verbundenen unwiederbringlichen Verlust von genetischem Material gewinnt jedoch auch der Schutz der genetischen Ressourcen an Wert.* Zur Zeit werden daher sowohl immer größere Genbanken angelegt, die genetisches Material (vor allem Samen von Pflanzen) für den zukünftigen Gebrauch konservieren sollen (sogenannte Ex-situ-Schutzmaßnahmen, s. Kap. II.3.2), als auch Konzepte für den Schutz natürlicher Ökosysteme entwickelt (In-situ-Schutzmaßnahmen). Als ein Ökosystem mit sehr hoher genetischer Vielfalt und damit hohem materiellen Wert gelten die tropischen Regenwälder. Ihr nachhaltiger Schutz wird daher besonders angestrebt.

Bisherige Erfahrungen mit Schutzsystemen für tropische Regenwälder zeigen, daß ohne finanzielle Anreize für die Regierungen der entsprechenden Länder und die ortsansässige Bevölkerung ein nachhaltiger Schutz für den Regenwald kaum für längere Zeit aufrechterhalten werden kann. Für die Regierungen sind vielfach Deviseneinnahmen durch den breitflächigen Einschlag und Export tropischer Hölzer lukrativer als der Schutz der genetischen Vielfalt in diesen Wäldern. Für die lokale Bevölkerung ergibt sich häufig die Notwendigkeit, Waldgebiete für die Gewinnung von Feuerholz und Ackerland zu roden und durch die Bejagung der Waldtiere für zusätzliche Eiweißquellen zu sorgen. *Neuere Modelle für den In-situ-Schutz von Waldgebieten versuchen nun, den langfristigen Schutz von tropischen Regenwäldern an ihre vorsichtige und nachhaltige Nutzung zu binden (Nutzen-Schutz-Konzept).* Ziel ist es, den Geldwert des Waldes für Regierung und lokale Bevölkerung so zu steigern, daß dessen Erhaltung mehr einbringt als die zerstörende Nutzung. Als neue Modelle

der Regenwaldnutzung sind neben einer nachhaltigen Forstwirtschaft, bei der beispielsweise nur wenige ausgewählte Stämme dem Wald entnommen werden, auch Nutzungsformen durch einen vorsichtigen Öko- und Jagdtourismus im Gespräch. Nach Myers könnte ein Waldgebiet einen nachhaltigen Jahresertrag von wildlebenden Tierarten im Wert von mindestens 200 US\$/ha einbringen, während aus der kommerziellen Holznutzung kaum mehr als 150 US\$/ha erzielt werden kann (Myers 1990, nach Gettkant/Stephan in INF 1994, S. 14). Die jährlich erzielbaren Gesamteinnahmen aus einem sanften Ökotourismus werden für Entwicklungsländer auf 2 bis 12 Mrd. US\$ geschätzt (Lindberg 1991, nach Gettkant/Stephan in INF 1994, S. 15).

*Ein weiteres Modell der wertsteigernden und nachhaltigen Nutzung von tropischen Regenwäldern sieht die vorsichtige Sammlung, Katalogisierung und Aufbereitung der im Tropenwald enthaltenen genetischen Vielfalt vor (Prospektierung der Biodiversität). Entsprechend aufbereitete Proben von Pflanzen und Tieren aus dem Regenwald sollen dann der internationalen Pharma- und Agro-industrie für ihre Suche nach Wirkstoffen gegen Bezahlung und Gewinnbeteiligung zur Verfügung gestellt werden. Ein Teil der dadurch eingenommenen Gelder soll für den dauerhaften Erhalt der Regenwälder verwendet werden. Um dem Konzept der Kopplung zwischen Schutz und schonender, zukunftsfähiger Nutzung genetischer Ressourcen völkerrechtliche Verbindlichkeit zu verleihen, wurde im Rahmen der Umweltkonferenz der Vereinten Nationen 1992 in Rio de Janeiro (UNCED) die Konvention über den Schutz der biologischen Vielfalt (Biodiversitätskonvention, s. Kap. II.3.2) verabschiedet. Mit ihren im einzelnen noch auszuarbeitenden Bestimmungen soll die Konvention politische und rechtliche Rahmenbedingungen für den Schutz genetischer Ressourcen definieren (z.B. Regelungen zur Ex-situ-Konservierung und zur Biologischen Sicherheit, Unterstützung des Technologietransfers, Hinweise zum Umgang mit patentrechtlichen Bestimmungen usw.) und damit eine Ergänzung bzw. ein gewisses Gegengewicht zu anderen weltwirtschaftliche Rahmenbedingungen wie dem GATT und das darin enthaltene TRIPS-Abkommen bilden.*

*Als ein erster Erfolg der Nutzen-Schutz-Strategie gilt der Vertrag zwischen dem amerikanischen Konzern Merck Sharp & Dohme Pharmaceuticals und dem Instituto de Biodiversidad (InBio) in Costa Rica, einer halbstaatlichen Firma, die genetisches Material sammelt und aufbereitet. Der Vertrag verpflichtete InBio, von 1992 bis 1994 chemische Extrakte aus Wildpflanzen, Insekten und Mikroorganismen sowie Bodenproben für ein Arzneientwicklungsprogramm an das amerikanische Unternehmen zu liefern. Dafür zahlte Merck & Co. 1 Mill. US\$ als Vorauszahlung sowie 135.000 US\$ in Form von Laborausstattungen*

und anderen Geräten an das costaricanische Unternehmen. Darüber hinaus wurde *InBio* zugesagt, bei erfolgreicher Produktentwicklung mit einem bestimmten Prozentsatz an den Lizenzgebühren beteiligt zu werden. Der Vertrag wurde zu ähnlichen Bedingungen im Sommer 1994 für zwei Jahre verlängert (Gettkant/Stephan in INF 1994, S. 19). Im Vertrag wurde vereinbart, daß ein Teil der Gewinne, die aus der Nutzung der genetischen Ressourcen hervorgehen, zur Bewahrung der Nationalparks eingesetzt werden. *Merck Sharp & Dohme* zahlte 10% der Vorauszahlungen, also ca. 100.000 US\$, an die Nationalparkstiftung des Landes. *InBio* verpflichtete sich, 50% seiner zukünftigen Einnahmen aus Lizenzbeteiligungen an Patenten von *Merck & Co.* an die Nationalparkverwaltung abzugeben.

Die Erfahrungen von *InBio* in Costa Rica werden in anderen an genetischen Ressourcen reichen Ländern teilweise als richtungsweisend für die Entwicklung der nationalen Technologiepolitik, den Abschluß von Verträgen mit Firmen, die Sicherung geistiger Eigentumsrechte (z.B. Patentgesetze) und die Einrichtung von Sammel- und Kartierungsorganisationen angesehen (Reid et al. 1993). So befinden sich beispielsweise *InBio*-ähnliche private oder staatliche Vermittlungseinrichtungen in Mexiko, Indonesien und Kenia im Aufbau (Reid 1992).

*Andere Entwicklungsländer betrachten den Aufbau von eigenen Verwertungs- und Vermarktungskapazitäten für ihre genetischen Ressourcen eher skeptisch. Länder, die nur über geringe wissenschaftliche und technologische Kapazitäten verfügen, werden sich eher auf die arbeitsintensiven Maßnahmenbereiche wie erste Probensammlungen beschränken, wo sie komparative Kostenvorteile gegenüber den Industrieunternehmen besitzen (Sedjo/Simpson 1994, nach Gettkant/Stephan in INF 1994, S. 21). Damit aber wird ihre Position als reiner Lieferant von Rohstoffen eher verstärkt als vermindert.* Vor diesem Hintergrund sind Unmutsbezeugungen in den Nachbarstaaten Costa Ricas über die Aktivitäten *InBios* durchaus verständlich, wird doch befürchtet, daß das Merck-Abkommen die Chancen von Staaten wie Nicaragua oder Panamá vermindert, ebenfalls als Anbieter genetischer Ressourcen aus derselben Bioregion auf dem Weltmarkt aufzutreten. Sollte der Pharmakonzern erst einmal so weit sein, verschiedene Wirkstoffe weltweit zum Patent anzumelden, sieht man die Gefahr, daß dadurch die Entwicklungschancen der Nachbarstaaten erheblich beschnitten werden könnten (Gettkant/Stephan in INF 1994, S. 21).

*Andere kritische Stimmen befürchten, daß seitens der Industrieunternehmen und der Forscher aus dem Norden die Verlockung, auf das Wissen lokaler Gruppen und indigener Völker zurückzugreifen und sich patentieren zu lassen,*



*ohne dieses entsprechend zu kompensieren, sehr groß ist und durch den mangelnden politischen Willen, den Schutz des geistigen Eigentums traditioneller bäuerlicher Gruppen (indigenes Wissen) international anzuerkennen, noch verstärkt wird.* Eine volle Teilhabe an Forschungsunternehmen und Nutzungsmaßnahmen wird zwar von indigenen Völkern immer wieder eingefordert (Regenwälder Kampagne 1993; Argumedo 1994; Consejo Aguaruna y Huambisa 1994), findet aber außer in rechtlich unverbindlichen Absichtserklärungen und Richtlinien diverser Forschungsvereinigungen in den seltensten Fällen wirksame Berücksichtigung (Gettkant/Stephan in INF 1994, S. 22).

## **Fazit**

Bisher standen genetische Ressourcen für die Suche nach Wirkstoffen (z.B. für Medikamente) weitgehend kostenlos zur Verfügung. Vor dem Hintergrund des steigenden Wertes von Genen und der immer notwendiger werdenden Schutzmaßnahmen für artenreiche Gebiete versuchen neuere Strategien, die Nutzung vorhandener Genressourcen an gleichzeitige Schutzmaßnahmen zu binden (Nutzen-Schutz-Konzept). Um diesem Konzept völkerrechtliche Verbindlichkeit zu verleihen, wurde im Rahmen der Umweltkonferenz der Vereinten Nationen 1992 die Konvention über den Schutz der biologischen Vielfalt verabschiedet. Als eine erste konkrete Umsetzung dieses Konzepts gilt ein Vertrag zwischen dem amerikanischen Konzern Merck Sharp & Dohme Pharmaceuticals und dem Instituto de Biodiversidad (InBio) in Costa Rica, einer halbstaatlichen Firma, die genetisches Material sammelt und aufbereitet. Dieser Vertrag sowie der Aufbau von InBio in Costa Rica gelten einigen Entwicklungsländern (z.B. Mexiko, Indonesien und Kenia) als vorbildlich für die Vermarktung und den Schutz von genetischen Ressourcen bei gleichzeitigem Aufbau eigener technologischer Kapazitäten. Andere Entwicklungsländer betrachten ihre Chancen für den Aufbau von eigenen Verwertungs- und Vermarktungskapazitäten für ihre genetischen Ressourcen eher skeptisch. Länder, die nur über geringe wissenschaftliche und technologische Kapazitäten verfügen, werden sich eher auf die arbeitsintensiven Bereiche, wie erste Probensammlungen, beschränken müssen und bleiben daher wahrscheinlich bloße Rohstofflieferanten.

## 2. Ökologische Auswirkungen

Abgesehen davon, daß nachsorgende Maßnahmen, gleich auf welcher Technologie sie beruhen, in den meisten Fällen die zweitbeste Variante im Vergleich zu vorsorgenden Maßnahmen darstellen, *werden im Bereich der konkreten umweltrelevanten Anwendungen (Altlastensanierung, Abwasser- und Abfallbehandlung) die Möglichkeiten und Auswirkungen moderner biotechnologischer Verfahren meist positiv beurteilt* (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 86 f.). Durchaus kontrovers werden jedoch die Auswirkungen moderner Biotechnologie bei ihrem Einsatz in der Landwirtschaft und zum Schutz genetischer Ressourcen diskutiert. Neben wünschenswerten Folgen, wie z.B. die Verringerung des Chemieeinsatzes infolge von Biodünger- und Biopestizidanwendung oder die Entlastung übernutzter Gunststandorte durch streßtolerante Pflanzensorten, werden ökologische Risiken v.a. im Bereich der Biologischen Sicherheit (Kap. 2.3), durch die Zunahme uniformer Nutzpflanzen und die weitere Zerstörung naturnaher oder bislang unberührter Gebiete (Kap. 2.1) und den damit zusammenhängenden Verlust biologischer Vielfalt (Kap. 2.2) gesehen. Die Nutzen-Schutz-Konzepte, die in den letzten Jahren zur Erhaltung besonders wichtiger Biotope entwickelt worden sind, wurden aufgrund ihrer potentiellen wirtschaftlichen Bedeutung bereits im vorhergehenden Abschnitt beschrieben.

### 2.1 Ökologische Auswirkungen der landwirtschaftlichen Nutzung der Biotechnologie

#### Pflanzenschutz und Düngung

Mit der Entwicklung und Verwendung biologischer Pflanzenschutzmittel wie auch von Biodünger wird für Entwicklungsländer die Hoffnung verbunden, *daß bei der notwendigen Intensivierung ihrer Landwirtschaft ein übergroßer Einsatz ökologisch bedenklicher, konventioneller chemischer Produktionsmittel vermieden werden kann. Ein spezifischer Vorteil besteht darin, daß Biopestizide und -dünger - zumindest in einigen Fällen - von den Landwirten selbst produziert werden können.*

Als biologische Alternative zu chemischen Maßnahmen können Biopestizide und -dünger auf die landwirtschaftlichen Anbauflächen versprüht bzw. in den

Boden eingearbeitet werden. Eine direktere Strategie versucht, die entsprechenden Erbanlagen gegen Schädlinge aus Bakterien (z.B. aus *Bacillus thuringiensis*) in das Genom höherer Pflanzen zu integrieren. Die grundsätzlichen ökologischen Risiken, die im Zusammenhang mit der gentechnischen Veränderung diskutiert werden und vor allem in der Übertragbarkeit der veränderten Eigenschaften auf andere Organismen gesehen werden, behandelt Kapitel 2.3 zur Biologischen Sicherheit.

*Humantoxische Eigenschaften der verwendeten Biopestizide wurden bislang nicht gefunden*, wohingegen ein Großteil der konventionellen Pflanzenschutzmittel eine Gesundheitsgefährdung für den Menschen darstellt und vor allem im Bereich der Trinkwasserversorgung und -aufbereitung große Probleme aufwirft. Aus ökowissenschaftlicher Sicht wird die Effizienz einiger Biopestizide allerdings skeptisch betrachtet. Einkreuzte Resistenzen können - erregerspezifisch unterschiedlich - verhältnismäßig schnell durch die Anpassung des Schädlings durchbrochen werden. Adaptionszeiten von nur 3 bis 5 Jahren scheinen keine Seltenheit zu sein (Enquete-Kommission 1987, S. 22). Auch gegen das bisher am meisten verbreitete Biopestizid, den *Bacillus thuringiensis* (bzw. das entsprechende Toxin), konnten bei zahlreichen Zielorganismen bereits Resistenzen beobachtet werden (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 85). Der gentechnologische Ansatz - der Einbau des bakteriellen Giftstoffes in Pflanzen - hat prinzipiell den Vorteil, daß selektiv nur die Fraßschädlinge bekämpft werden. Solange jedoch nur eine einzige, definierte Version des Toxins in die Pflanze eingebaut wird, ist eine beschleunigte Resistenzentwicklung zu erwarten, was durch die Kombination verschiedener Bt-Gene sowie durch stadien- bzw. gewebespezifische Expression derselben verhindert werden soll (Potrykus 1994).

*Zwar gibt es Hinweise, daß Biopestizide weniger dramatisch in ökologische Systeme eingreifen als der Großteil der konventionellen Pflanzenschutzmittel (niedrigere Persistenz, kürzere biologische Abbauraten), doch können ökosystemare Auswirkungen kaum abgeschätzt werden.* So ist weitgehend unbekannt, welche tiefgreifenden Veränderungen mittel- und langfristig von der periodischen Ausbringung eines spezifisch schädlichen und für das Ökosystem "fremden" Organismus, wie ihn z.B. ein bakterielles Pestizid darstellt, verursacht werden können (z.B. Verschiebungen im Organismenspektrum, Folgen für Nahrungsketten, mögliche Abwehrreaktionen, Wirkungen auf Nicht-Zielorganismen). Zwar wird die Wahrscheinlichkeit des Auftretens unerwünschter größerer Störungen - zumindest bei höheren Pflanzen - als eher gering eingestuft (Kowarik 1991), doch ist dieses Ergebnis nicht selten abhängig

vom Betrachtungszeitraum. Häufig treten sichtbare Veränderungen erst unter geänderten Umweltbedingungen auf. So erwies sich die Gefährlichkeit des Pilzes *Endothia parasitica* (der in ca. 50 Jahren 80% der im Laufe von 8000 Jahren entstandenen amerikanischen Edelkastanienbestände auslöschte) erst nach der Herauslösung aus seinem ursprünglichen ökosystemaren Kontext in Asien (Elton 1958). Da der Wissensstand über ökosystemare Zusammenhänge fragmentarisch ist und meist nur auffällige Reaktionen oder Erscheinungen untersucht werden, bleiben theoretische Schlußfolgerungen über mögliche Veränderungspotentiale bestimmter Arten hypothetisch. Denn weder kann die Konstanz der Bedingungen, die für einen Ausbreitungserfolg oder -mißerfolg bzw. für Veränderungen entscheidend sind, vorausgesetzt werden, noch kann von bekannten Reaktionsmustern einer Art auf ihr zukünftiges Verhalten unter veränderten Umweltbedingungen oder auf das anderer, verwandter Arten geschlossen werden (Kowarik 1991). Das, was für Biopestizide hinsichtlich ihrer ökosystemaren Folgen gesagt werden kann, gilt in ähnlicher Weise für Biodünger. Die Auswirkungen natürlich nicht vorkommender, stickstofffixierender Organismen auf die fein aufeinander abgestimmten Beziehungen von Bodenorganismen sind bisher noch gänzlich unbekannt (Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 85).

*Als weitere biotechnologische Option im Pflanzenschutz, die auch für Entwicklungsländer Vorteile bieten könne, wird die gentechnische Entwicklung herbizidresistenter Pflanzen (HR-Technik, HR-Pflanzen) angesehen. Dabei werden Gene übertragen, die Nutzpflanzen unempfindlich gegenüber einem sogenannten Totalherbizid machen, das normalerweise wegen seiner umfassenden, "totalen" Wirkung nicht eingesetzt werden kann. Jegliche Art von unerwünschten Beikräutern kann dann zu einem beliebigen Zeitpunkt der Vegetationsperiode bekämpft werden. Als Vorteile solcher HR-Pflanzen werden vor allem genannt,*

- daß die zum Einsatz kommenden Totalherbizide ökologisch besser verträglich seien als viele der heute eingesetzten Mittel, da sie sowohl ungiftiger als auch schneller abbaubar seien und daher nicht ins Grundwasser gelangen und
- daß die Menge der benutzten Herbizide stark vermindert werden könne, da durch den großen Resistenzunterschied zwischen Kultur- und unerwünschter Konkurrenzpflanze schon viel geringere Dosen wirksam seien und ein vorbeugendes Ausbringen unnötig werde (Hahlbrock 1993).

*Kritiker dieses Ansatzes, der lange Jahre das Paradebeispiel in der Diskussion um Sinn und Zweck der Gentechnologie war, bestreiten die vermeintlichen öko-*

*logischen Vorteile.* Vielmehr drohe eine Zunahme des Herbizideinsatzes, da ja keine Schädigung der Nutzpflanze durch Überdosierung (wie bei konventionellen Pflanzenvernichtungsmitteln) mehr möglich ist. Darüber hinaus würde die Abhängigkeit der Landwirte von den Unternehmen der Agrarchemie stark zunehmen, weil patentgeschütztes Saatgut und Herbizid nur gemeinsam sinnvoll erworben werden können (Gill 1993). *Gerade der letzte Punkt läßt HR-Pflanzen für Entwicklungsländer, insbesondere für die in diesen Ländern dominierenden Subsistenzbauern und -bäuerinnen, als äußerst ungeeignet erscheinen,* da die geringen ihnen zur Verfügung stehenden Mittel für eine ausgewogene, vielfältige Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktionsweise benutzt werden müssen und nicht durch die Wahl einer einzigen, finanziell aufwendigen "Paketlösung" verbraucht werden dürfen.

### **Streßtolerante Pflanzen**

Pflanzensorten, die mit Hilfe bio- bzw. gentechnologischer Methoden resistent gegen Trockenheit, Salz oder Schwermetallstreß geworden sind und daher ein erweitertes Einsatzspektrum haben, werden aller Voraussicht nach nicht in absehbarer Zeit kommerziell verfügbar sein. *Rein theoretisch besäßen solche Pflanzen, gerade für Entwicklungsländer, ein hohes agrarwirtschaftliches Veränderungspotential.* So könnten bislang ackerbaulich uninteressante Flächen mit ihnen bepflanzt und der Druck von bisherigen, z.T. großflächig übernutzten Gunststandorten genommen werden. Das hätte positive Auswirkungen auf überbeanspruchte Nutzflächen (z.B. Regenwaldrandgebiete), sofern die Böden nicht bereits völlig degradiert sind. Die bisherige landwirtschaftlich nutzbare Fläche würde sich dann um weitere Gebiete mit ursprünglich ungünstigen ackerbaulichen Voraussetzungen (z.B. Boden- und Wasserverhältnisse), sogenannte Marginalstandorte, erheblich vergrößern. Grundsätzlich wäre darüber hinaus vorstellbar, daß bereits verödete Flächen durch gezielten Einsatz spezifisch angepaßter Pflanzenarten wieder bewirtschaftbar würden und jene mittel- bis langfristig sogar zur Regenerierung der Bodenverhältnisse beitragen könnten.

*Die Entlastung ehemals intensiv genutzter - bzw. größtenteils bereits übernutzter - Gunststandorte durch die Möglichkeit des Ausweichens auf unberührte Bereiche weist allerdings ökologische Nachteile auf.* In den meisten (Entwicklungs-)Ländern sind nicht ackerbaulich genutzte Gebiete die letzten Rückzugsmöglichkeiten für seltene Pflanzen und Tiere. Bei einer Nutzbarmachung

würden diese weiter zurückgedrängt, wenn nicht sogar völlig eliminiert. In jedem Fall werden Tier- und Pflanzenwanderungen, Populationsdynamiken und regionale klimatische Verhältnisse von einem Vordringen landwirtschaftlicher Aktivitäten in anthropogen unbelastete Zonen beeinflusst, auch wenn das genaue Ausmaß der ökologischen Auswirkungen nicht verlässlich vorhergesagt werden kann. Studien, in denen versucht wird, die Vor- und Nachteile des Einsatzes strebtoleranter Pflanzen quantitativ gegeneinander abzuwägen, liegen bis jetzt nicht vor und erscheinen ausgesprochen schwierig, da viele ökologische Veränderungen kaum in meßbare Einheiten umrechenbar sind.

Auch eine am Beispiel des Einsatzes möglicher transgener salz- und trocken-toleranter Pflanzen durchgeführte qualitative ökologische Folgenbewertung betont, daß keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden können, da der Einfluß der jeweiligen Ausgangsbedingungen (Klima, Bodenbeschaffenheit, Höhenlage, Pflanzenart, Florenregion) fallweise bestimmt und bewertet werden muß (Plän 1994b, in INF 1994, S. 3). Da es zudem noch völlig unklar ist, ob und wann entsprechende gentechnische Versuche Erfolge haben werden, kann die Folgenbewertung nur in Szenarien vorgenommen werden. Dabei kommt der Autor u.a. zu folgenden Ergebnissen (vgl. Plän 1994b, in INF 1994, S. 17 ff.):

- Die Steigerung der Trocken- und Salztoleranz erhöht per definitionem die ökologische Fitness der jeweiligen Pflanzen, ganz im Gegensatz zu den meisten anderen gentechnologischen Projekten, die Merkmale bearbeiten, die zwar für die menschliche Nutzung wünschenswert, für ihre biologische Überlebensfähigkeit aber hinderlich sind (z.B. Ertrag vs. Fruchtbarkeit). Die strebtoleranten Nutzpflanzen selbst oder - nach Einkreuzen der Toleranz - ihre wilden Verwandten können als bevorteilte neue Pflanzentypen biologische Lebensgemeinschaften grundlegend und nachhaltig stören. Dabei sind die ökologischen Folgen, die über eine Veränderung z.B. der Bodenflora oder des Nährstoffumsatzes eintreten können, vermutlich komplex und erst nach vielen Jahren zu beobachten. In einigen Entwicklungsländern ist die Gefahr der Genübertragung besonders hoch, zum einen, weil viele traditionelle Pflanzensorten des Südens noch in stärkerem Maß ihren Wildformen entsprechen als moderne Hochleistungssorten und daher leichter mit diesen kreuzbar sind, zum anderen, weil Nutzpflanzenarten wie Mais u.ä. dort ihren Ursprung haben und ihre Eigenschaften ebenfalls wieder auskreuzen können.
- Neue trocken-tolerante Pflanzen würden den Trockenfeldbau in bisher nur durch Weidewirtschaft genutzte Regionen vordringen lassen. Dadurch

könnten im nördlichen Sahelgebiet große Flächen (darunter auch solche, die während der Dürrejahre aufgegeben werden mußten) ackerbaulich genutzt werden. Allerdings wirken auf schnelle Ertragssteigerung ausgerichtete Maßnahmen über längere Zeit häufig kontraproduktiv. Monokulturen fördern nicht nur eine Auslaugung der Böden, die den Einsatz von Mineraldünger und die Verwendung von Pestiziden zur Folge hat, sondern vor allem wie keine zweite Bewirtschaftungsform die Erosion. Prominente Beispiele für solchen Raubbau finden sich u.a. im Tschad und in der Kasachischen Halbwüste. Die möglichen negativen Folgen sind nicht durch den Einsatz trockentoleranter Pflanzen per se bedingt, sondern durch die damit verbundenen Strategien der Intensivierung der Landwirtschaft.

### **Bioalkoholproduktion**

Wie in Kapitel II.3.1 beschrieben, haben einige Entwicklungsländer - allen voran Brasilien - in zum Teil ehrgeizigen Projekten versucht, durch die Produktion von Bioethanol als Treibstoffsubstitut unabhängiger vom teuren Weltmarktprodukt Erdöl zu werden. Folgt man den Angaben der OECD zur Energieeffizienz nachwachsender Rohstoffe als Ölersatz, *scheint sich auf absehbare Zeit nur die Zuckerverarbeitung energetisch zu lohnen*, d.h. Weizen, Mais, Kartoffeln u.a. eignen sich als energieliefernde Stoffe nicht (OECD 1989). Um die bei der Produktion von Biosprit anfallenden erheblichen Kosten möglichst gering zu halten, *muß der Anbau dieser Rohstoffe in Intensivbewirtschaftung erfolgen und ist daher auf Gebiete mit guten Boden- und Klimaverhältnissen beschränkt*. Ungeachtet der Frage nach dem volkswirtschaftlichen Nutzen einer derartigen energiepolitischen Ausrichtung *liegen die ökologischen Folgen einer solchen Strategie auf der Hand*: Große Monokulturen entstehen an besonders fruchtbaren Standorten; in Kenia wurden beispielsweise 400.000 ha Land mit Zuckerrohr zur "Brennstoffherzeugung" bepflanzt und fehlen seitdem für die Nahrungsmittelerzeugung. Neben den aus der Monokultur-Bewirtschaftung bekannten Folgen für die Umwelt, wie z.B. hoher Produktionsmitteleinsatz, Bodenübernutzung und Grundwasserbelastung, fällt bei der Alkoholgewinnung stark belastetes Abwasser an (Spangenberg 1992, S. 175). Die EU-Kommission erklärte, daß *Biosprit auch hinsichtlich Stickoxid-, Methan- und Aldehydausstoß nicht besser als herkömmliche Treibstoffe abschneide* und ein umweltverträglicher Einsatz immer mit technischen Maßnahmen ähnlich dem Katalysator gekoppelt sein müßte (Frankfurter Rundschau 1992).

## Fazit

Der vermehrte Einsatz von Biopestiziden und Biodünger könnte es ermöglichen, in Entwicklungsländern umwelt- und humantoxikologisch bedenkliche konventionelle chemische Produkte in größerem Umfang zu ersetzen oder ihren Einsatz ganz zu vermeiden. Allerdings gibt es große Wissensdefizite bezüglich der ökosystemaren Auswirkungen, die eine intensive Begleitforschung erfordern. Streßtolerante Pflanzen - die auf absehbare Zeit gentechnisch wohl nicht hergestellt werden können - können zur Entlastung von übernutzten Gunststandorten und/oder Ertragszuwächsen führen, bergen aber die Gefahr der Zerstörung der letzten unberührten, bisher landwirtschaftlich nicht genutzten Flächen. Nicht wünschenswert erscheint eine weitere Zunahme ökologisch bedenklicher, ausgedehnter Monokulturen zur Bioalkoholproduktion, zumal wenn dafür die Nahrungsmittelproduktion eingeschränkt wird.

## 2.2 Auswirkungen auf die biologische Vielfalt

Biotechnologie kann theoretisch die genetische Basis von Nutzpflanzen erhöhen, indem verschiedene Gene von einem Organismus zum anderen transferiert werden. Andererseits ist *Biotechnologie in der Praxis, insbesondere in Form großangelegter klonaler Propagation, auf die Entwicklung uniformer Pflanzen gerichtet*, was letztendlich in einer Verringerung der genetischen Diversität resultiert. Die Erkenntnis aus jahrhundertelanger Waldbewirtschaftung ist, daß Monokulturen aus langlebigen Pflanzen für ein stabiles, naturnahes, nachhaltig nutzbares Ökosystem eher abträglich sind.

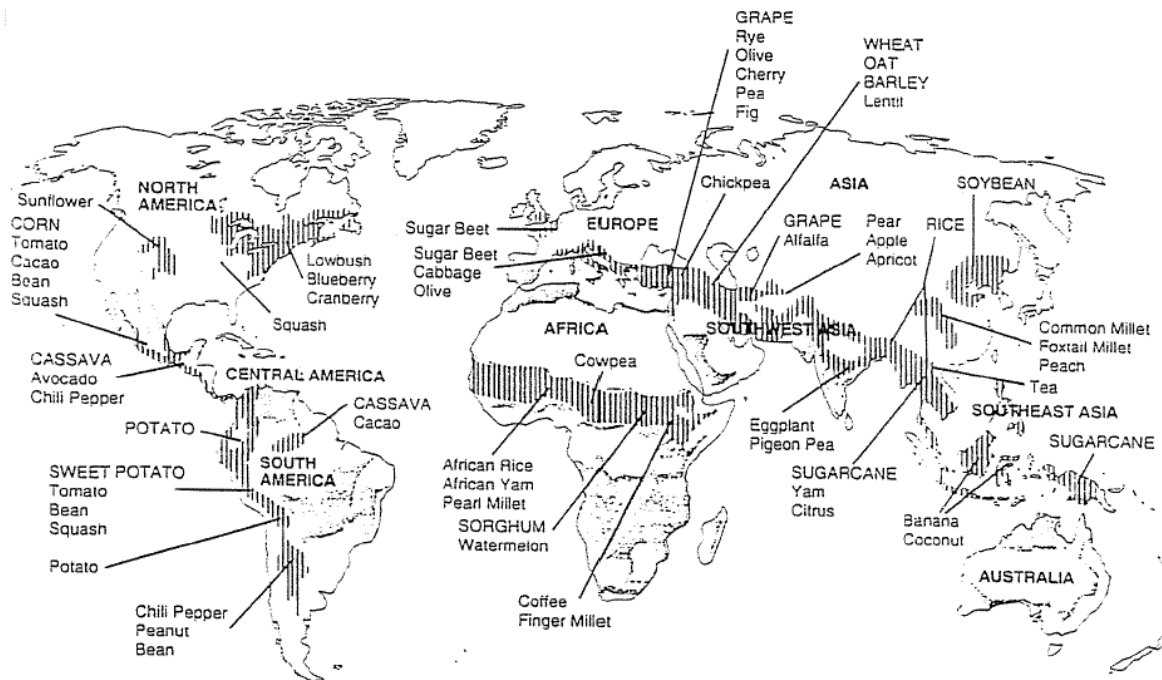
In vielen Ländern des Südens, v.a. der Tropen, liegen die Zentren des Ursprungs und der Vielfalt für die weltweit wichtigsten Kulturpflanzen (Abb. 3). Die jahrhundertelangen züchterischen Anstrengungen durch die dort ansässigen Völker haben eine große Zahl verschiedener, an jeweilige lokale biotische und abiotische Gegebenheiten angepaßte Landsorten hervorgebracht. Diese bilden mit ihren unterschiedlichen Merkmalen ein weit gefächertes genetisches Reservoir, in dem Züchter bis heute ihr Rohmaterial finden, um neue Eigenschaften in die kommerziellen Sorten einzukreuzen (Spelsberg 1994, S. 41).

Bereits mit Beginn der "Grünen Revolution" startete ein genetischer Erosionsprozeß. Neu entwickelte uniforme Pflanzensorten verdrängten auf großen Flächen lokal angepaßte Arten und Sorten. Heute können mit modernen bio-



technologischen Züchtungsmethoden, wie z.B. der Zell- und Gewebekulturtechnik, genetisch gleiche Pflanzen in Massen produziert werden. Nicht zuletzt weil die für derartige Nutzpflanzen kultivierte Fläche nur auf Kosten von Landrassen vergrößert werden kann, wird sich deren Verdrängung beschleunigen.

Abb. 3: Die Kulturpflanzen und ihre Zentren der biologischen Vielfalt



Die 12 weltweit wichtigsten Nahrungspflanzen sind in Versalien dargestellt.

Quelle: Spelsberg 1994, S. 45 (aus: Rissler/Mellon: Perils amidst the Promise - Ecological Risks of Transgenic Crops in a Global Market. Union of Concerned Scientists, US-Cambridge/ Washington 1993)

## Gene flow

Alle Nutzpflanzen wurden aus wilden Arten entwickelt. Entsprechend finden sich darunter Verwandte, mit denen sie sich rückkreuzen können. Die Wahrscheinlichkeit derartiger Befruchtungsvorgänge, das Einwandern genetischen Materials von den Kultur- in die Wildpflanzen ("gene flow"), ist dann besonders groß, wenn in den betreffenden Regionen Wildkräuter oder ausgewilderte Pflanzen verbreitet sind, die in einem engen Verwandtschaftsverhältnis zu der angebauten Kulturpflanze stehen. Gerade die "genetic novelties" wie Insektenresistenzen oder Toleranz gegen abiotische Faktoren können Wildkräutern zu

*größerer Fitness und damit unter den bestehenden Umweltbedingungen zu einem Selektionsvorteil verhelfen, was eine Einengung der Biodiversität nach sich ziehen würde (Spelsberg 1994, S. 42).*

Mit einem "Genfluß" von den Kulturpflanzen zu den wilden Artverwandten in den natürlichen Habitaten wie zu den Landsorten muß gerechnet werden. So ist beispielsweise in Europa bei Raps und Zuckerrübe ein Auskreuzen von der Kulturform in verwandte Wildarten beobachtet worden (Sentker et al. 1994, nach Spelsberg 1994, S. 43). *Dieser gene flow könnte zu einer ernsthaften Gefährdung der genetischen Ressourcen führen und damit den Prozeß der genetischen Erosion weiter beschleunigen (Spelsberg 1994, S. 43).* Allerdings ist es kaum möglich, das potentielle Risiko eines solchen Genflusses abzuschätzen, da die genetischen Interaktionen in komplexen Kultur/Wildpflanzensystemen, wie sie in den Zentren der biologischen Vielfalt anzutreffen sind, wissenschaftlich bisher nur unzureichend erforscht und verstanden sind (Ramachandran 1993, Visser 1993, nach Spelsberg 1994, S. 44).

### **Ex-situ-Konservierung**

Abb. 4 gibt einen Einblick in die technischen Möglichkeiten, tierische und pflanzliche Ressourcen außerhalb ihres natürlichen Vorkommens als lebende Organismen oder als fortpflanzungsfähiges Material zu erhalten (Ex-situ-Maßnahmen).

Abb. 4: Ex-situ-Maßnahmen zum Schutz von Tieren und Pflanzen

- |  |
|--|
| <p>a) Technologien zur Sammlung lebender Organismen</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Management</li><li>• in Zoos, Aquarien</li><li>• in botanischen Gärten etc.</li><li>• Vermehrungs- und Kultivierungstechnologien</li><li>• genetisches Monitoring bei Zucht und Vermehrung</li><li>• In-vitro-Befruchtung</li><li>• Mikromanipulation (Embryo Splitting)</li><li>• Embryotransfer</li><li>• Technologien zur Konservierung fortpflanzungsfähigen Materials (Samen-banken, Pollensammlungen, In-vitro-Sammlung vegetativer Teile etc.);</li></ul> |
|--|

- Kryogenie (z.B. Samen-, Meristem- und Embryo-Kältekonservierung)
  - Lyophilisierung
  - Gewebekultur
  - Wiedereinbürgerungstechnologien
  - Translokationsverfahren
  - Qualitätskontrolle und genetische Integrität: gene pool sampling, Authentifizierung, Validierung
  - Konservierungs- und Erhaltungstechnologien auf der subzellulären Ebene
  - Genbanken
  - DNA-Banken
- b) Management kleiner Populationen in offenen Umwelten
- c) Technologien zur Kontrolle der Auswirkungen freigesetzter Organismen, incl. GVOs, auf die ursprüngliche Biodiversität
- d) Biologische Sicherheit; Sicherheitstechnologien
- Quarantäne
  - Gesundheitsschutz
- e) Technologien zur Kontrolle illegalen Handels
- f) Hilfs-Technologien
- Informationstechnologien
    - Datensammlung, Datenauswertung, Datenspeicherung, Datenverwaltung und -weiterverbreitung (u.a. via Netzwerke)
    - Referenzsammlungen
  - Molekulare Technologien
  - Technologien zur Analyse/Erhaltung etc. genetischer Vielfalt
  - Bioprozeßtechnik

Quelle: aus Plän 1994a in INF 1994, S. 4

Ex-situ-Technologien leisten bereits jetzt wertvolle Hilfestellungen für den Schutz genetischer Vielfalt und werden zukünftig noch an Bedeutung gewinnen. Einigkeit besteht jedoch in der Einschätzung, *daß Ex-situ-Maßnahmen als vorübergehende oder unterstützende Notmaßnahmen einzustufen sind. Denn Populationen wildlebender Arten müssen den evolutionären Selektions- und Anpassungskräften ausgesetzt sein, sollen koevolutionäre Verbindungen und gegenseitige Wechselbeziehungen nicht zerstört oder unterbrochen werden*

(Plän 1994a, in INF 1994, S. 20). Ex-situ-Projekte arbeiten unvermeidbar mit reduzierter genetischer Vielfalt, so daß seltene Genvarianten (Allele), die für nicht vorhersehbare zukünftige Adaptionsprozesse notwendig sein können, verloren zu gehen drohen.

Allein die Regenerationsfähigkeit der in Genbanken eingelagerten Samen u.ä. kann theoretisch schon nach wenigen Jahren unter geänderten Umweltbedingungen stark eingeschränkt sein. Hinzu kommt, daß Ex-situ-Schutzmaßnahmen nur einen kleinen Ausschnitt der existenten biologischen Diversität betreffen können.

*Der Einsatz von nicht (oder nur vorgeblich) mit Schutzabsicht hinzugezogenen Ex-situ-Technologien kann u.U. sogar kontraproduktiv für mögliche Schutzanstrengungen sein.* Seit Mitte der 70er Jahre ist das Hauptanliegen von Ex-situ-Methoden zur Erfassung genetischer Vielfalt die Bereitstellung eines Genpools, der der züchterischen Verbesserung von Kulturpflanzen dienen soll. Wirtschaftlicher Druck und der überwiegende Anbau von sogenannten Hybridsorten, die von den Landwirten selbst nicht vermehrt werden können, *haben zu hoch ertragreichen, aber genetisch uniformen Kulturen geführt.* Viele dieser hochgezüchteten Sorten sind sehr anfällig gegenüber Schädlingen, Krankheiten und Klimaänderungen (Weisser et al. 1991, S. 64, nach Plän 1994a, in INF 1994, S. 21). In zentralen Einrichtungen, wie dem Internationalen Institut für Pflanzengenetische Ressourcen (IPGRI, s. Kap. II.3.2), dem Internationalen Reisforschungs-Institut (IRRI) und anderen internationalen Agrarforschungsinstituten ist trotz der verstärkten Sammlung von Landsorten und Wildformen die Erzeugung und züchterische Verbesserung lokal angepaßter Sorten nicht das vorrangige Ziel. Das genetische Spektrum wird vorrangig im Hinblick auf spezifische (z.B. Resistenz-)Eigenschaften als Reservoir für die Optimierung einer begrenzten Zahl hochertragreicher Pflanzentypen mit weiter Verbreitungsmöglichkeit genutzt. *Würden die gesammelten Pflanzen und biotechnologischen Möglichkeiten tatsächlich dazu eingesetzt, die Produktivität oder Qualität lokaler standortangepaßter Sorten zu erhöhen und den Wettbewerbsnachteil gegenüber den marktbeherrschenden uniformen Sorten zu verringern, könnten Ex-situ-Maßnahmen durchaus einen wichtigen Beitrag gegen die wachsende genetische Uniformität und Verarmung des Genpools von Nutzpflanzen (und -tieren) erbringen* (Plän 1994a, in INF 1994, S. 16).

Ex-situ-Schutz bedeutet menschengemachte Auswahl gemanagter Arten und Populationen, die unvermeidlich zu einer Verminderung der Fitness eines Organismus führt und schließlich eine wildlebende Art/Population von dem Habitat und Ökosystem entfremdet, an das es adaptiert war und mit dem es verbunden bleiben muß, soll eine dauerhafte Erhaltung dieser Art und Population (und ihre etwaige Wiedereinbürgerung) erfolgreich verlaufen (Plän 1994a, in INF 1994, S. 20). Beispielsweise sind bei der Erhaltungszucht von Tieren nicht nur auf der Ebene der Gene und Genprodukte, sondern auch auf der Ebene des Verhaltens Veränderungen feststellbar, die eine Rückführung selbst genetisch anscheinend unveränderter Tiere in die freie Wildbahn verbieten oder zu einem In-situ-Risiko machen können. Nicht nur das Fehlen natürlicher Selektion, sondern zusätzlich eine unumgängliche künstliche Selektion bei der Ex-situ-Konservierung führt also zu unvorhersehbaren genetischen Veränderungen (Ashton 1992, nach Plän 1994a, in INF 1994, S. 21). *Solange aber Tier- und Pflanzenarten an ihren natürlichen Standorten bedroht sind, bleibt Ex-situ-Notfallmanagement eine Notwendigkeit, bei der moderne biotechnologische Methoden eine mittlerweile unverzichtbare Hilfe darstellen.*

## **Fazit**

Biotechnologische Methoden können im Rahmen von Ex-situ-Schutzmaßnahmen helfen, den drohenden weiteren Verlust biologischer Vielfalt zu vermeiden. Von der Anwendung biotechnologischer Methoden, v.a. in der Landwirtschaft, gehen jedoch auch Gefahren für die Arten- und Sortenvielfalt aus. Neben einer zunehmenden Uniformisierung des optimierten Pflanzgutes, die z.B. durch klonale Propagation verstärkt werden kann, besteht gerade in tropischen und subtropischen Entwicklungsländern, die in den Gebieten der größten biologischen Vielfalt liegen, eine größere Wahrscheinlichkeit des unkontrollierten "gene flow" von Kultur- auf Wildpflanzen. Die tatsächlichen Gefährdungspotentiale sind aufgrund der unzureichenden Kenntnisse der ökosystemaren Zusammenhänge bisher nicht genau abzuschätzen. Für die zukünftige Ernährungssicherung kaum zu überschätzen ist der Erhalt der Vielfalt lokaler standortangepaßter Sorten, der in situ über die Pflege einer vielfältigen Landwirtschaft erfolgen muß.

### 2.3 Biologische Sicherheit in Entwicklungsländern - Die Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen

Die in den Industrieländern am intensivsten geführte Diskussion im Zusammenhang der Bewertung moderner Biotechnologien ist die Debatte um die "Biologische Sicherheit" gentechnologischer Produkte und Verfahren. *Unter "Biologischer Sicherheit" versteht man die Abwendung jener Gefahren für Umwelt und Gesundheit, die mit dem Umgang gentechnisch veränderter Organismen (GVOs) verbunden sein können.* Hierzu zählen die gezielte Freisetzung von GMOs (Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen) und deren unbeabsichtigtes Entweichen aus Labors, Produktionsanlagen oder Gewächshäusern. Hinzu kommen Aspekte der Produktsicherheit und des Verbraucherschutzes, wenn Konsumgüter gentechnisch veränderte Organismen enthalten, aus solchen bestehen oder daraus hergestellt werden (vgl. Kap. III.3.4).

Die Diskussion um die Risiken der gewollten oder ungewollten Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen hat in den meisten Industrieländern zur Formulierung rechtlicher Bestimmungen für die Zulassung gentechnischer Anlagen und Verfahren geführt. Dennoch ist die Bewertung der mit Gentechnologie verbundenen Risiken für Umwelt und Gesundheit weiterhin umstritten. Auf der einen Seite werden die mit der gentechnischen Veränderung von Organismen verbundenen Risiken als grundsätzlich kalkulierbar und beherrschbar bewertet. Aus dem Wissen über die Pathogenität bzw. Nicht-Pathogenität der benutzten Ausgangskomponenten - dem Wirtsorganismus, dem ein Gen zugeführt werden soll, dem Spenderorganismus, aus dem das neue Gen stammt, und der zum Transfer des Gens benutzten "Genfähre" ("Vektor"; beispielsweise ein Virus) - lasse sich grundsätzlich auf die Eigenschaften des neuen genetisch veränderten Organismus schließen. Bei harmlosen Ausgangskomponenten seien Gefahren so gut wie ausgeschlossen. Diese Annahmen des "additiven Sicherheitskonzeptes" liegen den meisten sicherheitsrechtlichen Bestimmungen in den Industrienationen zugrunde. Vertreter des "synergistischen Sicherheitskonzeptes" geben demgegenüber zu bedenken, es sei nicht auszuschließen, daß auch aus nicht-pathogenen Ausgangskomponenten ungewollt ein neuer Organismus mit pathogenen oder ökologisch schädlichen Eigenschaften entstehen könnte. Da bei der gentechnischen Manipulation Artgrenzen überschritten würden, also Organismen erzeugt werden, die in der Regel unter natürlichen Bedingungen nicht entstehen können, und sich genetische Eigenschaften je nach genetischem Kontext, in den ein Gen eingeführt wird, ändern könnten, seien

die Risiken nur schwer kalkulierbar und intensive Sicherheitsüberprüfungen in jedem Einzelfall nötig.

### **Risiken der Freisetzung von gentechnisch veränderten Pflanzen in der "Dritten Welt"**

Da die gesamte Sicherheitsdebatte an dieser Stelle nicht abgebildet werden kann (vgl. dazu: TAB 1994), seien kurz die hier in erster Linie relevanten, im Zusammenhang mit Freisetzungen gentechnisch veränderter Nutzpflanzen diskutierten Fragestellungen benannt (OECD 1993a, nach Spelsberg 1994, S. 39 f.):

- Kann das neu eingeführte genetische Material dazu führen, daß die gentechnisch veränderte Pflanze auswildert und damit angestammte Arten verdrängt?
- Kann ausgeschlossen werden, daß das in der transgenen Pflanze gebildete Genprodukt toxisch für andere Organismen (z.B. Wildtiere) ist? Wie können mögliche Langzeitwirkungen berücksichtigt werden?
- Können andere Pflanzen durch gentechnisch veränderte befruchtet werden ("gene flow")? Können hierdurch neue konkurrenzstarke Typen entstehen, die andere, angestammte, verdrängen?
- Können sich Schädlinge oder Krankheitserreger an die gentechnisch vermittelten Resistenzen anpassen und diese überwinden?
- Können sich aus den verwendeten biologischen Schädlingsbekämpfungsmitteln (in die Pflanze eingebaute Virushüllen, "Präimmunisierung") neue Schädlingserreger entwickeln, die bei Ausbreitung einen ökologischen Schaden anrichten?

Über diese allgemein für die Freisetzung von transgenen Pflanzen diskutierten Risiken hinaus *wirft der zunehmende Nord-Süd-Transfer von Gentechnologie und GVOs die Frage danach auf, welche speziellen Faktoren bei der Freisetzung in den Entwicklungsländern berücksichtigt werden müssen*. Es können die folgenden für die "Dritte Welt" spezifischen Risikoaspekte genannt werden (vgl. Commandeur/van Roozendaal 1993, S. 87):

- Über die Ökosysteme in Entwicklungsländern liegen im Vergleich zum Norden nur wenig Erfahrungen und gesichertes Wissen vor. Im Gegensatz zu den hochentwickelten Kulturpflanzen ist der Gentransfer bei wilden Verwandten und verkrauteten Spezies - egal ob auf natürlichem Wege oder

durch menschliche Eingriffe - nahezu unerforscht, wie überhaupt die ökosystemaren Prozesse, Wechselwirkungen und Dynamiken in diesen Zonen. Der Schutz der Umwelt vor den biologischen Risiken von GVOs setzt die Kenntnis der betroffenen Ökosysteme aber voraus. Das mit der Freisetzung von GVOs verbundene Risiko ist demnach nur schwer abzuschätzen.

- Mit der Einführung und Nutzung von GVOs in Entwicklungsländer(n) ist ein anderes, unter Umständen höheres Risiko verbunden als in Industrieländern. Die ungleich höhere Dichte und Diversität an Organismen in den Zentren höchster biologischer Vielfalt der Tropen und Subtropen (vgl. Kap. III.2.2) mit ihren wilden und halbwilden Artverwandten aller Nutzpflanzen bieten ein größeres Potential für die Verbreitung eingeführter genetischer Merkmale auf andere Spezies. Die meisten Nutzpflanzenarten der Industrieländer stammen von Pflanzen ab, die in Ländern der "Dritten Welt" beheimatet sind und/oder dort verwandte Arten haben. Dieser Umstand kann bei der Einführung transgener Sorten aus den Industrieländern in Entwicklungsländer zu besonderen Problemen führen: Das Risiko der Ausbreitung artfremder Gene in einem Ökosystem oder des Auswilderns transgener Pflanzen ist um so größer, je mehr kreuzungsfähige Verwandte in einem Ökosystem vorhanden sind. Dies ist in vielen Entwicklungsländern v.a. in den Zentren genetischer Vielfalt der Fall.
- Zu diesen "natürlichen" Besonderheiten hinzu kommt das Problem unzureichender Sicherheitsregelungen in den Ländern des Südens. Wegen der geringen bis nicht vorhandenen Reglementierungen hinsichtlich des Arbeitens mit GVOs (Sicherheitsbestimmungen und -kontrollen) in Entwicklungsländern besteht ein Anreiz zur Verlagerung von Freisetzungsexperimenten aus den Industrieländern dorthin.

Bisher wurden großflächig keine gentechnisch veränderten Organismen angebaut, bzw. dort, wo das in jüngerer Zeit geschah (z.B. Freisetzungen in China), gibt es (noch) keine Information über ökosystemare Veränderungen und andere der o.g. Gefahren. Freilandversuche beschränkten sich bisher meist auf wenige Hektar. Aber mit zunehmendem kommerziellen Interesse steigt die Wahrscheinlichkeit, daß gentechnisch veränderte wichtige Nutzpflanzen (z.B. Mais, Soja, Reis) in vielen Ländern großflächig angebaut werden. Zudem führt der grenzüberschreitende Gentechnologie-Transfer und der Handel mit GVO-Produkten zwangsläufig dazu, daß gentechnisch veränderte Organismen in Entwicklungsländern freigesetzt werden (Spelsberg 1994, S. 41). Unter diesem Gesichtspunkt *ist es bedenklich, daß in Entwicklungsländern keine rechtlich*



*verbindlichen Sicherheitsstandards und auch keine Sicherheitsforschung existieren. Von gegenwärtig durchgeführten Freisetzungen in China ist bekannt, daß sie ohne technische Maßnahmen, die verhindern, daß sich Pflanzen oder Genkonstrukte außerhalb der Versuchs- oder Anbauflächen ausbreiten, durchgeführt werden.*

### **Freisetzungen und Sicherheitsstandards in Entwicklungsländern**

Hält man sich die o.g. spezifischen Risikofaktoren in Ländern der "Dritten Welt" vor Augen, so läßt sich sagen, daß derzeit die Länder mit der höchsten Risikodichte über das geringste Niveau an Sicherheitsmaßnahmen verfügen. Dies wird meist auf begrenzte finanzielle und personelle Kapazitäten und Ressourcen zurückgeführt und scheint sich auch in absehbarer Zeit nicht zu ändern. Einige Regierungen von Entwicklungsländern lehnen verbindliche Regulierungen ab, weil sie fürchten, diese seien zu starr und unflexibel, führten zu bürokratischen Verfahren und könnten daher ein Hemmnis für Investoren aus dem Norden sein. Immer mehr Unternehmen aus den USA und Europa gehen mit ihren Freisetzungsversuchen in die Entwicklungsländer - dorthin, wo keine oder nur unzureichende Rechts- und Sicherheitsvorschriften existieren. *Seit 1987 erfolgten weltweit ca. 2.000 Freisetzungen mit GVOs, auch in Ländern der "Dritten Welt". Einzelne Staaten wie die VR China bauen mittlerweile bereits auf ca. 30.000 ha transgene Pflanzen an und wollen innerhalb der nächsten 5 Jahre mit kommerziellen Sorten auf den Weltmarkt kommen* (Spelsberg 1994, S. 13 f.). Vor allem Lateinamerika und die Karibik erscheinen für die großen Saatgutunternehmen des Nordens wegen ihrer günstigen geographischen und klimatischen Lage attraktiv. Dieses besondere Interesse schlägt sich in einer großen Anzahl von Freisetzungen nieder (vgl. Tab. 5).

Mittlerweile zeigen aber sowohl Entwicklungs- als auch Industrieländer und die von dort aus agierenden Biotechnologie-Unternehmen ein Interesse daran, den in den westlichen Ländern herrschenden Bestimmungen vergleichbare Sicherheitsregelungen in den Entwicklungsländern zu etablieren. Entwicklungsländer befürchten, ohne entsprechende Sicherheitsvorschriften bzw. Regulierungssysteme von Unternehmen des Nordens als Experimentierfeld mißbraucht zu werden. Weiterhin mutmaßen sie, daß Produktionsstätten oder Freisetzungen von GVOs, die sich allein wegen solcher "Sicherheitsrabatte" in den Ländern des Südens ansiedeln, in der Regel nahezu ausschließlich auf potentielle Märkte im industrialisierten Norden zielen. Schließlich *empfinden es viele Entwick-*

*lungsländer als eine Mißachtung ihrer Souveränität, wenn sie bei Projekten, obwohl sie im Schadensfall Hauptbetroffene wären, nicht selbst über Fragen der Biologischen Sicherheit entscheiden können (Spelsberg 1994, S. 50 f.).*

Tab. 5: Freisetzungen gentechnisch veränderter Pflanzen in den Ländern Lateinamerikas und der Karibik

<i>Land</i>	<i>Jahr</i>	<i>Pflanze</i>	<i>Unternehmen/ Organisation</i>	<i>Ziel der gentechnischen Veränderung</i>
Argentinien	1991	Baumwolle (2)	Calgene	HR, Bt
	1991	Mais	Ciba Geigy	Markergene
	1991	Sojabohne	Monsanto	HR
	1992	Baumwolle (2)	Calgene	HR, Bt
	1992	Sojabohne	Monsanto	HR
	1992	Mais	Ciba Geigy	Markergene
	1992	Canola	Ciba Geigy	?
	1992	Zuckerrübe	Ciba Geigy	?
Mexiko	1990	Tomate	Calgene	Haltbarkeit
	1991	Tomate	Cambell/Sinola pasta	Bt
	1992	Tomate (2)	Cambell/Sinola pasta	Bt, Haltbarkeit
	1992	Kartoffel	CINVETSTAV (Forschungsinstitut)	Virus-Resistenz
	1992-93	Tomate	Calgene	Haltbarkeit
Puerto Rico	1989	Sojabohne	Monsanto	HR
	1990	Sojabohne	Monsanto	HR
	1991	Sojabohne	Monsanto	HR
	1992-93	Sojabohne	Monsanto	HR
Costa Rica	1991	Sojabohne	Monsanto	HR
	1992-93	Sojabohne	Monsanto	HR
	1992-93	Baumwolle	Monsanto	HR
	1992-93	Mais	Monsanto	HR

Belize	1992-93	Sojabohne	Monsanto	HR
	1992-93	Baumwolle	Monsanto	HR
	1992-93	Mais	Monsanto	HR
Bolivien	1991	Baumwolle (2)	Calgene	HR, Bt
	1992	Kartoffel	CIP, Uni Venezuela	Kälteverträglichkeit (Gewächshaus)
Chile	1991	Tomate	Calgene	Haltbarkeit
	1991	Tomate	Peto Seed/ICI	?
Guatemala	1989	Kürbis (squash)	Asgrow	Virus-Resistenz
Dominik. Republik	1991	Sojabohne	Monsanto	HR

HR Herbizidresistenz

Bt Insektenresistenz durch Übertragung von *Bacillus-thuringiensis*-Genen

Quelle: aus Spelsberg 1994, S. 62, nach Jaffé 1993

Die Gründe dafür, daß Unternehmen des Nordens auf die Etablierung von Regulierungssystemen in den Ländern der "Dritten Welt" drängen, lassen sich wie folgt zusammenfassen: Besonders bei längerfristigen Aktivitäten ist Planungs- und Rechtssicherheit unabdingbar. Die zuständigen nationalen Behörden übernehmen im Schadensfalle zumindest eine Teilverantwortung. Das Ansehen in der Bevölkerung der Industrie- und langfristig auch der Entwicklungsländer, damit auch die Akzeptanz der hergestellten Produkte, stiege bei Berücksichtigung international anerkannter Sicherheitsaspekte (Spelsberg 1994, S. 51). *Vom TAB befragte, mit Biotechnologie befaßte Industrieunternehmen erklärten, bei Investitionen in Entwicklungsländern die deutschen bzw. die (bisher unverbindlichen) internationalen Sicherheitsrichtlinien bzw. -empfehlungen zu beachten. Ein Großteil gab an, eben auch aus Gründen der Rechtsunsicherheit, keine Freisetzungsexperimente in Ländern mit geringer Regelungsdichte durchzuführen.*

Inzwischen gibt es in einigen Entwicklungsländern Initiativen und Vorstöße zur Etablierung von Sicherheitsrichtlinien (siehe Anhang 2.3). Vor allem die Länder Lateinamerikas, die eng mit den USA kooperieren (Mexiko, Brasilien, Costa Rica), orientieren sich stark an den dortigen Erfahrungen mit GVOs und an der Genehmigungspraxis des U.S. Department of Agriculture. Vom latein-

amerikanischen Interamerican Institute for Cooperation on Agriculture (IICA, Costa Rica) ausgearbeitete Vorschläge halten sich ebenfalls strikt an die Regulierungskonzepte und -grundsätze der Industrieländer (Spelsberg 1994, S. 61).

Bei den diversen Bemühungen zur Etablierung eines Sicherheitssystems für die Freisetzung von GVOs gilt das von der OECD 1992 entwickelte "Good-Development-Principles"-Konzept (GDP-Konzept) zur Abschätzung von Risiken kleinräumig und kontrolliert freigesetzter GVOs als Vorbild (OECD 1992, Teso 1992, nach Spelsberg 1994, S. 20). Das GDP-Konzept folgt grundsätzlich dem Gedanken, daß transgene Organismen nur in bestimmten Umwelten, in denen negative Effekte aller Wahrscheinlichkeit nach auszuschließen sind, freigesetzt werden dürfen. Zu den Schlüsselfaktoren des Systems ("key safety factors") gehört demnach zum einen die Charakterisierung der verwendeten Organismen bezüglich der Vermehrungsfähigkeit (Pollenflug etc.), die Charakterisierung der Wirkungsweise möglicherweise in der Pflanze neu gebildeter Substanzen (Toxizität) und die Bewertung des eingesetzten Vektors (z.B. bezüglich der Gefahr der Entstehung neuer Viren bei viralen Vektoren). Zum anderen werden die Charakteristika des Versuchsstandortes bezüglich klimatischer und geographischer Bedingungen, die für das Risiko einer ungewollten Verbreitung des zu untersuchenden Organismus relevant sind, bewertet.

Das GDP-Konzept bezieht sich, wie gesagt, auf die "kontrollierte", kleinräumige Freisetzung, d.h. auf Freisetzungsexperimente. Hier können ökologische Risiken, z.B. durch die Einschränkung der Reproduktionsfähigkeit der verwendeten Pflanzen und Maßnahmen zur Vermeidung der Ausbreitung der Pflanzen über das definierte Versuchsfeld hinaus, eingeschränkt werden ("reproductive isolation", "field containment"). Für die routinemäßige landwirtschaftliche Nutzung sind solche Bedingungen natürlich nicht praktikabel; es muß von einem unbegrenzten Zugang der verwendeten Organismen zur ökosystemaren Umwelt ausgegangen werden. Hierfür wurde - auf der Basis einer Auswertung von Freisetzungsversuchen in den Mitgliedsländern - von der OECD das "familiarity"-Konzept vorgeschlagen. Dieses basiert darauf, die beim Übergang vom kontrollierten Experiment zu routinemäßigem Anbau entstehende Wissenslücke über das Verhalten des Organismus in der Umwelt durch Analogieschlüsse zu überbrücken. *Entsprechend dem o.g. additiven Sicherheitskonzept wird von der "Vertrautheit" der verwendeten Organismen, d.h. dem vorhandenen Wissen über Toxizität, Verbreitungsfähigkeit etc., und den Erfahrungen im kleinräumigen Freisetzungsexperiment auf die (Un-)Gefährlichkeit der großräumigen Freisetzung geschlossen.*

Das "familiarity"-Konzept bildet die Grundlage der meisten in den westlichen Ländern geltenden Freisetzungsbestimmungen und führt zu einer allgemeinen, unabhängig vom Ort und den Umständen der Freisetzung geltenden Genehmigung (es wird aber auch in den Industrieländern aus der Sicht eines synergistischen Sicherheitskonzeptes kritisiert). Die entscheidende Frage, die sich bezüglich der Etablierung internationaler Bestimmungen oder nationaler Richtlinien in Entwicklungsländern stellt, ist, ob dieses Konzept auch für Freisetzungen in Entwicklungsländern Gültigkeit haben kann. Es wird eingewandt, daß es in den Zentren biologischer Vielfalt - wegen der potenzierten Wechselwirkungen zwischen freigesetzten Pflanzen und der Umwelt sowie wegen des geringen Wissens um die komplexen Ökosysteme - nicht zu verantworten wäre, Freisetzung, Export oder Marktzulassung von GVOs generell zu genehmigen. *Vertreter des synergistischen Sicherheitskonzeptes plädieren deshalb dafür, jeden gentechnisch veränderten Organismus und jede seiner Anwendungen auf mögliche Risiken zu überprüfen ("case-by-case"); eine Übertragung der Erfahrungen in Industrieländern auf die Nutzung in der "Dritten Welt" sei nicht möglich. Zudem solle ein Organismus eine ganze Reihe von Freisetzungsversuchen zur Klärung der Risiken großflächiger Freisetzungen am gegebenen Standort durchlaufen haben, ehe er am Ende für eine großflächige Freisetzung in Frage komme ("step-by-step") (vgl. Spelsberg 1994, S. 46 ff.).*

### **Internationale Bemühungen um Regulierung und Harmonisierung - Entwicklungen seit der UNCED-Konferenz in Rio**

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, daß sich die für ein effektives Risikomanagement nötigen rechtlichen Bestimmungen und Institutionen allenfalls im Zusammenhang mit und als Folge von nationalen Biotechnologie-Förderprogrammen in den Entwicklungsländern ausbilden. Vor diesem Hintergrund kommt Bemühungen auf internationaler Ebene zur Etablierung von Sicherheitsstandards besondere Bedeutung zu. Hier ist insbesondere auf die durch die UN-Konferenz in Rio 1992 angestoßenen Diskussionen zu verweisen.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Es gibt noch eine Reihe anderer Initiativen und Institutionen, die in der Frage der Etablierung internationaler biologischer Sicherheitsstandards aktiv sind, hier aber nicht genauer betrachtet werden können, so z.B. die bei der UN angesiedelte Informal Working Group on Biosafety (IWGB), das bei der UNIDO angesiedelte Biosafety Information Network and Advisory Service (BINAS), das in Costa Rica beheimatete Interamerican Institute for Cooperation on Agriculture (IICA) und der International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA; s. Kap. IV.3).

Zwei der in Rio unterzeichneten Dokumente beschäftigen sich mit diesem Thema: die *Konvention über biologische Vielfalt* und die - völkerrechtlich nicht bindende - *Agenda 21*. In beiden Dokumenten wird konstatiert, daß mit der weltweiten Nutzung der modernen Biotechnologie - insbesondere mit dem globalen Transfer von GVOs - ein bestimmtes Gefahrenpotential verbunden sei, welches eine verstärkte internationale Zusammenarbeit zwingend notwendig mache. Diese Absichtserklärungen müssen nun von der internationalen Staatengemeinschaft in konkrete, wirksame Maßnahmen umgesetzt werden.

Die Biodiversitätskonvention (Convention on Biological Diversity), an die aktuell konkrete Bemühungen um die Formulierung internationaler Standards anknüpfen, stellt einen engen Zusammenhang zwischen Biologischer Sicherheit und Biologischer Vielfalt fest, weil insbesondere die Freisetzung von GVOs in eine bestimmte Umwelt die dort vorhandene genetische Vielfalt bedroht oder gar zerstören kann. Die Unterzeichnerstaaten haben sich verpflichtet, die "Notwendigkeiten und die näheren Einzelheiten eines Protokolls" zu prüfen sowie "über geeignete Verfahren, insbesondere einschließlich einer vorherigen Zustimmung in Kenntnis der Sachlage, im Bereich der sicheren Weitergabe, Handhabung und Verwendung der durch Biotechnologie hervorgebrachten lebenden modifizierten Organismen, die nachteilige Auswirkungen auf die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt haben können", zu befinden (Artikel 19, offizielle Übersetzung aus: UNCED/BMU 1992).<sup>3</sup> Damit trifft die Konvention selbst noch keine Aussagen zum Problem der Biologischen Sicherheit und beinhaltet nicht mehr als eine Verpflichtung der Staaten, darüber zu diskutieren, ob die Konvention durch ein Zusatzprotokoll auf bestimmte Aspekte der Biologischen Sicherheit ergänzt werden soll und wie die Inhalte eines solchen Protokolls ggf. geartet sein könnten (vgl. Wolfrum 1994, S. 25 ff.).

Die Unterzeichnerstaaten haben ein Komitee, das *Intergovernmental Committee on the Convention on Biological Diversity*, als verantwortlich für die Realisierung der Konvention eingesetzt. Um dieses beim UNEP in Nairobi angesiedelte Komitee in seiner Arbeit zu unterstützen, wurden vom "Executive Director" des UNEP vier Expertengruppen (Panels) eingerichtet, von denen eine, Panel IV, mit der Prüfung der möglichen Ausgestaltung eines *Biosafety Protocol* beauftragt wurde. Die Mehrheit der Gruppe sprach sich für ein völkerrechtlich verbindliches Protokoll aus. Einige europäische Länder und viele Entwick-

---

<sup>3</sup> Weitere Artikel mit Relevanz für die Frage des Schutzes der biologische Vielfalt sind: 6b), 7c), 8h), 14(1)a) und c), 17(1) und 18(3) (vgl. hierzu Wolfrum 1994, S. 20 ff.).

lungsländer begrüßten diesen Vorschlag. Gegen ein Protokoll sprachen sich nur die USA aus, abwartend verhielten sich bislang Großbritannien, die Europäische Union und Deutschland. Als Alternative wird vorgeschlagen, einen weniger aufwendigen Weg zu wählen und technische Richtlinien ("Technical Guidelines") auszuarbeiten (Spelsberg 1994, S. 84 ff.).

Der Bericht des Panel IV (UNEP/Bio.Div./Panels/Inf.4 1993) begründet die Präferenz für ein Protokoll unter anderem damit, daß dies ein wirksames Mittel sei, Freisetzungen ohne Sicherheitsüberprüfung und ohne Erlaubnis der Behörden des Landes, in dem freigesetzt wird, zu unterbinden. Ein verbindliches Protokoll, das deutlich die Verantwortung der Regierungen für den Schutz der Ökosysteme vor möglichen Schäden durch gentechnisch veränderte Organismen betont, könne für Länder, die bisher noch nicht über Kontroll- und Genehmigungskapazitäten verfügen, ein Anreiz sein, sich verstärkt um deren Aufbau zu kümmern. Ebenso könne ein Protokoll den Druck erhöhen, bereits existierende "Biosafety"-Gesetze zu harmonisieren und künftige, vor allem in den Entwicklungsländern notwendige Regelungen an einheitlichen Grundsätzen auf einem möglichst hohen Schutzniveau zu orientieren.

Eine Reihe von Eckpunkten und Grundsätzen, auf die sich eine Mehrheit der Mitglieder von Panel IV geeinigt hat, soll den Unterzeichnerstaaten bei der konkreten Formulierung eines Protokolls behilflich sein. Danach soll das Protokoll nicht nur die "sichere Weitergabe, Handhabung und Verwendung" für gentechnisch veränderte Organismen, sondern auch die Einführung nichtheimischer Arten in ein bestimmtes Ökosystem regeln (vgl. hierzu und zum folgenden Spelsberg 1994, S. 84 ff.).

Der Bericht spricht sich außerdem dafür aus, daß nicht nur der grenzüberschreitende Transfer von GVOs in die Zuständigkeit eines künftigen Protokolls fällt, sondern auch die jeweilige *nationale Regulierung gentechnischer Anwendungen (domestic regulation)*. Dafür soll das Protokoll bestimmte "Elemente" der Risikoabschätzung und des Risikomanagements festlegen, welche die Unterzeichnerstaaten in ihren nationalen Vorschriften umzusetzen haben:

- Das Aufstellen von Listen mit "harmlosen" oder besonders "riskanten" Organismen, das dem "familiarity"-Konzept der OECD entsprechen würde, lehnt die Mehrheit des Panel IV ab. Mit dem Hinweis auf den Vorsorgegrundsatz und den im allgemeinen geringen Kenntnisstand über die Wechselbeziehungen zwischen GVOs und Umwelt hält der Bericht, anders als die Bestimmungen in vielen Industrieländern, am "case-by-case"-Prinzip fest. Er betont auch, daß die spezifischen Risiken jeder einzelnen Freiset-

zung nicht allein vom verwendeten Organismus abhängen, sondern vom jeweiligen Ökosystem, in dem sie stattfindet.

- Die nationalen Rechtsbestimmungen sollten so gestaltet werden, daß Transparenz und Mitwirkung der Öffentlichkeit bei der Entscheidungsfindung gewährleistet sind. Auch empfiehlt Panel IV, die sozioökonomischen Auswirkungen bestimmter GVO-Produkte zu berücksichtigen. Die "Nachhaltigkeit" bestimmter Techniken und Produkte hänge stark von den Arbeits- und Lebensbedingungen der Menschen ab, die sie nutzen. Besonders bei Nutztieren und -pflanzen sollte daher geprüft werden, welche nachteiligen sozialen und wirtschaftlichen Folgen die Einführung gentechnisch veränderter Organismen haben könnte. "Wenn die Nutzung eines GVO keine deutlichen Vorteile bietet, ist es sinnvoll, die traditionellen Technologien und Systeme beizubehalten." (UNEP/Bio.Div./Panels/Inf.4 1993, S. 85-86).
- Außerdem wird vorgeschlagen, ein "Clearing House" einzurichten, dessen Aufgabe darin besteht, die Zusammenarbeit der nationalen Behörden zu organisieren, fachliche Beratung über einzelne Organismen oder Verfahren und Methoden der Risikoabschätzung zu vermitteln, Datenbanken mit Informationen über GVOs und Ökosysteme einzurichten sowie das zu vereinbarende Verfahren der internationalen Zusammenarbeit zu überwachen.
- Als das Informations- und Zustimmungsverfahren, dem sich künftig jeder grenzüberschreitende Transfer und Gebrauch von GVOs zu unterwerfen hat, präferiert die Mehrheit des Panel IV ein besonderes Konsultations- und Entscheidungsverfahren zwischen den beteiligten Staaten, das "Advanced Informed Agreement Procedure" (AIA). Danach ist der Exporteur von GVOs zu einer umfassenden Information des importierenden Landes verpflichtet; entsprechende Informationen enthält auch das Clearing House, das das einführende Land bei seiner Entscheidung über die Zustimmung zur Einfuhr unterstützt. Dieses Verfahren soll zumindest vorerst für jeden GVO einzeln gelten, egal ob er als mehr oder weniger schädlicher Organismus eingestuft wird. Ein grenzüberschreitender Transfer von GVOs mit dem Ziel, sie in geschlossenen Systemen einzusetzen, soll nur dann unter das AIA-Verfahren fallen, wenn es zum Zweck einer großmaßstäblichen Produktion geschieht. Für den Transfer zum Zweck von Forschung und Entwicklung soll ein vereinfachtes AIA-Prozedere angewendet werden (Spelsberg 1994, S. 90).

Abschließend ist noch eine gemeinsame Initiative der niederländischen und britischen Regierung zur Entwicklung von internationalen *Biosafety Guidelines* zu



erwähnen, die durch die Rio-Konferenz angestoßen wurde. An diesem Versuch, außerhalb der offiziellen Foren des "Rio-Prozesses" allgemein akzeptierte Biosafety Guidelines in einem multilateralen Diskussionsprozeß zu erarbeiten, nehmen verschiedene Entwicklungs- und Industrieländer teil (Ägypten, Brasilien, Costa Rica, Dänemark, Großbritannien, Indien, Kanada, Kenia, Kolumbien, Niederlande, Rußland, Schweden, Schweiz, Spanien, Südafrika, Thailand, Uganda, Ungarn). Sie haben sich auf ein gemeinsames Konzept für Richtlinien zur Biologischen Sicherheit verständigt, das nun in verschiedenen internationalen Foren zur Diskussion gestellt werden soll. Nach Aussagen der Initiatoren sollen mit diesem Vorstoß weitergehende, völkerrechtlich verbindliche Vereinbarungen, wie das in der Biodiversitätskonvention genannte Protokoll, nicht unterlaufen werden. Vorrangige Absicht ist es, *die Entwicklungsländer pragmatisch und effektiv dabei zu unterstützen, innerhalb eines international abgestimmten Rahmens ihr eigenes rechtliches wie administratives Biosafety-Konzept zu entwickeln und zu etablieren. Anders als ein verbindliches Protokoll, bei dem mit jahrelangen Verhandlungen zu rechnen ist, könnten die Richtlinien schon rasch zur Verfügung stehen* und konkret dazu beitragen, die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Biologischen Sicherheit zu verbessern. Das Konzept der niederländisch-britischen Initiative zielt auf praktikable, einfach zu handhabende Richtlinien, die ein breites Spektrum von Sicherheitsaspekten abdecken, sich dabei innerhalb der international anerkannten Grundsätze zur Risikobewertung von gentechnisch veränderten Organismen bewegen und zudem den besonderen Interessen und Bedingungen der Entwicklungsländer gerecht werden (Visser 1994, nach Spelsberg 1994, S. 94). Das Konzept sieht beim Umgang mit "neuen" Organismen - unter Berücksichtigung der besonderen Risiken in Ländern des Südens - das "case-by-case"-Prinzip und das Gebot des stufenweise Vorgehens vor. Allerdings ist der Verzicht auf Genehmigung und Überwachung ausdrücklich vorgesehen, wenn genügend Erfahrungen mit einem bestimmten gentechnisch veränderten Organismus gesammelt sind.

Es scheint in der Folge der Riokonferenz international Konsens darüber zu bestehen, daß internationale Regelungen zur Biologischen Sicherheit geschaffen werden müssen. Strittig ist aber, neben der Frage des adäquaten Sicherheitskonzeptes, welchen Grad von Verbindlichkeit internationale Vereinbarungen zur Biologischen Sicherheit haben sollen. Genügen empfehlende Richtlinien, wie die o.g. Biosafety Guidelines oder z.B. der "Voluntary Code of Conduct for the Release of Organisms" von UNIDO/UNEP/WHO/FAO, für die die größere internationale Konsensfähigkeit und eine größere Flexibilität zu spre-

chen scheinen? Oder sind angesichts der Risiken in Entwicklungsländern gerade verpflichtende Vereinbarungen wie das von Panel IV vorgeschlagene Biosafety Protocol anzustreben? Ein Protokoll wird vor allem von NGOs und Entwicklungsländern gefordert, während einige Industrieländer "Guidelines" oder einen "Code of Conduct" für ausreichend halten. Von einigen NGOs wird zwischenzeitlich der schleppende Fortgang der Erarbeitung eines Protokolls auf der ersten Vertragsstaatenkonferenz der Biodiversitätskonvention auf den Bahamas (Dezember 1994) beklagt. Bestand vor dieser Konferenz noch Einigkeit darüber, ein Protokoll bis zur zweiten Vertragsstaatenkonferenz auszuarbeiten zu lassen, so wurde auf den Bahamas beschlossen, zunächst Bedarf und Inhalte eines Protokolls zu prüfen und hierüber bei der zweiten Vertragsstaatenkonferenz zu berichten. Weltweit einheitliche Maßstäbe zur Biologischen Sicherheit könnten damit frühestens 1997 in Kraft treten (vgl. Plän 1994).

### **Fazit**

Die Frage der Biologischen Sicherheit stellt sich angesichts einer erwartbaren Zunahme des Transfers gentechnologischer Verfahren und Produkte in die Länder des Südens mit besonderer Dringlichkeit: Zum einen, weil besondere Risiken einer ungewollten Freisetzung von GVOs in den Zentren biologischer Vielfalt nicht auszuschließen sind; zum anderen, weil rechtliche Regelungen zur Biologischen Sicherheit sowie Infrastruktur und Know-how für entsprechende Kontrollen in den Entwicklungsländern größtenteils fehlen. Im Rahmen der Bemühungen um ein international verbindliches Protokoll zur Biologischen Sicherheit im Anschluß an die Biodiversitätskonvention wird zu diskutieren sein, ob für Länder des Südens besondere Sicherheitsbestimmungen gelten müssen. Unabhängig davon, ob grundsätzlich eine Einzelfallprüfung für Freisetzungen in Entwicklungsländern als nötig erachtet wird oder ob das in westlichen Ländern verfolgte "familiarity"-Konzept, d.h. eine generelle Genehmigung der Freisetzung von als ungefährlich eingestuftem Organismen, als ausreichend angesehen wird, erscheint eine Unterstützung von Entwicklungsländern beim Aufbau eines rechtlichen und institutionellen Systems der Biologischen Sicherheit erforderlich.

### 3. Soziale Auswirkungen

#### 3.1 Auswirkungen auf die Lebenslage der ländlichen Bevölkerung

Zwei Drittel der Bevölkerung der "Dritten Welt" leben von der Landwirtschaft, und 75% aller Bauern in den Entwicklungsländern sind Kleinbauern (Weltbank 1990). Eine Bewertung der sozioökonomischen Auswirkungen der Biotechnologie, deren hauptsächliches Potential im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion gesehen wird, wird also vorwiegend Veränderungen der sozialen Lage (Arbeit und Einkommen) der kleinbäuerlichen Landbevölkerung der Entwicklungsländer zu berücksichtigen haben.

Eine Abschätzung der Folgen neuer bio- und gentechnologischer Verfahren und Produkte für die Lage der Landbevölkerung muß neben dem technologischen Potential der Biotechnologie (s. Kap. II) die Produktionsbedingungen kleinbäuerlicher Landwirtschaft in den Ländern des Südens in Rechnung stellen. Diese lassen sich grob wie folgt kennzeichnen (vgl. Bunders/Broerse 1993, S. 1 ff.):

- Kleinbauern in den Ländern des Südens haben überwiegend mit schwierigen geoklimatischen Produktionsbedingungen zu kämpfen. Schlechte und unsichere Ernten sowie mangelnde Produktivität der Tierhaltung sind das Resultat von Trockenheit, starken Regenfällen und hoher Wasserverdunstung infolge hoher Temperaturen. Zudem sind Kleinbauern häufig auf den Anbau auf marginalen, wenig nährstoffreichen Böden angewiesen und haben mit Bodendegradation (Erosion, Überweidung, Versalzung etc.) zu kämpfen.
- Die Effizienz der landwirtschaftlichen Produktion ist durch den armutsbedingten Mangel an "technischer" Ausstattung der Betriebe (Zugtiere, Maschinen), mangelnden Zugang zu kapitalintensiven Agrochemikalien wie auch durch Mangel an Ausbildungsmöglichkeiten beeinträchtigt. Die unzureichenden Produktionsmittel machen den Betrieb anfälliger für Schäden durch Unkräuter, Krankheiten und Schädlinge.
- Rentable Absatzmöglichkeiten für landwirtschaftliche Produkte sind wegen mangelnder Transportmöglichkeiten, fehlender Informationen über Marktpreise und Mangel an Möglichkeiten der Verarbeitung von agrarischen Produkten oft nicht vorhanden.

*Hinsichtlich folgender Aspekte erwartet man von der Biotechnologie eine Verbesserung des sozialen und ökonomischen Status der Landbevölkerung:*

- Zum einen sollen gentechnisch hergestellte Hohertragsorten (z.B. durch bessere Insekten- und Krankheitstoleranz) eine Steigerung des Ernteertrages und eine Minimierung der Nachernteverluste möglich machen.
- Höhere Erträge und sicherere Ernten verspricht man sich auch von der Entwicklung neuer Sorten, die speziell an die geoklimatischen Produktionsbedingungen von Kleinbauern angepaßt sind.
- Durch mögliche Einsparungen von Pflanzenschutzmitteln infolge des Einsatzes pathogenfreien Materials und krankheitsresistenter Sorten soll der soziale, ökonomische und gesundheitliche Status der Landbevölkerung verbessert werden.
- Außerdem erwartet man, daß die Biotechnologie neue Verfahren der Züchtung, Vermehrung und Düngung von Pflanzenmaterial bereitstellen könnte, die speziell im kleinbäuerlichen Bereich angewandt werden können. Biotechnologie sei insofern eine an die Produktionsbedingungen der Kleinbauern "angepaßte" oder doch "anpaßbare" Technologie.

Vorweg sei angemerkt, daß bei einer Bewertung moderner Biotechnologie hinsichtlich der Auswirkungen auf die Landbevölkerung der Entwicklungsländer im Auge zu behalten ist, daß die Ausgangsbedingungen je nach ökonomischem Entwicklungsstand durchaus unterschiedlich sein können. Hier kann z.B. auf die relativ gute Situation der ländlichen Bevölkerung in manchen asiatischen Ländern bezüglich Ernährungs- und Einkommenssituation, Arbeitsbedingungen und Produktivität im Vergleich zu der afrikanischer Bauern und Bäuerinnen, die häufig am Rande des Existenzminimums leben, verwiesen werden. Insgesamt leben auch heute noch ca. 30-40% der ländlichen Bevölkerung von einem Einkommen, das nicht das Minimum des Kalorienbedarfes sicherstellt (Bukman 1989).

### **Höhere Erträge**

Die im Zuge der "Grünen Revolution" entwickelten pflanzenzüchterischen Innovationen haben seit den 60er Jahren zu einem Anstieg der Flächenerträge und in dessen Folge zu einem weltweiten Zuwachs der Getreideproduktion um 75% geführt (Spanakakis in ATSAF 1994, S. 69). Von diesem Zuwachs haben auch Entwicklungsländer profitiert. In Ländern wie Indien, China, Indonesien,

Pakistan und Sri Lanka konnten erhebliche Produktionszuwächse erzielt werden. Das Beispiel Indien zeigt aber auch, daß eine Steigerung der Erträge nicht unbedingt gleichzusetzen ist mit einer Verbesserung der Lebenssituation der Bevölkerung: 270-280 Millionen Menschen in Indien sind mangelernährt (von Urff in ATSAF 1994, S. 68). Die Erfahrungen mit der "Grünen Revolution" haben gezeigt, daß es zur Verbesserung der Lebenssituation der Landbevölkerung nicht ausreicht, mehr Nahrungsmittel zu erzeugen.<sup>4</sup> Es kommt ebenso darauf an, entsprechende Einkommensverbesserungen durch rentable Arbeitsmöglichkeiten zu schaffen. Durch den Einsatz von Hohertragsorten erhöht sich zwar oft der Arbeitsanfall, dieser wird aber durch Mechanisierung (Ernten, Dreschen) und Einsatz von chemischen Mitteln (Unkrautbekämpfung) ausgeglichen. Konnten anfangs erhebliche Beschäftigungseffekte für die landlosen Bauern erzielt werden, so mußte man später konstatieren, daß eine Verdoppelung der Ernteerträge eine Steigerung des Arbeitsanfalls um lediglich 10% bedeutet (Lipton 1987). *Wenn verbesserte Ernteerträge hauptsächlich auf dem Wege kapitalintensiver und arbeitskräftesparender Produktion in Großbetrieben erwirtschaftet werden, kommen diese der Bevölkerung nur bedingt zugute. Sinkenden Preisen für Nahrungsmittel stehen dann Einkommensverluste der Landbevölkerung gegenüber, die in den Ländern der "Dritten Welt" - anders als während des 19. Jahrhunderts in den westlichen Ländern - keine neuen Einkommensmöglichkeiten in einem wachsenden industriellen Sektor findet.*

Die Agrarforschung in den Industrieländern ist im Bereich der Biotechnologie heute auf die Entwicklung von Hohertragsorten ausgerichtet, deren Anbau oft eine kapital- und energieintensive (Düngung, Mechanisierung) und arbeitskräftesparende Organisation der landwirtschaftlichen Produktion erfordert. Insbesondere von der Gentechnik verspricht man sich diesbezüglich auch Erfolge bei Subsistenzpflanzen des Südens, die bisher kaum Gegenstand züchterischer Anstrengung waren (z.B. Cassava, Süßkartoffeln), obwohl der Schwerpunkt der Forschung eindeutig auf "cash crops" liegt. Eine Orientierung an gesteigerten Erträgen erscheint angesichts einer wachsenden Bevölkerung und begrenzter Anbauflächen auch im Interesse der Kleinbauern geboten. Insofern aber neue Sorten und die entsprechenden Produktionsweisen eher von Großbauern und der Plantagenwirtschaft übernommen werden können (auch dies zeigen die Erfahrungen der "Grünen Revolution") und Kleinbauern der Zugang

---

<sup>4</sup> So auch der Wissenschaftliche Beirat des BMZ in einer Stellungnahme zu „Sozioökonomischen Differenzierungen in der Landwirtschaft und ihre entwicklungspolitischen Konsequenzen“ (Wissenschaftlicher Beirat des BMZ 1992).

wegen mangelnder Ausbildung oder mangelnder finanzieller Ressourcen versperrt ist, wird der Einsatz neuer Sorten eher negative Einkommenseffekte haben. Zudem stellen Hohertragssorten nicht unbedingt einen Beitrag zur Erhöhung der Produktivität dar. Eine Studie der Rockefeller-Foundation zur Implementierung des biotechnologischen Reisprogramms am IRRI (Internationales Reisforschungsinstitut) ergab, daß aus einer Liste von 68 dringend im Reisanbau zu lösenden betrieblichen Problemen nur 5 mit Hilfe von Hohertragssorten zu bewältigen waren (vgl. Agrawal in ATSAF 1994, S. 80).

### **Angepaßte Sorten/Arten**

Schon im Zusammenhang der "Grünen Revolution" wurden die genannten negativen Effekte für Kleinbauern und die Notwendigkeit einer stärkeren Betonung "Kleinbauern-freundlicher" Entwicklungsziele bei der Züchtung neuer Sorten diskutiert. In diesem Bereich werden nun auch wesentliche Chancen der Biotechnologie für die Verbesserung der Situation von Kleinbauern gesehen. *Die Biotechnologie soll Pflanzensorten liefern, die hohe Ernteerträge bei gleichen oder niedrigeren Anbaukosten ermöglichen.* Dies soll vorwiegend über die Verbesserung der Resistenz oder Toleranz der Sorten gegenüber Pflanzenkrankheiten und Schädlingen, die Erhöhung der Unempfindlichkeit gegenüber Streßfaktoren wie Kälte oder Trockenheit sowie die Verbesserung von Eigenschaften wie Stickstofffixierung erreicht werden (z.B. Leisinger 1994, S. 7).

Zu nennen sind hier folgende Hoffnungen, die man in die Biotechnologie setzt (siehe hierzu und zum folgenden: Bunders/Broerse 1993).

- Mittels spezieller Zell- und Gewebekulturverfahren, aber auch auf gentechnischem Wege können Pflanzen künftig besser an die sie umgebenden geoklimatischen Verhältnisse angepaßt werden. Hierdurch können neue Produktionsstandorte erschlossen werden. Vor allem aber könnte die bei Hohertragssorten anfallende Umgestaltung der Produktionsweise (aufwendige Düngung, Bewässerung), die von Kleinbauern kaum zu bewerkstelligen ist, entfallen.
- Für die Tierhaltung spielt die Erforschung von Tierkrankheiten eine wichtige Rolle; z.B. arbeitet das International Laboratory for Research on Animal Diseases (ILRAD) in Kenia an der Bekämpfung von Theileriosis (East Coast Fever) und Schlafkrankheit, die in der afrikanischen Rinderzucht erhebliche Schäden verursachen.
- Verfahren wie das Ausbringen und Vermehren von Pflanzenbakterien sowie

Zell- und Gewebekulturtechnik sind arbeitsintensiv; hierdurch können im Pflanzenbau neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

Diesem Potential der Biotechnologie stehen zum einen mögliche negative Effekte entgegen. Zum anderen *werden mit Verweis auf die herrschenden Rahmenbedingungen Zweifel daran angemeldet, daß das Potential der Biotechnologie zum Tragen kommt.*

- Da die Fortschritte von Forschung und Entwicklung vorwiegend vom Einsatz der westlichen Pharma-, Chemie- und Nahrungsmittelkonzerne abhängen, wird eine verstärkte Abhängigkeit der Länder des Südens von den Verwertungsinteressen der Konzerne befürchtet. So könne das von den Unternehmen angebotene Saatgut für herbizidresistente Sorten produktionstechnisch eng an den Einsatz bestimmter Pflanzenschutzstoffe gekoppelt werden, so daß wettbewerbsfähige Erträge ohne den Einsatz entsprechender Mittel nicht erzielbar und somit die neuen Sorten wegen der hohen Kosten von Kleinbauern kaum einsetzbar wären.
- Es wird befürchtet, daß die neuen gentechnisch veränderten Sorten auf industrialisierte landwirtschaftliche Produktion zugeschnitten sein werden, weil sich die Entwicklungskosten nur für großflächig einsetzbare Sorten rentieren. Die neuen Sorten könnten - wegen des nötigen Einsatzes an Maschinen und Agrochemikalien - nur von Großbauern und Plantagenfirmen rentabel genutzt werden. Kleinbauern würden wegen der hohen Produktionskosten keine Möglichkeit haben, diese Sorten effektiv zu nutzen.
- Insgesamt sei damit zu rechnen, daß die Substitution agrarischer Rohstoffe durch biosynthetische Produktion entsprechender Ersatzstoffe in bestimmten Sektoren und Regionen sowohl die kleinbäuerliche als auch die Plantagenwirtschaft bedrohen wird. Die Produktion wird von Plantagen in die Fermenter der Unternehmen verlagert. Hierdurch würden dann für die Landbevölkerung auch die Arbeitsmöglichkeiten in der Plantagenwirtschaft reduziert (siehe auch Kap. III.1.3). Bezogen auf die Bedrohung kleinbäuerlicher Wirtschaft wäre z.B. auf die von der amerikanischen Firma *AgriDyne* erfolgreich durchgeführte synthetische Herstellung von Pyrethrum mittels gentechnischer Verfahren zu verweisen. Sollte sich dieses Verfahren als kommerziell verwertbar herausstellen, würden in Kenia, Ruanda, Tansania und Ecuador (sowie Australien) 200.000 Kleinbauernfamilien, die bisher Pyrethrum aus einer Chrysanthemenart gewinnen, ihre Arbeits- und Lebensgrundlage verlieren (Biotechnology Forum of Zimbabwe 1993).

## Angepaßte Verfahren

Neben der Bereitstellung angepaßter Sorten erwartet man von der Biotechnologie die Entwicklung von Verfahren, die von den Entwicklungsländern bzw. von den landwirtschaftlichen Produzenten und Produzentinnen selbst genutzt werden können. Es könnten neue Arbeitsplätze geschaffen und mehr Eigenständigkeit der Anwender erreicht werden, weil bestimmte Anwendungen der Biotechnologie relativ wenig Know-how und Kapitaleinsatz erfordere. Letzteres gilt vor allem für die biotechnologischen Verfahren unterhalb der Schwelle zur Gentechnik. *Aus der einschlägigen Literatur ergibt sich, daß gentechnisch veränderte Pflanzen lediglich als praktikabel für den bäuerlichen Großbetrieb angesehen werden können. Dieses Urteil bestätigten auch eine Expertenbefragung und eine Expertendiskussion, die im Auftrag des TAB durchgeführt wurden* (ATSAF 1994, S. 66). Es wurde dabei aber auch darauf hingewiesen, daß die Realisierung des Nutzens der "angepaßten" biotechnologischen Verfahren stark davon abhängt, inwiefern Restriktionen, die sich aus den sozialen, ökonomischen und kulturellen Rahmenbedingungen kleinbäuerlicher Arbeits- und Lebensweise ergeben, ausgeräumt werden können.

Als angepaßte Technologie gilt zunächst die klassische Fermentationstechnik, die in Form von Biogasanlagen in Indien und China, zur Produktion von Ethanol aus Zucker in Brasilien und Indien oder zur Produktion von Aminosäuren und Antibiotika in Thailand genutzt wird. Neben dieser Weiterentwicklung traditioneller biotechnologischer Verfahren werden vor allem zwei Formen der modernen Biotechnologie als geeignet für einen "angepaßten" Einsatz in Entwicklungsländern genannt:

- *Pflanzengewebekulturen* werden vorwiegend zur Herstellung von krankheitsfreiem Pflanzenmaterial genutzt. Die Technik, die im wesentlichen in der Anzucht von Setzlingen aus Gewebezellen von Pflanzen in Nährlösung besteht (Mikropropagation), wird bereits in verschiedenen Ländern des Südens angewandt. Pflanzen wie z.B. Cassava, Ölpalme, Banane, aber auch Orchideen (Thailand) gelten als geeignet für Gewebekulturtechnik (Sasson 1993). Als erfolgreiches Beispiel gilt allgemein die Vermehrung von virusfreiem Pflanzenmaterial bei der Kartoffel durch Kleinbauern in Vietnam. Die Gewebekulturtechnik hat neben der Verfügbarmachung weniger krankheitsanfälliger Pflanzen auch den Vorteil, daß Bauern ihr Pflanzengut selbst vermehren können. An der Entwicklung entsprechender Methoden für Cassava wird zur Zeit gearbeitet (Casper in ATSAF, S. 73 f.). Die Technologie



gilt als arbeitsintensiv, wobei sie im wesentlichen durch angelernte Arbeitskräfte handhabbar ist. Erforderlich sind allerdings Gewächshäuser und sterile Arbeitsbedingungen.

- Als vielversprechend gilt auch eine Weiterentwicklung der traditionellen Biotechnologie, die *Inokulationstechnik* (Impfbehandlung von Pflanzen). Hierbei handelt es sich um die Selektion und Multiplikation von für die Pflanzenentwicklung nützlichen Mikroorganismen, die dann auf den Boden, die Pflanzen oder das Saatgut ausgebracht werden. Sie wirken hier als Biodünger oder als Mittel zur Bekämpfung von Krankheiten oder Schädlingen. Biodünger - stickstoffbindende Mikroorganismen - wird in verschiedenen Ländern des Südens, z.B. beim Anbau von Sojabohnen und verschiedenen Gemüsepflanzen eingesetzt. Bisher scheint allerdings Biodünger hauptsächlich von Großbauern und Plantagen angewandt zu werden, so daß allenfalls von einem *Potential* der leicht handhabbaren Technik für Kleinbauern gesprochen werden kann (Bunders/Broerse 1993, S. 8). Zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten werden Mikroorganismen zur Zeit bereits in einigen Entwicklungsländern eingesetzt. Forschung wird derzeit auf diesem Gebiet beispielsweise in Thailand und Indonesien betrieben. Während das Auffinden geeigneter Stämme von Mikroorganismen relativ schwierig ist, kann die Vermehrung von entsprechenden Organismen unkompliziert und in großem Maßstab in einfachen Fermentern durchführbar sein.

Es ist bei diesen Technologien - und erst recht bei gentechnischen Verfahren - grundsätzlich zu fragen, *wie die Rahmenbedingungen geartet sein müssen, damit sie zu einer Verbesserung der Arbeits- und Einkommenssituation der landwirtschaftlichen Produzenten und Produzentinnen beitragen können*. Die Erfahrungen sind hier noch zu wenig ausgeprägt, um allgemeine Aussagen machen zu können. Schwellenländer wie Thailand, die ein eigenes biotechnologisches Forschungsprogramm haben und denen es gelungen ist, eine eigene Saatgutindustrie aufzubauen, könnten die neuen Technologien nutzbringend für sich verwerten. In Thailand werden zur Zeit erhebliche Forschungsanstrengungen auf dem Gebiet der Zell- und Gewebekulturtechnik zur Entwicklung von virusfreiem Saatgut, Biopestiziden und Biodüngern, aber auch auf dem Gebiet der Züchtung transgener Pflanzen unternommen. Dabei scheinen aber derzeit die Bedürfnisse von Kleinbauern, die 70-80% der Bauern in Thailand ausmachen und einen großen Anteil an der agrarischen Produktion des Landes haben, kaum eine Rolle zu spielen. Der Schwerpunkt der beachtlichen F&E-Aktivitäten Thailands, die in den Jahren 1986-88 immerhin ein Investitionsvo-

lumen von 114 Mio. US\$ erreichten, liegt auf agroindustriellen Anwendungen (Tentscher 1994).

*Es ist davon auszugehen, daß das arbeitsplatzschaffende Potential der Biotechnologie bei den "angepaßten" Technologien aufgrund der erwähnten Restriktionen durch ökonomische, soziale und kulturelle Randbedingungen von den meisten Ländern nur über erhebliche entwicklungspolitische Unterstützung genutzt werden kann. Nicht absehbar ist zur Zeit, ob solche Arbeitplatzeffekte die kurzfristig zu erwartenden Verluste durch eine weitere Industrialisierung der Landwirtschaft kompensieren können.* Unter diesen Bedingungen ist nicht auszuschließen, daß durch Überproduktion im Zuge der Steigerung von Erträgen durch neue Sorten in Großbetrieben die Erwerbchancen in der gegenüber Großproduzenten nicht konkurrenzfähigen kleinbäuerlichen Landwirtschaft noch weiter sinken. Stellt man zudem die Effekte der Substitution traditioneller Produkte der "Dritten Welt" durch synthetische Produkte in Rechnung, die die Landwirtschaft der Entwicklungsländer insgesamt unter Druck bringen, so ist zumindest kurzfristig mit einem Verlust von Arbeitsplätzen (insbesondere in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft) in den Ländern des Südens zu rechnen. Dennoch könnte es einzelnen Ländern, wie z.B. Thailand, Indien oder einigen lateinamerikanischen Staaten, in denen die Möglichkeiten zur Adaption der neuen Technologie von den gegebenen wissenschaftlich-technischen, infrastrukturellen Bedingungen her günstiger sind, gelingen, eine eigenständige biotechnologische Forschung und Produktion aufzubauen, die einen substantiellen Beitrag zur Volkswirtschaft der entsprechenden Länder leisten könnte. Es bleibt aber abzuwarten, welche Effekte dies für die kleinbäuerlichen Produzenten haben wird.

## **Fazit**

Die Vorteile angepaßter Technologien, aber auch - soweit verfügbar - angepaßter Sorten werden kaum unmittelbar und von selbst zum Tragen kommen. Werden die Rahmenbedingungen kleinbäuerlicher Landwirtschaft - wie schlechte Kapitalausstattung und mangelnder Zugang zu Märkten - außer acht gelassen, kann der Einsatz der Biotechnologie möglicherweise eher zu sozialen Verwerfungen im traditionellen landwirtschaftlichen Produktionssystem der Entwicklungsländer führen. Es ist im wesentlichen eine gesellschaftspolitische und nicht eine technologiepolitische Frage, ob der Einsatz (vom Potential her) "angepaßter" Technologien den Kleinbauern zugute kommt oder gar marginalisier-

ten kleinbäuerlichen Schichten über die Sicherung einer Existenzgrundlage hinaus die Möglichkeit bietet, durch einen Beitrag zur nationalen Volkswirtschaft insgesamt ihren Status zu verbessern. Die Rahmenbedingungen kleinbäuerlicher Produktion wie auch soziale, politische und kulturelle Strukturen in den ländlichen Regionen des Südens (Dominanz lokaler Eliten, Disparitäten der Landverteilung, geringe formale Bildung, Mangel an funktionierenden lokalen Verwaltungsstrukturen) werden den Zugang zu den neuen Technologien erschweren. Diese werden wahrscheinlich eher von bereits mit westlichem Know-how vertrauten Plantagenbetrieben oder sogenannten progressive farmers (bäuerliche Mittelschicht mit guter Land- und Kapitalausstattung) genutzt werden als von Kleinbauern.<sup>5</sup>

### **3.2 Auswirkungen im Bereich Gesundheitsversorgung**

Beim derzeitigen Stand von Forschung und Anwendung in der Medizin lassen sich begründete Aussagen über die Auswirkungen neuer bio- und gentechnologischer Verfahren und Technologien auf Entwicklungsländer im Bereich der Gesundheit nur schwer treffen. Auch in der wissenschaftlichen und politischen Diskussion bleiben Aussagen über Chancen und Risiken sehr allgemein. Aus entwicklungspolitischer Sicht vorrangig ist an dieser Stelle eine Erörterung der Frage, welcher *Beitrag von der Bio- bzw. Gentechnologie zur Verbesserung der gesundheitlichen Situation in den Entwicklungsländern vor dem Hintergrund der dort herrschenden Probleme und Rahmenbedingungen* erwartet werden kann.

#### **Gesundheitsprobleme und das Potential der Biotechnologie**

Entsprechend der schlechten wirtschaftlichen Lage und Gesundheitsversorgung ist auch der Gesundheitszustand der Bevölkerung in den Ländern des Südens schlecht, was wiederum mit als Grund für die mangelnde wirtschaftliche Stärke der Entwicklungsländer angesehen werden kann. Deren Volkswirtschaften sind durch Krankheiten und frühen Tod weit stärker belastet als die der westlichen Welt. Die Lebenserwartung in den Ländern des Südens wird vorwiegend durch

---

<sup>5</sup> Zur Bedeutung der „progressive farmers“ in den Entwicklungsländern siehe: Wissenschaftlicher Beirat des BMZ 1992.

Infektionskrankheiten bei Kindern begrenzt. Jährlich sterben etwa 14 Mio. Kinder unter 14 Jahren in den Entwicklungsländern an Atemwegsinfektionen und Durchfallerkrankungen, gefolgt von Malaria, Typhus und Meningitis. Häufigste Todesursachen bei Erwachsenen sind Tuberkulose, Malaria, chronische Infektionskrankheiten durch Parasiten sowie Geschlechtskrankheiten. Auch Gesundheitsgefährdungen durch Alkohol und Tabakkonsum, schlechte Arbeitsbedingungen und Umweltzerstörung kommen hinzu (GTZ 1994, S. 48 ff.). Eine besondere Bedrohung für Menschen in Entwicklungsländern stellt darüber hinaus die Pandemie AIDS dar.

Tab. 6: Süd-Nord-Epidemiologie

	<i>Süden</i>	<i>Norden</i>
Kinder	Diarrhoe Akute Infektionen der Atemwege Helminthiose Unterernährung Malaria	Kongenitale Krankheiten Wachstumsstörungen Verletzungen Geistige Entwicklung Umweltbedingte Erkrankungen
Erwachsene	Tuberkulose Malaria Geschlechtskrankheiten und AIDS Chronische parasitäre Erkrankungen Verletzungen Schwangerschaftserkrankungen	neurologische/psychische Erkrankungen Herz-Kreislauf-Erkrankungen Krebs Verletzungen Erkrankungen der Lunge Augen- und Ohrenerkrankungen Zuckerkrankheit und Stoffwechselstörungen AIDS Umweltbedingte Krankheiten Suchtkrankheiten

Quelle: aus GTZ 1994, S. 50

Die *Hoffnungen*, die sich an die Bio- und Gentechnologie hinsichtlich einer Verbesserung der Gesundheit der Bevölkerung in Entwicklungsländern knüpfen, betreffen im wesentlichen die *Entwicklung neuer Impfstoffe und Diagnostika für die in den Ländern des Südens verbreiteten Infektionskrankheiten - vor allem die typischen Tropenkrankheiten (Malaria, Bilharziose u.a.)*. Impfstoffe für Krankheiten wie Malaria, für die bisher keine wirksamen Impfmöglichkeiten bestehen, die zudem noch billig, d.h. von Entwicklungsländern selbst bzw. von Organisationen der Entwicklungszusammenarbeit finanzierbar sind, könnten grundsätzlich zu einer wesentlichen Verbesserung der Gesundheitssituation in Entwicklungsländern beitragen. Das technologische Potential, das die Bio- und insbesondere die Gentechnologie hier bietet, wurde in Kap. II.2 erörtert. In diesem Zusammenhang ist auf die Erfahrungen der Vergangenheit hinzuweisen, die zeigen, daß Schutzimpfungsprogramme sehr erfolgreich sein können. So konnten die Pocken so gut wie ausgerottet werden, und die Weltbank schätzt, daß Schutzimpfungsprogramme derzeit rund 3 Millionen Menschen in den Entwicklungsländern das Leben retten (Weltbank 1993, S. 10).

### **Probleme bei der Umsetzung des Potentials**

Die Umsetzung des Potentials der modernen Bio- und Gentechnologie, d.h. seine Fruchtbarmachung für die Länder des Südens, trifft aber auf Hindernisse nicht nur wissenschaftlich-technischer Art, die eine Abschätzung der Verfügbarkeit neuer Impfstoffe und Diagnostika derzeit schwer machen. Auch Hindernisse ökonomischer und sozialer Art schränken die Nutzungsmöglichkeiten der Gen- und Biotechnologie zur Verbesserung der Gesundheitssituation in den Entwicklungsländern ein.

Eine Vielzahl der ärmsten Länder ist, was die Gesundheitsversorgung angeht, zu einem großen Teil oder fast ganz von Entwicklungshilfe abhängig (GTZ 1994, S. 22). Entsprechend schwach entwickelt ist die Gesundheitsforschung in den Ländern des Südens. *Die Nutzung der Biotechnologie in eigenen Forschungsprogrammen zur Verbesserung der Möglichkeiten der Krankheitsbekämpfung (Entwicklung neuer Impfstoffe) wird nur einigen Schwellenländern möglich sein.*

Tab. 7: Gesundheitsversorgung im internationalen Vergleich

	<i>Einwohner je</i>				<i>Säuglingssterbeziffer</i>		<i>Sterbeziffer bis zum 5. Lebensjahr, 1992</i>	
	<i>Arzt</i>		<i>Beschäftigtem in der Krankenpflege</i>		<i>(je 1.000 Lebendgeburten)</i>		<i>(je 1.000 Lebendgeburten)</i>	
	<i>1970</i>	<i>1990</i>	<i>1970</i>	<i>1990</i>	<i>1970</i>	<i>1992</i>	<i>Weibl.</i>	<i>Männl.</i>
<i>Länder mit niedrigem Einkommen ohne China und Indien</i>	22.380	11.190	11.580	2.690	139	91	137	154
<i>Länder mit mittlerem Einkommen</i>	3.800	2.020	1.720	..	..	43	51	61
Untere Einkommenskategorie	..	2.230	..	..	..	45	54	64
Obere Einkommenskategorie	1.910	1.140	2.090	..	70	40	46	55
<i>Länder mit hohem Einkommen</i>	710	420	220	..	20	7	8	11

Quelle: nach Weltbank 1994, S. 253

Auch dann, wenn die Entwicklung neuer Impfstoffe und anderer Medikamente für die Infektionskrankheiten der Länder des Südens verwertbare Erfolge erbracht haben sollte, bleibt das Problem der Organisation eines breiten, effektiven Einsatzes solcher Medikamente. Schon die Enquete-Kommission "Chancen und Risiken der Gentechnologie" des Deutschen Bundestages wies darauf hin, daß, selbst wenn neue technische Verfahren die Entwicklung neuer Impfstoffe gegen in den Ländern des Südens verbreitete Infektionskrankheiten ermöglichen, dies dennoch die Gesundheitssituation in diesen Ländern kaum verbessern könnte, weil entscheidende Voraussetzungen für einen wirksamen Einsatz nicht gegeben sind: Zum einen sind keine finanziellen Ressourcen vorhanden, die entsprechenden Medikamente zu bezahlen, zum anderen gibt es häufig kein funktionierendes Gesundheitswesen (vom Mangel an Fachpersonal bis hin zum Mangel an Kühlketten für die hitzeempfindlichen Impfstoffe), das eine Verbreitung der Medikamente und eine sinnvolle Verabreichung an die Betroffenen

gewährleisten könnte (Enquete-Kommission 1987, S. 255 f.). *Es bedürfte also auch hier entscheidender Verbesserungen der grundsätzlichen sozioökonomischen Situation der Entwicklungsländer bzw. der Unterstützung durch Organisationen wie der WHO bei Impfkampagnen, um neue Impfstoffe - so vorhanden und wirksam - zur Verbesserung der Gesundheit der Bevölkerung der Entwicklungsländer einzusetzen.*

### **Das Problem der "Armutskrankheiten"**

Die Bedeutung der Entwicklung neuer Impfstoffe und Diagnostika für "Tropenkrankheiten" relativiert sich durch die Tatsache, daß *der größte Teil der Erkrankungen in den Ländern des Südens nicht allein durch klimatische Bedingungen (typische Tropenkrankheiten), sondern durch sozioökonomische Faktoren bedingt ist.*

Vor allem gelten Armut und Unterernährung und hiermit zusammenhängende schlechte hygienische Bedingungen als Verursacher für hohe Kindersterblichkeit und schnelle Verbreitung von Infektionskrankheiten (BUKO 1994, S. 6). *Für diese "Armutskrankheiten" kommen als Lösungen keine medizinischen Innovationen, sondern sozialpolitische Maßnahmen in Frage.* Nach Schätzung der WHO ließen sich drei Viertel aller Krankheitsfälle in den Ländern des Südens durch eine Verbesserung der Lebensbedingungen und durch die Bekämpfung der Armut vermeiden. Entsprechend kommt der Weltentwicklungsbericht 1993 der Weltbank zu dem Schluß: "Die Steigerung des Einkommens der in Armut lebenden Menschen ist die effektivste wirtschaftspolitische Maßnahme zur Verbesserung der Gesundheit. Die Armen geben nämlich zusätzliches Einkommen am ehesten in einer Weise aus, die ihrer Gesundheit förderlich ist: für eine gesündere Ernährung, die Beschaffung von sauberem Wasser und die Verbesserung der sanitären und der Wohnverhältnisse." (Weltbank 1993, S. 8). Verwiesen werden muß in diesem Zusammenhang auch auf die Erfahrungen in den Industrienationen. Hier wurden Krankheiten wie Tuberkulose und Durchfallerkrankungen, noch bevor Antibiotika zur Verfügung standen, im Zuge der Verbesserung der allgemeinen Lebensumstände (Wohn- und Arbeitsverhältnisse, gereinigtes Wasser, sanitäre Anlagen, im Falle der Tuberkulose: Milchkontrollen) zurückgedrängt (Goldstein 1992). Ein wichtiger Beitrag der Biotechnologie zur Verbesserung der Gesundheitssituation bestünde deshalb zweifelsohne auch in der Verbesserung der Ernährungssituation.

### **Aufbau eigener biomedizinischer Forschung und Entwicklung in den Entwicklungsländern**

In den armen Ländern des Südens gibt es nur wenige eigene Forschungsinstitute. Die vorhandenen sind zudem selten von hoher Qualität. Auch sind pharmazeutische Unternehmen aus dem Norden nur selten mit eigenen Forschungs- und Produktionsstätten vertreten, sondern haben sich nur zum Zweck des Vertriebs medizinischer Produkte angesiedelt (GTZ 1994, S. 34). *Auch wenn insgesamt ein Wachstum des Marktes für gentechnisch hergestellte pharmazeutische Produkte zu erwarten ist, ist es recht unwahrscheinlich, daß in Zukunft die Länder des Südens als Standort für entsprechende Produktionsstätten in Frage kommen.* Hiergegen spricht zum einen das geringe Marktpotential, zum anderen das Fehlen entsprechend wissenschaftlich ausgebildeter Arbeitskräfte sowie die ungenügende Infrastruktur für Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von entsprechenden Produkten (GTZ 1994, S. 34 ff.).<sup>6</sup> Diese Probleme machen, neben den hohen Entwicklungskosten für pharmazeutische Produkte, auch den erfolgreichen Aufbau einer einheimischen Forschung und Industrie in den Entwicklungsländern schwierig. Eigene biotechnologische Forschungsprogramme im Bereich Medizin existieren in einigen lateinamerikanischen Ländern, in Indien, Indonesien, Thailand, Korea, Taiwan, China, Kenia und Simbabwe. Ziel der meisten Aktivitäten ist aber die Entwicklung wettbewerbsfähiger Nachahmprodukte, und oft ist die Entwicklung neuer Medikamente auf Erkrankungen einer kleinen Oberschicht, nicht aber auf die der armen Bevölkerungsmehrheit ausgerichtet (GTZ 1994, S. 58). Eine einheimische pharmazeutische Industrie, die erfolgreich biotechnologische Verfahren nutzt, hat - wegen des großen Binnenmarktes und der verhältnismäßig guten wissenschaftlichen Infrastruktur - bisher nur Indien aufbauen können (GTZ 1994, S. 54 ff.).

### **Fazit**

In der biotechnologischen Forschung steckt zweifellos ein großes Potential zur Verhütung und Therapie von Tropenkrankheiten. Der Beitrag der modernen Biotechnologie zur Lösung der gesundheitlichen Probleme in den Entwicklungsländern wird aber im wesentlichen davon abhängen, daß sich die ökonomische und soziale Situation der Länder des Südens insgesamt verbessert und

---

<sup>6</sup> Bezügl. der Bedeutung des Patentschutzes wird auf Kapitel III.1.2 verwiesen.



eine eigene Forschung und Entwicklung sowie ein funktionierendes Gesundheitswesen aufgebaut werden können. Grundsätzlich scheint die Verbesserung der gesundheitlichen Situation der Bevölkerung der Entwicklungsländer weniger vom Fortschritt medizinischer Forschung und Entwicklung abzuhängen. Die Weltbank schätzt, daß in den Ländern mit einem Pro-Kopf-Einkommen unter 350 Dollar schon durch die Verbesserung der öffentlichen Gesundheitsvorsorge sowie der klinischen Grundversorgung mit einem relativ geringen Kostenaufwand von 12 Dollar pro Kopf und Jahr die Krankheitsbelastung der Bevölkerung um 32% reduziert werden könnte (Weltbank 1993, S. 12).

### **3.3 Auswirkungen auf die Frauen in Entwicklungsländern**

In den letzten Jahren hat die Rolle und soziale Lage der Frauen im Zusammenhang entwicklungspolitischer Programme und Projekte zunehmend Beachtung gefunden. So weist auch der neunte entwicklungspolitische Bericht der Bundesregierung die Frauenförderung als eigenen Schwerpunkt aus - unter Hinweis darauf, daß Frauen in Ländern der "Dritten Welt" eine Schlüsselrolle in wirtschaftlich und sozial wichtigen Bereichen einnehmen. Dies gelte nicht nur für die nach westlichem Verständnis traditionellen Frauendomänen (Familie, Haushalt, Kindererziehung, Gesundheit), sondern auch für die Landwirtschaft, wo Frauen drei Viertel aller Arbeitsleistungen erbringen, für die Energie- und Wasserversorgung, in Handwerk, Handel und Industrieproduktion (vgl. BMZ 1991, S. 54).

Die zentrale Rolle, die Frauen in den traditionellen gesellschaftlichen und familiären Zusammenhängen in Ländern der "Dritten Welt" oft einnehmen und die die Basis ihres Selbstbewußtseins und ihrer sozialen Anerkennung ausmacht, wird - auch dies ist eine mittlerweile weitgehend geteilte entwicklungspolitische Erkenntnis - durch Modernisierungsprozesse häufig bedroht. Die Einführung neuer Technologien kann dazu führen, daß Frauen ihre im Vergleich zu den Männern ohnehin schmale Einkommensgrundlage verlieren, indem ihre Tätigkeiten durch Maschinen ersetzt werden und/oder mit der Technisierung die Männer in die traditionell von Frauen besetzten Arbeitsfelder eindringen. Auf diese Gefahr weist auch die Weltbank hin: *"Wenn vornehmlich weibliche Aufgaben mechanisiert wurden, wurden Frauen verdrängt. Das geschah in Bangladesch, Indonesien und den Philippinen beim Ersatz der Handsichel als Erntewerkzeug und der Einführung (...) tragbarer mechanischer Dreschmaschinen."* (Weltbank 1990, nach Sprenger/Zweifel 1994, S. 3).

Die moderne Biotechnologie betrifft die Frauen zum einen vor allem deshalb, weil in den Entwicklungsländern Frauen eine besondere Rolle in der Landwirtschaft spielen und hier primär die entwicklungspolitisch relevanten biotechnologischen Innovationen zu erwarten sind. Zum anderen sind Frauen aber auch durch neue Reproduktionstechnologien (In-vitro-Fertilisation, pränatale Diagnostik, Verhütungsmittel) auf biotechnologischer Basis betroffen. Spezifische Bedeutung für Entwicklungsländer wird hier vor allem der Entwicklung neuer langfristig wirkender Kontrazeptiva beigemessen.

### **Reproduktive Rechte und immunologische Kontrazeptiva**

Wenn auch das exponentielle Wachstum der Bevölkerung nicht (mehr) als entscheidende Ursache für Armut und Unterentwicklung und damit wichtigster Ansatzpunkt für Entwicklungspolitik angesehen wird, so wird doch von internationalen Organisationen, wie z.B. der Weltbank, die Begrenzung des Bevölkerungswachstums als ein wichtiger Zwischenschritt auf dem Weg zu einer Förderung langfristiger Entwicklung angesehen (vgl. Schmid 1994). Langfristig wirkende und in Form etwa einer Impfung oder eines Implantates verabreichbare Verhütungsmittel versprechen aus dieser Perspektive Erfolg, weil der Mißerfolg bisheriger Programme darauf zurückgeführt wird, daß der Einsatz von Verhütungsmitteln "Anwender/innen-abhängig" ist. Die Effektivität konventioneller Verhütungsmethoden wird davon bestimmt, wie konsequent, diszipliniert, motiviert sie von den Anwendern/innen eingesetzt werden.

Vor diesem Hintergrund wurde von der WHO bereits 1973 ein Sonderforschungsprogramm für die Forschung an immunologischen Verhütungsmitteln eingerichtet (Task Force on Vaccines for Fertility Regulation). Mittlerweile befinden sich einige der entwickelten immunologischen Präparate, die über eine Immunreaktion (Bildung von Antikörpern) gegen das Schwangerschaftshormon hCG ein Einnisten befruchteter Eizellen in den Uterus verhindern, in der Phase klinischer Erprobung. Obwohl wichtige Fragen, wie Wirksamkeit und Risiken, noch nicht geklärt sind, rechnen die beteiligten Forscher noch für dieses oder das nächste Jahrzehnt mit der Einsatzreife entsprechender Präparate für Familienplanungsprogramme (Sprenger/Zweifel 1994, S. 38). So hat sich im entwicklungspolitischen Kontext bereits eine intensive Diskussion um mögliche Aus-

wirkungen solcher Kontrazeptiva auf Frauen in Entwicklungsländern entwickelt.<sup>7</sup>

Befürworter/innen der neuen Technologien erwarten zum einen demographische Effekte vom Einsatz solcher Impfungen in Familienplanungsprogrammen. Immunologische Kontrazeptiva versprechen eine langfristige Wirkung und stellen keine besonderen Anforderungen an die Selbstdisziplin der Anwender/innen (wie etwa die Einnahme der Pille oder die Benutzung von Kondomen). Weiterhin wird von Befürworter/innen der immunologischen Präparate angeführt, daß sich mit den neuen Kontrazeptiva die Wahlmöglichkeiten der Frauen erweitern, der Bedarf an Verhütungsmitteln in Ländern des Südens befriedigt werden könnte und Frauen eine Verhütungsmethode zur Verfügung gestellt würde, die sie unabhängig von ihren Partnern einsetzen könnten. Schließlich könnten die neuen Präparate als Ersatz für hormonelle Verhütungsmittel dienen, mit denen eine Reihe von gesundheitlichen Problemen verbunden sei.<sup>8</sup>

Warnungen kritischer Frauenorganisationen aus aller Welt (z.B. Women's Global Network for Reproductive Rights, WGNRR) setzen an der aus bevölkerungspolitischer Sicht als Vorteil erscheinenden langfristigen Wirkung und "Anwenderinnen-unabhängigen" Applikation der neuen immunologischen Verhütungsmittel an. Sie befürchten, *daß mit dem breiten Einsatz in Familienplanungsprogrammen der Entwicklungsländer den Frauen die Selbstbestimmung über ihre Sexualität und über die Verhütung genommen wird*. Gegen die bevölkerungspolitische Perspektive setzen sie die Perspektive der "reproduktiven Rechte" der Frau, die gestärkt bzw. erst hergestellt werden müßten. Die bevölkerungspolitische Zielsetzung mancher Familienplanungsprogramme erscheint aus dieser Perspektive als dem zu stärkenden Selbstbestimmungsrecht und -vermögen der Frauen bei der Wahl von Verhütungsmethoden, dem Zeitpunkt und der Zahl von Schwangerschaften und damit selbstbestimmter Sexualität widersprechend. Grundsätzlich wird befürchtet, daß mit der Propagierung und Verbreitung langfristig wirksamer und nicht von den Frauen selbst, sondern von Gesundheitspersonal verabreichten Kontrazeptiva den Frauen die Kontrolle über ihre Reproduktion entzogen wird. Die immunologischen Mittel sind so

---

<sup>7</sup> Vgl. zum Beispiel den seit Beginn der 90er Jahre laufenden Dialog über die Ausrichtung der Verhütungsforschung zwischen verschiedenen Forscher/innen-Teams und Frauen aus Gesundheitsinitiativen (Sprenger/Zweifel 1994, S. 41).

<sup>8</sup> Wir beziehen uns hier und im folgenden auf Aussagen von Vertretern/innen verschiedener Organisationen (pro und kontra), wie z.B. WHO, Population Council/USA, FINRAGE, WGNRR, die im Auftrag des TAB befragt wurden (vgl. Sprenger/Zweifel 1994, S. 40 ff.).

konzipiert, daß sie nicht einfach abgesetzt werden können, wann immer die Frauen dies wollen. Sie würden deshalb die Wahlmöglichkeiten der Frauen nicht erhöhen, sondern schränken ihre reproduktive Selbstbestimmung ein. Schließlich wird auch darauf hingewiesen, daß immunologische Kontrazeptiva ein Mißbrauchspotential im Sinne bevölkerungspolitischer Zielsetzungen in sich bergen, weil die Verabreichung durch Gesundheitsdienste als Impfung erfolgt und die betroffenen Frauen über den Zweck der Impfung getäuscht oder unvollständig informiert werden könnten.

Darüber hinaus wird aber auch auf Risiken der neuen Verhütungsmittel hingewiesen, die sich aus der Tatsache ergeben, daß die neuen Kontrazeptiva am Immunsystem der Frauen ansetzen. Es scheint - die Mittel befinden sich noch in der klinischen Prüfung - noch einige *ungeklärte Fragen, was die Wirksamkeit der Mittel angeht*, zu geben. Klinische Tests der Phase I legen die Vermutung nahe, daß es von Frau zu Frau erhebliche Unterschiede in der Dauer der Immunisierung gegen Spermien bzw. gegen eine Einnistung der Eizelle nach der Impfung gibt - belastbare Ergebnisse sind erst von Tests der Phase II zu erwarten. Es ergaben sich - so der Versuchsleiter der WHO - Immunisierungen für einen Zeitraum zwischen 6 und 10 Monaten. Bei einem Test des vom indischen NII (National Institute of Immunology) entwickelten Präparates ergab sich nur eine geringe Verhütungspotenz - die Immunantwort der Frauen variierte stark und lag zwischen 60-65%. Damit ergibt sich auch die *Frage einer möglichen Gefährdung der Gesundheit* der trotz der immunologischen Kontrazeption geborenen Kinder. Zwar sind nach Auskunft des Versuchsleiters des indischen NII bisher keine Schädigungen bei den während der Tests oder danach geborenen Kinder festgestellt worden. Eine solche Gefahr sei aber wegen der als immunologische Abstoßung von Eizellen wirkenden Präparate nicht völlig auszuschließen. Es wird deshalb von kritischen Frauengruppen zu bedenken gegeben, daß die neuen Mittel zum einen unzuverlässig seien, weil die Wirkung von der individuellen und aktuellen Verfassung des Immunsystems abhängt. Da die Mittel am Immunsystem ansetzen, seien zudem Gesundheitsgefährdungen für Frauen und Föten nicht auszuschließen (Sprenger/Zweifel 1994, S. 36). Gewarnt wird zum Beispiel vor einer möglichen Autoimmunattacke auf die Ovarien (Dirnhofer et al. 1993, nach Sprenger/Zweifel 1994, S. 36).

## Fazit

Bezüglich der Einschätzung von Notwendigkeit und Auswirkungen kontrazeptiver Impfungen gehen die Ansichten weit auseinander. Ihre "Anwenderinnen-unabhängige" Wirksamkeit erscheint als Vorteil unter dem Gesichtspunkt effektiver Verhütungsprogramme, als Gefahr hinsichtlich reproduktiver Rechte der Frauen. Unbestritten scheint zu sein, daß eine weitere Untersuchung möglicher Gesundheitsrisiken notwendig ist. Einigkeit - so ergab die im Auftrag des TAB durchgeführte Recherche - herrscht weitgehend auch hinsichtlich der zu präferierenden Forschungsziele im Bereich der Verhütung. Nicht nur von Frauenorganisationen, sondern auch von Organisationen wie dem UNFPA, der Weltbank oder der Deutschen Stiftung Weltbevölkerung wird der Entwicklung von Barrieremethoden (mit antiviralen Eigenschaften zum Schutz gegen Geschlechtskrankheiten), von Verhütungsmethoden für Männer sowie von Methoden, die von den Anwenderinnen selbst kontrolliert werden können, Priorität eingeräumt (Sprengr/Zweifel 1994, S. 42 f.).

## Auswirkungen auf Frauen im Bereich Landwirtschaft und Nahrungsversorgung

Wie Recherchen bei verschiedenen entwicklungspolitischen Organisationen und Gruppen sowie den internationalen Agrarforschungszentren ergaben (Sprengr/Zweifel 1994, S. 47 f.), *werden die Auswirkungen der Biotechnologie auf Frauen in der Entwicklungszusammenarbeit und in der Agrarforschung bisher kaum beachtet*. Dies hängt zum einen sicherlich damit zusammen, daß die Anwendung moderner Biotechnologie in der landwirtschaftlichen Produktion in Entwicklungsländern noch wenig fortgeschritten ist. Zum anderen findet aber wohl die Rolle der Frauen gerade in der landwirtschaftlichen Produktion und in der Nahrungsversorgung in Entwicklungsländern überhaupt noch zu wenig Berücksichtigung.

Die Forschungsprojekte, die sich mit dem Thema "Frauen und Entwicklung" befassen, betonen die Problematik, die gerade der Transfer westlicher Technologien für die Frauen in den Entwicklungsländern bedeuten kann. Wird die spezifische Betroffenheit von Frauen nicht ausdrücklich berücksichtigt, können Verlust von Rechten und Einflußmöglichkeiten sowie eine Veränderung der Geschlechterbeziehungen (d.h. stärkere ökonomische Abhängigkeit der Frauen von den Männern) die Folge sein. Auch bei der Biotechnologie können solche

Effekte erwartet werden, selbst wenn die Einführung der Biotechnologie insgesamt zu einer Verbesserung der Nahrungsversorgung, Verringerung von Armut etc. beitragen sollte.

Die zentrale Stellung, die die Frauen in der Nahrungsversorgung in Entwicklungsländern einnehmen, manifestiert sich in dem hohen Anteil der Arbeit der Frauen an der Produktion von Nahrungsmitteln. Laut FAO (1990) produzieren Frauen weltweit mehr als die Hälfte aller Nahrungsmittel - in Afrika 76%, in Asien 68%, in der Karibik 23%, in Lateinamerika 13% (Sprengr/Zweifel 1994, S. 56). Der Anteil von Frauenarbeit an der gesamten wirtschaftlichen Aktivität in Entwicklungsländern ist höher als Erwerbstätigkeitsstatistiken ausweisen, weil nicht nur die Hausarbeit im engeren Sinne nicht berücksichtigt ist, sondern auch für die Versorgung der Familie wichtige Tätigkeiten wie Versorgung und Vermarktung von Tieren, Futtersammeln, Hausgartenproduktion etc. Eine wichtige Rolle spielen die Frauen oft bei der Selektion des Saatgutes und in der Pflanzenzüchtung. In Simbabwe z.B. sind es die Frauen, die zu Beginn der Erntezeit das Saatgut nach Farbe, Größe, genetischer Stabilität, Eignung für unterschiedliche Böden, Trockenheits- und Krankheitstoleranz, Geschmack, Haltbarkeit, Kocheignung etc. auswählen (Gata 1993). Beispiele hierfür werden auch aus dem Sudan, Liberia und Peru berichtet. *Die Aufgabe der Saatgutselektion und Züchtung verlangt ein enormes Wissen über Sorten und Anbaubedingungen und ist mit hoher Verantwortung für die Nahrungsvorsorge der Gemeinschaft verbunden. Hierauf gründen sich z.T. soziales Ansehen und häusliche Autorität der Frauen.*

Frauen werden vom Einsatz der Biotechnologie in der landwirtschaftlichen Produktion in dem Maße betroffen sein, in dem sich die Absatzchancen für in den Entwicklungsländern produzierte Güter verändern bzw. neue (biotechnologische) Sorten zu Veränderungen der Anbaumethoden führen. Von den positiven (etwa Verbesserung der Nahrungsversorgung) wie von den möglichen negativen (sinkende Absatzchancen für substituierte Produkte) Folgen werden die Haushalte in den Entwicklungsländern insgesamt betroffen sein. Eine spezifische Betroffenheit von Frauen durch neue biotechnologische Verfahren und Sorten läge in einer Verbesserung oder Verschlechterung ihrer sozialen und ökonomischen Situation im Verhältnis zu den Männern. Hier zeigen nun Erfahrungen mit den Auswirkungen der "Grünen Revolution", daß auch bei positiven Effekten für die bäuerlichen Haushalte insgesamt sich für die Frauen negative Folgen ergeben können. Im Zuge der "Grünen Revolution", die durch Hochertragsorten und entsprechend moderne Anbaumethoden in Ländern wie z.B. Indien zu einer enormen Ertragssteigerung bei der Nahrungsmittelproduktion ge-

führt hat, wurden die o.g. Grundlagen der Stellung der Frau oft negativ beeinflusst. *Das Wissen um Saatgut verliert mit dem Einsatz der Hohertragssorten an Bedeutung und landwirtschaftliche Tätigkeiten werden mit der Umstellung auf industrielle Anbaumethoden von Männern übernommen.* Auch dort, wo die neuen Anbaumethoden zu vermehrtem Einsatz von weiblichen Arbeitskräften führen - etwa durch zusätzliche Nachfrage nach traditionell von Frauen geleisteten Jätarbeiten (Bsp. Sri Lanka) -, kann dies wegen schlechter Entlohnung und Verlust von Ansehen mit einer Verschlechterung der Lage der Frauen verbunden sein. Frauen büßen ihre häusliche Autorität ein, wenn mit Hohertragssorten ihre Kontrollfunktion über das Saatgut oder auch über die Vermarktung der Ernte an Bedeutung verliert. Die Folge der "Grünen Revolution" dort, wo sie Fuß faßte, war oft eine Teilung der landwirtschaftlichen Produktion in einerseits Produktion für den Markt, die verbunden ist mit Einkommen und von den Männern dominiert wird, und andererseits Subsistenzwirtschaft, die von Frauen betrieben wird und mit weniger Sozialprestige, geringem/keinem Einkommen bzw. Eigentum an Land und Produktionsmitteln verbunden ist.

Insofern auch neue biotechnologische Verfahren zu einer Umstellung von traditionellen Anbaumethoden auf industrialisierte Landwirtschaft führen, ist zu erwarten, daß sich dieser Prozeß fortsetzt. Es hätte z.B. besondere Auswirkungen auf Frauen, wenn die zur Zeit unternommenen Versuche, ertragreichere oder resistenterere Kakaopflanzen mittels Gentransfer zu entwickeln bzw. Kakaobutter auf biotechnologischem Weg zu substituieren oder durch Zellkulturen zu synthetisieren, Erfolg zeigen würden, weil damit der Weltmarktpreis für Kakao weiter fallen würde. In Kolumbien, wo der Kakaoanbau und die Vermarktung in den Händen der Frauen liegt, wird mit dem Einsatz neuer Sorten, der voraussichtlich primär auf den Plantagen in Malaysia und Brasilien erfolgen wird, eine wesentliche Grundlage für die Ernährung der Familie, aber auch für die Rolle der Frau als Haushaltsvorstand und Landbesitzerin bedroht.

*Positive Auswirkungen auf die Situation von Frauen in den Entwicklungsländern werden vom Einsatz der relativ leicht zu handhabenden Gewebekulturtechnik erwartet, da hierfür keine technischen Voraussetzungen außer einem sterilen Arbeitsplatz und einem Gewächshaus sowie zwar geschultes, aber nicht hochqualifiziertes Personal erforderlich sind.* Für Frauen böten sich hier vermehrt Erwerbsmöglichkeiten, etwa bei der Mikropropagation von Blumen und anderen hochwertigen Produkten (so der Leiter der landwirtschaftlichen Forschung bei der FAO und ein Vertreter des "International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications" in einer für das TAB durchgeführten Befragung). Beispiele für einen solchen frauenförderlichen Einsatz der Gewebe-

kulturtechnik in Entwicklungsländern gibt es bisher aber nicht, wenn auch der Einsatz der Gewebekulturtechnik im Kartoffelanbau in Vietnam zu Erfolgen geführt und das Einkommen der die Technik nutzenden bäuerlichen Haushalte verbessert zu haben scheint (Sprenger/Zweifel 1994, S. 77 f.).

Auch hinsichtlich der Bemühungen der internationalen Agrarforschungszentren um eine Verbesserung von vorwiegend in Entwicklungsländern angebauten Produkten sind mögliche Konsequenzen für Frauen in Entwicklungsländern zu bedenken. So wird derzeit an der Nutzung der Gewebekulturtechnik für die Erzeugung virusfreien Cassavasaatgutes und am Einsatz der Gentechnik zur Verbesserung des Nährstoffgehaltes und einer Reduzierung des Cyanidgehaltes dieser für die Ernährung in den Entwicklungsländern wichtigen Frucht geforscht. Cassava wird vorwiegend von Frauen angebaut und zu Nahrungsmitteln verarbeitet. Eine Verbesserung des Ertragspotentials solcher Sorten oder des Nährstoffgehaltes könnte sich, bei entsprechend höherem Absatz auf dem heimischen Markt, positiv auf die ökonomische Situation von Frauen auswirken.

Die Gefahr der Entwertung des Wissens von Frauen über Saatgut, Sorten, Anbaumethoden und Wirkung von Pflanzen besteht insgesamt durch die sich abzeichnende Tendenz der Entwicklung und Patentierung neuer Sorten. *Die in Rio verabschiedete Biodiversitätskonvention, die sich dem Problem der gerechten Verteilung des Nutzens der biologischen Vielfalt angesichts der neuen biotechnologischen Möglichkeiten annimmt, betont auch die besondere Rolle des Wissens der Frauen für die Bewahrung der Biodiversität.* In der Präambel der Konvention wird auf die "wichtige Rolle der Frau bei der Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt" und die "Notwendigkeit einer vollen Beteiligung der Frau auf allen Ebenen der politischen Entscheidung und Umsetzung im Bereich der Erhaltung der biologischen Vielfalt" hingewiesen. Angesichts der Tatsache, daß das Wissen von Frauen in seiner Schutzwürdigkeit kaum wie wissenschaftliche Leistungen bewertet wird, werden besondere Anstrengungen erforderlich sein, um sicherzustellen, daß die Frauen an der ökonomischen Verwertung ihres eigenen Wissens beteiligt werden.

## **Fazit**

Der Einsatz neuer biotechnologischer Verfahren und Sorten in Landwirtschaft und Nahrungsversorgung läßt für Frauen nur dann positive Effekte erwarten, wenn den Bedürfnissen und dem Wissen von Frauen eigens Aufmerksamkeit in



entsprechenden entwicklungspolitischen Projekten gewidmet wird bzw. die Frauen über die Anwendung mitbestimmen können. Auch "angepaßte" Technologien, wie z.B. die Gewebekulturtechnik, können unter bestehenden Bedingungen nicht als per se förderlich für die Lage der Frauen angesehen werden. Selbst dann, wenn Biotechnologie dazu angetan scheint, die Einkommensverhältnisse oder die Ernährungslage der Haushalte in den Entwicklungsländern zu verbessern, können wirtschaftliche Lage und sozialer Status der Frauen durch anstehende technologische Veränderungen negativ betroffen sein.

### **3.4 Produktsicherheit und Auswirkungen auf Verbraucher**

Es ist derzeit noch umstritten, ob und inwieweit unter dem Gesichtspunkt des Verbraucherschutzes für gentechnisch veränderte Organismen oder für Produkte, die unter Einsatz gentechnisch veränderter Organismen hergestellt wurden, besondere Sicherheitsvorschriften oder Zulassungsverfahren eingeführt werden müssen. Diese Diskussion, die direkt in eine Debatte um die Risiken gentechnischer Forschung und Produktion hineinführt, kann im Rahmen des vorliegenden Berichtes nicht grundsätzlich geführt werden (vgl. hierzu TAB 1994). Es geht an dieser Stelle um die *Fragen der Produktsicherheit und des Verbraucherschutzes, die sich vor dem Hintergrund einer erwartbaren Ausdehnung des weltweiten Handels mit gentechnisch veränderten Organismen bzw. Produkten und unterschiedlicher Sicherheitsstandards zwischen Nord und Süd ergeben*. In erster Linie für den Verbraucherschutz von Bedeutung ist hier die Frage nach der Sicherheit von gentechnisch hergestellten Lebensmitteln.

#### **Geltende Regelungen zur Produktsicherheit und GATT**

Durch spezifische Rechtsvorschriften zur Gentechnologie direkt geregelt ist derzeit das Inverkehrbringen von Lebensmitteln, die aus gentechnisch veränderten Pflanzen, Tieren oder Mikroorganismen hergestellt wurden, nur dann, wenn sie *vermehrungsfähige* veränderte Organismen *enthalten oder solche sind* (vgl. hierzu und zum folgenden Spelsberg 1994, S. 28 ff.). Das Inverkehrbringen solcher Lebensmittel fällt in Deutschland unter die Bestimmungen des Gentechnikgesetzes, auf EU-Ebene unter die Richtlinie zur absichtlichen Freisetzung genetisch veränderter Organismen (90/220/EWG). Eine Festsetzung von internationalen Standards wird derzeit im Rahmen der Erarbeitung eines Biosafety Protocol im Nachgang der UNCED-Konferenz in Rio de Janeiro diskutiert (vgl. hierzu Kap. III.2.3).

*Mit Ausnahme der Niederlande, Großbritanniens und der USA gibt es bisher in keinem Land spezifische Bestimmungen (Zulassungsvorschriften oder Sicherheitsstandards) für solche Produkte, die zwar mittels gentechnisch veränderten Organismen hergestellt wurden, diese aber in vermehrungsfähiger Form nicht mehr enthalten* (beispielsweise Käse, der mittels eines gentechnisch hergestellten Lab-Enzyms produziert wurde). Allgemein gehaltene Empfehlungen zur Überprüfung der Sicherheit solcher Produkte wurden von einer FAO/WHO-Beratergruppe 1991 veröffentlicht (WHO 1991). Solche Empfehlungen versuchen, Kriterien dafür zu entwickeln, wie einzelne Produkte hinsichtlich z.B. folgender in der Diskussion befindlicher Gesundheitsrisiken bewertet werden können:

- Unerwartete Entstehung neuer toxischer Stoffe im gentechnisch veränderten Organismus bzw. verstärkte Produktion bereits vorhandener toxischer Stoffe infolge der gentechnischen Veränderung;
- Beeinträchtigung der "Bioverfügbarkeit" eines Nährstoffes durch die Veränderung seiner molekularen Struktur oder die Bildung neuer Substanzen (mit nachteiligen Effekten für die Ernährung);
- Veränderung des allergenen Potentials eines Produktes durch die Einführung von Genen aus einem fremden Organismus.

In der internationalen Diskussion zeichnet sich derzeit eine Orientierung der Sicherheitsstandards und Prüfkriterien an dem von der OECD "Group of National Experts" (GNE) vorgeschlagenen Konzept der "*substantiellen Äquivalenz*" ab (OECD 1993b). Danach können Lebensmittel und -zutaten, die von auf gentechnologischem Wege veränderten Organismen stammen, analog konventioneller Produkte beurteilt werden, wenn zwischen beiden eine "substantielle Äquivalenz" besteht (z.B. zwischen einer "normalen" und einer mittels gentechnischer Veränderung langfristig haltbar gemachten Tomate). Dies ist dann der Fall, wenn das neue Lebensmittel von einem Organismus stammt, dessen neu eingeführte Merkmale gut charakterisiert sind, und der neue Organismus gegenüber seiner konventionellen, aufgrund langer Erfahrung als sicher geltenden Variante "mit begründeter Gewißheit" keine neuen Risiken aufweist (Spelsberg 1994, S. 33). Ähnlich unterscheidet auch die in der EU in Vorbereitung befindliche "Novel-Food-Verordnung" mittels des Kriteriums der "wesentlichen Veränderung", ob Produkte aus gentechnisch veränderten Organismen zulassungspflichtig sind oder nicht. Eine solche Bewertung geht also von der prinzipiellen Vergleichbarkeit gentechnisch veränderter und konventionell gezüchteter Organismen aus.

Die Schwierigkeiten des Konzeptes werden zum einen darin gesehen, *daß für viele Organismen bzw. Produkte das verfügbare Datenmaterial nicht ausreicht, um die "substantielle Äquivalenz" zu beurteilen*. Kritiker befürchten zudem, daß in dem Maße, in dem gleiche oder ähnliche Merkmale oder Genkonstrukte verwandt werden und entsprechende Produkte zugelassen werden, es immer leichter wird, unter Verweis auf bereits vorliegende Erfahrungen auf "substantielle Äquivalenz" bei neuen Produkten zu entscheiden. Immer mehr gentechnisch hergestellte Lebensmittel kämen dann ohne Sicherheitsprüfung auf den Markt. Aufgrund der spezifischen Risiken, die durch gentechnische Veränderungen von Organismen entstehen könnten, sei eine Risikoabschätzung aber in jedem Einzelfall erforderlich (Spelsberg 1994, S.36).

Unabhängig davon, wie man sich zu dieser Diskussion stellt, wirft die zu erwartende Ausdehnung des grenzüberschreitenden Handels mit gentechnisch hergestellten Lebensmitteln die Frage auf, wie die Einhaltung von Sicherheitsstandards, deren Notwendigkeit grundsätzlich von niemandem bestritten wird, kontrolliert und durchgesetzt werden kann, wenn in den meisten Ländern der "Dritten Welt" die Sicherheitsstandards unterhalb der etwa von der WHO/FAO oder durch das Konzept der "substantiellen Äquivalenz" vorgegebenen Mindeststandards liegen. Es besteht vor diesem Hintergrund die *Gefahr des unkontrollierten Exportes von "minderwertigen" Produkten aus den Industrieländern in die Entwicklungsländer bzw. auch die Gefahr der (illegalen) Einfuhr von nicht den westlichen Sicherheitsstandards entsprechenden Produkten aus den Entwicklungsländern in die industrialisierten Länder*. Wirksamer Verbraucherschutz setzt im einen wie im anderen Fall die Durchsetzung bestimmter Gesetze wie auch ein wirksames Kontrollsystem voraus.

Wichtig für die Frage des möglichen Spielraums unterschiedlicher Sicherheitsstandards im internationalen Handel ist neben der internationalen Durchsetzung gleicher Sicherheitsstandards im Rahmen eines Biosafety Protocol (siehe hierzu Kap. III.2.3) das Allgemeine Zoll- und Handelsabkommen. Insbesondere der in der Uruguay-Runde des GATT in den Vordergrund gestellte Abbau nicht-tarifärer Handelshemmnisse (Artikel 11) betrifft unter dem Aspekt des Verbraucherschutzes den internationalen Handel mit gentechnisch hergestellten Lebensmitteln. Die GATT-Vertragsstaaten dürfen technische Vorschriften und Normen - und hierzu zählen auch solche zur Sicherheit von Produkten - nicht ausarbeiten oder anwenden, wenn diese ein Handelshemmnis schaffen. Das GATT verbietet technische Vorschriften jedoch nicht, "wenn sie unter anderem dem Schutz der menschlichen Gesundheit, von Tieren, Pflanzen oder der Umwelt dienen" (Artikel 20b).

Mit letzterer Bestimmung sind GVOs oder Produkte, die gentechnisch veränderte Organismen enthalten, weitgehend aus den Vereinbarungen zum Abbau nicht-tarifärer Handelshemmnisse ausgenommen, da sie nationalen Zulassungs- und Genehmigungsverfahren unterliegen, die dem Schutz von Umwelt und Gesundheit dienen sollen. *Wenn daher ein Land strengere technische Vorschriften für solche Produkte, also z.B. transgene Nutzpflanzen, erläßt, gilt dies nicht als unerlaubtes Handelshemmnis im Sinne des GATT. Somit stünde es Industrienationen frei, unter Verweis auf nationalen Bestimmungen nicht entsprechende Sicherheitsstandards, zum Schutz der Verbraucher die Einfuhr etwa von transgenen Nutzpflanzen aus Ländern des Südens zu verweigern.* Ebenso könnte ein Entwicklungsland beispielsweise den Import einer in den USA zugelassenen gentechnisch veränderten Pflanzensorte unter Hinweis auf Gefahren für das Ökosystem verbieten.

Anders ist die Lage bei solchen Produkten, für die keine begründeten Sicherheitsstandards bestehen, also bei mittels gentechnischer Verfahren hergestellten Produkten, die keine GVOs oder Teile von diesen enthalten. Hier kann von einem Land auch nicht unter Verweis auf Gefahren der verwandten Methode oder die Begleitumstände der Produktion im Herstellerland ein Handelshemmnis - etwa Kennzeichnungspflicht oder Verbot - begründet werden. *Es wäre wahrscheinlich nicht GATT-konform, wenn ein Industrieland die Einfuhr eines gentechnisch hergestellten Verbrauchsgutes verweigern würde, weil im Herstellungsland keine ausreichenden Gesetze oder Kontrollmechanismen zur Gewährleistung der Sicherheit der Produktion bestehen.* Der Hinweis auf fehlende Regulierung oder mangelnde Sicherheitsstandards im Herstellerland reicht nicht aus. Nach dem GATT ist der Nachweis verlangt, daß von dem importierten Produkt Gefahren für die Umwelt oder die Gesundheit der Bevölkerung ausgehen. Der Abschluß der Uruguay-Runde hat diese Hürde noch erhöht, indem nun gemäß dem Kodex zu technischen Handelshemmnissen (Technical Barriers to Trade Code, TBT-Code) ausdrücklich eine wissenschaftlich anerkannte Begründung für die Vermutung der Gesundheitsgefährdung gefordert wird. Danach läge z.B. im Falle des in der EU geltenden Importverbotes für gentechnisch hergestelltes Rinderwachstumshormon (rBST) die Beweislast, daß von rBST Gesundheitsgefahren ausgehen, bei der EU.

### Lebensmittelrechtliche Standards innerhalb des GATT

Die Erarbeitung lebensmittelrechtlicher Standards innerhalb des GATT obliegt der sogenannten Codex Alimentarius Commission.<sup>9</sup> Nach den Beschlüssen der Uruguay-Runde werden die Empfehlungen dieser Kommission in Zukunft bindenden Charakter haben, d.h. sie bilden das Basisniveau für die nationalen Standards im Bereich des Lebensmittelrechtes, und Abweichungen nach oben werden begründungspflichtig. Die Codex-Alimentarius-Kommission hat bisher noch keine Standards für Erzeugnisse der modernen Biotechnologie erarbeitet. Es ist aber zu erwarten, daß sich die Kommission an dem Konzept der "substantiellen Äquivalenz" orientieren wird. Dies zeigen die derzeit laufenden Beratungen des "Codex Committee on Food Labeling", die ein Diskussionspapier der amerikanischen Regierung zur Grundlage haben. Danach soll eine Kennzeichnungspflicht biotechnologischer Produkte nur dann zulässig sein, wenn der jeweilige Gentransfer die Qualität oder Zusammensetzung des verkaufsfertigen Produkts wesentlich verändert hat, was nach Ansicht des Diskussionspapiers nicht schon aus der Tatsache der Einführung eines fremden Gens in den Organismus zu schließen ist. Transgene Pflanzen "liefern dieselben Lebensmittel und Lebensmittelzutaten wie solche, die nicht verändert worden sind" (Codex Alimentarius Commission 1994, S. 10, zitiert nach Spelsberg 1994, S. 121). Danach *würde eine Kennzeichnungspflicht für Produkte, die vermehrungsfähige gentechnisch veränderte Organismen enthalten oder solche sind (transgene Pflanzen und Tiere), wie sie zur Zeit etwa in Deutschland, aber auch in anderen Industrienationen von Verbraucherverbänden gefordert wird, als Handelshemmnis gelten.*

Die derzeitige internationale rechtliche Situation bezüglich des Verbraucherschutzes bei gentechnisch hergestellten Lebensmitteln ist also, was die für erforderlich gehaltenen Sicherheitsstandards angeht, noch offen. Eine wie auch immer orientierte Verbraucherschutzpolitik muß aber beachten, daß, sobald solche Standards vereinbart sein werden, es aufgrund der Bestimmungen des GATT schwer sein wird, darüber hinausgehende nationale Bestimmungen zu rechtfertigen. Vereinbarungen auf der Ebene der Codex-Alimentarius-Kommission werden als verbindliche Standards, nicht als Mindeststandards, anzusehen sein.

---

<sup>9</sup> Diese aus 20 Fachausschüssen und vier regionalen Koordinationsausschüssen für Afrika, Asien, Europa und Lateinamerika bestehende Kommission ist bei WHO und FAO angesiedelt. Ihr gehören derzeit 130 Regierungen als Mitglieder an.

## Probleme der Lebensmittelüberwachung

Welche Standards auch immer vereinbart werden: Grundsätzlich sollte bei einer Ausweitung des internationalen Handels mit gentechnisch hergestellten Lebensmitteln eine effektive Lebensmittelüberwachung gewährleistet sein.

Dabei stellt sich von der technischen Seite her das *Problem des Nachweises, daß ein Produkt mittels gentechnischer Verfahren hergestellt wurde bzw. GVOs enthält*. Nur ein effektiver Nachweis könnte Zulassungsbestimmungen und Sicherheitsstandards wirksam werden lassen. Die derzeit zur Verfügung stehenden Verfahren zum Nachweis von Spuren fremder DNA in Lebensmitteln haben zur Voraussetzung, daß eine typische Sequenz aus dem transferierten Gen bekannt ist, man also weiß, wonach man suchen soll. Diese Information liegt nur dann vor, wenn ein entsprechendes Produkt nach dem einschlägigen Gentechnikrecht zugelassen wurde oder dies über Literatur- oder Patentrecherche erschlossen werden kann. Wenn im Erzeugerland aber keine Zulassungspflicht besteht oder diese umgangen wurde, ist ein Nachweis in den seltensten Fällen möglich. Unter dem Gesichtspunkt des Verbraucherschutzes wird deshalb diskutiert, eine Verpflichtung der Hersteller gentechnischer Produkte, entsprechende Informationen oder auch Nachweisverfahren zur Verfügung zu stellen, in den künftigen Codex-Alimentarius-Standards zu berücksichtigen.

Möglicherweise gravierender als die Probleme des Nachweises fremder Gene sind die des Aufbaus entsprechender effektiver Überwachungsinstitutionen in den Entwicklungsländern. *Dort gibt es oft weder Lebensmittelgesetze noch ein funktionierendes Überwachungssystem, das entsprechende Gesetze erst wirksam machen würde*. Dieses Kontrolldefizit bringt sowohl für die Länder der "Dritten Welt" selbst als auch für die Verbraucher in den Industrienationen Risiken mit sich.

Unter Verweis auf Erfahrungen der Vergangenheit wird von Verbraucherorganisationen aus den Entwicklungsländern die Befürchtung geäußert, daß die ärmeren Entwicklungsländer "als Abladeplatz für solche Produkte und Technologien mißbraucht werden, die schlecht, gefährlich und ungesund sind".<sup>10</sup> Nicht nur im Hinblick auf neue biotechnologische Produkte wäre es also erforderlich, insbesondere die Entwicklungsländer, die auf Nahrungsmittelimporte angewie-

---

<sup>10</sup> Zitat aus einer Rede von Dr. Jasper Okelo, Vorsitzender der „Kenya Consumers Organization“, auf einer Konferenz von Verbraucherorganisationen in Afrika, IOUC-Regional Conference for Africa (IOUC, World Consumer, Nr. 213, May 1994, nach Spelsberg 1994, S. 133).

sen sind, beim Aufbau von Lebensmittelüberwachungssystemen zu unterstützen. Eine solche Kontrolle wäre aber auch im Hinblick auf den Export von Nahrungsmitteln aus Entwicklungsländern von Bedeutung. Eine funktionierende Lebensmittelüberwachung wie auch eine Anpassung nationaler Rechtsvorschriften für die Zulassung neuer Sorten und Produkte wäre zum einen im Interesse der Verbraucher in den Industrieländern wünschenswert. Dies auch gerade wegen der o.g. Schwierigkeiten des Nachweises von fremden DNA-Sequenzen oder Genprodukten in Lebensmitteln, die eine Kontrolle schon im Herstellerland nötig erscheinen lassen. Eine Anpassung nationaler Vorschriften und entsprechender Überwachungssysteme läge aber auch im Interesse von Entwicklungsländern. Die Exportchancen eines Landes der "Dritten Welt" werden mitentscheidend davon abhängen, inwieweit das Land die Einhaltung von international anerkannten Qualitätsstandards garantieren kann.

### **Fazit**

So wie bezüglich der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen ein den im Norden geltenden Regelungen zur Gentechnik entsprechendes völkerrechtlich verbindliches Protokoll nötig sein wird, so werden mit zunehmendem internationalen Handel mit gentechnisch hergestellten Lebensmitteln auch auf der Ebene der Produkte internationale Sicherheitsstandards und entsprechende Kontrollsysteme unumgänglich werden. Die Weichen hierfür werden über das GATT und hier über die Codex Alimentarius Commission gestellt werden. Es wird die Frage zu klären sein, ob das Prinzip der "substantiellen Äquivalenz" der geeignete Ausgangspunkt für eine solche Vereinbarung ist. Auf jeden Fall erscheint aber eine Umsetzung internationaler Standards in nationale Rechtsvorschriften und erst recht in wirksame Kontrollsysteme - und damit die Realisierung eines effektiven Schutzes der Verbraucher in den Entwicklungsländern wie in den Industrienationen - von den meisten Entwicklungsländern nicht ohne entsprechende Unterstützung realisierbar zu sein.





## **IV. Bewertung der Biotechnologie vor dem Hintergrund entwicklungspolitischer Ziele**

### **1. Ernährungssicherung**

Hunger und Mangelernährung sind in aller Regel Folgen sozialer, politischer und ökonomischer Mißstände. Die weltweite Produktion von Nahrungsmitteln würde zur Zeit theoretisch ausreichen, um alle Menschen zu ernähren. Laut Schätzungen der FAO leiden jedoch ca. 800 Mio. Menschen an Hunger. Die chronisch Mangelernährten sind weitgehend identisch mit den Armen. Sie sind mangelernährt, weil sie zu arm sind, um Nahrungsmittel zu erwerben, und weil sie keinen Zugang zu Ressourcen haben, um selbst Nahrungsmittel zu erzeugen. *Die Biotechnologie könnte zur Linderung der Auswirkungen der (vor allem sozialen und politischen) Mißstände beitragen, wenn durch sie eine Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion in Entwicklungsländern erzielt würde und diese der besonders vom Hunger betroffenen armen Landbevölkerung zugute käme.*

*Der potentielle Beitrag der verschiedenen biotechnologischen Methoden (s. Kap. I.2 und II.1.1) zur Produktionssteigerung und damit Ernährungssicherung in Entwicklungsländern wird allerdings sehr unterschiedlich beurteilt. Während in der öffentlichen Diskussion die Gentechnik als vielversprechende Zukunftstechnologie die größte Beachtung erfährt, werden von Experten der Entwicklungszusammenarbeit im Hinblick auf die "Dritte Welt" vor allem weiterentwickelte traditionelle oder einfache moderne Verfahren genannt, die ihre Effizienz in der Praxis bewiesen haben, wie z.B. Gewebekulturtechniken - v.a. die Mikropropagation -, Biopestizide und -dünger, Diagnosemethoden (und Impfstoffe) für Pflanzen- und Tierkrankheiten sowie die verschiedenen Reproduktionstechniken der modernen Viehzucht (ATSAF 1994, S. 66 f., 95 f.). Auf längere Sicht könnten darüber hinaus die markergestützte Selektion und Züchtung bei bislang nicht oder nur kaum erforschten Arten Erfolge zeigen. Als einerseits weitestverbreitete und andererseits meistdiskutierte Methode werden im folgenden exemplarisch die Gewebekultur und die Gentechnik behandelt. Zum Bereich der Tierproduktion sei angemerkt, daß eine großflächige Ausdehnung der Weidewirtschaft, die infolge der Entwicklung effizienter Impfstoffe und -methoden Gebiete erfassen könnte, die bisher wegen Verseuchung nicht*

genutzt werden, ökologische Auswirkungen haben könnte, die eine sehr genaue Abwägung der Vor- und Nachteile nötig machen würden (vgl. von Urff in ATSAF 1994, S. 91).

Die Anwendung von *Gewebekulturtechniken* ermöglicht die einfache und schnelle Vermehrung von Pflanzen prinzipiell jeglicher Art. Dadurch können Pflanzen nicht nur schneller züchterisch weiterentwickelt werden (z.B. im Vergleich zur normalen, vegetativen Vermehrung von Kartoffeln ca. 10.000mal schneller), sondern es können auch schnell große Mengen gleichartiger Stecklinge (Klone) mit herausragenden Eigenschaften, z.B. den Ertrag oder die Strebtoleranz betreffend, erzeugt werden. *Allein durch die Verwendung von virusfreiem Material können Ertragssteigerungen um bis zu 30% erzielt werden* (ATSAF 1994, S. 97). Dadurch würden natürliche Ressourcen, wie Bodenfruchtbarkeit und Wasser, bei weitem effizienter ausgenutzt. Gewebekulturtechniken eignen sich für den Einsatz in Entwicklungsländern besonders gut, weil sie billig und mit einfachen Mitteln handhabbar, wenn auch relativ arbeitsaufwendig sind. *Da arbeitsintensive Verfahren von Familienbetrieben ökonomisch effizient bewältigt werden können, fügt sich diese biotechnologische Methode der Pflanzenvermehrung gut in die in vielen Entwicklungsländern nach wie vor dominierenden kleinbäuerlichen Strukturen ein.* Durch diese Vorteile unterstützt, sind die Gewebekulturtechniken in Entwicklungsländern schon relativ weit verbreitet und spielen in einigen Ländern bereits eine wichtige Rolle bei der Sicherung der Grundversorgung.

Die eigentliche Züchtung neuer Sorten und die Bereitstellung des Ausgangspflanzgutes für die Weitervermehrung kann nicht von den Bauern selbst geleistet werden, sondern muß in zentralen Labors bzw. Stationen der nationalen Agrarforschungssysteme erfolgen. Je geringer die Zahl dieser Stationen und ihre finanziellen und technischen Kapazitäten sind, desto größer ist das Risiko, daß bei gleichzeitig steigender Nachfrage vorwiegend uniformes Material gezüchtet und somit der genetischen Verarmung Vorschub geleistet wird. Um diese unerwünschte Verengung der genetischen Basis zu vermeiden, *muß einerseits bei der Anwendung von Gewebekulturtechniken auf ein ausreichend breites Genotypenspektrum zurückgegriffen werden, andererseits sollten kleine dezentrale Vermehrungsstationen eingerichtet werden, die auch lokale Pflanzensorten weiterentwickeln* (ATSAF 1994, S. 97 f.). Letzteres würde auch die Versorgung abgelegener ländlicher Gebiete mit ertragreicherem virusfreiem Pflanzenmaterial begünstigen.

Insgesamt betrachtet sind *für Entwicklungsländer die einfachen Verfahren der Gewebekulturtechnik sicherlich die geeignetsten unter den modernen biotech-*

*nologischen Methoden, die kurz- bis mittelfristig einen konkreten Beitrag zur Ertragssteigerung und damit Nahrungssicherung leisten können. Aufgrund ihrer geringen Komplexität bei gleichzeitiger hoher Effizienz sollten sie erfolgreich auch bei Pflanzenarten angewendet werden können, die bisher als sogenannte "orphan crops" vernachlässigt wurden.*

Mit der biotechnischen Einbringung definierter Erbsubstanz in Pflanzen können Genkombinationen erzeugt werden, die mit bisherigen Züchtungsmethoden nicht erzielt werden konnten. Ein solcher *Gentransfer* funktioniert bislang jedoch in der Regel nur für Merkmale, die über ein einzelnes oder höchstens einige wenige Gene gesteuert werden. Die Information für die meisten der landwirtschaftlich interessanten Eigenschaften liegt jedoch auf viele Gene verteilt vor, wie z.B. für die Fähigkeit zur Stickstofffixierung (bzw. für die Fähigkeit zur Symbiose mit den stickstofffixierenden Bakterien), wo weit über ein Dutzend Gene beteiligt sind. Die Übertragung einer solchen Vielzahl von Genen auf einmal und die Beherrschung der richtigen Steuerung der Merkmalsausprägung liegt noch in ferner Zukunft. *Einige Wissenschaftler, unter ihnen der langjährige Forschungsdirektor des weltgrößten Saatgutkonzerns Pioneer Hi-Bred, bezweifeln grundsätzlich, daß - von einigen wenigen Ausnahmen abgesehen - mit Hilfe der Gentechnologie das Ertragspotential der Pflanzen entscheidend angehoben werden kann* (Brown 1994). Einigkeit besteht darüber, daß Gentechnik die klassische Pflanzenzüchtung ergänzen, niemals jedoch ersetzen oder überflüssig machen kann (ATSAF 1994, S. 89 f.).

Konkrete Projekte gentechnologischer Züchtungsforschung beschäftigen sich bislang vor allem mit der Erzeugung von Herbizidresistenz, der Übertragung bakterieller Toxine oder viraler Hüllproteine als quasi "eingebaute Pestizide" und der Veränderung der Inhaltsstoffzusammensetzung zur Steigerung des Anteils ernährungsphysiologisch günstiger Komponenten, z.B. bestimmter Aminosäuren oder Vitamine. Virus- und insektenfraßresistente Pflanzen sollen eine direkte Ertragssteigerung bzw. -sicherung bringen, Pflanzen mit geänderter Nährstoffkombination Mangelerscheinungen beheben, die durch die einseitige Ernährung bei einem Großteil der armen Weltbevölkerung hervorgerufen wird.

Wie in Kap. II.1 dargestellt, hat keiner dieser Ansätze bisher praxisreife Pflanzensorten für Entwicklungsländer hervorgebracht (abgesehen von der Volksrepublik China, wo transgene Pflanzen in größerem Umfang angebaut werden), obwohl eine ganze Reihe von Projekten damit befaßt sind. Zudem gibt es aus agrarwissenschaftlicher Sicht *grundlegende Bedenken, ob es sinnvoll ist, Pflanzensorten mit gentechnischen Methoden hochspezifisch gegen bestimmte*

*Schädlinge resistent zu machen.* Eine solche Resistenz, die mit Hilfe einiger weniger, genau definierter Stoffe bzw. Gene erzielt wird, kann durch eine Anpassung des Schädlings sehr leicht durchbrochen werden. Alternative Modelle setzen gegen diese "vertikale" Resistenz, die an eine definierte DNA-Sequenz gebunden ist und von den Pflanzen homogener Hohertragsorten an alle Nachkommen stabil weitergegeben werden soll, die "horizontale" Resistenz, die in der Summe der Abwehreigenschaften eines Genpools besteht (Dempsey 1992). *Solche notwendigerweise inhomogenen Pflanzenpopulationen zeigen zwar nicht die gleichen Maximalerträge wie Hochleistungssorten unter Optimalbedingungen, gewährleisten jedoch auch unter wechselnden äußeren Bedingungen eine annähernd stabile Ernte.* Letzteres erscheint gerade für die Problemlage in vielen Entwicklungsländern als das vorrangige Ziel. Auch die gentechnische Veränderung der Inhaltsstoffzusammensetzung von Pflanzen stellt unter entwicklungspolitischen Gesichtspunkten kaum einen geeigneten Beitrag dar, Mangelernährung zu beheben. *Eine nachhaltige Lösung kann nur darin bestehen, allen Menschen auf der Welt den Zugang zu einer abwechslungsreichen Nahrung zu gewährleisten, die keine spezifischen Defizite aufkommen läßt.*

Da gerade die ärmsten der Entwicklungsländer, wie an verschiedenen Stellen im vorliegenden Bericht dargelegt, auf die Einführung gentechnologischer Methoden in keiner Weise vorbereitet sind, *besteht breite Übereinstimmung darüber, daß die Anwendung der Gentechnik den Internationalen Agrarforschungszentren und ähnlichen, gut ausgerüsteten Institutionen vorbehalten bleiben sollte* (vgl. BMZ 1994; ATSAF 1994, S. 103). Angesichts der unzureichenden Finanzausstattung der IARCs (s. Kap. II.1.6) und der immensen Defizite im Bereich der konventionellen Landwirtschaft der "Dritten Welt" ist allerdings zu fragen, ob mit einem Einstieg in die Gentechnik nicht Mittel gebunden werden, die für einfachere und effektivere Produktivitätssteigerungen eingesetzt werden könnten.

Für die Anwendung gentechnologischer Methoden in der Züchtungsforschung an Pflanzen des Südens spricht, *daß im Hinblick auf den prognostizierten immensen Nahrungsmittelbedarf einer weiter wachsenden Bevölkerungszahl nichts unversucht bleiben darf, um in 10 oder 15 Jahren die dann benötigten neuen, ertragreichen Sorten zur Verfügung zu haben* (Leisinger 1994; von Urff in ATSAF 1994, S. 91). Vor übertriebenen Erwartungen an das Problemlösungspotential gentechnischer Ansätze wird jedoch gewarnt. *Als wichtiger wird eine nachhaltige und umfassende Förderung der Landwirtschaft in den Entwicklungsländern angesehen, die die Vorzüge regionaler, traditioneller Anbauweisen und die der modernen, westlich geprägten Agrarwissenschaft ver-*

bindet (vgl. ATSAF 1994, S. 95 ff.).

Für eine langfristige Produktionssicherung wird es notwendig sein, die genetische Vielfalt der Wild- und Nutzpflanzen zu erhalten. *Unterstützungswürdig sind daher die Forschungsausrichtung entsprechender Züchtungsinstitutionen auf regional und lokal bedeutsame Arten, die Bewahrung bzw. Berücksichtigung traditionellen, indigenen Wissens über Züchtung sowie der Erhalt pflanzlicher und tierischer Ressourcen durch von Bauern und Bäuerinnen unterhaltene Saatgutbanken oder entsprechende kleinräumige und kleinbäuerliche Agrarwirtschaften.*

## 2. Verbesserung der Gesundheitsversorgung

*Die Sicherung der Gesundheitsversorgung in Entwicklungsländern ist in erster Linie nicht von der Erforschung und Produktion neuer Medikamente abhängig, sondern von der ökologischen und sozialen Situation in diesen Ländern und der Fähigkeit, ein funktionierendes Gesundheitssystem aufzubauen (s. Kap. III.3.2).* Daher steht beispielsweise für Vertreter der BUKO-Pharmakampagne nicht die Erforschung und Entwicklung neuer Medikamente im Vordergrund. Sie sehen die knappen Forschungsgelder effektiver eingesetzt, wenn sie weniger für naturwissenschaftlich-medizinische als für soziale, ökonomische und politische Lösungsansätze der größten Gesundheitsprobleme in Entwicklungsländern verwendet würden (BUKO 1994b, S. 7).

*Auch nach Meinung der Weltbank wird in Entwicklungsländern zu viel Geld für "High-Tech-Medizin" ausgegeben und zu wenig für die Vorsorge vor Krankheiten und die grundlegende Gesundheitsversorgung.* Biomedizinische Forschung mit hohem Prestigewert würde andere medizinische Disziplinen wie die Epidemiologie an den Rand drängen, obwohl gerade auch Erkenntnisse aus den anderen Disziplinen bei der Gestaltung einer effektiven Gesundheitspolitik eine wichtige Rolle spielten (Aldhous 1993). Angesichts der knappen staatlichen Ressourcen empfiehlt die Weltbank den Regierungen von Entwicklungsländern, kurz- und mittelfristig die Finanzierung einer biomedizinischen Grundlagenforschung zu verringern oder ganz auf sie zu verzichten, wenn diese mit Blick auf eine internationale Reputation angelegt ist. *Statt dessen sollten die Regierungen ihre Forschungsbemühungen in Bereiche umschichten, die primär nationale Vorteile bringen* (Weltbank 1993, S. 192). Dazu gehören die Suche nach kostengünstigen Behandlungsweisen und eine verbesserte Auswahl

von Medikamenten. Nach Untersuchungen der Weltbank können Entwicklungsländer viel Geld dadurch sparen, daß sie Medikamente und Impfstoffe beim günstigsten Anbieter auf dem Weltmarkt einkaufen. Einige Länder konnten dadurch ihre Arzneimittelausgaben zwischen 40 und 60 Prozent reduzieren (Weltbank 1993, S. 180). *Nach Schätzungen der WHO sind 95% aller mit Medikamenten sinnvoll therapierbaren Krankheitsfälle mit nur 280 Wirkstoffen in 450 Darreichungsformen behandelbar, die einfach, preiswert und in genügend großen Mengen auf dem Weltmarkt erhältlich sind* (nach BUKO 1994b, S. 7).

*Die zweifellos notwendige biomedizinische Grundlagenforschung für die Bekämpfung noch kaum behandelbarer Tropenkrankheiten wie Malaria und Bilharziose sollte nach Vorschlägen der Weltbank am besten von der internationalen Gemeinschaft finanziert werden.* Dies ist insbesondere notwendig, "wenn die sich daraus ergebenden Vorteile über die nationalen Grenzen hinausgehen und die Forschung vom Privatsektor nicht sozial optimal geleistet wird" (Weltbank 1993, S. 192). Viele ernste Krankheiten in Entwicklungsländern stellen keinen attraktiven kommerziellen Markt dar, der Privatunternehmen dazu veranlassen könnte, bessere Methoden zu deren Bekämpfung zu entwickeln. Obwohl 90% der globalen Krankheitsbelastung in Entwicklungsländern anzutreffen ist, werden nur ca. 5% der weltweiten Investitionen in die Gesundheitsforschung zur Bekämpfung von spezifischen Gesundheitsproblemen von Entwicklungsländern ausgegeben (Weltbank 1993, S. 188).

Unter der *Prämisse, daß die teure Erforschung und langwierige Entwicklung von neuen Medikamenten für Entwicklungsländer jedoch kaum ohne die technische, wissenschaftliche und finanzielle Hilfe privater Pharmafirmen aus hochtechnisierten Ländern möglich ist*, muß nach Meinung der GTZ (1994, S. 41) ein Kompromiß gefunden werden zwischen

- dem Ziel, neue Arzneimitteln zu einem Preis zu entwickeln, der von den armen Menschen und/oder dem Sozialsystem von armen Ländern getragen werden kann, und
- der erforderlichen Orientierung privater Firmen an profitablen Märkten.

Komponenten eines solchen Kompromisses wären die Teilung der Entwicklungskosten zwischen dem öffentlichen Sektor und Privatunternehmen, die Gewährleistung eines angemessenen Marktanteils für die beteiligten Pharmafirmen und die Subvention von Herstellungs- und Verteilungskosten durch internationale Organisationen. Als positive Beispiele einer solchen Strategie können die nun abgeschlossenen Entwicklungen der konventionellen Chemotherapeutika Mefloquin gegen Malaria (Zusammenarbeit von *Hoffman-La*

*Roche* und UNDP/ Weltbank/WHO) und Ivermectin gegen Flußblindheit (Zusammenarbeit von *Merck & Co.* und UNDP/Weltbank/WHO) angeführt werden (GTZ 1994, S. 60, 128).

*Die internationale Unterstützung für die Gesundheitsforschung in Entwicklungsländern ist nach Erkenntnissen der Weltbank jedoch inadäquat und schlecht organisiert.* Die Weltbank schlägt daher die Bildung einer neuen internationalen Organisation vor, die die Forschung für die Entwicklungsländer koordiniert und fördert. Als Vorbild könnte z.B. die CGIAR dienen, die die internationalen Agrarforschungszentren koordiniert. Ähnlich diesen Zentren sollten medizinische Forschungszentren vor Ort die gesundheitlichen Problemschwerpunkte von Entwicklungsländern bearbeiten. Unklar ist jedoch die Finanzierung solcher Einrichtungen. Diese Frage der Finanzierung stößt schon bei den internationalen Agrarforschungszentren auf Schwierigkeiten.

*Daneben könnte der Ausbau bereits bestehender Einrichtungen in Entwicklungsländern und schon vorhandener internationaler Netzwerke vorangetrieben werden.* In den USA werden solche Netzwerke vor allem von Stiftungen (z.B. Rockefeller, Ford, MacArthur und Carnegie) eingerichtet und aufrechterhalten. Diese Stiftungen besitzen nicht nur relativ frei einsetzbare finanzielle Mittel und enge Kontakte zu Wissenschaft, Wirtschaft und Politik, sondern auch die Flexibilität, neue Konzepte im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit zu initiieren und zu unterstützen. In Europa fehlt ein vergleichbares Netzwerk zwischen Stiftungen, aus dem (eventuell in Verbindung mit NGOs) neue Impulse für die Entwicklungszusammenarbeit hervorgehen könnten (GTZ 1994, S. 75). Die Idee, ein "Asian Biotechnology Information Service Network" zwischen Asien und der EU aufzubauen, ist bereits vorhanden, es fehlt jedoch an dessen Finanzierung.

Weitere Beispiele für internationale Netzwerke auf dem Gebiet der Entwicklungszusammenarbeit sind der Council on Health Research for Development (COHRED) in Genf (Aldhous 1993), die Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries (SAREC) und das International Development Research Center (IDRC) in Kanada. Das IDRC und die SAREC sind ausschließlich im Bereich der Forschung und Entwicklung tätig. *Sie wurden aus der Überzeugung heraus gegründet, daß die Länder des Südens ihre Probleme selbst lösen müssen und daß sie dies durch Forschung erreichen können* (GTZ 1994, S. 73). Beide Organisationen fördern die Forschungskapazitäten von Entwicklungsländern durch die Unterstützung von Forschungsinstitutionen im Süden sowie durch die Aus- und Weiterbildung von Forschern. Wissenschaftler aus dem Süden werden dazu mit mehrjährigen Stipendien unterstützt und pen-

deln im Rahmen eines Projektes zwischen Forschungseinrichtungen des Südens und des Nordens. Nach einer Beurteilung der GTZ ermöglicht dies stabile Arbeitskontakte und führt zu einem regelrechten Austausch von Wissen und Erkenntnissen zwischen dem Norden und dem Süden - in beide Richtungen (GTZ 1994, S. 137). Das IDRC unterhält dazu fünf Regionalbüros, in Dakar, Nairobi, Neu Delhi, Singapur und Montevideo.

### **3. Wissenschaftlich-technologische Autonomie**

Die Förderung wissenschaftlich-technischer Autonomie der Länder des Südens ist Aufgabe der technischen und finanziellen Zusammenarbeit als wesentliche Bestandteile der Entwicklungskooperation. Im Falle der Biotechnologie haben sich die Industrienationen durch die Biodiversitätskonvention (Art. 16) darüber hinaus explizit verpflichtet, den Staaten des Südens Zugang zu modernen Biotechnologien zu verschaffen. Diese Verpflichtung zur Intensivierung des Technologietransfers betrifft nicht nur solche Biotechnologien, die (entsprechend dem Zweck der Konvention) von den Entwicklungsländern zur Wahrung der biologischen Vielfalt, also zum Schutz genetischer Ressourcen eingesetzt werden können, sondern auch solche Technologien, mittels derer genetische Ressourcen von den Entwicklungsländern genutzt werden können (vgl. Wolfrum 1994, S. 29 ff.).

Ziel der Technischen Zusammenarbeit ist es, "durch geistige und materielle Unterstützung der Eigeninitiative in den Menschen das Bewußtsein zu wecken, ihre Lebensbedingungen aus eigener Kraft verbessern zu können" (BMZ 1991, S. 64). Im Zentrum steht die Stärkung der "technologischen Kompetenz" der Entwicklungsländer. Dies meint nicht in erster Linie "Autarkie" im Bereich der Entwicklung neuer Technologien für eigene Bedürfnisse, sondern "die Fähigkeit, das jeweilige Technologieangebot zu überblicken, Technologien zu bewerten und auszuwählen, sie zu nutzen, anzupassen, zu verbessern und schließlich eigenständig weiterzuentwickeln" (Hillebrand et al. 1993, S. 1).

Daß die Biotechnologie vom Potential her als Technologie geeignet ist, in den Entwicklungsländern selbst und hier auch von einheimischem Personal genutzt zu werden, wurde mehrfach betont. Erfolge bei der Züchtung gentechnisch veränderter virusresistenter Nutzpflanzen in China können hier als Beispiel gelten. Die Frage bleibt aber, ob - von Ausnahmen abgesehen - die Länder in der "Dritten Welt" in der Lage sein werden, eigenständig Kapazitäten im Be-



reich biotechnologischer Forschung, Entwicklung und Produktion aufzubauen. Betrachtet man z.B. die bisherigen Erfolge im Bereich medizinischer Forschung, scheint eher Skepsis angebracht zu sein. Laut Weltbank (1993, S. 182) wurden im Zeitraum 1961-1990 rund 90% der neuen medizinisch-chemischen Substanzen in 10 OECD-Ländern entdeckt und entwickelt. Von den Ländern der "Dritten Welt" waren lediglich Argentinien, China, Indien, Korea und Mexiko in der Lage, jeweils mindestens ein neues Medikament zu entwickeln und zu vermarkten. Die Mehrzahl der Entwicklungsländer verfügt über keinerlei pharmazeutische F&E- und Produktionskapazitäten oder ist lediglich zur Herstellung von Endprodukten auf der Basis eingeführter Substanzen in der Lage.

*Der Aufbau eigener F&E-Kapazitäten und die Entwicklung eigener technologischer Kompetenz im Bereich der Biotechnologie wird in der überwiegenden Zahl der Entwicklungsländer auf erhebliche, hauptsächlich in den spezifischen infrastrukturellen Defiziten der Entwicklungsländer begründete, Hindernisse und Probleme stoßen, die entwicklungspolitisch auszuräumen oder zu mindern wären. Zwei Aspekte sind diesbezüglich festzuhalten:*

- Die Forschung ist international derzeit wenig an den Bedürfnissen der Entwicklungsländer ausgerichtet, und eine solche Ausrichtung ist auch von der notwendigerweise auf profitable Märkte ausgerichteten Forschung der dominierenden westlichen Unternehmen nicht erwartbar. Es wäre deshalb im Interesse der Förderung biotechnologischer Innovationen, die an den spezifischen Bedürfnissen der Länder und hier möglichst auch an den Bedürfnissen der Produzenten ansetzen, nötig, den Aufbau eigener Forschungskapazitäten in den Entwicklungsländern zu fördern. Daneben ist auch der angepaßte Einsatz neuer Verfahren und Sorten durch die Produzenten selbst zu unterstützen.
- Die Erfahrungen mit der Technischen Zusammenarbeit haben gezeigt, daß der bloße Export von Technologien nicht ausreicht. Vielmehr müssen neue Technologien den in den Entwicklungsländern herrschenden Rahmenbedingungen angepaßt werden, bzw. solche dem Einsatz neuer Technologien zuträglichen Rahmenbedingungen parallel zum Transfer neuer Technologien entwickelt werden. Letztlich bedeutet der Aufbau technologischer Kompetenz Stärkung der Innovations- und Problemlösungskraft des Landes. *Forschung und Entwicklung müssen auf nationale bzw. regionale Bedürfnisse ausgerichtet und die Technologie muß an die nationalen Möglichkeiten und Erfordernisse angepaßt sein* (Commandeur et al. 1994b).

Bezüglich einer eigenständigen Forschung und Entwicklung im Bereich der

Biotechnologie ist zunächst vor allem der in den meisten Ländern der "Dritten Welt" bestehende Mangel an entsprechenden Strukturen zu beklagen: Es fehlen entsprechende nationale Forschungsprogramme, es mangelt an Fachpersonal und Forschungseinrichtungen. Schwierigkeiten zeigen sich aber auch in den Ländern, die ein eigenes biotechnologisches Forschungsprogramm aufgelegt haben, wie z.B. einige lateinamerikanische Länder, Indien, China, Indonesien und Thailand. Am *Beispiel Thailands* seien hier kurz einige dieser Probleme angesprochen (vgl. Tentscher 1994).

Thailand hat mit Hilfe insbesondere von USAID seit den 80er Jahren ein eigenständiges F&E-Programm im Bereich der Biotechnologie aufgebaut. Der Mittelanteil der Geberländer, der am Anfang 80% aller F&E-Projekte betrug, ist mittlerweile auf 20% zurückgegangen. Das Programm beschäftigt über 500 Wissenschaftler und hat zum Ausbau der Forschungskapazitäten an Universitäten, außeruniversitären und privaten Einrichtungen (klein- und mittelständische Betriebe) erheblich beigetragen, so daß die Kapazitäten ausreichen, ca. 90 bis 120 F&E-Projekte in allen Bereichen der modernen Biotechnologie durchzuführen. Dennoch *scheint es erhebliche Schwierigkeiten zu geben, dieses Potential effektiv zu nutzen und in verwertbare Erfolge umzusetzen*. Die im Auftrag des TAB erstellte Fallstudie zu Thailand nennt folgende Probleme:

- Es mangelt an einer verlässlichen Infrastruktur. So schwankt die Elektrizitätsversorgung, und Stromausfälle führen zum Abbruch kostspieliger Versuche. Für wissenschaftliche Gerätschaften kann oft monatelang kein Ersatz geliefert werden.
- Die Bezahlung des Personals in öffentlichen F&E-Einrichtungen ist schlecht, was die Rekrutierung von qualifiziertem Personal behindert.
- Guten Zugang zu genetischem Material (im Bereich der landwirtschaftlichen Forschung) haben nur ausländische Firmen. Thailändische Firmen sind auf die Unterstützung durch den öffentlichen Sektor angewiesen.
- Aktivitäten des Programms konzentrieren sich auf die Zentralregion des Landes. Universitäten in Randregionen klagen über schlechte Ausstattung und Mangel an gutem Personal.
- Geringe Motivation und Flexibilität des Personals.
- Die Grundlagenforschung ist nur schwach entwickelt, was das Land im Zuge der Patentierung von gentechnischen Produkten in Zukunft stark von ausländischen Lizenzen abhängig machen könnte.

- Bisher konnten noch keine F&E-Ergebnisse kommerzialisiert werden. Es werden wenig Anstrengungen unternommen, die Forschung am Bedarf der lokalen Anwender auszurichten, und aus dem Ausland zurückkehrende Forscher haben Mühe, ihr Wissen in für Thailand brauchbare Anwendungen umzusetzen.
- Auch die Zusammenarbeit mit der Industrie scheint nur unzureichend zu funktionieren. Die Industrie vertraut nicht auf die Umsetzbarkeit von Ergebnissen, da oft keine Pilot- und Referenzanlagen errichtet werden. Auch Banken wollen solche Anlagen nicht finanzieren und vertrauen lieber auf den Import westlicher Technologien.
- Verfahren, die zur Importsubstitution entwickelt wurden (z.B. Herstellung von Enzymen für die Nahrungsmittelproduktion), haben noch nicht die Wirkungsgrade erreicht und liefern noch nicht die Produktreinheit, die für einen Erfolg am Markt notwendig sind.

Diese Punkte machen deutlich, welche Probleme auch in einem Land, das sich nach Meinung von Experten auf dem Weg zu einem sogenannten "NIC" (Newly Industrialized Country) befindet, mit dem Aufbau und der Umsetzung biotechnologischer Forschung und Entwicklung bestehen. Die Schwierigkeiten bestätigen für den Bereich der Biotechnologie die mittlerweile für die Technische Zusammenarbeit allgemein geteilte Ansicht, daß Export von Know-how und Technologie nicht ausreicht und es entscheidend auf den Aufbau einer angepaßten technologischen Infrastruktur im Land ankommt sowie auf die *Einpassung der Technologien in ökonomische, kulturelle und politische Rahmenbedingungen und Kapazitäten, wie z.B. ein funktionierendes Finanzierungs-, Produktions- und Vermarktungssystem sowie ein leistungsfähiges Bildungs- und Ausbildungssystem* (Commandeur et al. 1994b; Hillebrand et al. 1993).

Der Transfer moderner Biotechnologie in Entwicklungsländer und die Förderung des Aufbaus eigener F&E-Kapazitäten wird derzeit von einer Reihe *öffentlicher Einrichtungen* in Angriff genommen (siehe Kasten). Hierbei handelt es sich meist um Forschungsförderung und nur selten um Technologietransfer-Programme, die sich dem Aufbau nationaler Innovationskapazitäten im Sinne einer Einbettung der Biotechnologie-Förderung in umfassende - auch die Rahmenbedingungen berücksichtigende - Regionalentwicklung verschrieben haben.

*Intermediary Biotechnology Service (IBS)*

Wurde auf Initiative der Consultative Group on International Agriculture Research eingerichtet und ist beim International Service for National Agricultural Research (ISNAR, Den Haag) angesiedelt. Er soll nationale Agrarforschungseinrichtungen in Entwicklungsländern bei der Formulierung biotechnologischer Forschungsprogramme unterstützen sowie Studien zur Identifizierung spezifischer, mittels Biotechnologie lösbarer Probleme in Entwicklungsländern durchführen.

*International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology (ICGEB)*

Eingerichtet und getragen von der UNIDO; erstes internationales Zentrum, das sich der Förderung von Forschung und Ausbildung im Bereich der Gentechnologie speziell bezogen auf die Bedürfnisse von Entwicklungsländern widmet. Bisher wurden 900 Wissenschaftler aus Entwicklungsländern ausgebildet.

*United Nations University*

Förderung des Technologietransfers im Bereich der Biotechnologie durch Workshops, Forschungsstipendien etc.; Unterstützung von Entwicklungsländern beim Aufbau eigener F&E-Kapazitäten.

*Working Group on Science and Technology for Development*

Koordiniert u.a. unter dem Gesichtspunkt des Technologietransfers die biotechnologischen Aktivitäten, die in allen Programmen der FAO eine Rolle spielen.

*Life Sciences and Technologies for Developing Countries (STD)*

Programm der Europäischen Union zur Unterstützung von Projekten im Bereich der Biotechnologie, die mindestens von zwei Institutionen in Europa und einem Antragsteller in einem Entwicklungsland durchgeführt werden.

*Inter American Institute for Cooperation in Agriculture (IICA)*

Ziel dieses Institutes ist die Unterstützung lateinamerikanischer Länder beim Aufbau eigener Forschungs- und Entwicklungsprogramme im Bereich der Agrarforschung.

*Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF, Braunschweig)*

Internationales Trainingsprogramm im Bereich Biotechnologie speziell für Teilnehmer aus der "Dritten Welt".

*International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA)*

ISAAA ist eine gemeinnützige Non-Profit-Organisation. Ihr Etat von 1,375 Mio US-\$ (1993) wird zum überwiegenden Teil (56%) von privaten Stiftungen aus USA und Japan aufgebracht, aber auch bilaterale/multilaterale Institutionen (28,7%) - darunter das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) - und private Unternehmen (13,3%) wie Monsanto, Pioneer Hi-Bred, Sandoz Seeds und ein japanisches Firmenkonsortium (u.a. Kirin Brauerei) beteiligen sich finanziell an ISAAA.

ISAAA versteht sich als "ehrlicher Makler", der bestimmte, im Norden entwickelte Projekte und Technologien in die Länder des Südens vermittelt und finanziert. Es werden solche Projekte bevorzugt, die in den Industrieländern bereits erprobt sind und daher rasch, mit großer Aussicht auf Erfolg in den Entwicklungsländern umgesetzt werden können. Neben Projekten aus dem Bereich Zellkulturtechnik/Zellfusion bilden die Entwicklung von Gensonden gegen Pflanzenkrankheiten und vor allem die Erzeugung transgener Pflanzen sowie der Transfer von Patenten die Schwerpunkte des ISAAA-Programms.

Es gehört zu den ISAAA-Grundsätzen, daß eine Projektförderung immer auch Aspekte der Biologischen Sicherheit einschließt. Der Technologie- und Gen-Transfer vom Norden in den Süden soll gleichzeitig als Starthilfe für den Aufbau örtlicher Regulierungsstrukturen und -kapazitäten dienen - oder, wo bereits in Ansätzen vorhanden, diese verstärken und erweitern. ISAAA arbeitet mit den jeweiligen Regierungskommissionen zusammen, die in den "Empfängerländern" für die Genehmigung und Überwachung von Freisetzungsversuchen zuständig sind, und stellt diesen Informationen sowohl über die jeweilige transgene Pflanze als auch über Bewertungs- und Entscheidungsverfahren zur Verfügung, wie sie international üblich und akzeptiert sind. Projekte mit gentechnisch veränderten Organismen werden durch ISAAA nur dann vermittelt, wenn die Empfängerländer bereits über gewisse, wenn auch rudimentäre Strukturen eines angemessenen Risikomanagements verfügen (vgl. Krattiger und James 1992).

Private Unternehmen werden bei geringer lokaler Kaufkraft und bei schwach entwickelter Infrastruktur wenig Interesse am Aufbau von Forschungs- und Produktionskapazitäten in Entwicklungsländern entwickeln. Dennoch *könnten*

*private Unternehmen zum Technologietransfer durch Überlassung von Innovationen beitragen, wenn das Nehmerland nicht mit entsprechenden Produkten als Konkurrent auf dem Markt auftritt.* Der International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA, siehe Kasten), der sich speziell mit dem Technologietransfer im Bereich der Biotechnologie befaßt, konnte Unternehmen dafür interessieren, landwirtschaftliche Biotechnologieprodukte in Länder der "Dritten Welt" zu transferieren. So hat beispielsweise das Unternehmen *Monsanto* Mexiko Hüllprotein-Genkonstrukte für die Viruskontrolle bei Kartoffeln zur Verfügung gestellt, unter der Bedingung, daß Mexiko die transgenen Kartoffeln nicht exportiert. (Commandeur et al. 1994a, S. 60).

#### **4. Sozialverträglichkeit der Biotechnologie**

Der Transfer neuer Technologien in Länder des Südens ist nicht allein bezüglich der Frage zu reflektieren, ob sie im Rahmen der in Entwicklungsländern vorliegenden Bedingungen überhaupt von diesen Ländern selbst "beherrscht" werden können: Leistet die Technologie einen Beitrag zur "self reliance" der Entwicklungsländer? Auch die Frage, wie ein sozialverträglicher Einsatz der neuen Technologie gewährleistet werden kann, ist zu bedenken: Ist ihr Einsatz an den Bedürfnissen der Betroffenen orientiert, bzw. wie kann sie zum Nutzen der armen Bevölkerungsschichten eingesetzt werden?

Es wurde bei der Erörterung möglicher Auswirkungen der Biotechnologie auf die ökonomische und soziale Situation der Entwicklungsländer vielfach darauf hingewiesen, daß es im wesentlichen eine Frage der Rahmenbedingungen ist, ob und inwieweit die Biotechnologie sinnvoll von den Ländern des Südens und insbesondere der Landbevölkerung genutzt werden kann. Dies bedeutet zunächst grundsätzlich - und dies wurde in Expertengesprächen immer wieder betont -, daß die Biotechnologie allein keinen relevanten Beitrag zur Verbesserung der ökonomischen und sozialen Lage der Bevölkerung der Entwicklungsländer leisten kann. Es liegt auf der Hand, daß, wenn das Grundproblem kleinbäuerlicher Landwirtschaft beispielsweise in der mangelnden Ausstattung mit Land besteht, die Einführung neuer Sorten wenig hilfreich ist. Eine notwendige Landreform kann nicht durch den Einsatz einer neuen Technologie ersetzt werden (Wissenschaftlicher Beirat des BMZ 1992). Eine grundsätzliche Veränderung solcher und anderer kultureller, politischer und sozialer Strukturen kann aber auch vom Einsatz einer neuen Technologie nicht erwartet wer-

den. *Aus entwicklungspolitischer Perspektive käme es vorrangig darauf an, einen möglichst den Interessen der Nutzer zuträglichen Einsatz der Biotechnologie zu fördern und mögliche negative Effekte zu vermeiden oder zu kompensieren.*

Dort, wo Absatzmärkte durch Verschiebungen auf dem Weltmarkt - insbesondere über die Substitution agrarischer Produkte der Entwicklungsländer durch in den Industrienationen biotechnologisch hergestellte Produkte - verloren gehen, müssen Maßnahmen eingeleitet werden, neue Arbeits- und Einkommensmöglichkeiten für die Bevölkerung zu schaffen. Im Rahmen einer Umstellung der landwirtschaftlichen Produktion auf neue Sorten und Produkte könnten die Möglichkeiten der Biotechnologie genutzt werden, um die landwirtschaftlichen Produzenten in die Lage zu versetzen, eigenes Qualitätssaatgut zu produzieren (z.B. über Gewebekulturtechnik) oder neue, an geoklimatische Bedingungen angepaßte Sorten einzusetzen.

Die Einführung neuer Sorten und Verfahren sollte an den Bedürfnissen der Nutzer orientiert sein. Diese in der Entwicklungspolitik mittlerweile allgemein akzeptierte Erkenntnis läßt sich für die Einführung biotechnologischer Innovationen in ländliche Lebens- und Arbeitsweisen wie folgt spezifizieren:

- Es muß gewährleistet sein, daß die landwirtschaftlichen Produzenten überhaupt *Zugang zu den neuen Verfahren und Sorten* erlangen. Die Einführung neuer Technologien würde also flankierende Maßnahmen im Bereich der Hauptprobleme kleinbäuerlicher Produktion erforderlich machen. Über den *Aufbau lokaler Kreditsysteme* beispielsweise müßte sichergestellt werden, daß die Produzenten langfristig die erforderlichen Investitionen für einen dauerhaften Einsatz neuer Sorten oder Verfahren tätigen können. Ebenso wären *Beratungs- und Ausbildungsprogramme* erforderlich, um z.B. neue Verfahren wie die Gewebekulturtechnik handhabbar zu machen, aber auch um das Wissen über neue Verfahren und Sorten sowie über mögliche Absatzchancen zu verbessern. Es sollte auf diese Weise ein *Ausgleich für den Kapital- und Wissensvorsprung von Plantagenbetrieben und "progressive farmers"* geschaffen werden, die in der Lage sind, auch "angepaßte" Technologien schneller und effizienter zu nutzen.
- Ertragssteigerung und Ertragssicherung muß selbstverständlich ein wesentliches Entwicklungsziel für die Landwirtschaft des Südens sein. Es wird aber als wichtig angesehen, *daß die neuen Anbaumethoden oder Sorten mit den traditionellen Anbaumethoden kompatibel sind*. So sollten etwa neue Sorten mit dem weitverbreiteten Mischanbausystem, in dem Pflanzen für

den Export neben Pflanzen für den Eigenbedarf oder den heimischen Markt angebaut werden, verträglich sein.

- Ebenso müßte berücksichtigt werden, welche *sozialen Folgen die Einführung biotechnologischer Innovationen im familiären und dörflichen Kontext* mit sich bringen könnte. Zu denken ist dabei zum Beispiel an die Rolle der Frauen in der Subsistenzwirtschaft und den möglichen Einkommens- und Statusverlust infolge der Umstellung der Produktion auf neue, marktorientierte Sorten.
- Eine konsequente Verfolgung des sogenannten bottom-up-Ansatzes in der ländlichen Entwicklungspolitik, bezogen auf Biotechnologie, würde sich an der Stärkung der Innovations- und Produktionsfähigkeit von Bauern und Bäuerinnen orientieren. Es ginge dann weniger um die Förderung von biotechnologischen Innovationen als vielmehr um ein *umfassendes Programm ländlicher Entwicklung, in dem biotechnologische Innovationen eine mehr oder weniger bedeutende Rolle spielen*.
- Im Zusammenhang mit der Stärkung des ländlichen Innovations- und Entwicklungspotentials, der sogenannten self reliance, käme dem Umgang mit dem Wissen der landwirtschaftlichen Produzenten eine besondere Bedeutung zu. *Das Wissen um traditionelle Anbaumethoden, Sorten und deren Eigenschaften könnte in Kooperation mit Wissenschaftlern genutzt und weiterentwickelt werden*. Es wäre dann aber sicherzustellen, daß Ergebnisse der Forschung wieder zu den Produzenten zurückgelangen. Dies ist nicht nur bei der Gestaltung von Verträgen zwischen westlichen Unternehmen und Entwicklungsländern zur Nutzung genetischer Ressourcen zu bedenken. Beklagt wird auch die mangelnde Ausrichtung nationaler Forschungseinrichtungen und der internationalen Agrarforschungszentren auf die Bedürfnisse von Kleinproduzenten.

Eine im Auftrag des TAB durchgeführte Expertendiskussion zum Thema kommt zu dem Schluß: "Zur sozialverträglichen Förderung von Bio- und Gentechnologien sollten Programme der öffentlichen Forschungsförderung in diesem Bereich vornehmlich auf kleinbäuerliche Prioritäten ausgerichtet und in eine entsprechende Bedarfsanalyse eingebunden werden" (ATSAF 1994, S. 104).

Für eine solche Bedarfsanalyse wären verstärkt *partizipative Ansätze der Technologieanpassung* zu nutzen, wie sie derzeit diskutiert werden (vgl. z.B. Bunders/Broerse 1993; Preuß/Steinacker 1994). Eine gleichberechtigte Zusammenarbeit von Wissenschaftlern und landwirtschaftlichen Produzenten vor



Ort bei der Suche nach angepaßten und damit für den jeweiligen Produktionskontext optimierten Innovationen könnte insbesondere im Feld der Biotechnologie von Bedeutung sein. Die Biotechnologie bietet zum einen die Möglichkeit, an indigenes Wissen anzuknüpfen, zum anderen läuft sie als High-Tech-Verfahren Gefahr, nicht den Weg zu den Anwendern zu finden oder das oft umfangreiche produktionstechnische Wissen der ländlichen Bevölkerung zu ignorieren oder gar zu entwerten.

#### *Bio-villages in Indien*

Als Beispiel mit noch ungewissem Ausgang, in dem Biotechnologie eine zentrale Rolle spielt, kann der Versuch der Entwicklung von sogenannten Bio-villages in Madras, Indien, gelten. Hier wird in drei Dörfern der Versuch einer Innovation des Produktionssystems unter Beachtung bestehender Strukturen unternommen. Das Programm der M.S. Swaminathan Research-Foundation hat sich explizit die Integration von modernen und traditionellen Anbaumethoden zum Ziel gesetzt. Den Bauern werden biotechnologische Verfahren und Produkte, wie Hohertragsgemüsesorten oder Biodünger, neben anderen, konventionellen Verfahren und Produkten angeboten, aus denen sie auswählen können. Das Programm stellt neben dem Zugang zu den Technologien und nötigen Produktionsmitteln auch Beratung über Technologien und Märkte sowie Kredite sicher (Dhar/Pandey 1994).

## **5. Umwelt- und ressourcenschonendes Wirtschaften**

In der Diskussion über eine nachhaltige Entwicklung wird v.a. die Erhaltung der genetischen Ressourcen als "natürliches Kapital" hervorgehoben und die Sicherung der ökologischen Produktionsgrundlagen für künftige Generationen in den Vordergrund gestellt (vgl. z.B. Enquete-Kommission 1994, S. 31). Um den möglichen Beitrag moderner Biotechnologie zur nachhaltigen, zukunftsverträglichen Ressourcennutzung in Entwicklungsländern umfassend einzuschätzen, wäre es notwendig, Meßgrößen zu definieren, die eine quantitative Bewertung der einzelnen biotechnologischen Verfahren ermöglichen würden. Da solche Kriterien aber bislang fehlen, beschränken sich die folgenden Ausführungen auf eine knappe, zusammenfassende Betrachtung zu der Frage, welchen Beitrag moderne biotechnologische Verfahren zum Schutz von (v.a. biologi-

schen) Ressourcen leisten können.

Neben den konkreten umweltschützenden Anwendungen, wie *der mikrobiellen Abwasser- und Altlastenbehandlung oder der Biogasproduktion, die als förderungswürdig angesehen werden*, sind moderne Biotechnologien vor allem bei ihrem Einsatz in der landwirtschaftlichen Produktion von Nahrungsmitteln und nachwachsenden Rohstoffen von ökologischer Relevanz (vgl. Kap. III.2.1). *Begrüßenswert erscheint der Ersatz konventioneller chemischer Produkte durch biologische Pflanzenschutz- und Düngemittel*, auch wenn Einflüsse auf und damit Gefahren für das jeweilige Ökosystem beachtet werden müssen. *Ökologisch bedenklich hingegen wären streßtolerante Pflanzen, wenn sie an zuvor nicht landwirtschaftlich genutzten Standorten angebaut würden und damit eine weitere Verminderung natürlicher oder zumindest naturnaher Flächen bewirkten*. Pauschalurteile verbieten sich allerdings, da im Konflikt zwischen Naturbewahrung und Produktivitätssteigerung zur Ernährungssicherung eine gründliche Abwägung vorgenommen werden muß. Dabei müssen im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung vor allem die langfristigen Folgen bedacht werden, die in den meisten Fällen für die umweltschützende Strategie sprechen werden.

*Die vielfältigen biotechnologischen Verfahren könnten und sollten prinzipiell auf für Entwicklungsländer besonders wichtige Pflanzen angewandt, an den Bedürfnissen der Kleinbauern ausgerichtet und an lokale und regionale Bedingungen angepaßt werden*. Dadurch würden traditionelle, kleinräumige landwirtschaftliche Strategien wirkungsvoll unterstützt und ihre Effizienz umweltverträglich gesteigert. Werden die bisher dominierenden Entwicklungslinien weiterverfolgt, ist zu erwarten, daß die Verfügbarkeit biotechnologischer Produktionsmittel eine Intensivierung und Ausdehnung großflächiger Monokulturwirtschaft in Plantagen- und Latifundienanbauweise bewirken wird. So würde z.B. eine mit Hilfe biotechnologischer Methoden erreichte Synchronisierung der Reife- und Erntezeiten große Betriebe mit einem höheren Mechanisierungsgrad weitaus stärker begünstigen. Leistungsstarkes, uniformes Pflanzen- und Tiermaterial wird vermutlich die mit der "Grünen Revolution" eingeschlagene Richtung hin zu einer Industrialisierung der Landwirtschaft in den Entwicklungsländern verstärken. Die meisten modernen biotechnologischen Produkte werden ohne entsprechende entwicklungspolitische Intervention für die arme Landbevölkerung unbezahlbar bleiben. *Inbesondere die nach wie vor äußerst kostspielige Gentechnik wird aus Gründen der Wirtschaftlichkeit voraussichtlich nur die Intensivlandwirtschaft bedienen können*, mit all ihren ökologisch bedenklichen Auswirkungen wie Flurbereinigung, Bodenverdichtung und -übernutzung, massiver Pestizid- und Düngereinsatz usw.

*Die wichtigste Frage im Zusammenhang der ökologischen Bewertung biotechnologischer Methoden ist, welcher Einfluß auf Dauer auf die biologische Vielfalt ausgeübt wird.* Die weltweite Nahrungsproduktion beruht auf nur wenigen Arten: 95% aller Nahrungsmittel werden aus 30 Pflanzenarten gewonnen (Lorenz 1991, S. 27). Durch die einseitige Ausrichtung der Landwirtschaft auf Produktionszuwächse werden traditionelle Sorten mit geringem Ertrag, aber großer genetischer Vielfalt, zunehmend verdrängt. Schon bisher hat die genetische Erosion als Folge der modernen Pflanzenzüchtung mit zunehmender Industrialisierung der Landwirtschaft ("Grüne Revolution", Flurbereinigung, Maschinisierung) in weiten Teilen der Welt bedrohliche Ausmaße angenommen und bereits mehrfach zu großen Ernteverlusten durch epidemische Krankheiten geführt (Plucknett et al. 1987; Mooney/Fowler 1991). *Es bestehen berechtigte Bedenken, daß mit dem Einsatz effizienterer biotechnologischer Verfahren in der Pflanzen- und Tierzüchtung die Uniformität des angebauten Pflanzen- und verwendeten Tiermaterials noch verstärkt werden wird.* Eine schmalere genetische Basis zieht immer eine erhöhte Anfälligkeit für Krankheiten nach sich. So sind aus Zellkulturen gezüchtete Arten sechsmal so krankheitsanfällig wie aus Samen gezüchtete (Lorenz 1991, S. 24).

*Besondere Gefahren für den Gen-Bestand werden bei einem Anbau gentechnisch veränderter Nutzpflanzen in den Zentren biologischer Vielfalt befürchtet,* da hier die Möglichkeit einer Übertragung z.B. von Resistenzgenen auf die wilden Verwandten der Kultursorten besteht (s. Kap. III.2.2.). Deren dann potentiell ungebremschte Ausbreitung könnte auf Dauer nicht nur andere Arten verdrängen, sondern auch die Kulturpflanze selbst bedrohen und das genetische Spektrum einengen und damit den kurzfristigen Nutzen langfristig in sein Gegenteil verkehren. Die Notwendigkeit, auf dem Gebiet der Biologischen Sicherheit gerade in den besonders artenreichen Ländern des Südens strenge Kriterien anzulegen und effiziente Maßnahmen zu ergreifen, ist in der Nachfolge der Rio-Konferenz Gegenstand von Verhandlungen (vgl. Kap. III.2.3).

*Die Ex-situ-Erhaltung von genetischem Material in Gen- und Samenbanken stellt eine unverzichtbare Maßnahme dar,* um die genetische Diversität einer ganzen Reihe von Arten - vor allem von Wildtypen oder bedrohten traditionellen Landsorten der Nutzpflanzen, die für eine effektive Pflanzenzüchtung nötig sind - zu konservieren. Dabei können biotechnologische Methoden der Zell- und Gewebekultur sinnvoll eingesetzt werden, gerade um empfindliches tropisches Pflanzenmaterial aufzubewahren. *Ex-situ-Maßnahmen sind jedoch nicht geeignet, genetische Vielfalt in großem Umfang und über längere Zeiträume zu bewahren, was nur durch einen Schutz der natürlichen Lebensräume (d.h. in si-*

tu) geschehen kann. Die Erkenntnis der Notwendigkeit, wichtige Ökosysteme nachhaltig und umfassend schützen zu müssen, hat in den vergangenen Jahren zu neuen Nutzen-Schutz-Strategien geführt, da klassischer Naturschutz sich als nicht ausreichend erwiesen hat.

Daß Verträge zwischen Pharmaunternehmen und Entwicklungsländern über eine Nutzung der biologischen Ressourcen (s. Kap. III.1.4) tatsächlich in größerem Umfang z.B. die Regenwälder der Erde werden bewahren können, ist allerdings eher unwahrscheinlich. Aktuelle Schätzungen gehen davon aus, daß die Pharmaindustrie zur Zeit nicht bereit ist, insgesamt mehr als ca. 125 Mio. US\$ in solche Prospektierungsmaßnahmen zu investieren (Chapela 1994, nach Gettkant/Stephan 1994, in INF 1994, S. 23). Summen in dieser Größenordnung können höchstens einen kleinen Beitrag zur Ausdehnung und zum Erhalt von Schutzgebieten leisten, nicht aber eine wirkliche Alternative zur bisherigen Nutzung bieten. Allein die Aufrechterhaltung des als vorbildlich zu bezeichnenden costaricanischen Nationalparksystems, einschließlich eines geplanten Inventarisierungsprogrammes, wird in den nächsten 10 Jahren über 1 Mrd. US\$ kosten (Burch 1994, nach Gettkant/Stephan 1994, in INF 1994, S. 23). *Solange den Menschen, die derzeit vom Raubbau an den biologischen Ressourcen der Erde leben, keine wirkliche wirtschaftliche Alternative geboten wird, werden Verträge wie der Merck-InBio-Vertrag nur in ausgewählten Ländern positive Auswirkungen haben können, die wie Costa Rica bereits über ein gut entwickeltes Schutzgebietsystem sowie über geeignete und stabile politische und institutionelle Bedingungen verfügen.*

Grundsätzlich besteht keine Garantie dafür, daß durch Prospektierungsmaßnahmen der Erhalt biologischer Vielfalt gesichert wird. *Unkontrolliertes, nicht-nachhaltiges Sammeln kann zur Zerstörung von biologischen Gleichgewichten und zum Aussterben von Arten führen.* Es gibt bereits unrühmliche Beispiele dafür, daß einige wegen ihrer Wirkstoffe interessante Arten im Übermaß abgeerntet wurden (Kenia: *Maytenus buchanani*, Madagaskar: *Catharanthus roseus*, Indien und Nepal: *Taxus baccata*, *Aconitum heterophyllum*, *Orchis latifolia*; vgl. Gettkant/Stephan 1994, in INF 1994, S. 24). Neben der Auslöschung einer Art stellt schon die Bestandsreduzierung an sich einen Verlust an genetischer Variabilität dar. Auch wenn bislang noch Defizite in der wissenschaftlichen Auswertung solcher Effekte bestehen, sind mögliche Risiken z.B. für die Überlebensfähigkeit kleinerer Populationen durchaus ernst zu nehmen (Ryman 1993, nach Gettkant/Stephan 1994, in INF 1994, S. 25). *Es wäre in dieser Hinsicht eine dringende Aufgaben für tropische Länder, eigene Inventarisierungsprogramme durchzuführen.* Nur über die Kenntnis der Vorkommen und

Verbreitung von Arten ist es möglich, den Einfluß von Entnahmen abzuschätzen. *Dabei könnte das Wissen der in den Schutzgebieten lebenden Völker und traditionellen Gemeinschaften einen wertvollen Beitrag leisten.* Daß sie auch an den möglichen Einnahmen, z.B. aus den Prospektierungsverträgen, beteiligt werden, wird in Nachfolge der Rio-Konferenz von verschiedener Seite gefordert (vgl. WWF 1994, nach Gettkant/Stephan 1994, in INF 1994, S. 26).

## **6. Schlußfolgerungen für die deutsche Entwicklungszusammenarbeit**

Das Veränderungspotential der einzelnen modernen biotechnologischen Methoden für Entwicklungsländer ist sehr unterschiedlich und hängt stark von den spezifischen Voraussetzungen der jeweiligen Länder ab. Entwicklungspolitische Handlungsnotwendigkeiten und -möglichkeiten sind immer auf der Grundlage einer Überprüfung möglicher Auswirkungen für Einzelländer und bestimmte gesellschaftliche Gruppen in diesen Ländern zu bewerten. *Dabei ist davon auszugehen, daß die Biotechnologie als solche nicht der Schlüssel zur Lösung politischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Probleme sein kann.* Moderne biotechnologische Methoden können jedoch, z.B. über Beiträge zur landwirtschaftlichen Ertragssicherung bzw. -steigerung oder zur Verbesserung der Gesundheitsversorgung, helfen, die Situation der Menschen in Entwicklungsländern zu verbessern. Wann durchschlagende Erfolge in dieser Richtung zu erwarten sind, kann zur Zeit jedoch nicht abgeschätzt werden, da sich die meisten biotechnologischen Methoden, die für die Steigerung der Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln und die Verbesserung der gesundheitlichen Versorgung von Entwicklungsländern geeignet sein könnten, noch im Forschungs- bzw. Erprobungsstadium befinden. Zudem sind gegenwärtig nur wenige Länder und internationale Forschungsinstitutionen mit hohem technologischen und wissenschaftlichen Know-how in der Lage, moderne biotechnologische Methoden zur Entwicklung entsprechender Pflanzen, Tiere und Medikamente einzusetzen.

Im Hinblick auf die möglichen Verbesserungen kann besonders für ärmste Entwicklungsländer die finanzielle und technische Förderung *angepaßter* biotechnologischer Methoden als wichtiges entwicklungspolitisches Ziel definiert werden. In Abhängigkeit von den jeweiligen technologischen, sozialen und politischen Rahmenbedingungen in Entwicklungsländern sind die Chancen und Risiken der Biotechnologie differenziert zu bewerten. Erforderlich sind spezifi-

sche Maßnahmen, um positive Entwicklungen zu fördern und negative Auswirkungen des Einsatzes biotechnologischer Methoden und Entwicklungen zu mildern.

Angesichts der Knappheit der finanziellen Mittel, die in den nächsten Jahren voraussichtlich für die Entwicklungszusammenarbeit zur Verfügung stehen werden, sollte die Förderung moderner Biotechnologien konzentriert auf strategisch wichtige Verfahren erfolgen. Anderenfalls besteht die Gefahr, daß die Unterstützung solcher - für den Einsatz in Entwicklungsländern besonders geeigneter - biotechnologischer Methoden im Rahmen der allgemeinen Förderung der Agrarforschung oder des Gesundheitswesens zu kurz kommt.

Das Ziel entsprechender Fördermaßnahmen kann nicht sein, lediglich die Ergebnisse bzw. Produkte moderner Biotechnologie in Entwicklungsländer zu transferieren. *Fördermaßnahmen sollten vielmehr so angelegt werden, daß sich biotechnologische Anwendungen in die sozialen, kulturellen und ökonomischen Rahmenbedingungen eines Landes einfügen und so einen Beitrag zur Weiterentwicklung ihrer Eigenständigkeit leisten können.* Dazu sind im folgenden eine Reihe von Aufgaben und Handlungsoptionen aufgelistet, die sich im Zusammenhang mit der zunehmenden Verbreitung moderner Biotechnologien für die nationale und internationale Entwicklungszusammenarbeit anbieten.

## 6.1 Förderung angepaßter Biotechnologien

Ausgehend von den vergleichsweise geringen wissenschaftlichen, technologischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Menschen in armen Entwicklungsländern, sollten bevorzugt angepaßte oder zumindest anpaßbare biotechnologische Verfahren gefördert werden. Dabei wird es sich - zumindest zur Zeit - kaum um gentechnologische Verfahren handeln. Das heißt jedoch nicht, daß den Entwicklungsländern der Einstieg in die Gentechnologie verwehrt werden soll. Die Förderung gentechnologischer Methoden mit Mitteln der Entwicklungszusammenarbeit muß jedoch an entsprechende institutionelle und finanzielle Voraussetzungen des entsprechenden Entwicklungslandes bzw. der dort vorhandenen Forschungseinrichtungen gebunden sein. Grundsätzlich sollte sich die Förderung des Technologietransfers in Entwicklungsländer angesichts der dringenden Versorgungsprobleme der Menschen in den meisten Ländern *streng am vordringlichsten Ziel orientieren: der schon kurzfristig erreichbaren allgemeinen Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktionsweisen und damit der Nahrungsversorgung der Bevölkerung, ohne dabei längerfristig die*

*Produktionsgrundlagen zu gefährden.* Voraussetzungen für erfolgreichen Technologietransfer sind grundlegende Maßnahmen wie Bildungsförderung, die Stärkung der Finanzierungs-, Produktions- und Vermarktungssysteme sowie die Verbesserung der sozialen Rahmenbedingungen.

### **Konsequente Verfolgung von Bottom-up-Strategien**

Zur Gewährleistung einer sozialverträglichen Gestaltung des Einsatzes neuer Verfahren und Produkte sollten im Rahmen entwicklungspolitischer Projekte partizipatorische Ansätze bei der Definition von Bedürfnissen und Zielen verstärkt verfolgt werden. *Technische Lösungen, wie die Anwendung biotechnologischer Methoden, müssen sich aus der Problem- und Bedürfnislage der jeweiligen Länder, Regionen oder sozialen Gemeinschaften ergeben.* Außerdem sollte die Förderung des Einsatzes biotechnologischer Methoden grundsätzlich mit komplementären Strategien zur Förderung adäquater gesellschaftlicher Rahmenbedingungen einhergehen (vgl. Kap. IV.3).

### **Frauenförderung**

Ein besonderes Augenmerk sollte bei der Einführung neuer Biotechnologien auf die Auswirkungen für die Frauen gelegt werden. Sie können durch (technische) Innovationsschübe besonders benachteiligt werden. Bei der Konzeption neuer entwicklungspolitischer Programme und Projekte müssen die möglichen Folgen des Einsatzes neuer Techniken auf die Arbeitsteilung zwischen den Geschlechtern in einheimischen Gesellschaften bedacht werden (vgl. Kap. III.3.3). Zwar bemüht sich die deutsche - ebenso wie die internationale - Entwicklungszusammenarbeit seit längerem um eine spezielle Frauenförderung, doch läßt die Umsetzung in die Praxis offenbar noch zu wünschen übrig. Notwendig ist es nicht nur, bei der Planung entsprechender Projekte das tradierte Wissen und Know-how von Frauen - z.B. über die richtige Bodenbearbeitung vor Ort, über angepaßte Landsorten bei gegebenen Standortbedingungen oder über die Selektion von Saatgut für die nächste Aussaat - mit einzubeziehen, sondern es sollte *den Frauen eine gleichberechtigte Teilnahme bei der Planung entwicklungspolitischer Vorhaben ermöglicht und durch entsprechende Fortbildungsmaßnahmen ihre angestammte Position auch im Kontext neuer Technologien gesichert werden.*

Bei der Förderung der Verhütungsmittelforschung sollte darauf geachtet wer-

den, daß die körperliche und seelische Unversehrtheit der künftigen Anwenderinnen sowie ihre Kompetenz zur selbstbestimmten Geburtenregelung höchste Priorität hat.

### **Orientierung an den Bedürfnissen von Kleinbauern und Kleinbäuerinnen**

Forschungsziele im Bereich Landwirtschaft sollten unter Einbeziehung des traditionellen Wissens und der Erfahrungen der zukünftigen Nutzer entwickelt werden (vgl. Kap. IV.4). Eine entsprechende Bedarfsanalyse kleinbäuerlicher Bevölkerungsgruppen und die *Partizipation der Menschen vor Ort* an der Ausgestaltung der Programme sollten zu den Voraussetzungen für eine Förderung gehören. Die biotechnologischen Verfahren, die im Rahmen einer solchen Herangehensweise in Frage kommen, sind die auch bisher vom BMZ in der technischen Zusammenarbeit geförderten erprobten Methoden wie Gewebekultur, Diagnoseverfahren und die verbesserte Nutzung von Biodünger.

### **Förderung nationaler Forschungseinrichtungen und einheimischer Saatgutunternehmen**

Nationale und lokale Agrarforschungseinrichtungen sollten verstärkt gefördert werden, da solche dezentral angelegte Institutionen bei der züchterischen Weiterentwicklung angepaßter Sorten im Blick auf die spezifischen Bedingungen eines Landes und bei der Umsetzung biotechnologischer Ergebnisse und Fortschritte vor Ort einen wichtigen Beitrag leisten können. Außerdem sollten durch die technische und finanzielle Entwicklungszusammenarbeit in der Pflanzenzüchtung die Grundlagen dafür geschaffen werden, daß einheimische Saatgutunternehmen den jeweiligen Markt mit auch preislich angemessenen Produkten versorgen können. Problematisch für die Entwicklung einer eigenständigen Pflanzenzüchtung in Entwicklungsländern und damit auch für die Weiterentwicklung lokaler und an die Bedingungen vor Ort bereits angepaßter Pflanzensorten wäre der bloße Import von Hochleistungssaatgut. Internationale Konzerne können sich aus marktstrategischen Gründen kaum darauf spezialisieren, lokal interessante Sorten weiterzuentwickeln, sondern sind darauf angewiesen, die wenigen Pflanzensorten zu verbessern, die sich weltweit verkaufen lassen.



## **6.2 Ausrichtung der Forschungsförderung auf die Probleme und Bedürfnisse des Südens und Transfer moderner Biotechnologien**

Angesichts der Größe der Probleme, die bei wachsenden Bevölkerungszahlen im Bereich der Ernährungs-, Gesundheits- und Umweltsituation in den Entwicklungsländern entstehen werden, sollten alle Optionen für Lösungsmöglichkeiten geprüft werden. Neben der vorrangigen Förderung angepaßter Technologien im Zuge einer umfassenden und nachhaltigen Modernisierung ist es notwendig zu untersuchen, welche Ergebnisse moderner biotechnologischer Forschung auf Pflanzen und Tiere des Südens übertragen werden können und welche Forschungsanstrengungen auch in Institutionen der Industriestaaten (z.B. in der Tropenmedizin) "zugunsten" von Entwicklungsländern durchgeführt werden können. Die Förderung teurer biotechnologischer Ansätze, die sich für Pflanzen des Südens fast ausschließlich im Experimentierstadium befinden, ist zwar im Hinblick auf längerfristige Anwendungsmöglichkeiten wünschenswert, erscheint jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt vor dem Hintergrund knapper Finanzmittel nicht vorrangig. Gentechnische Forschungsansätze sollten - nicht zuletzt aus Sicherheitsgründen - wie bisher allenfalls in internationalen Agrarforschungszentren und entsprechend ausgerüsteten Forschungseinrichtungen in Entwicklungsländern verfolgt werden.

### **Förderung der internationalen Agrarforschung**

Die Finanzierung der IARCs und anderer Einrichtungen der internationalen Agrarforschung sollte nicht nur gesichert, sondern ausgebaut werden. Dabei sollten die öffentlichen Fördermittel auf die Weiterentwicklung traditioneller Nahrungspflanzen und bisher wenig genutzter Arten ("orphan crops"), konzentriert werden. Bei Kooperationen mit der Industrie wäre zum einen auf eine faire Gewinnbeteiligung der Forschungszentren zu achten und zum anderen darauf, daß der eigentliche Auftrag der internationalen Agrarforschungszentren - die umfassende Übertragung erprobter und praxisrelevanter landwirtschaftlicher Forschung auf die Probleme gerade der armen Entwicklungsländer - nicht ins Hintertreffen gerät. Generell sollte darauf hingewirkt werden, daß sich die Tätigkeit dieser Zentren nicht zu sehr auf die Entwicklung teurer Forschungsmethoden, z.B. gentechnische Verfahren, konzentriert, da hierdurch Mittel von

kurzfristig umsetzbaren Agrarforschungsprojekten abgezogen werden (vgl. Kap. II.1.6).

### **Aufgaben im Bereich der Tropenmedizin**

Grundsätzlich sollten neue tropenmedizinische Pharmaka unter Einsatz gentechnischer Methoden nur in dafür speziell ausgerüsteten Forschungszentren entwickelt werden. Die Finanzierung solcher Projekte sollte die knappen Mittel armer Entwicklungsländer nicht weiter schmälern und müßte daher weitgehend von reichen Ländern übernommen werden. Nationale und internationale Programme im Bereich der Tropenmedizin wären damit auch weiterhin zu unterstützen. Sinnvoll erscheint es, auch im Bereich der Tropenmedizin ein Netz internationaler Forschungszentren in Entwicklungsländern aufzubauen, die, in der Aufgabenstellung ähnlich den internationalen Agrarforschungszentren, die Erforschung der Krankheiten vor Ort in Angriff nehmen könnten. Dies würde allerdings erhebliche zusätzliche Mittel erfordern. Für die erfolgreiche Entwicklung neuer Medikamente bis zur Marktreife müßte wegen des erheblichen Know-how- und Finanzbedarfes eine stärkere Kooperation mit der Industrie erfolgen. Hierzu bedürfte es neuer Finanzierungsmodelle, bei denen die öffentliche Hand z.B. einen Teil des Medikamentenpreises oder der Forschungskosten subventioniert, während die Unternehmen im Gegenzug - zumindest für eine gewisse Zeit - auf die sonst üblichen Gewinnspannen verzichten.

*Die wichtigste Aufgabe der Entwicklungsländer ist es, mit ihren Mitteln den Aufbau einer flächendeckenden medizinischen Grundversorgung und eine Verbesserung der allgemeinen Lebensbedingungen (Wasserversorgung, Ernährungssicherung etc.) voranzutreiben. Da dadurch der bei weitem größte Fortschritt bei der Krankheitsbekämpfung erzielt werden könnte, sollten Entwicklungsländer - wo nötig - gerade bei dieser Aufgabe von internationalen Organisationen unterstützt werden (vgl. Kap. IV.2).*

### **Aufrechterhaltung und Ausbau von Genbanken bei gleichzeitig verstärktem Schutz von Ökosystemen in situ**

Auch auf mittel- und langfristige Sicht wird es unverzichtbar bleiben, durch Genbanken, die z.B. in Äthiopien, Costa Rica und Kenia mit Mitteln der deutschen Entwicklungszusammenarbeit finanziert werden, das Aussterben der am

stärksten bedrohten Arten, Sorten und Populationen so weit wie möglich zu verhindern und die genetische Vielfalt der Nutzpflanzen im Hinblick auf zukünftige Züchtungsanforderungen zu erhalten. *Der Schutz bekannter Arten ex situ (in Genbanken und zoologischen Gärten) kann aber kein Ersatz sein für den Erhalt der biologischen Vielfalt in situ, d.h. in natürlichen Ökosystemen (vgl. Kap. III.2.2).* Durch den umfassenden Schutz der wenigen noch intakten Ökosysteme auf der Erde vor Eingriffen des Menschen würden nicht nur die bekannten Arten geschützt, sondern vor allem die vermutlich bei weitem größere Zahl der unbekanntes Spezies. Außerdem kann nur in situ eine evolutionäre Anpassung der Organismen an wechselnde Umweltbedingungen geschehen.

### **6.3 Gestaltung der internationalen Rahmenbedingungen**

Eine entscheidende Grundlage für die nachhaltige und umweltverträgliche Nutzung moderner biotechnologischer Verfahren ist die Schaffung entsprechender rechtlicher Rahmenbedingungen zum Schutz des geistigen Eigentums, auf dem Gebiet der Biologischen Sicherheit und zum Schutz genetischer Ressourcen. *Es ist auch Aufgabe der Entwicklungszusammenarbeit, die Länder des Südens bei der Errichtung eigener Institutionen und Regelwerke zu unterstützen und ihnen bei der Festlegung international gültiger Standards, die ihren Interessen entsprechen, zur Seite zu stehen.*

#### **Schutz geistigen Eigentums**

Da die Gewährung von Schutzrechten für geistiges Eigentum in vielen Fällen Voraussetzung für einen Transfer industrieller Technologien ist, sollte die Errichtung geeigneter Patent- oder Sortenschutzsysteme auch im Interesse der Entwicklungsländer liegen. Dabei würden allerdings starre bzw. einheitliche Systeme den unterschiedlichen Bedingungen im Gesamtspektrum von ärmsten Staaten bis hin zu Schwellenländern nicht gerecht werden. *Nationale und internationale Patent- und Sortenschutzsysteme sollten daher Ausnahmeregelungen für arme Entwicklungsländer enthalten, die es diesen Ländern ermöglichen, bestimmte biotechnologische Erfindungen nicht unter Patent- und Sortenschutz zu stellen, wenn dies für die Ernährung, die medizinische Versorgung oder die wirtschaftliche Entwicklung des entsprechenden Landes nützlich ist.* Die Bundesrepublik sollte sich in den entsprechenden internationalen Gremien

weiterhin dafür einsetzen, daß die Entwicklungsländer eine schrittweise Annäherung an weltwirtschaftliche Maßstäbe des Patentrechtes und -schutzes vollziehen können. Außerdem sollte sie die Länder des Südens bei der Errichtung entsprechender Institutionen (z.B. von Patentämtern) beratend und personell unterstützen. Geklärt werden sollte, wie indigenes Wissen über medizinische Wirkungen von Heilpflanzen und Eigenschaften von Nahrungspflanzen entgolten werden kann.

### **Biologische Sicherheit**

Für den Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen sollten in den Entwicklungsländern mindestens so strenge Maßstäbe angestrebt werden wie in Industrieländern, weil dort eine größere Wahrscheinlichkeit des Entstehens von Gefahren für Mensch und Umwelt besteht (z.B. durch andere Klima- und Hygieneverhältnisse sowie den "gene flow" in den Gebieten großer biologischer Vielfalt). Als Grundlage könnte ein internationales Biosafety-Protokoll dienen, das angesichts der rasant ansteigenden Zahl von Freisetzungen gentechnisch veränderter Organismen in Entwicklungsländern (vgl. Kap. III.2.3 und die Tabellen im Anhang) so bald wie möglich verabschiedet werden sollte. Gerade die Bundesrepublik Deutschland, die über ein international anerkanntes Umweltrecht verfügt, könnte die Länder des Südens beim Aufbau geeigneter Kontroll- und Zulassungsbehörden unterstützen. Eine Erhöhung der Rechtssicherheit durch die Einführung verbindlicher Regelungen in Entwicklungsländern wäre auch im Interesse der Privatwirtschaft und könnte deren Engagement in Entwicklungsländern eventuell verstärken.

### **Verbraucherschutz**

Parallel zur Einrichtung von Institutionen für die Überwachung der Biologischen Sicherheit sollten in den Entwicklungsländern rechtliche und institutionelle Systeme für die Lebensmittelüberwachung etabliert werden (vgl. Kap. III.3.4). Auch dabei bieten sich deutsche und europäische Behörden zur Beratung und Hilfestellung an. Neben ihrer Funktion im Sinne des Verbraucherschutzes würde eine verlässliche Lebensmittelüberwachung in den Entwicklungsländern auch dazu beitragen, daß deren Exportprodukte den Anforderungen und Standards des Weltmarktes genügen.

## **Nachhaltige Nutzen-Schutz-Konzepte für genetische Ressourcen**

Im Interesse einer nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung müßte langfristig die eigentliche Wertschöpfung aus der Nutzung genetischer Ressourcen in den Ländern des Südens selbst erfolgen. Zur Finanzierung der dafür notwendigen Maßnahmen, die von umfangreichen Kartierungs- bzw. Inventarisierungsmaßnahmen zur Dokumentation der biologischen Vielfalt bis zum Aufbau entsprechender eigener Industrieunternehmen reichen könnten, müßten dringend praktikable und international anerkannte Nutzen-Schutz-Konzepte entwickelt werden. *Entscheidend für einen Erfolg möglicher Maßnahmen wird die weitgehende Einbeziehung der einheimischen Bevölkerung sein.* Vor allem die Rechte, die Bedürfnisse und das Wissen indigener Völker und traditioneller Gemeinschaften müssen stärker als bisher berücksichtigt werden. Da die deutsche Industrie auch fast drei Jahre nach den Beschlüssen der Rio-Konferenz aus Eigeninitiative noch keine dezidierte Äußerung zu einer angemessenen Vergütung für die biotechnologische Nutzung genetischen Materials aus Entwicklungsländern gemäß dem Nutzen-Schutz-Konzept veröffentlicht hat, scheint es Aufgabe der Politik zu sein, endlich eine Umsetzung der politischen Beschlüsse einzufordern. Verschiedene internationale Unternehmen haben bereits Initiativen ergriffen (vgl. Kap. III.1.4).

Nach wie vor ist die Frage zu klären, wie die Nutzung des biologischen Materials, das vor der Rio-Konferenz in Genbanken der Industriestaaten eingelagert wurde, rechtlich zu behandeln ist bzw. ob nicht den entsprechenden Ursprungsländern der Proben die ("historischen") Rechte zukommen und sie somit auch die Rechte zur kommerziellen Verwertung dieses genetischen Materials zugesprochen bekommen sollten.

### **6.4 Begleitende Maßnahmen**

Die Geschwindigkeit der Einführung biotechnologischer Neuerungen und die unterschiedliche Betroffenheit einzelner Länder durch bestimmte Entwicklungen der Biotechnologie machen aus entwicklungspolitischer Sicht umfassend arbeitende und flexible Instrumente erforderlich.

### **Technikfolgen-Abschätzung als ergänzendes Mittel der Bewertung von Entwicklungsprogrammen und -projekten**

Die umfassenden Bewertungsansätze und erprobten Methoden der Technikfolgen-Abschätzung könnten wichtige Beiträge bei der Bewertung von Entwicklungsprogrammen und -projekten darstellen. *Zu verfolgen wäre dabei jedoch weniger ein technikorientierter Ansatz, der die Technik selbst in den Vordergrund stellt, als vielmehr eine problemorientierte Untersuchungsperspektive, die dabei auch die Erarbeitung alternativer - sowohl technischer als auch gesellschaftlicher - Lösungswege einschließt.* Technikfolgen-Abschätzung sollte besonders die Auswirkungen entsprechender Programme und Projekte auf die Bevölkerung vor Ort, ihre traditionelle Organisation und ihre sozialen Strukturen, insbesondere die Aufgabenteilung zwischen Männern und Frauen, untersuchen und bewerten. Über die bereits praktizierte Berücksichtigung von Aspekten der Technikfolgen-Abschätzung bei der Begutachtung von Projektanträgen hinaus wäre für den Bereich der modernen Biotechnologie die Einrichtung von Arbeitsgruppen zur Sicherstellung einer systematischen Technikfolgen-Abschätzung durch das BMZ sinnvoll.

### **Frühwarnsysteme für die Folgen biotechnologischer Entwicklungen**

Manche Entwicklungsländer werden auf Dauer vermutlich am stärksten nicht durch die Anwendung moderner biotechnologischer Verfahren im Land selbst betroffen, sondern infolge des Einsatzes entsprechender Methoden in Industrie- oder konkurrierenden Entwicklungsländern, die landwirtschaftliche Produkte effektiv substituieren können (vgl. Kap. III.1.3). So kann beispielsweise die Entwicklung von Techniken zur Substitution agrarischer Rohstoffe zu Verlagerungen der Produktionsstätten in andere Entwicklungsländer und/oder Industrieländer führen. Davon wären einige Entwicklungsländer stark negativ betroffen, während andere, deren Deviseneinnahmen nicht vom Export des entsprechenden Rohstoffs abhängen, nicht tangiert würden. Um den potentiell negativ betroffenen Ländern des Südens zu helfen, auf solche Entwicklungen rechtzeitig zu reagieren, sollte *eine Arbeitsgruppe aus Vertretern staatlicher und nicht-staatlicher Organisationen (Universitäten, NGOs, Wirtschaft etc.) gebildet werden, die die weltweite Entwicklung der Biotechnologie beobachtet und im Hinblick auf Auswirkungen auf Länder der "Dritten Welt" analysiert.*

Eine solche Arbeitsgruppe könnte gemeinsam mit Vertretern der betroffenen Länder und sozialen Gruppierungen versuchen, die Auswirkungen von Substitutionsprozessen agrarischer Rohstoffe als Folge neuer biotechnologischer Entwicklungen länderspezifisch zu analysieren und strategische nationale Konzepte zur Generierung von Produktionsalternativen zu erarbeiten. Dabei sollte netzwerkartig mit bestehenden Einrichtungen, die bereits Aktivitäten in diesem Bereich entwickelt haben, wie z.B. die ILO, kooperiert werden.

## **6.5 Schlußbemerkung**

Insgesamt gesehen sind zwei Leitlinien für die deutsche bzw. "nördliche" Entwicklungszusammenarbeit bzw. -politik zu erkennen: Einerseits sollte sie helfen, die möglichen negativen Folgen des Einsatzes moderner Biotechnologie für Entwicklungsländer abzufedern, andererseits sollte sie es den Entwicklungsländern ermöglichen, biotechnologische Methoden und Verfahren für ihre eigenen Ziele nutzbar zu machen. Ein übergreifender und grundlegender Schritt wäre es, die Koordination sowohl der deutschen als auch der internationalen Entwicklungsprogramme zu verbessern. *Auch müßte Entwicklungszusammenarbeit als Querschnittsaufgabe deutscher Politik verstanden werden, die eine Integration von Maßnahmen der verschiedenen Ressorts (Wirtschaft, Gesundheit, Bildung und Forschung etc.) erfordert.* Dies ergibt sich nicht zuletzt auch als Folge der weitreichenden Verpflichtung im Hinblick auf die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung, die die Bundesrepublik Deutschland durch die Ratifizierung der verschiedenen Dokumente der UNCED-Rio-Konferenz, insbesondere die Biodiversitätskonvention, übernommen hat.





## Literatur

- AHMED, I. (1991): Biotechnology and rural labor absorption. In: Biotechnologies in perspective: socio-economic implications for developing countries. Edited by Albert Sasson and Vivien Costarini, UNESCO, Paris, S. 57-72
- ALDHOUS, P. (1993): World Bank report calls for network to bolster research. In: Science 261, S. 155
- ARGUMEDO, A. (1994): Global forum for indigenous people. In: ECO 4 (Konferenzzeitschrift der Nichtregierungsorganisationen auf dem 2. ICCBD, 27. Juni 1994), S. 1 u. 3
- ASHTON, P.S. (1992): Die Erhaltung biologischer Vielfalt in botanischen Gärten. In: Wilson, E.O. (Hg.): Ende der biologischen Vielfalt. Heidelberg u.a.O., S. 293-302
- ATAS (1992): Biotechnology and development. Expanding the capacity to produce food. United Nations, Department of Economic and Social Development, Advanced Technology Assessment System, Issue 9, New York
- ATSAF (1994): siehe Anhang 1
- ATSAF CIRCULAR (1995): ATSAF/AIDA: Bericht über das 1. AIDA-Forum am 20.02.95 in Bonn. Nr. 41, S. 2-8
- BIOTECHNOLOGY AND DEVELOPMENT MONITOR (1990a): CIMMYT - biotechnology for wheat and maize breeding. Nr. 2, S. 20-21
- BIOTECHNOLOGY AND DEVELOPMENT MONITOR (1990b): IBPGR and genetic diversity. Nr. 4, S. 11-12
- BIOTECHNOLOGY AND DEVELOPMENT MONITOR (1991a): Biotechnology and minerals: the case of copper. Nr. 6, S. 17-18
- BIOTECHNOLOGY AND DEVELOPMENT MONITOR (1991b): Aquatic microbial life: source of hope and expectation. Nr. 7, S. 7-9
- BIOTECHNOLOGY AND DEVELOPMENT MONITOR (1991c): World Bank bio-policy in the making. Nr. 7, S. 20-21
- BIOTECHNOLOGY AND DEVELOPMENT MONITOR (1991d): WHO: fighting tropical diseases at low cost. Nr. 9, S. 9-10
- BIOTECHNOLOGY AND DEVELOPMENT MONITOR (1991e): Biotechnology policy and the CGIAR: seminar on biosafety and intellectual property rights. Nr. 9, S. 21
- BIOTECHNOLOGY AND DEVELOPMENT MONITOR (1994): Drought tolerance research as a social process. Nr. 18, S. 3-5
- BIOTECHNOLOGY FORUM OF ZIMBABWE (1993): Proceedings of the workshop: prioritizing the biotechnology agenda for Zimbabwe, Harare, May 11 and 12 1993. Edited by University of Zimbabwe

- BMU (1992): Bericht der Bundesregierung über die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro. Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn
- BMZ (1990): Chancen und Risiken der Biotechnologie für die Dritte Welt. Studie des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Bonn
- BMZ (1991): Neunter Bericht zur Entwicklungspolitik der Bundesregierung. Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Bundestagsdrucksache 12/4096
- BMZ (1994): Biotechnologie und Entwicklungsländer. Erfahrungen und Perspektiven. In: BMZ aktuell 039
- BROWN, L. (1994): Die Nahrung wird knapp. In: Politische Ökologie 38, S. 8-9
- BUKMAN, P. (1989): The government role in biotechnology and development cooperation. In: Trends in Biotechnology 7, S. 27-31
- BUKO (1994 a u. b): siehe Anhang 1
- BUNDERS, J.F.G., BROERSE, J.E.W. (1993): Appropriate technology in small-scale agriculture: how to reorient research and development. CAB International, Wallingford
- BURCH, S. (1994): Biotecnología, patentes y aprobación de los recursos del sur. In: alai servicio informativo 18, No. 188, S. 16-17
- CGIAR (1992): CGIAR Working document on genetic resources and intellectual property. Istanbul, May
- CGIAR (1995): Renewal of the CGIAR - declaration and action program. CGIAR Ministerial-Level Meeting, Luzern, 9-10 February
- CHAPELA, I. H. (1994): Bioprospecting in the information age: a critical analysis of pharmaceutical searches through biodiversity. In: Executive summaries of papers presented at the PAHO/IICA Symposium on Biodiversity, Biotechnology, and Sustainable Development, San José, Costa Rica, April 12-14, S. 4-6
- CHEMISCHE RUNDSCHAU (1994): Nr. 50, S. 11
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (1994): Labelling of food and food ingredients or additives produced through biotechnology. Discussion document prepared by the U.S.A. Codex Committee on Food Labelling, 23th Session, Ottawa 24-28 October 1994, FAO/WHO, Rome
- COMMANDEUR et al. (1994 a u. b): siehe Anhang 1
- COMMANDEUR/VAN ROOZENDAAL (1993): siehe Anhang 1

- CONSEJO AGUARUNA Y HUAMBISA (1994): Derechos Indígenas y Biodiversidad. Seminario: Protección del Clima a Nivel Local. Loccum
- DEMPSEY, G.J. (1992): Diversity and crop defense: the roles of farmer and breeder. In: *Biotechnology and Development Monitor* 13, S. 13-15
- DHAR, B., PANDEY, B. (1994): Biovillages in India: an attempt to diffuse biotechnology in rural areas. In: *Biotechnology and Development Monitor* 18, S. 16-17
- DIRNHOFER, S. et al. (1993): Functional and immunological relevance of the COOH-terminal extension of human chorionic gonadotropine beta. Implications for the WHO birth control vaccine. In: *The FASEB Journal*, November, S. 1281-1285
- ELTON, C. S. (1958): *The ecology of invasions of animals and plants*. London
- ENQUETE-KOMMISSION (1987): *Chancen und Risiken der Gentechnologie*. Bundestags-Drucksache 10/6775
- ENQUETE-KOMMISSION (1994): *Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des Deutschen Bundestages (Hg.): Die Industriegesellschaft gestalten. Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen*. Bonn
- FAO (1990): *Women in agricultural development, FAO's plan of action*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome
- FAO (1993): *FAO trade yearbook 1992*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome
- FAO (1995): *CPGR - 6/95/8. Annex*, S. 7
- FLITNER, M. (1991): *Biotechnologie und landwirtschaftliche Produktion in den Entwicklungsländern*. In: *Geographische Rundschau* 43, S. 78-83
- FRANKFURTER RUNDSCHAU (1992): *Erklärung zur Ökobilanz von Biosprit*. 19.2.
- GATA, N.R. (1993): *African women, agricultural technology and development*. In: *European Parliament, STOA (Hg.): Biotechnology and cereal production for developing countries. Proceedings*
- GERHARDUS, B. (1995): *Auswirkungen moderner Biotechnologien auf den Handel der Entwicklungsländer*. Diplomarbeit, Universität Bonn
- GILL, B. (1993): *Partizipative Technikfolgenabschätzung - Wie man TA umwelt- und sozialverträglich gestalten kann*. In: *Wechselwirkung* 63, S. 36-40
- GOLDSTEIN, D.J. (1992): *Ethische und politische Probleme der Biotechnologie in der "Dritten Welt"*. Universität Hamburg (Hg.): *Arbeitsmaterialien zur Technologiefolgenabschätzung und -bewertung der modernen Biotechnologie*, Hamburg
- GRUNWALD, R. (1994): *Patenting living organisms and their parts: The point of view of science administration*. In: *Vogel, F., Grunwald, R. (Hg.): Patenting of human genes and living organisms*. Berlin, Heidelberg, S. 94-105

- GTZ (1993): International GTZ workshop plant biotechnology in technical cooperation programmes, 6 to 11 October 1993, Legaspi City, Philippines. Documentation Report, November
- GTZ 1994: siehe Anhang 1
- GÜNDLING 1994: siehe Anhang 1
- HAHLBROCK (1993): Gentechnik und Unkräuter. In: Spektrum der Wissenschaft, Juli, S. 96-103
- HANKE, F.-J. (1993): Behring gibt Gen-Projekte auf. In: GID 90/91, S.6
- HILLEBRAND, W., MEISSNER D., MEYER-STAMER, J. (1993): Stärkung technologischer Kompetenz in den Entwicklungsländern. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, Berichte und Gutachten Nr. 14, Berlin
- HOBBELINK, H. (1991): Biotechnology and the future of world agriculture. London
- INF (1994): siehe Anhang 1
- JACOBSEN, H.-J. (1993a): Current status and future priorities of cell and tissue culture techniques in plant production. In: GTZ 1993, S. 23-26
- JACOBSEN, H.-J. (1993b): Current status of molecular biology techniques and scope for their application in plant breeding. In: GTZ 1993, S. 37-41
- JAFFÉ, W.R. (1993): Implementation of biosafety-regulations for cooperation in Latin America. In: Meer, P.J. van der et al. (Hg.): African Regional Conference for International Cooperation on Safety in Biotechnology. 11-14 October 1993, Harare, Zimbabwe, S. 150 ff.
- JUNNE, G. (1988): Incidence of biotechnology advances on developing countries. In: Biotechnology revolution und the Third World: challenges und options. Research and Information System for the Non-Aligned and Other Developing Countries (RIS), New Delhi
- JUNNE, G. (1992): The impact of biotechnology on international commodity trade. In: Da Silva, E.J., Ratledge, C., Sasson, A. (eds.): Biotechnology, economic and social Aspects. Cambridge, S. 165-187
- KEATING, M. (1993): Agenda für eine nachhaltige Entwicklung. Centre for Our Common Future, Geneva
- KENNEY, M., BUTTEL, F. (1985): Biotechnology, prospects and dilemmas for the third world development. In: Development and Change 16.1, S. 61-91
- KNERR, B. (1991): The impact of biotechnologies and protection on the world sugar market. In: Oxford Agrarian Studies 19, S. 105-125
- KNUDSEN, H., KOMEN, J. (1992): Biofertilizers from nitrogen fixing bacteria: a dwindling dream? In: Biotechnology and Development Monitor 12, S. 17-19

- KOCHENDÖRFER, M. (1995): TRIPs to nowhere!!! - Das Abkommen über geistige Eigentumsrechte im GATT und das Konzept der farmer's rights der FAO. In: BUKO Agrar Dossier Gentechnik, Hamburg, S. 29
- KOMEN, J. (1992): ILRAD's research to control tropical livestock diseases. In: Biotechnology and Development Monitor 11, S. 6-7
- KOWARIK, J. (1991): Ökologische Risiken der Einführung nichteinheimischer Pflanzen und Möglichkeiten ihrer Prognose. In: Studier, A. (Hg.): Biotechnologie: Mittel gegen den Welthunger? Hamburg, S. 121-131
- KRATTIGER, A.F., JAMES, C. (1992): ISAAA: A not-for-profit organization for acquiring and transferring biotechnology for development. In: Advanced Technology Assessment Systems, Biotechnology and Development, Issue 9, United Nations, New York, S. 287-293
- KUO, C.G. (1992): Biotechnology for crop stress tolerance. In: Biotechnology and Development Monitor 12, S. 16
- LEISINGER, K. M. (1994): Sozialpolitische Auswirkungen neuer Biotechnologien in den Entwicklungsländern. Symposium "Biotechnologie für Entwicklungsländer? - Chancen und Risiken der Biotechnologie bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen", 8./9. Juli 1994, Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich
- LESKIEN/FLITNER (1994): siehe Anhang 1
- LESSER, W. et al. (1989): Equitable patent protection for the developing world. In: Cornell Agricultural Economics Staff Paper. Department of Agricultural Economics, Cornell University Agriculture and Life Science, Cornell University, Ithaca, New York
- LINDBERG, K. (1991): Policies for maximizing nature tourism's ecological and economic benefits. International Conservation Financing Project Working Paper, World Resources Institute, Washington
- LIPTON, M. (1987): Wie ist die Grüne Revolution aus heutiger Sicht zu beurteilen? In: epd-Entwicklungspolitik: Materialien VIII/87
- LORENZ, A. (1991): Biotechnologie in der Lebensmittelindustrie und der Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Nord-Süd-Beziehungen. Hochschule für Wirtschaft und Politik (Hg.): Sozialökonomische Texte, Heft 28
- MEISTER, I., MAYER, S. (1994): Genetically engineered plants: releases and impacts on less developed countries. Greenpeace International
- MOONEY, P., FOWLER, C. (1991): Die Saat des Hungers. Wie wir die Grundlagen unserer Ernährung vernichten. Reinbek bei Hamburg
- MYERS, N. (1990): Die Bedeutung der Genressourcen in den Tropenwäldern. In: AFZ 1-2/1990, S. 12-13

- NUNNENKAMP P., GUNDLACH, E., AGRAWAL, J.P. (1994): Globalisation of production and markets. Kieler Studien 262, Tübingen
- OECD (1989): Biotechnology, economic and wider impacts. OECD, Paris
- OECD (1992): Safety considerations for biotechnology. OECD, Paris
- OECD (1993a): Safety considerations for biotechnology: Scale-up of crop plants. OECD, Paris
- OECD (1993b): Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology. Concepts and principles. OECD, Paris
- OECD (1994): Biotechnologie, Landwirtschaft und Ernährung. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe C: Agrarpolitische Berichte der Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), Heft 28, Münster-Hiltrup
- PETERS, K.J. (1994): Agrarforschung in den Entwicklungsländern als eine globale Herausforderung. In: Kurzprotokoll der 51. Sitzung des Unterausschusses "Welter-nährung - Weltlandwirtschaft - Weltforstwirtschaft" des Ausschusses für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten vom 18. Mai 1994, Deutscher Bundestag, Bonn
- PLÄN, T. (1994): Zwei Welten in Sachen Gentechnik. In: Süddeutsche Zeitung, 15.12.
- PLUCKNETT, D.L. et al. (1987): Gene banks and the world's food. Princeton
- POTRYKUS, I. (1994): Gentechnik mit Indica Reis, ein Beitrag der ETH Zürich zur Ernährungssicherung in Entwicklungsländern. Symposium "Biotechnologie für Ent-wicklungsländer? - Chancen und Risiken der Biotechnologie bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen", 8./9. Juli 1994, Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zü- rich
- PREUß, H.-J. A., STEINACKER, G. (1994): Die Förderung partizipativer Ansätze in nationalen Agrarforschungssystemen. In: Entwicklung und ländlicher Raum 28, S. 9-12
- RAMACHANDRAN, S. (1993): International cooperation on safety in biotechnology. In: Meer, P.J. van der et al. (eds.): African Regional Conference for International Cooperation on Safety in Biotechnology. 11-14 October 1993, Harare, Zimbabwe, S. 173-177
- REGENWÄLDER KAMPAGNE (Hg.) (1993): Indigene Völker und Wald. Statusbe- richt, Empfehlungen und Perspektiven für die bundesdeutsche Politik. Bielefeld
- REID, W.V. (1992): Conserving life's diversity - can the extinction crisis be stopped? In: Environ. Sci. Technol. 26, S. 1090-1095
- REID, W.V. et al. (1993): Biodiversity prospecting - using genetic resources for sus- tainable development. World Resources Institute, USA

- RIEDER P. (1994): Handelspolitische und agrarökonomische Voraussetzungen neuer Biotechnologien in der Landwirtschaft von Entwicklungsländern. Symposium "Biotechnologie für Entwicklungsländer? - Chancen und Risiken der Biotechnologie bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen", 8./9. Juli 1994, Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich
- ROOZENDAAL, G. van (1992): Biotechnology and the current shift in the world's cocoa production. In: *Biotechnology and Development Monitor* 10, S. 12-13
- RYMAN, N. (1993): Genetic effects of harvesting and enhancing natural populations. In: Sandlund, O.T., Schlei, P.J. (eds.): *Proceedings of the Norway/UNEP Expert Conference on Biodiversity*. Directorate for Nature Management and Norwegian Institute for Nature Research, Trondheim, S. 64-73
- SAOUMA, E. (1993): A message from FAO director-general Edouard Saouma on the occasion of World Food Day 1993. In: *Diversity* 9 (3), S. 5
- SASSON, A. (1993): *Biotechnologies in developing countries: present and future*. Vol. 1: Regional and national survey. UNESCO, Paris
- SCHMID, J. (1994): Die wachsende Weltbevölkerung. Ursachen, Folgen, Bewältigung. In: *Aus Politik und Zeitgeschichte* 35 (36), S. 11-20
- SEDJO, R.A., SIMPSON, R.D. (1994): *Contracting for genetic resources*. OECD, Group on Economic and Environment Policy Intergration, Expert Group on Economic Aspects of Biodiversity, Paris
- SENTI, R. (1994): GATT-WTO; Die neue Welthandelsordnung nach der Uruguay-Runde. Institut für Wirtschaftsforschung, ETH Zürich
- SENTKER, A. et al. (1994): Manipulierte Gene - sicher unter menschlicher Kontrolle. In: *Biologie in unserer Zeit* 2, S. 85-90
- SHAND, H. (1989): Kakao-Technologie: Schokolade aus Rapsöl? In: *Erklärung von Bern* (Hg.): *Hunger aus dem Genlabor*. Biotechnologie, Dritte Welt und die Rolle der Schweiz. Zürich
- SINGH, R.B. (1993): The future of agro-biotechnology in a global village. Paper presented at Symposium on Agro-Biotechnology, Solutions for a Global Village, Brussels
- SMITS, P. (1992): Modern agricultural diagnostics: relevance and applicability for developing countries. In: *Biotechnology and Development Monitor* 10, S. 20-21
- SPANGENBERG, J. (1992): *Das grüne Gold der Gene*. Vom Angriff der Gentechnik auf das Leben in der Dritten Welt. Wuppertal
- SPELSBERG (1994): siehe Anhang 1
- SPRENGER/ZWEIFEL (1994): siehe Anhang 1
- STRAUS (1994): siehe Anhang 1

- TAB (1994): Endbericht zum TA-Projekt "Biologische Sicherheit bei der Nutzung der Gentechnik". TAB-Arbeitsbericht Nr. 20, Bundestags-Drucksache 12/7095
- TENTSCHER (1994): siehe Anhang 1
- TESO, B. (1992): International harmonization of safety principles for biotechnology. In: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft: The biosafety results of field tests of genetically modified plants and microorganisms. 2nd international symposium, May 11-14, 1992, Goslar
- ÜLLENBERG, A. (1994): Kakao - das Ende einer Kolonialware. BUKO Agrar Info Nr. 33
- UNCED/BMU (1992): UNCED - Convention on biological diversity. In deutscher Übersetzung erschienen in: Umweltpolitik-Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro. Hg. vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn
- UNCTAD (1991): Trade and development aspects of new and emerging technologies: the case of biotechnology. Geneva
- UNEP/BIO.DIV./PANELS/INF.4 (1993): United Nations Environmental Programme; expert panels established to follow-up on the Convention on Biological Diversity; report of Panel IV: consideration of the need for and modalities of a protocol setting out appropriate procedures including, in particular, advanced informed agreement in the field of the safe transfer, handling and use of any living modified organism resulting from biotechnology that may have adverse affect on the conservation and sustainable use of biological diversity. Nairobi, 28. April 1993
- URFF, W. von (1994): Restrukturierung in der internationalen Agrarforschung. In: Kurzprotokoll der 47. Sitzung des Unterausschusses "Welternährung - Weltlandwirtschaft - Weltforstwirtschaft" des Ausschusses für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten vom 02. März 1994, Deutscher Bundestag, Bonn
- VERSCHUUR, G. (1990): Biotechnology in food processing. In: Biotechnology and Development Monitor 3, S. 11-12
- VISSER, B. (1993): Safety considerations with agricultural applications - specific implications for african regional centres of diversity. In: Meer, P.J. van der et al. (eds.): African Regional Conference for International Cooperation on Safety in Biotechnology. 11-14 October 1993, Harare, Zimbabwe, S. 107-114
- VISSER, B. (1994): The prospect of technical guidelines for safety in biotechnology. In: Biotechnology and Development Monitor 20, S. 21-22
- WALGATE, R. (1990): Miracle or menace?: Biotechnology and the Third World. The Panos Institute, London
- WEISSER, C.F., JÄGER, U., SPANG, W.D. (1991): Changes and limitations of ex situ conservation of species and genetic diversity in a global perspective. Bundesumweltministerium, Bonn
- WELTBANK (1990): Weltentwicklungsbericht 1990: Armut. Washington D.C.



WELTBANK (1991): Agricultural biotechnology: the next 'Green Revolution'? World Bank Technical Paper no. 133, Washington D.C.

WELTBANK (1993): Weltentwicklungsbericht 1993: Investitionen in die Gesundheit. Washington D.C.

WELTBANK (1994): Weltentwicklungsbericht 1994: Infrastruktur und Entwicklung. Washington D.C.

WEYERER, G. (1993): Medikamente auf den Wochenmärkten. Süddeutsche Zeitung Nr. 164, S.7

WHO (1991): Strategies for assessing the safety of food produced by biotechnology. Report of a joint FAO/WHO Consultation, Geneva

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DES BMZ (1992): Sozioökonomische Differenzierungen in der Landwirtschaft und ihre entwicklungspolitischen Konsequenzen: Ein Aspekt der landwirtschaftlichen Entwicklung in den 90er Jahren. BMZ-Aktuell, Februar

WOLFRUM (1994): siehe Anhang 1

WWF (1994): WWF international position paper for the intergovernmental committee meeting on the Convention on Biological Diversity, second session. Nairobi, 20 June-1 July 1994



# Anhang

## 1. Gutachten und Kommentare

### Gutachten

ATSAF e.V. (Arbeitsgemeinschaft Tropische und Subtropische Agrarforschung) (1994), Bonn

- Studie zum Stand der Forschung und Entwicklung der Biotechnologie im landwirtschaftlichen Bereich mit Bezug auf Entwicklungsländer sowie Bewertung der Auswirkungen biotechnologischer Innovationen auf die ökonomische und soziale Situation in den Entwicklungsländern.
- Ergänzung: Bericht zur finanziellen Forschungs- und Entwicklungsförderung im Bereich der landwirtschaftlichen Biotechnologie mit Bezug auf Entwicklungsländer unter Einschluß der wesentlichsten nationalen und internationalen Förderorganisationen.
- Statusbericht: Biotechnology and developing countries. Report on research work of institutes in Germany, the United States, the European Union, and Centres of International Agricultural Research and Development (1988-1994).

Die Studien berichten über den Stand nationaler, europäischer und US-amerikanischer Forschungsprojekte und -programme im Bereich Biotechnologie in der Landwirtschaft und dokumentieren die Förderaktivitäten wichtiger internationaler Organisationen. Eine Bewertung der bisherigen Förderung (Schwerpunktsetzung, Durchführung) und der beobachteten Trends auf dem Gebiet der forschungspolitischen Kooperation mit Ländern der "Dritten Welt" schließt sich an.

COMMANDEUR, P., ROOZENDAAL, G. van (1993), Universität Amsterdam

- Soziale und wirtschaftliche Auswirkungen moderner Biotechnologien auf Entwicklungsländer und auf die zukünftige Entwicklungszusammenarbeit zwischen Industrie- und Entwicklungsländern - Ein Überblick.

Das Gutachten analysiert die Gesamtproblematik im Bereich "Biotechnologie und Entwicklungsländer" und stellt überblicksartig den öffentlichen und fachlichen Diskussionsstand dar. Es werden ferner Ansätze und Vorschläge für ein weiteres Vorgehen, v. a. bzgl. einer TA-Untersuchung, aufgezeigt.

COMMANDEUR, P., ROOZENDAAL, G. van, JUNNE, G., ELSHOF, P., MANICAD, G., RUIVENKAMP, G. (1994), Universität Amsterdam

- The impact of biotechnology on the world trade in vegetable oils.
- Three scenarios for developing countries.
- Options for technology transfer.

Nach einer detaillierten Darstellung des Weltmarktes für pflanzliche Öle und Fette, der Handlungsstrategien der beteiligten Akteure in Landwirtschaft und Industrie sowie der umfangreichen biotechnologischen Entwicklungen der letzten Jahre wird die Situation der pflanzenölproduzierenden Entwicklungsländer Philippinen, Côte d'Ivoire und Indien beschrieben. Teil a) analysiert Handlungsoptionen der Industriestaaten im handels- und forschungspolitischen Bereich und ihre Folgen für den Süden, Teil b) behandelt darüber hinaus bestehende und mögliche Initiativen des gezielten Biotechnologietransfers.

GTZ (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) (WILSON, R., NIEBUHR, B., KORTE, R.) (1994), Eschborn

- Biotechnologie in der Tropenmedizin. Eine Herausforderung für die deutsche Wissenschaft.

Das Gutachten gibt einen Einblick in den Stand von Forschung und Entwicklung zu den medizinischen Möglichkeiten auf der Basis der modernen Biotechnologie. Es unterzieht die internationalen Forschungsanstrengungen und -strukturen einer kritischen Würdigung und macht Vorschläge zur verbesserten und effektiveren anwendungsorientierten Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse im Bereich biotechnologischer Medizin v.a. für die Länder des Südens.

LESKIEN, D., FLITNER, M. (1994), Hamburg

- Patent- und Sortenschutz - Auswirkungen der Patentierung lebender Materie und gentechnologischer Verfahren auf Entwicklungsländer.

Das Gutachten zeigt auf, inwieweit Entwicklungsländer von der Patentierung biotechnologischer Erfindungen betroffen sein werden und welche politischen Forderungen sich daran anschließen sollten. Es gibt einen Überblick über die Rechtsgeschichte der Patentierung in diesem Bereich und stellt die Einschätzungen, Ansichten und Reaktionen von Entwicklungsländern dar. Abschließend werden zwei Handlungsmöglichkeiten von Entwicklungsländern zur Ausgestaltung der gewerblichen Schutzrechte für biotechnologische Innovationen, wie sie sich mit dem Abschluß von GATT abzeichnen, diskutiert.

INF (Institut für Naturschutzforschung e.V.) (1994), Regensburg

Ökologische Chancen und Risiken des Einsatzes biotechnologischer Verfahren zur nachhaltigen Nutzung biologischer Ressourcen in "Entwicklungsländern". Eine Untersuchung in drei beispielhaften Szenarien.

- PLÄN, Th. (1994 a): Die Konsequenzen eines umfassenden Ex-situ-Schutz-Systems für die In-situ-Erhaltung biologischer Ressourcen.
- GETTKANT, A., STEPHAN, P. (1994): Die Auswirkungen biotechnologischer Nutzungsstrategien (v.a. Biodiversity Prospecting) im Bezug zu Flächenschutzstrategien am Beispiel des tropischen Regenwaldes.
- PLÄN, Th. (1994 b): Die ökologischen Folgen des Einsatzes salz- und trockenresistenter Pflanzen im Vergleich zu traditionellen angepaßten Bewirtschaftungssystemen.

SPELSBERG, G. (1994), Aachen

- Verbraucherschutz und Sicherheitsstandards beim Einsatz moderner biotechnologischer Produkte und Produktionsweisen in Entwicklungsländern.

Das Gutachten beschreibt vergleichend das Risikomanagement im Bereich der "Biologischen Sicherheit" in Entwicklungs- und Industrieländern, untersucht die internationalen Initiativen, die als Folge der Rio-Konferenz entstanden, und geht auf die Folgen für die Verbraucher im Süden und Norden ein.

SPRENGER, U., ZWEIFEL, H. (1994), Berlin/Universität Bern

- Auswirkungen der modernen Biotechnologien auf Frauen in den Ländern des Südens im Bereich der medizinischen Anwendung in der Geburtenkontrolle und im Bereich der Landwirtschaft und Nahrungsmittelversorgung.

Ausgangspunkt dieser Untersuchung ist, daß die Auswirkungen moderner Biotechnologien vom sozioökonomischen und politischen Kontext abhängig sind, in dem sie eingeführt werden, denn dieser bestimmt, wer Zugang zu und Kontrolle über die Technologien und den damit erwirtschafteten Gewinn erhält. Es wird herausgearbeitet, wie unterschiedlich die Einführung moderner Biotechnologien sich auf Männer und Frauen, je nach deren Platz in der gesellschaftlichen und geschlechtshierarchischen Arbeitsteilung, auswirken wird. Die Analyse neuer Verhütungsmethoden behandelt u.a. mögliche Folgen der Anwendung immunologischer Verfahren und zeigt Ansätze zur Verwirklichung der reproduktiven Rechte von Frauen in Entwicklungsländern auf.

TENTSCHER, W. (1994), Berlin

- Ausgestaltungsspielräume für die Entwicklung einer anwendungsfreundlichen Biotechnologie in der bilateralen Entwicklungszusammenarbeit, Fallstudie Thailand.

Am Beispiel des wirtschaftlich aufstrebenden südostasiatischen Landes werden Mechanismen und Probleme beim Technologietransfer, dem Aufbau wissenschaftlich-technischer Kapazitäten und der industriellen Nutzung biotechnologischer Forschungsergebnisse aufgezeigt. Wesentliche Punkte sind die Frage nach der Beteiligung der thailändischen Bevölkerung an Zieldefinitionen der technologischen Entwicklung und die Ausarbeitung entwicklungspolitischer Empfehlungen.

WOLFRUM, R. (1994), Max-Planck-Institut für Ausländisches Öffentliches Recht und Völkerrecht, Heidelberg

- Die Konvention über die biologische Vielfalt, Verträge zwischen Unternehmen und Staaten über Schutz und Nutzung genetischer Ressourcen.

Im Rahmen des Unterauftrages werden die Konvention über die biologische Vielfalt, ihre Hintergründe und Regelungen analysiert. Schwerpunktmäßig wird darauf eingegangen, welche Bedeutung die Konvention für die Beziehungen zwischen Industrie- und Entwicklungsstaaten im Hinblick auf die Nutzung genetischer Ressourcen und die Biotechnologie hat. In diesem Zusammenhang wird auch dargelegt, welche Regelungen die Konvention im Hinblick auf das geistige Eigentum trifft.

### **Kommentare**

BUKO (Agrar Koordination; KNIRSCH, J., LANJE, K.) (1994a), Hamburg: zu ATSAF 1994

BUKO (Pharma-Kampagne; SCHAABER, J., WILL, A.) (1994b), Bielefeld: zu GTZ 1994

GÜNDLING, L. (1994), Eppelheim: zu WOLFRUM 1994

STRAUS, J. (1994), Max-Planck-Institut für ausländisches und internationales Patent-, Urheber- und Wettbewerbsrecht, München: zu LESKIEN/FLITNER 1994

## 2. Übersichten und Tabellen

### 2.1 Vom BMZ in der pflanzlichen Produktion geförderte biotechnologische Vorhaben (Quelle: nach BMZ 1994)

#### 1. Bilaterale Programme

*Internationale Genbank/Äthiopien*

*Internationale Genbank/Costa Rica*

*Nationale Genbank/Kenia*

Biotechnologische Arbeitsbereiche in den Genbanken:

- Konservierung von Material mit Hilfe von In-vitro-Techniken für Pflanzenarten, die keine Samen ansetzen, oder deren Samen nicht haltbar sind (recalcitrant)
- Diagnose von Krankheiten und deren Eliminierung in Genbankmaterial
- Identifizierung von agronomisch wertvollen Genen und deren Erkennung im Genom durch Marker
- Verbesserung der Methoden für Langzeitkonservierung
- Entwicklung und/oder Verbesserung der Strategien für eine sichere und effiziente Distribution und Nutzung von "germplasm" in der Züchtung

Kulturarten:

Die Genbanken bearbeiten ein breites Spektrum von Pflanzenspezies von ein- und mehrjährigen Nahrungsmittel- und Industriekulturen.

*Förderung des Saatgutsektors/Bhutan*

Arbeitsbereiche:

- ELISA-Test auf Virus- und Pathogenfreiheit von Pflanzgut, einschließlich Baumkulturen
- in-vitro-Kultur von Apikalmeristemen zur Viruseliminierung
- schnelle Vermehrungstechniken, einschließlich In-vitro-Gewebekulturmaßnahmen

Kulturarten:

Süßkartoffeln, Ingwer, Bananen, Spargel, Erdbeeren und Fruchtbäume (Zitrus, Äpfel, Kirschen und Birnen)

*Aufforstung mit schnellwachsenden Baumarten/V.R. China*

Arbeitsbereiche:

- In-vitro-Gewebekultur
- Erarbeitung von Protokollen zur In-vitro-Anzucht weiterer Pflanzenarten, für die es noch keine Regenerationsmethoden aus Zellen oder Pflanzenteilen gibt

Kulturarten:

Eine breite Selektion von schnellwachsenden lokalen und importierten Forstbäumen

*Landwirtschaftliche Versuchsstation Nyankpala/Ghana*

Im Rahmen des vom BMZ/GTZ geförderten Projektansatzes werden gegenwärtig keine biotechnologischen Aktivitäten durchgeführt. Der Viruseliminierung und der klonalen Vermehrung bei den wichtigsten lokalen Knollenfrüchten wird aber ein großer Stellenwert zugemessen.

Das überregionale Vorhaben "Neue Verfahren der Pflanzguterzeugung" fördert an der University of Ghana (Legon) Kleinstmaßnahmen (Fortbildung, Material, KZE), um die biotechnologischen Methoden mit Nyankpala und dem privaten Sektor (eventuell nordghanische NGOs) umzusetzen.

Arbeitsbereiche:

- In-vitro-Konservierung
- klonale Vermehrung, einschließlich In-vitro-Gewebekulturmaßnahmen
- Diagnoseverfahren zu Viruseliminierung

Kulturarten:

Yams, Cassava

*Staatliches Zentrum für Zuckerpflanzen/Marokko*

Arbeitsbereiche:

- ELISA-Test auf Virus- und Pathogenfreiheit
- In-vitro-Kultur von Apikalmeristemen zur Viruseliminierung
- Optimierung der Protokolle von In-vitro-Kulturmethoden



Kulturart:  
Zuckerrohr

*Kontrolle und Zertifizierung von Saatgut/Marokko*

Arbeitsgebiete:

- ELISA-Test auf Virus- und Pathogenfreiheit
- Indexierung zwecks Virusnachweis (speziell bei Zitrus)
- In-vitro-Kultur von Apikalmeristemen zur Viruseliminierung
- Elektrophorese für Nachweis von Viroiden im Pflanzgut und Sortenechtheit bei Saatgut

Kulturarten:  
Zitrus und verschiedene Getreidearten

*Pflanzkartoffelvermehrung/Marokko*

Arbeitsgebiete:

- ELISA-Test auf Virus- und Pathogenfreiheit
- schnelle Vermehrung
- Mikroknollenproduktion

Kulturart:  
Kartoffeln

*Kartoffelpflanzgutvermehrung/Pakistan (abgeschlossen)*

Arbeitsgebiete:

- ELISA-Test auf Virus- und Pathogenfreiheit
- schnelle Vermehrung

Kulturart:  
Kartoffeln

*Förderung der Pflanzguterzeugung bei Obst- und Weinbaukulturen/Algerien*

Arbeitsgebiete:

- ELISA-Test auf Virus- und Pathogenfreiheit
- In-vitro-Kultur von Apikalmeristemen zur Viruseliminierung
- Thermo-therapie zur Viruseliminierung
- In-vitro-Konservierungstechniken von genetischen Ressourcen

- Optimierung von Protokollen für die In-vitro-Kultur von lokalen und importierten Obstbaumsorten

Kulturarten:

Zitrus, Äpfel, Birnen, Pflaumen, Weintrauben, speziell für Tafelzwecke

*Landwirtschaftliche Versuchsstation Zentral-Chaco/Paraguay*

Arbeitsbereiche:

- Selektion besonders effizienter Rhizobiumstämme für die Leguminosen-Inokulation
- Vermehrung von selektierten Rhizobien-Inokula

Kulturarten:

Futterleguminosen

*Gewebekultur bei Kokospalmen/Philippinen*

Arbeitsbereiche:

- Erarbeitung von Protokollen für In-vitro-Kulturmethoden
- Embryo rescue bei Makapuno-Kokosnüssen

Kulturart:

Kokospalmen

*Förderung des Obstanbaus in Luzon/Philippinen*

Arbeitsbereiche:

- Erarbeitung von Protokollen für In-vitro-Kulturmethoden
- Mikropropagation

Kulturarten:

Obstbaumarten, Nüsse

*Förderung der Kokoswirtschaft/Tansania*

Arbeitsbereiche:

- Embryoanzucht mit Hilfe von In-vitro-Techniken
- In-vitro-Konservierung

Kulturart:

Kokospalmen

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die BMZ-Förderungspolitik in bilateralen Programmen der Umsetzung praxisreifer Technologien Priorität zumißt. Das Spektrum der geförderten Maßnahmen reicht von den traditionellen Biotechnologien bis zur Anwendung moderner zell- und molekularbiologischer Verfahren im Bereich der Diagnosemethoden und In-vitro-Techniken.

Schwerpunktmäßig werden gefördert:

- Diagnosetechniken zum Nachweis von Virus- und Pathogenfreiheit bei vegetativ zu vermehrendem Pflanzgut einschließlich Fruchtbaumarten
- In-vitro-Mikropropagation durch klonale Vermehrung von selektiertem, krankheitsfreiem Pflanzgut
- In-vitro-Konservierung von vegetativ zu vermehrenden Arten einschließlich recalcitranter (ohne Samenbildung) Spezies mit dem Ziel, die genetischen Ressourcen zu erhalten, das konservierte Genmaterial zu nutzen und die Quarantäneauflagen bei Austausch des Materials über Ländergrenzen zu erfüllen
- Erarbeitung von Protokollen für die In-vitro-Gewebekultur von Pflanzenarten, deren Regeneration aus Einzelzellen oder Zellverbänden bislang nicht möglich ist.

Obwohl auch sogenannte "traditionelle Biotechnologien" im Rahmen bilateraler Projektansätze gefördert werden, sollten künftig Maßnahmen zur Optimierung von Inokulationstechniken und die Verbesserung von Fermentationsverfahren als eine Form des Nachernteschutzes bei Nahrungsmitteln als weitere Ansatzpunkte Beachtung finden.

## **2. Förderungsmaßnahmen an internationalen Agrarforschungsinstituten**

### *In-vitro-Regeneration bei Phaseolus-Bohnen am CIAT (abgeschlossen)*

Ziel des Forschungsvorhabens war die Erarbeitung eines effizienten und reproduzierbaren Systems zur Regeneration von intakten Pflanzen aus Zellen oder Gewebeteilen zur Beschleunigung der Züchtungsprogramme bei Phaseolus-Bohnen.

### *Erhöhung der Kältetoleranz bei Phaseolus-Bohnen am CIAT*

Forschungsziel ist die Entwicklung von transgenen Phaseolus-Pflanzen mit verbesserter Toleranz gegenüber niedrigen Temperaturen.

*DNA-Fingerprinting bei Kichererbsen am ICARDA*

Forschungsziel ist die Identifizierung von Resistenzen gegenüber der Pilzkrankheit *Ascochyta* mit molekularbiologischen Methoden.

*DNA-Marker in der Gerstenzüchtung am ICARDA*

Forschungsziel ist die Identifizierung von Resistenzgenen gegenüber Gerstenkrankheiten und deren Markierung im Genom in Züchtungsprogrammen. Diese molekularbiologische Technik erlaubt im Prinzip die Bonitierung des Kreuzungsmaterials anhand der Genomanalyse direkt am Saatgut.

*Fusionen von somatischen Zellen bei Süßkartoffeln am CIP*

Ziel ist die Erarbeitung einer Methode zur Fusion von Protoplasten zur Vereinigung von genetisch verankerten Eigenschaften zweier Süßkartoffelherkünfte (z.B. Kombination mit Wildpflanzen), die sich auf normalem Weg nicht kreuzen lassen.

*Sammlung, Konservierung und Nutzung von nicht landwirtschaftlich genutzten Knollenpflanzen des Andenhochlandes am CIP*

Ziel ist die Nutzung von agronomisch wertvollen Genen der Wild-Knollenpflanzen für Kreuzungszwecke mit Kartoffeln, Süßkartoffeln, Yams und anderen Knollenfrüchten. Voraussetzung dafür ist die Sammlung des Wildmaterials sowie dessen Konservierung (teilweise mit In-vitro-Techniken) und anschließende genetische Analyse. Auch für die Einkreuzungsstrategien des Materials in Kulturpflanzen werden zell- und molekularbiologische Verfahren genutzt.

*Identifizierung und Charakterisierung von Viruskrankheiten bei Gemüse*

Die genaue Definierung von Viruskrankheiten bei Kulturpflanzen ist Voraussetzung für die Entwicklung von Diagnosetechniken und die Herstellung von den dafür benötigten Seren.

*Asian Rice Biotechnology Network am IRRI*

Ziel der Maßnahme ist die Bereitstellung von Know-how und umsetzungsreifen biotechnologischen Methoden an nationale Forschungseinrichtungen im IRRI-Mandatsgebiet.

*Multi-Purpose-Trees in Agro-Forestry beim ICRAF*

Strategische Untersuchungen zur genetischen Verbesserung und zum Management von Multi-Purpose-Bäumen in agro-forstlichen Systemen.

*Plant Genetic Resources beim ILCA*

Konservierung und Nutzung von pflanzengenetischen Ressourcen, insbesondere von Futterpflanzen.

Die Schwerpunkte der BMZ-Förderungspolitik in der internationalen Agrarforschung liegen bei der Erarbeitung von biotechnologischen Verfahren zur Verbesserung von Nahrungsmittelkulturen. Im Vordergrund stehen tropische und subtropische Spezies, die weltwirtschaftlich nur von geringer Bedeutung sind und deshalb vom privaten Sektor in den biotechnologischen Forschungsprogrammen kaum beachtet werden. Typische Vertreter dieser Kategorie von Nahrungsmittelpflanzen sind Wurzel- und Knollenfrüchte sowie Körnerleguminosen.

### **3. Andere Förderungsmaßnahmen**

*Förderung des ISAAA-Programms*

Zentrales Anliegen des ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications) ist der Transfer von patentrechtlich geschützten biotechnologischen Verfahren und Produkten - speziell aus dem privaten Sektor - von Industriestaaten in die Länder der Dritten Welt. Die Mittlerfunktion beinhaltet auch Hilfestellungen beim Aufbau der nationalen Forschungsinfrastruktur und bei der Bearbeitung und Nutzung gentechnologischer Verfahren und Produkte.

*Überregionales Vorhaben "Entwicklung und Erprobung neuer Verfahren der Pflanzguterzeugung"*

Zentrales Anliegen des Vorhabens ist die Erarbeitung von grundlegenden organisatorischen und gesetzgeberischen Rahmenbedingungen für die Erprobung und Anwendung biotechnologischer Verfahren für die Pflanzenproduktion in Projekten der bilateralen entwicklungspolitischen Zusammenarbeit und relevanten Institutionen in Partnerländern.

## 2.2 Privat finanzierte Sammelprojekte für genetische Ressourcen

<i>Firma/Institut</i>	<i>Sammler</i>	<i>Anwendung</i>	<i>Aktiv seit</i>	<i>Naturprodukt</i>
<i>Abbott Laboratories</i>	University of Illinois, unabhängige Sammler	Infektionen, Herzkranzgefäße, Neurologie, Immunologie	1950	Mikroben, Pflanzen
<i>Boehringer Ingelheim</i>	University of Illinois, Botanischer Garten New York (Pilotprojekt 1986), unabhängige Sammler	Herzkranzgefäße, Atmung, Magen	1986-89	Mikroben, Pflanzen
<i>Bristol-Myers Squibb</i>	Scripps Institute of Oceanography, Oncogen (poke-weed protein), unabhängige Sammler	Nichtansteckende Krebsarten, Viren	Gründung	Meer, Mikroben, Pflanzen, Pilze
<i>Ciba-Geigy Schweiz</i>	Chinesische Akademie der Wissenschaft, Harbor Branch Oceanographic Institute, unabhängige Sammler	Krebs, Herzkranzgefäße, Entzündungen, CNS(?), Atmung, Antiallergetika	1989 (marin), 1992 (trop. Pflanzen)	Meer, Mikroben, Pflanzen
<i>Eli Lilly</i>	zusammen mit dem NCI (s.u.) und Shaman Pharmaceuticals und unabhängige Sammler	Infektionen, Diabetes, Herzkranzgefäße, Krebs, ZNS, Lunge, Viren, Skelettkrankheiten	seit 50er und 60er Jahren	Algen, Pflanzen

<i>Firma/Institut</i>	<i>Sammler</i>	<i>Anwendung</i>	<i>Aktiv seit</i>	<i>Naturprodukt</i>
<i>Glaxo Group Research</i>	Königlich Botanischer Garten bei Kew, Chelsea Physic Garden, Institute of Medical Plants Developm. (Beijing), Biotics UK, University of Illinois/NCI	Magen-Darm, Atmung, Infektionen, Herzkrankgefäße, Haut, Stoffwechselkrankheit, Krebs, Entzündungen	1988	Meer, Mikroben, Pflanzen, Pilze
<i>Inverni della Beffa</i>	eigene und unabhängige Sammler in Asien, Afrika und Südamerika	Herzkrankgefäße, Magenleiden, Entzündungen	ca. 1960	Pflanzen
<i>Merck &amp; Co USA</i>	InBio, Botanischer Garten New York, MYCOsearch	Atmung, Antiallergetika, Entzündungen, Krebs, Herzkrankgefäße, Infektionen, Viren, Magenleiden, Prostata, Knochenkrankheiten	1991	Meer, Mikroben, Pflanzen, Pilze
<i>Miles</i>	Vertragsfirmen, unabhängige Sammler	ZNS, Infektionen, Herzkrankgefäße, Diabetes, Rheuma	1991	Meer, Mikroben, Pflanzen, Pilze
<i>Monsanto</i>	Botanischer Garten von Missouri	Infektionen, Herzkrankgefäße, Entzündungen	1989	Mikroben, Pflanzen
<i>National Cancer Institute (NCI) USA</i>	Botanischer Garten von Missouri, von New York, University of Illinois, Coral Reef Research Found, und weitere 10 Unternehmen weltweit	Krebs, AIDS, Viren	1950-1980, 1986	Insekten, Meer, Mikroben, Pflanzen, Pilze

<i>Firma/Institut</i>	<i>Sammler</i>	<i>Anwendung</i>	<i>Aktiv seit</i>	<i>Naturprodukt</i>
<i>Pfizer</i>	Botanischer Garten New York, früher: Natural Product Science	Herzkranzgefäße, Entzündungen, Infektionen, Psychotherapeutika, Diabetes, Krebs, Magenleiden, Immunologie	?	Pflanzen, Spinnengift
<i>Pharmagenesis</i>	eigene Experten und weitere 15 Personen in China und Asien	Immunologie, Endokrinologie, ZNS, Herzkranzgefäße	1990	Naturstoffe der alten asiatischen Medizin
<i>Phytopharmaceuticals</i>	Uni von Sao Paulo, Brasilien, Chinesische Akademie der Wissenschaft, unabhängige Sammler	Krebs	1992	Pflanzen
<i>Rhone-Poulenc Rorer</i>	University of Hawaii, Medical Universities of Beijing and Shanghai, Pflanzeninstitut von Tianjin, China, unabhängige Sammler	Herzkranzgefäße, Infektionen, AIDS, ZNS, Atmung, Knochenkrankheiten, Krebs	1991	Meer, Mikroben, Pflanzen
<i>Shaman Pharmaceuticals Kalifornien, USA</i>	eigene Botaniker und ein Netzwerk von Einrichtungen in Afrika, Asien und Südamerika	Viren, Pilze, Schmerzmittel, Diabetes	1989	Pflanzen, Tiere, herkömmliche Medikamente



<i>Smith Kline Beecham</i>	Biotics UK, Königlich Botanischer Garten von Kew, University of Virginia, Scripps Institute of Oceanography, Morris Arboretum, University of Pennsylvania, MY-COsearch, eigene Sammler	Infektionen, Herz-Lunge, ZNS, Magenleiden, Entzündungen	1987	Meer, Mikroben, Pflanzen
<i>Firma/Institut</i>	<i>Sammler</i>	<i>Anwendung</i>	<i>Aktiv seit</i>	<i>Naturprodukt</i>
<i>Sphinx Pharmaceuticals</i>	Biotics UK, unabhängige Sammler	Schuppenflechte, Pilze, Krebs	1990	Algen, Meer, Pflanzen, Pilze
<i>Sterling Winthrop</i>	Mississippi State University, Brigham Young University, Botanischer Garten von New York, unabhängige Sammler	Krebs, Entzündungen	1988	Meer, Mikroben, Pflanzen
<i>Syntex Laboratories</i>	Chinesische Akademie der Wissenschaft	Entzündungen, Knochenkrankheiten, Immunologie, Krebs, Magenleiden, Herzkranzgefäße, Viren, Dermatologie, orale Empfängnisverhütung	1986	Mikroben, Pflanzen
<i>Upjohn Co.</i>	Shanghai Institute of Materia Medica	ZNS, Herzkranzgefäße, Infektionen, AIDS	1986-87	Mikroben, Pflanzen

<i>Vermittlungsorganisation</i>	<i>Zusammenarbeit mit:</i>	<i>Anwendung</i>	<i>Aktiv seit</i>	<i>Naturprodukt</i>
<i>Marine Biotechnology Institute, Micronesia Japan</i>	MITI und 24 japanische Firmen (mit Suntory, Nippon Steel, Kyowa HakoPharm. Company)	ölfressende Bakterien, CO <sub>2</sub> -fixierendes Phytoplankton, Pharmazeutika, Antifaulmittel von Lebensmitteln	1992	Meer, Mikroben, Pflanzen
<i>National Biodiversity Commission Mexiko</i>		Vermittler	1992	
<i>Biodiversity Marketing and Commercialization Board Indonesien</i>	Asian Development Bank	Vermittler	1993	
<i>National Resource Conservation and Management Centers Asien</i>	Umweltpartnerschaft USA und Japan	Vermittler	1994-1997	
<i>International Cooperative Biodiversity Groups USA</i>	3 US-Ministerien	Vermittler	1992	
<i>National Biodiversity Institute (InBio) Costa Rica</i>	Ministry of Natural Resources, Energy and Mines (MIRENEM)	Vermittler	1992	
<i>Biotics Ltd. Großbritannien</i>		Vermittler		
<i>New York Botanical Garden, Missouri Botanical Garden, University of Chicago</i>	Verträge mit privaten Firmen und mit öfftl. Forschungseinrichtungen	Vermittler		

Quelle: nach Reid et al. 1993, ergänzt

## 2.3 Regelungen zur Biologischen Sicherheit in Entwicklungsländern (aus Spelsberg 1994)

### a) Regulierung der Biologischen Sicherheit in einigen Ländern Lateinamerikas und der Karibik

<i>Land</i>	<i>Biotechnologie-Programme und Anwendungen mit Sicherheitsrelevanz</i>	<i>Stand der Regulierung für Biologische Sicherheit</i>
<i>Argentinien</i>	Nationale Biotechnologie-Programme und -Unternehmen, Kooperationsprojekte; 20 Freisetzungen mit transgenen Pflanzen (Stand: Juni 1994).	Noch keine gültigen Biosafety-Gesetze, jedoch ministerielle Dekrete für Freisetzungen und Arbeiten im geschlossenen System; (provisorische) Genehmigungsbehörde ist das Landwirtschaftsministerium; NAC vorhanden (National Advisory Committee)
<i>Bolivien</i>	Entwicklung von transgenen Kartoffeln (Kälteverträglichkeit, Bt); Freisetzungen.	Entwurf für ein Biodiversity-Gesetz, in dem GVO-Fragen behandelt werden; NAC seit 1993.
<i>Brasilien</i>	Nationale Biotechnologie-Forschung und -Industrie; Entwicklung von transgenem Mais durch ein brasilianisches Unternehmen (AGROCERES); Kooperationsprojekte mit transgener Baumwolle und transgener Papaya.	Richtlinien für Arbeiten im Labor nach NIH-Vorbild; Regulierung im Entwurf.
<i>Chile</i>	Große Zahl von Freisetzungen transgener Pflanzen durch multinationale Unternehmen; Arbeit an Bakterien für Kupferabbau.	NAC unter der Aufsicht der Ministerien für Landwirtschaft und Gesundheit.
<i>Costa Rica</i>	Verschiedene Freisetzungen transgener Pflanzen; gentechnisch arbeitende Gruppe an der Universität von Costa Rica.	Ad-hoc-Überprüfung durch das Landwirtschaftsministerium; Inter-Institutional Biosafety Committee.
<i>Guatemala</i>	Freisetzung von transgenem Kürbis (1989).	Keine spezifische Regulierung.

<i>Land</i>	<i>Biotechnologie-Programme und Anwendungen mit Sicherheitsrelevanz</i>	<i>Stand der Regulierung für Biologische Sicherheit</i>
<i>Kolumbien</i>	CIAT entwickelt verschiedene transgene Pflanzen.	Arbeitsgruppe Biosafety beim Landwirtschaftsministerium; Technical Committee on Biosafety. Besitzt eine entwickelte Umweltschutzgesetzgebung, die für Fragen biologischer Sicherheit anwendbar ist; spezielle Gesetze in Vorbereitung. CIAT hat eigene Richtlinien nach US- und EU-Vorbild erarbeitet; CIAT hat sich verpflichtet, keine transgenen Pflanzen freizusetzen, bevor nationale Gesetze in Kraft sind.
<i>Mexiko</i>	Verschiedene Projekte am CIMMYT zahlreiche Freisetzungen transgener Pflanzen; nationale Forschungsinstitute entwickeln transgene Pflanzen.	Regulierungsstruktur und -grundsätze ähnlich den USA; ebenso zuständige Behörden. Harmonisierung im Rahmen der nordamerikanischen Freihandelszone (NAFTA). Gesetze über die Marktzulassung transgener Lebensmittelprodukte in ca. zwei Jahren.
<i>Peru</i>	Nationale Forschungsprojekte (Enzyme, Impfstoffe, Weizen); verschiedene gentechnische Kartoffel-Projekte am CIP; Freisetzungen in Vorbereitung.	Keine spezifische Regulierung; Anwendung bestehender Gesetze für Fragen Biologischer Sicherheit. CIP hat für die eigenen Projekte ein Institutional Biosafety Committee eingesetzt.
<i>Puerto Rico</i>	Freisetzungen transgener Pflanzen durch internationale Unternehmen (Asgrow), aber auch einer in Puerto Rico entwickelten transgenen Bohne.	Ad hoc Committee für die Freisetzung transgener Bohnen auf Basis des Plant Quarantine Law. Asgrow hat für seine Freisetzungen ein eigenes Biosafety Committee eingesetzt.
<i>Venezuela</i>	National Biotechnology Plan; vier Institute arbeiten an transgenen Pflanzen (Gen-Konstrukte wurden aus den Industrieländern zur Verfügung gestellt).	Keine Regulierung.

## b) Regulierung der Biologischen Sicherheit in einigen Ländern Afrikas

<i>Land</i>	<i>Biotechnologie-Programme und Anwendungen mit Sicherheitsrelevanz</i>	<i>Stand der Regulierung für Biologische Sicherheit</i>
<i>Nordafrika</i>		
<i>Ägypten</i>	Agricultural Genetic Engineering Research Institute (AGERI); transgene Pflanzen noch im Gewächshaus, Freisetzung geplant. Kooperationsprojekte mit internationalen Unternehmen: Arbeit an transgenem Mais, Kartoffeln, Kürbis und Tomate (Bt, Virusresistenz).	National Biosafety Committee eingesetzt, um Konzepte für Regulierung auszuarbeiten.
<i>Westafrika</i>		
<i>Burkina Faso</i>	Forschungsprojekt zur gentechnisch Modifizierung von Yam; Ziel: Lysin-Anreicherung	
<i>Elfenbeinküste</i>	Projekt zur gentechnischen Modifizierung von Yam.	
<i>Gabun</i>	Gentechnische Arbeiten am International Centre for Medical Research, Franceville (Medizin, Pharma).	
<i>Ghana</i>	Biotechnologie-Programm soll intensiviert werden.	
<i>Kamerun</i>	Fortgeschrittene Biotechnologie an der Universität von Yaonde; auch DNA-Rekombinationstechniken.	
<i>Nigeria</i>	Starkes Biotechnologie-Programm (10 Forschungsinstitute) in den Bereichen Pflanzen (neue Züchtungstechniken, N-Fixierung, Gensonden). Einsatz von DNA-Rekombinationstechniken ist angestrebt.	

<i>Land</i>	<i>Biotechnologie-Programme und Anwendungen mit Sicherheitsrelevanz</i>	<i>Stand der Regulierung für Biologische Sicherheit</i>
<i>Zentral- und Südafrika</i>		
<i>Kenia</i>	<p>Biotechnologie-Programm (Pflanzen, Stickstoff-Fixierung).</p> <p>Entwicklung verschiedener rekombinierter Impfstoffe; begrenzte Feldversuche mit rec-Tollwut-Impfstoff.</p> <p>Medizinische Forschung (Monoklonale Antikörper, Gensonden/Diagnostika).</p>	<p>Institutional Biosafety Committee auf Initiative des Kenya Agricultural Research Institute (KARI); Richtlinien in Vorbereitung (nach indischem Vorbild).</p>
<i>Südafrika</i>	<p>Agrarforschung ist privatisiert. Viele Unternehmen und Institutionen, die bio/gentechnisch arbeiten (Pflanzenzucht, Optimierung von Mikroorganismen für Fermentation).</p> <p>Freisetzungen transgener Baumwolle (HR, Bt) durch Calgene.</p>	<p>SA Genetic Experimentation Committee (SAGENE) überwacht den Gebrauch von GVOs und führt Risikoabschätzungen durch.</p>
<i>Tanzania</i>	<p>Zwei internationale Saatgutunternehmen (Cargill, Pioneer Hi-Breed) sind aktiv.</p> <p>Freisetzungen transgener Pflanzen und Biopestizide wahrscheinlich.</p>	
<i>Uganda</i>	<p>Kaum Biotechnologie; internationale Kooperation zum Aufbau lokaler Kapazitäten wird angestrebt (inkl. gentechnische Verfahren).</p>	
<i>Zimbabwe</i>	<p>Biotechnologie-Programm, Aufbau des Biotechnology Research Institute;</p> <p>Einsatz von rec-DNA-Techniken bei: Gensonden (Salmonellen), Impfstoffen (Hepatitis), Virusforschung, Mikroorganismen zur Fermentation von Milch, immobilisierte Enzyme.</p> <p>Entwicklung verschiedener transgener Pflanzenlinien (Tabak, Sorghum, Süßkartoffel / Bt, Virusresistenz, Markergene);</p> <p>Freisetzung von transgenem Tabak und Baumwolle.</p> <p>Vier internationale Saatgutunternehmen (u.a. Cargill, Pioneer) sind aktiv.</p>	<p>Biosafety-Regulation für DNA-Rekombinationstechniken in Vorbereitung (für gentechnische Arbeiten in Labor und Produktion, Freisetzungen von GVOs, Produktzulassungen); BSB (Biotechnology Safety Board) als zentrale Genehmigungsbehörde geplant.</p>

## c) Regulierung der Biologischen Sicherheit in einigen Ländern Südostasiens

<i>Land</i>	<i>Biotechnologie-Programme und Anwendungen mit Sicherheitsrelevanz</i>	<i>Stand der Regulierung für Biologische Sicherheit</i>
<i>China (Volksrepublik)</i>	Seit 1986 hat Biotechnologie-Forschung und -Entwicklung "höchste Priorität": Ausbau von Forschungskapazitäten und Strategien zur Vermarktung von Biotechnologie-Produkten. Gentechnische Verfahren in verschiedenen Anwendungsbereichen: Protein Engineering (Lebensmittelindustrie, Pharma), Pflanzenzüchtung. Großflächige Freisetzungen transgener Pflanzen (Tabak, Tomaten) auf 2.000 ha (allein 1993). Weitere Freisetzungen in Vorbereitung.	Keine; Freisetzungen ohne jede Sicherheitsüberprüfung.
<i>Indien</i>	Ca. 40 Institute, die gentechnisch arbeiten (1993); Projekte zur kommerziellen Produktion von Proteinen mit GVOs (Insulin, Wachstumshormone, Proteine für das Blutssystem); einige internationale Unternehmen haben Pflanzenzuchtprogramme begonnen; Ziele: HR, Schädlings-Resistenz (Bt). Freisetzungen von transgener Baumwolle und Mais.	1990 Erlaß von "Recombinant-DNA Safety Guidelines" durch das Department of Biotechnology; sehr flexibles System, das weitgehend auf die "Selbstverantwortung" der Unternehmen setzt. Hierarchisches System von Sicherheits- und Genehmigungskomitees.
<i>Indonesien</i>	Mehrere staatliche Forschungsinstitute im Bereich Pflanzenzüchtung, die DNA-Techniken eingesetzt (Ziele: Resistenzen, Anpassung an abiotische Faktoren). Tierzucht: DNA-Rekombinationstechniken bei Rindern, Schweinen, Fischen (Institute for Agriculture, Bogor). Entwicklung von Diagnostika und Impfstoffen.	Biosafety-Regulierung durch ministerielle Dekrete, nicht durch Gesetze (größere Flexibilität). Sub-Committee on Biosafety vom National Committee for Biotechnology (NBC) gegründet (1990). Richtlinien für geschlossene Systeme ausgearbeitet und vom NBC genehmigt; Entwurf für Freisetzungs-Richtlinie sollte Ende 1993 vorliegen.

<i>Land</i>	<i>Biotechnologie-Programme und Anwendungen mit Sicherheitsrelevanz</i>	<i>Stand der Regulierung für Biologische Sicherheit</i>
<i>Philippinen</i>	National Biotechnology Action Plan mit 6 Großprojekten (Pharma, Impfstoffe, Diagnostika, Zellkultur); Förderung des Technologietransfers zwischen Forschung und Industrie (Science-Park in Los Baños). Verschiedene Genehmigungen für den Import von GVOs (u.a. transgene Baumwolle und Reis).	National Biosafety Guidelines seit 1991; Vielzahl von Institutional Biosafety Committees bei den jeweiligen Instituten; Aufsicht durch National Biosafety Committee.
<i>Singapur</i>	National Biotechnology Programme seit 1988. Mehrere bedeutende Biotechnologie-Zentren.	
<i>Thailand</i>	Biotechnologie-Politik: Forschung, Infrastruktur, industrielle Anwendung. National Centre for Genetic Engineering and Biotechnology fördert Gentechnologie-Projekte in allen Anwendungsbereichen. Anreize für ausländische Investitionen. Spezielles Biotechnologie-Programm mit den USA.	Ad-hoc-Überprüfung durch Regierungskomitee; Vorarbeiten für Richtlinien/Gesetze.
<i>Vietnam</i>	Nationale Biotechnologie-Politik: Zusammenarbeit mit ausländischen Instituten; eigene Forschung (z.B. Entwicklung von optimierten Hefestämmen am Biotechnology and Research Centre, Hanoi).	



### 3. Glossar

**Antikörper**

lösliche Serumproteine (Immunglobuline), die als Antwort auf die Gegenwart bestimmter Fremdstoffe (Antigene) von Zellen des Immunsystems, den B-Lymphozyten, gebildet werden und zum spezifischen Nachweis dieser Fremdstoffe genutzt werden können. *Monoklonale* Antikörper umfassen nur eine einzige Variante und sind dadurch noch weitaus spezifischer als *polyklonale* Antikörper.

**Batate**

Süßkartoffel, v.a. in Lateinamerika weitverbreitete Grundnahrungspflanze.

**Biopestizide**

Viren und Mikroorganismen oder deren Produkte, die zur Kontrolle von Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall eingesetzt werden.

**biotisch**

den an Leben gebundenen Anteil, z.B. von Ökosystemen, betreffend. Demgegenüber umfassen abiotische Anteile Wettereinflüsse, Metallgehalt oder sonstige chemisch-physikalische Faktoren.

**Bt, *Bacillus thuringiensis***

Bakterienart, die Giftstoffe (Bt-Toxine) produziert, die auf Insekten, v.a. auf Schmetterlingslarven, wirken. Bt-Sporen (d.h. widerstandsfähige, regenerationsfähige Dauerformen) werden seit längerem als Biopestizide eingesetzt. In gentechnischen Ansätzen wurde das Bt-Toxin-Gen in andere Bakterien (mit einem anderen Wirtsspektrum) oder in Pflanzen übertragen, welche sich dadurch "von selbst" gegen Fraßschädlinge schützen können sollen.

**Cash crops**

Pflanzen, die nicht zur Eigenversorgung, sondern zum Verkauf angebaut werden (Kaffee, Zucker etc.).

**Cassava (Maniok, Tapioka)**

stärkehaltige Knollenfrucht, die - ursprünglich aus Südamerika stammend - in Afrika und Asien angebaut wird, v.a. von Frauen ("female crop"). Größter Produzent ist Brasilien, zweitgrößter (und gleichzeitig größter Exporteur) ist Thailand. Als viertwichtigste Anbaupflanze der Welt ernährt Cassava schätzungsweise 500 Mio. Menschen, davon alleine mehr als 100 Mio. in (Zentral-)Afrika. Daneben wird Cassava industriell zur Stärkeproduktion verwendet.

**DNA**

(für engl.: *Desoxyribonucleic Acid*) Erbsubstanz.

**DNA-Hybridisierung**

Zusammenlagerung zweier Einzel-DNA-Stränge, z.B. von originaler Zell-DNA und (mit radioaktiven Isotopen oder Farbstoffen) "markierten", synthetisch hergestellten DNA-Stücken zum Nachweis gesuchter DNA-Bereiche.

**Embryo rescue**

Aufzucht von Pflanzenembryonen im Labor (auf Nährböden durch Zugabe von Wachstumshormonen u.ä.), die ohne Unterstützung keine vollständige Entwicklung durchlaufen würden.

**Epidemiologie**

Wissenschaft von der Häufigkeit und Verteilung einer Krankheit in einer Bevölkerung, bezogen auf definierte Einzelfaktoren (z.B. gleiche Abstammung oder zu einem bestimmten Personenkreis gehörend).

**ex situ**

außerhalb der natürlichen Umgebung, des natürlichen Standortes; eine *Ex-situ-Konservierung* - von Pflanzen und Tieren - findet in Genbanken oder z.B. zoologischen Gärten statt.

**Fermentation**

(im Dt. oft mit "Gärung" übersetzt) biochemische Umwandlung chemischer Verbindungen durch Mikroorganismen, mittlerweile häufig durch die Zugabe nur der entsprechenden Enzyme durchgeführt. Als *Fermenter* werden geeignete Behälter bezeichnet, in denen die Bakterien und Einzeller (oder auch Zellkulturen aus höheren Organismen) zur Produktion gewünschter Stoffe, z.B. Pharmaka, unter kontrollierten Bedingungen im Labor- oder Industriemaßstab gehalten werden.

**Gen**

Grundeinheit des Erbgutes; ein Gen trägt die Information zur Bildung eines Proteins oder zur Steuerung anderer Gene.

**Gene flow**

("Genfluß") Übertragung genetischen Materials von Kulturpflanzen in verwandte Wildformen oder auch z.B. in Bodenbakterien.

**Genpool**

Summe der genetischen Varianten, die z.B. innerhalb eines Ökosystems vorhanden sind. Der Begriff Genpool kann sowohl auf die Gesamtheit der Arten als auch auf einzelne Spezies bezogen verwendet werden.

**GVOs**

gentechnisch veränderte Organismen; Einzeller, Tiere oder Pflanzen, denen mit gentechnologischen Methoden veränderte eigene oder aus anderen Organismen stammende Gene übertragen wurden (synonym: *transgene* und *rekombinante* Organismen). Der Vorgang der Veränderung wird als *Rekombination*, *Transformation* oder *Genetic engineering* bezeichnet.

**hCG**

(für engl.: *human Choriongonadotropine*) menschliches Schwangerschaftshormon, für die Einnistung des befruchteten Eies und die Aufrechterhaltung der Schwangerschaft notwendig.

**HR, Herbizidresistenz**

(eigentlich:) Unempfindlichkeit bestimmter Pflanzen gegenüber Pflanzenvernichtungsmitteln (Herbizide). In der Biotechnologiediskussion werden mit HR jedoch spezielle herbizidresistente Nutzpflanzen gemeint, denen auf gentechnischem Wege diese Resistenz übertragen wurde und die bezüglich ihres Nutzens bzw. der von ihnen ausgehenden Gefahren sehr umstritten sind (*HR-Pflanzen, HR-Technik*).

**Hybridsorte**

Pflanzensorte, die durch die gezielte Kreuzung zweier sogenannter Inzuchtlinien entsteht und meist auf einen hohen Ertrag hin optimiert wurde. Die überlegenen Eigenschaften werden jedoch nicht an die Tochtergenerationen weitergegeben (sie "kreuzen aus"), so daß die Anwender das Saatgut nicht selbst vermehren können, sondern jeweils nachkaufen müssen.

**in situ**

in der natürlichen Umgebung, am ursprünglichen Standort, im Ökosystem.

**Inokulation**

"Beimpfung" von Pflanzen mit nützlichen Mikroorganismen, z.B. symbiotischen stickstofffixierenden Bakterien.

**in vitro**

im Reagenzglas, Laboratorium o.ä., d.h. nicht im oder am lebenden Organismus (= *in vivo*).

**In-vitro-Selektion**

Analyse und Auswahl von Zellen in pflanzlichen Zellkulturen, die überlegene Eigenschaften, z.B. bezügl. Streßtoleranz, aufweisen und zu ganzen Pflanzen (mit analogen Eigenschaften) regeneriert werden sollen.

**Klone**

genetisch identische Organismen, die in der Natur z.B. durch regelmäßige ungeschlechtliche (= vegetative) Fortpflanzung (Ableger bei Pflanzen) oder auch außerplanmäßige Teilungsvorgänge (eineiige Zwillinge) entstehen können. Die *klonale* Vermehrung von Einzellern durch Teilung wird in der Molekularbiologie bzw. Gentechnologie zur Vervielfältigung gewünschter Gene benutzt, die z.B. in Bakterien inkorporiert werden (*DNA-Klonierung*).

**Marker**

DNA-Abschnitte bzw. -Sequenzen, die bestimmte Gene und damit Eigenschaften anzeigen und mit DNA-Hybridisierungstechniken (s.o.) nachgewiesen werden können.

**metabolisch**

den Stoffwechsel betreffend.

**Mikropropagation**

im Labor vorgenommene, vegetative Vermehrung von Pflanzen aus Wachstumsgeweben. Sie liefert genetisch identische Organismen (Klone).

**Orphan crops**

("verwaiste Feldfrüchte") Pflanzenarten, die vom Menschen in größerem Umfang genutzt werden könnten, aber aufgrund ihrer bislang ausschließlich regionalen bzw. lokalen Verwendung kaum bzw. gar nicht von der Agrarforschung beachtet wurden.

**pathogen**

krankheitserregend.

**PCR**

(für engl.: *Polymerase Chain Reaction*) Polymerase-Kettenreaktion, eine molekulargenetische Methode zur selektiven Vermehrung spezifischer DNA-Abschnitte, die seit Ende der 80er Jahre die Anwendungsmöglichkeiten der Molekularbiologie entscheidend erweitert hat und u.a. für hochempfindliche diagnostische Verfahren eingesetzt wird.

**polygen**

von mehreren Genen beeinflusst, Gegenteil: monogen.

**Prospektierung der biologischen Vielfalt/der genetischen Ressourcen**

systematische Suche nach neuen Quellen chemischer genetischer Komponenten, nach Mikro- und Makroorganismen sowie deren Aufbereitung zum Zweck der potentiellen Nutzung in der biotechnischen Industrie.

**Protoplastenfusion**

(im Labor durchgeführte) Verschmelzung zweier pflanzlicher Zellen, deren Zellwände zuvor entfernt wurden. Ziel ist dabei meist eine Kombination des Erbmaterials der beiden Ausgangszellen.

**rBST**

(für engl.: *recombinant Bovine Somatotropine*) gentechnisch hergestelltes Rinderwachstumshormon, das zur Steigerung der Milchleistung eingesetzt werden kann. Die Anwendung von rBST ist z.Zt. in der EU verboten.

**rekombinant, Rekombination**

s. unter GVOs.

**Sorghum**

Hirseart, die v.a. in den Trockengebieten Nordafrikas ein wichtige Grundnahrungspflanze ist.

**Transformation**

s. unter GVOs.

**transgen**

s. unter GVOs.

**Vakzin**

Impfstoff.

**vegetativ**

(bei Pflanzen:) ungeschlechtlich; vegetative Fortpflanzung meint die Vermehrung aus "normalem" Wachstumsgewebe, z.B. in Form von Ablegern (s. auch Klon).

**Vektor**

Übertragungsorganismus für bestimmte Gene oder auch Krankheitserreger. In der Gentechnologie steht Vektor für das Transportmittel (die "Genfähre"), mit dem die gewünschten Gene in andere Zellen eingeschleust werden.

**Virus**

Zellparasit, der bei seiner Vermehrung seine Wirtszelle schädigen oder zerstören kann und dadurch Erkrankungen hervorruft.

**Virus-Hüllproteine**

bilden die äußere, charakteristische Hülle des Virus und werden von tierischen und pflanzlichen Abwehrsystemen erkannt, wodurch bei Tieren eine Antikörperbildung und eventuell eine nachfolgende Immunisierung hervorgerufen wird, bei Pflanzen andere Formen der Abwehrreaktionen.

## 4. Abkürzungen

**AIDS**

Acquired Immune-Deficiency-Syndrome

**ATSAF**

Arbeitsgemeinschaft Tropische und Subtropische Agrarforschung e.V.

**BMBF**

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie

**BMZ**

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung

**CGIAR**

Consultative Group on International Agricultural Research: Beratende Gruppe für Internationale Agrarforschung

**CIAT**

Centro Internacional de Agricultura Tropical: Internationales Institut für tropische Agrarforschung in Cali (Kolumbien)

**CIMMYT**

Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo: Internationales Mais- und Weizenforschungsinstitut in Mexiko Stadt

**DAAD**

Deutscher Akademischer Austauschdienst

**DFG**

Deutsche Forschungsgemeinschaft

**EU**

Europäische Union

**FAO**

Food and Agriculture Organization of the United Nations: Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen

**GATT**

General Agreement on Tariffs and Trade: Allgemeines Zoll- und Handelsabkommen

**GTZ**

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH, Eschborn

**IAEA**

International Atomic Energy Agency: Internationale Atomenergiebehörde

**IARCs**

International Agricultural Research Centers: Internationale Agrarforschungszentren

**IBPGR**

International Board for Plant Genetic Resources: Internationaler Rat für Pflanzengenetische Ressourcen

**ILRAD**

International Laboratory for Research on Animal Diseases: Internationales Forschungslabor für Tierkrankheiten in Nairobi

**InBio**

Instituto de Biodiversidad (Costa Rica)

**IPGRI**

International Plant Genetic Resources Institute: Internationales Institut für Pflanzengenetische Ressourcen in Rom

**IRRI**

International Rice Research Institute: Internationales Reisforschungsinstitut in Manila

**ISAAA**

International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications

**OECD**

Organization for Economic Cooperation and Development: Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (der westlichen Industrieländer)

**STD**

Life Sciences and Technologies for Developing Countries: EU-Programm zur Förderung der Biowissenschaften, der Erforschung von Tropenkrankheiten und der Technikentwicklung in Kooperation mit Ländern der "Dritten Welt"

**TDR**

UNDP/World Bank/WHO Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases: Sonderprogramm für Forschung an und Ausbildung in Tropenkrankheiten

**TRIPS**

Agreement on Trade-related Aspects of Intellectual Property Rights: Übereinkommen zum Schutz geistigen Eigentums im Rahmen des GATT

**UNCED**

United Nations Conference on Environment and Development: Umwelt- und Entwicklungskonferenz der Vereinten Nationen (Juni 1992 in Rio de Janeiro)

**UNCTAD**

United Nations Conference on Trade and Development: Welthandels- und Entwicklungskonferenz

**UNDP**

United Nations Development Programme: Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen

**UNEP**

United Nations Environment Programme: Umweltprogramm der Vereinten Nationen

**UNESCO**

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: Erziehungs-, Wissenschafts- und Kulturorganisation der Vereinten Nationen

**UNFPA**

United Nations Population Fund: Bevölkerungsfonds der Vereinten Nationen

**UPOV**

Union pour la Protection des Obtentions Végétales: Internationales Übereinkommen zum Schutz von Pflanzenzüchtungen

**USAID**

US Agency for International Development: US-amerikanische Behörde für Entwicklungszusammenarbeit

**WHO**

World Health Organization: Weltgesundheitsorganisation







Die rasanten Fortschritte in der modernen Biotechnologie eröffnen ein weites Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten in der Landwirtschaft, der Industrie, der Medizin, im Umweltschutz und bei der schonenden Nutzung von Ressourcen. Entsprechend verheißungsvoll erscheinen Überlegungen, mit diesen Technologien zur Lösung oder zumindest Linderung zentraler Probleme von Entwicklungsländern – wie Armut, unzureichende Ernährung und schlechte gesundheitliche Versorgung – beizutragen. Andererseits verbindet sich mit ihrem Einsatz aber auch die Sorge, daß sich die technologische und wirtschaftliche Kluft zwischen armen und reichen Ländern noch weiter vertiefen könnte. Um das Potential moderner Biotechnologien für Entwicklungsländer, d.h. ihre sozioökonomischen Chancen und Risiken, beurteilen zu können, analysiert diese Studie, ausgehend vom Stand der biotechnologischen Forschung und ihren derzeitigen Einsatzmöglichkeiten, erwartbare Folgen für die ökonomische, ökologische und soziale Situation der Staaten der "Dritten Welt". Eine darauf folgende Bewertung der Biotechnologie im Lichte entwicklungspolitischer Zielsetzungen dient als Ausgangspunkt, um Schlußfolgerungen für die zukünftige deutsche Entwicklungszusammenarbeit zu ziehen und Anregungen hierfür zu formulieren.