

Politik, Wahrnehmung und Bedenken im Hinblick auf die Entwicklung von Wissenschaft und Biotechnologie in Brasilien

■ Executive Summary

Brazil's agriculture is quite a showpiece: Agricultural produce accounts for 40 percent of the country's exports, agriculture employs about 20 percent of the entire workforce, and it makes up nine percent of the GDP. 40 percent of these exports go to the EU, although most of the produce is intended for the domestic market.

Brazil's agriculture uses highly-developed technologies; in recent years, however, the challenge has been to avoid unnecessary logging. The loss of forests and, therefore, of biodiversity increasingly gives rise to concern. This is why economic interests should be directed towards sustainability, which includes forest protection.

Knowledge, technology, and innovation are basic factors for developing the economy and social models. What deserves mention in this context is not only conventional vaccines but also human insulin. A good portion of the scientific literature dealing with this issue was penned by Latin American researchers. From 1988 to 2001, the number of quotations from Latin American technical literature has increased threefold, with Chile, Argentina, and Brazil accounting for 70 percent of the publications.

The development of biological and information technology goes hand in hand with increasing invest-

Brasiliens Landwirtschaft boomt. Die agrarisch genutzten Technologien sind hoch entwickelt, wenn auch unnötige Abholzungen und somit der Verlust von Biodiversität zunehmend Sorge bereiten. Nachhaltigkeit ist gefordert, und die Fortbildung in der Bio- und Informationstechnologie hat Priorität. Brasilien, zumal der öffentliche Sektor des Landes, tätigen beachtliche Investitionen in Forschung und Entwicklung. Heute ist das Niveau der brasilianischen wissenschaftlichen Forschung herausragend, und auch Biosicherheit ist kein Fremdwort mehr. Das erste Biosicherheitsgesetz des Landes wurde 1995 formuliert, doch als die Handelsfreigabe genetisch veränderter Soja 1998 einen Rechtsstreit sowie intensive Debatten über die technisch-wissenschaftlichen, wirtschaftlichen, rechtlichen, politischen und ethischen Aspekte der Materie hervorrief, bedurfte auch das Gesetz der Neufassung. Viele Menschen sehen im Einsatz genveränderter Organismen die Ursache einer nicht akzeptablen Bedrohung der Umwelt und der Gesundheit. Dennoch – die sozioökonomische Bedeutung der Biotechnologie steht außer Frage. Ihre wirksame, aber auch ihre sensible Vermittlung ist daher das Gebot der Stunde.

ments in research and development. In Brazil, for example, there are currently quite a number of research projects that develop cultivation methods with new qualities, with the public sector – i.e. public research institutes, state universities, and promotion agencies – funding most of the investments. *The genome sequence of the plant pathogen Xylella fastidiosa* by A.J.G. Simpson et al. is one of the most influential Brazilian publications that have so far succeeded in appearing on the front page of the journal *Nature*. This sequencing success motivated new projects, enlivened proteomics and genomics, and even led to the emergence of new companies.

Without a doubt, the standard of scientific research in Brazil is outstanding, although knowledge production is nevertheless dominated by the USA, Europe, and Japan. In countries in which both research and the application of its results are successful, the lion's share of the investments comes from the private sector. Brazil has only a few patents – the main reason for this may lie in insufficient cooperation between the private sector and the public institutions.

The term biosafety generally refers to a broad canon of measures used to assess risks and effectively avoid the negative consequences of biotechnological progress for human health and the environment. A large number of regulations cover the use of new technologies. Brazil's first Biosafety Act goes back to 1995; later, it was amended by Provisional Measure No. 2.191-9/2001 establishing the National Technical Commission on Biosafety (CTNBio). Since then, numerous regulations have been developed that cover methods to develop, cultivate, manipulate, transport, buy, sell, use, release, and dispose of genetically modified organisms (GMOs) so as to protect the environment as well as human, animal and plant health.

The liberalization of trade in genetically modified soybeans in 1998 triggered a legal dispute and undermined to some extent the reputation of Brazilian technology as a whole, so that it was cancelled again. As a result, different positions and interests spawned a complex tangle of regulations whose implementation, in turn, caused bureaucracy to get out of hand and harmed Brazil's scientific development.

After an intense debate about the technical, scientific, economic, legal, political, and ethical aspects of

the matter, a new version of the Act was formulated in March 2005. It was inspired by utmost caution and a stringent evaluation of national economic interests, the security of the food supply, and the consequences for the environment. Moreover, research on embryonic stem cells produced by in-vitro fertilization was liberalized for therapeutic purposes. Other issues, such as the prohibition of the Gene Use Restriction Technology (GURT) and the remuneration of CNT-Bio members who, up to now, have been working without pay, have not yet been cleared up.

Biotechnology has been a part of our life for many years. This is shown by the well-known processes used in the production of beer, cheese, bread, and wine as well as by recent scientific progress in these areas. However, many regard this phenomenon with a mixture of fascination and fear. In this context, the plot of Michael Crichton's novel *Jurassic Park* that was later turned into a film may serve as an example. Is this fear only a figment of the imagination, or does it arise from a science fiction thriller? In fact, the use of genetically modified organisms in agriculture and food has become a controversial issue that is intensely discussed among politicians and the people.

A large part of society is convinced that the use of GMOs implies unacceptable changes in human health and the environment. Yet many technologies that initially met with refusal are an unquestioned integral part of our everyday life today. In 2000, Brazil conducted a pilot project to investigate the extent to which society would accept new biotechnological processes together with their benefits and risks. It showed that the interviewees were more receptive towards these kinds of processes as their level of education and their income increased.

Given the socio-economic importance of biotechnology, its future potential, and its perception-related obstacles, it is a special challenge to communicate the values of these technologies to the public, which knows very little about biotechnology as yet. Therefore, it is necessary to inform the population comprehensively. Those who hardly look into the subject of biotechnology will probably retain their doubtful attitude towards genetically modified food.

However, it is more complicated to inform the people about risks than to communicate scientific

facts. After all, it is not only a matter of eliminating information deficits but also of responding sensitively to religious, cultural, economic, and political aspects as well as to the emotions of the population. There certainly is no single and ideal way of solving this problem. The only possible approach is to apply a whole bundle of instruments. However, these only have a chance to be successful if they are newly and individually adapted to every single situation.

■ **Brasilien und die sozioökonomische Bedeutung der Landwirtschaft**

Brasilien hat eine große und gut entwickelte Landwirtschaft. Das Land ist der größte Produzent und Exporteur in der Welt von Zucker, Kaffee und Orangensaft und einer der wichtigsten Produzenten und Exporteure von Kakao, Soja, tropischen Früchten und Nüssen. Auf die brasilianische Landwirtschaft entfallen ungefähr 40 Prozent der Exporte, sie beschäftigt etwa 20 Prozent der Berufstätigen und erbringt einen Anteil von neun Prozent am BIP (etwa ein Drittel des BIP Brasiliens stammt aus dem Agrobusiness). Ebenso relevant sind die Viehzucht und der damit verbundene Export. Brasilien ist der größte Rindfleischexporteur, ein sehr starkes Wachstum gibt es bei Geflügel, Schweinen und in der Milchindustrie (anteilig annähernd 60 Prozent Landwirtschaft und 40 Prozent Viehzucht). Über 40 Prozent der Landwirtschaftsexporte gehen in die Europäische Union, aber auch zunehmend in andere Länder wie China und Russland. Exportgewinne förderten den Import von Weizen (wofür es nur unzureichende Anbaubedingungen gibt) und vereinzelt von Mais (der hauptsächlich als Futtermittel im wachsenden Zweig der Geflügelzucht Verwendung findet). Der größte Teil der landwirtschaftlichen Produktion ist jedoch für den Binnenmarkt bestimmt. So ist die einheimische Landwirtschaft wichtig, um Ernährungsmängel zu bekämpfen und die Bevölkerung mit gesunden und erschwinglichen Nahrungsmitteln zu versorgen. Ebenso wichtig ist sie für das Wirtschaftswachstum. Die Produktivitätsgewinne in der Landwirtschaft haben zur Erhöhung der Exporte beigetragen, 2005 wurde der Exportrekord der vorangegangenen Jahre überboten.

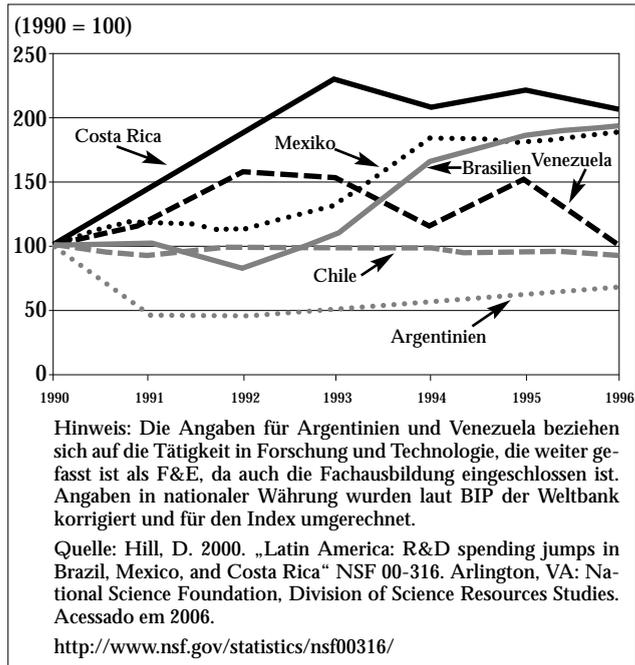
Fortschrittliche Technologien wurden entwickelt, um die Landwirtschaft zu optimieren, abwechslungsreiche Lebensmittel in hoher Qualität zu produzieren und die Umweltauswirkungen und die Verschlechterung der natürlichen Ressourcen einzudämmen. Durch die wachsende Effizienz der Produktion gibt es für die Bevölkerung ein besseres Angebot an Lebensmitteln zu geringeren Preisen ohne eine dementsprechende wesentliche Erweiterung der Anbauflächen. Unnötige Abholzungen zu vermeiden ist eine schwierige Herausforderung in einem Land mit einer anfälligen Wirtschaftssituation und einem hohen Bevölkerungsanteil von gering qualifizierten und wenig verdienenden Arbeitskräften. Im größten Tropenwald der Welt, im Amazonasgebiet, gab es in letzter Zeit Zuwanderungen mit dem Ziel, Holz zu gewinnen und durch Brandrodungen die Flächen für die extensive Viehzucht und die wenig effektive Landwirtschaft zu erweitern, und das hat einen unkontrollierten und Besorgnis erregenden Verlust an Wäldern und damit der Biovielfalt nach sich gezogen. Die Herausforderung besteht darin, die wirtschaftlichen Interessen wieder auf mehr Nachhaltigkeit zur Bewahrung dieses Landstrichs zu lenken. In diesem Bemühen müssten auch alle existierenden und künftigen Technologien zum Einsatz kommen, mit deren Hilfe die Nahrungsmittelproduktion verbessert und gleichzeitig die Umweltauswirkungen verringert werden können. Diskutiert werden auch andere Initiativen, zum Beispiel der Vertrag über Pflanzengenetische Ressourcen für die Lebensmittelherstellung und Landwirtschaft, der als Strategie für die Förderung der pflanzengenetischen Ressourcen und ihrer Nutzung zugunsten aller dienen soll.

■ **Wissenschaftliche Forschung in Brasilien und die Entwicklung der modernen Biotechnologie**

Wissen, Technologie und Innovation werden als die wesentlichen Faktoren für die Stärkung und Entfaltung der Wirtschaft und der Sozialmodelle angesehen. Die Entwicklung der intellektuellen Fähigkeiten und der Infrastruktur war zum Beispiel in der Biotechnologie für spezifische Bedürfnisse Brasiliens vorteilhaft, und zwar bei der Herstellung konventioneller Impfstoffe (z. B. Gelbfieber), als auch beim

Einsatz der modernen (rekombinanten) Technologie zur Produktion menschlichen Insulins, eines Impfstoffs gegen Hepatitis B sowie rekombinanter Proteine. Diese Produkte der Biotechnologie werden im Land mit geringeren Kosten hergestellt und haben das Potenzial, das Leben von Millionen Menschen zu retten.

Abb. 1 Index der realen Ausgaben für F&E



Glücklicherweise kann man hinsichtlich der intellektuellen Fähigkeiten feststellen, dass der Anteil von wissenschaftlichen und ingenieurtechnischen Artikeln aus der Feder lateinamerikanischer Autoren von 1988 bis 2001 um fast 200 Prozent gestiegen ist. Der Zuwachs konzentriert sich auf die vier Länder mit der größten Volkswirtschaft, aus denen 2001 fast 90 Prozent der Artikel kamen – Brasilien (43 Prozent), Argentinien und Mexiko (jeweils 19 Prozent) und Chile (acht Prozent). Wichtiger als die Zahl der veröffentlichten Artikeln ist ihre Wirkung, wofür als Maßstab gelten kann, ob aus ihnen zitiert wird. Die Zahl der Zitate aus der lateinamerikanischen wissenschaftlich-technischen Literatur hat sich zwischen 1988 und 2001 fast verdreifacht (die größte Wachstumsrate als Region, wenn man Schwellenländer und Entwicklungsländer betrachtet). Eine Aufstellung ergibt, dass

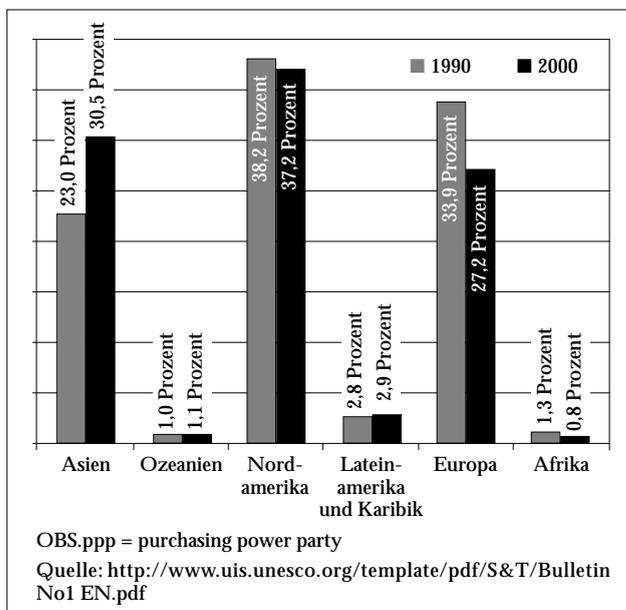
der Zuwachs an Zitaten aus drei Ländern (Chile, Argentinien und Brasilien, die für 70 Prozent der Veröffentlichungen stehen) darauf zurückgeht, dass die Autoren vermehrt außerhalb ihres Landes zitiert werden, was ihre stärkere Anerkennung durch die internationale wissenschaftliche Gemeinschaft zeigt.

Das größere Engagement für Forschung und Entwicklung seit Anfang der neunziger Jahre ist das Ergebnis solcher Maßnahmen wie der Fortbildung in Biotechnologie und Informationstechnologie in anderen Ländern, die für die nationale Entwicklung entscheidend sind, sowie einer gleichzeitigen Zunahme der Investitionen in Forschung und Entwicklung (F&E), siehe Abb. 1.

Gegenwärtig gibt es in Brasilien eine Reihe von Forschungsprojekten für die Entwicklung von Anbauarten mit neuen Eigenschaften, seien sie agronomischer Natur wie die Resistenz gegen Herbizide, Krankheiten oder biotische Faktoren oder sei es der höhere Nährwert oder ihr pharmazeutischer Wert. Einige Beispiele seien genannt – gegen den Ringfleckenvirus resistente Papaya, gelbmosaikvirusresistente Bohnen, gegen den Y-Virus resistente Kartoffeln, gegen den Baumwollkapselkäfer resistente Baumwolle oder, mit resistenteren Fasern, dürreresistente Soja, gegen aluminiumhaltige Böden resistenter Mais, eine Eukalyptusart mit einer höheren Zelluloseproduktion usw. Für pharmazeutische Zwecke werden erforscht – Salat als Vehikel für einen Impfstoff gegen Durchfall, Soja zur Herstellung von Medikamenten mit geringeren Kosten, z. B. menschliches Wachstumshormon, Faktor IX (Blutgerinnung; bei Blutkrankheiten) oder Antikörper für die Diagnose und Impfstoffe.

Die Forschungsarbeiten werden unter Leitung öffentlicher Einrichtungen, zum Beispiel dem EMBRAPA (Brasilianisches Agrarforschungsinstitut), der Oswaldo-Cruz-Stiftung/Fiocruz und von Universitäten, unter Beteiligung nationaler und multinationaler privater Unternehmen durchgeführt. Die private Beteiligung ist jedoch bescheiden, der öffentliche Sektor verantwortet den größten Teil der Forschungsinvestitionen mit Hilfe von drei Stellen – öffentlichen Forschungsinstituten, staatlichen Universitäten und Förderagenturen. Die staatlichen Universitäten spielen eine zentrale Rolle für die biotechno-

Abb. 2 Weitere Ausgaben für F&E nach Regionen 1990 und 2000



logische Forschung in Brasilien, denn sie bilden die Humanressourcen aus und erbringen auch die meisten Forschungsleistungen im Land. Im Jahre 2000 gab es wohl 1718 mit Biotechnologieprojekten befasste Forschungsgruppen, von denen 760 in nationalen und 460 in bundesstaatlichen öffentlichen Universitäten tätig waren (Salles-Filho, 2001).

Die Sequenzierung des Genoms der *Xylella fastidiosa* (A.J.G. Simpson; et. al.; 2000) fand sich als vielleicht einflussreichste brasilianische Veröffentlichung auf der Titelseite der renommierten Zeitschrift *Nature* wieder und fand internationale Anerkennung. Dieses Projekt ist in vielerlei Hinsicht interessant – Auswahl eines Organismus von sozioökonomischer Bedeutung für das Land, Ermöglichung eines ganz neuen virtuellen Netzes von Forschungslabors, Fortbildung von qualifizierten Fachleuten in großer Zahl, berufliche Kompetenz der brasilianischen Forscher, die immer mehr internationale Anerkennung gewinnen. Ein virtuelles Netz für den Informations- und Erfahrungsaustausch sowie die gut koordinierte Zusammenarbeit verschiedener Einrichtungen nützt der Lösung komplexer Probleme und der Erhöhung des Kenntnisstandes der Teilnehmer. Der Erfolg der Sequenzierung brachte andere Projekte hervor, belebte die Proteomik und Genomik und regte die Zusam-

menarbeit und die Herausbildung neuer Unternehmen wie Allelyx, Canavialis und Scylla an.

■ Tabelle 1: Forscher und Investitionen in F&E

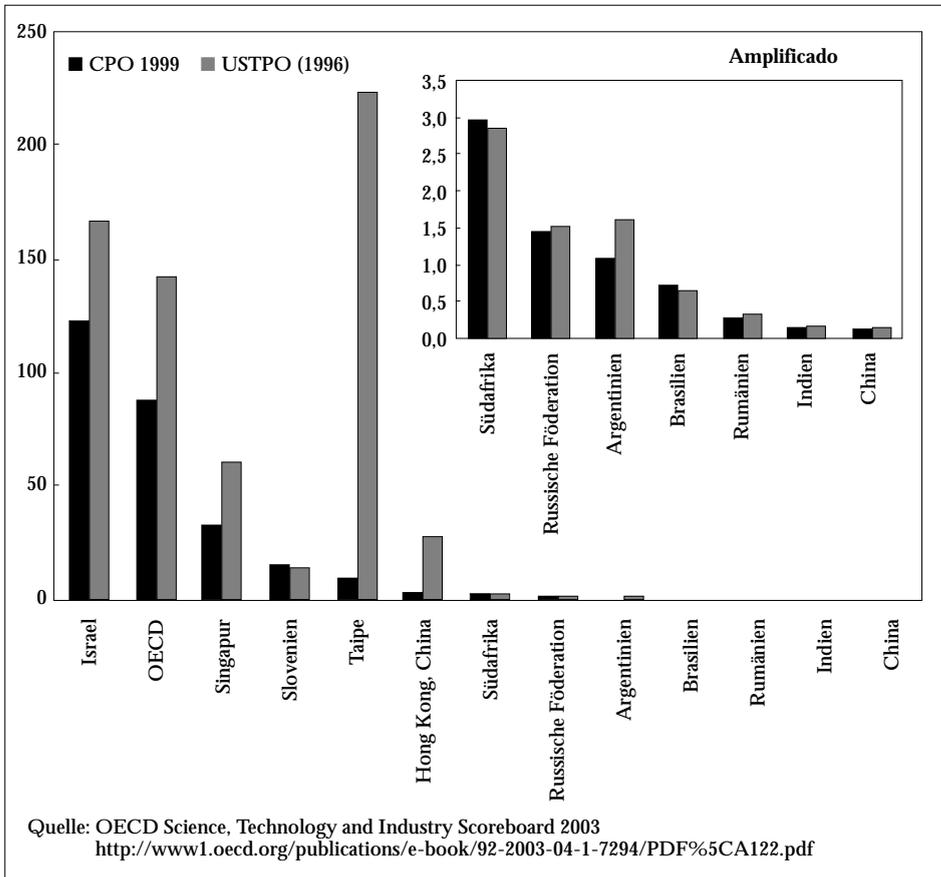
Forscher in der Welt 2002	Forscher (1000)	Prozent weltweiter Anteil an Forschern	Forscher pro eine Million Einwohner	Aufwand für F&E pro Forscher (US\$ 1000)
Welt	5 521,4	100,0	894,0	150,3
Europäische Union	1 106,5	20,0	2 438,9	177,0
OECD	3 414,3	61,8	2 984,4	191,9
Nordamerika	1 368,5	24,8	4 279,5	224,5
Lateinamerika und Karibik	138,4	2,5	261,2	156,5
Südafrika	8,7	0,2	192,0	357,6
Deutschland	264,7	4,8	3 208,5	211,4
Argentinien	26,1	0,5	715,0	61,5
Brasilien (2000)	54,9	1,0	314,9	238,0
USA (1999)	1 261,2	22,8	4 373,7	230,0
Israel	9,2	0,2	1 395,2	661,1
Japan	646,5	11,7	5 084,9	164,5
Mexiko (1999)	21,9	0,4	217,0	159,7

Quelle: UNESCO RESUMIDO <http://www.uis.unesco.org/TEMPLATE/pdf/S&T/WDSscienceRepTable2.pdf>

Das Niveau der brasilianischen wissenschaftlichen Forschungen ist deutlich gestiegen, doch einiges ist noch zu berücksichtigen. Die USA, Europa und Japan beherrschen die Wissensproduktion (UNESCO 2005). Es gibt zahlreiche Unterschiede, zum Beispiel beim Anteil der Wissenschaftler, beim allgemeinen Aufwand für F&E (Abb. 2) pro Einwohner bzw. Forscher (Tabelle 1), bei der Zahl der Veröffentlichungen und Doktorarbeiten, bei bürokratischen Fragen sowie bei Steuern und Gebühren für den Import von Materialien für die wissenschaftliche Forschung usw. Schauen wir uns die Investitionen in F&E in Brasilien im Vergleich zu Ländern mit einem hohen Innovationsniveau an, ist der Unterschied unabhängig von der Berechnung der Investition riesig (Weltbank). Im Jahre 2000 investierte Brasilien 0,91 Prozent des Bruttoinlandsprodukts (BIP). Dagegen betrug der Anteil der F&E-Investitionen in den Ländern der Organisa-

tion für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) im Jahre 2003 durchschnittlich 2,2 Prozent. Schweden investiert 3,98 Prozent, Japan 3,15 Prozent und Island 3,04 Prozent. Zu den Ländern mit einem Investitionsanteil über 2,5 Prozent zählen Deutschland, Dänemark, Belgien, Schweiz, USA und Korea. Etwa zwei Prozent werden in Frankreich, Neuseeland, Großbritannien, Österreich und Kanada investiert. Deutschland will 2010 drei Prozent erreichen im Vergleich zu 2,5 Prozent im Jahre 2004 (Germany E.C). Für Brasilien besteht Anlass zur Sorge, denn nach 1,02 Prozent des BIP im Jahre 2001 hat sich der Anteil der F&E-Investitionen im Jahre 2004 auf 0,93 Prozent verringert.

Abb. 3 Patente pro eine Million Einwohner



In all diesen Ländern, in denen die Forschung und die Anwendung ihrer Ergebnisse erfolgreich sind, erbringt der private Sektor den größten Teil der Inves-

titionen. Die Anzahl der Patente in unserem Land ist gering (Abb. 3), ökonometrische Studien sehen den Hauptgrund für die fehlende Effizienz Lateinamerikas in der unzureichenden Zusammenarbeit zwischen dem privaten Sektor und den Forschungseinrichtungen wie z. B. Universitäten (M. Bosch et al. 2005). In den Ländern der OECD gibt es oft Steuervergünstigungen, und auch Brasilien führt steuerliche Vorteile für die Forschung auf bestimmten Gebieten ein.

Trotz geringen Risikokapitals und begrenzter Investitionen in Forschung und Entwicklung wurden seit den neunziger Jahren etwa 300 Biotechnologie-Unternehmen gegründet. Die Entwicklung des Unternehmergeistes der brasilianischen Wissenschaftler ist von sozioökonomischem Interesse. Jedoch hängt die Gründung und Weiterführung der neuen Biotechnologie-Unternehmen in Brasilien von klaren und zweckmäßigen Bedingungen ab. Dabei geht es z. B. um den Schutz geistigen Eigentums, die Vorschriften für die Forschung zu genveränderten Lebensmitteln, die Klonierung und andere Gebiete der modernen Biotechnologie sowie darüber hinaus um die Wahrnehmung der Biotechnologie durch die brasilianische Gesellschaft.

■ Die Regelungen zur Biosicherheit in Brasilien

Der Begriff „Biosicherheit“ bezieht sich auf einen breiten Fächer von Maßnahmen zur Risikoeinschätzung und zu effektiven Verfahren zur Vermeidung bzw. Eindämmung negativer Auswirkungen der neuen biotechnologischen Fortschritte auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt. Gegenwärtig stehen die neuen Technologien dem Verbraucher erst nach Einhaltung aller Vorschriften zur Verfügung. Im Falle der Gentechnik gibt es weltweit zwei grundlegende Regulierungsmuster mit dem gleichen Zweck. In den USA hebt das Gesetz nicht speziell auf die moderne Biotechnologie ab, es betrachtet im Hinblick auf die Sicherheitsbewertung die neu entwickelten Produkte als gleichartig bzw. gleichrangig mit bestehenden Erzeugnissen. Die Freilassung der GVO (genveränderte Organismen) in die Umwelt unterliegt den Vorschriften von drei Regierungsagenturen (Landwirtschaft, Gesundheitswesen und

Umwelt). Das europäische Modell unterscheidet zwischen der Produktionstechnologie und dem Produkt, die Anforderungen für die Risikobewertung der GVO in Bezug auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt sind aber jeweils ähnlich. In Brasilien ist die Gentechnik durch eine spezielle Gesetzgebung geregelt, die hauptsächlich auf dem europäischen Modell fußt und die bestehende Gesetzgebung für andere Produkte ergänzt. Zum Beispiel wurde der Impfstoff gegen Hepatitis B seit Jahren mit Hilfe konventioneller Technologien produziert. Seit dazu übergegangen wurde, ihn mit Hilfe der moderneren rekombinanten DNA-Technologie herzustellen, ist er auch durch das Biosicherheitsgesetz geregelt. Das heißt, er ist allen für die konventionelle Technologie vorgesehenen Kontroll- und Bewertungsmechanismen und zusätzlich den Bestimmungen des Biosicherheitsgesetzes unterworfen.

Das erste brasilianische Biosicherheitsgesetz stammt aus dem Jahre 1995. Es ist ein spezielles Gesetz zur Regulierung, Zertifizierung und Überwachung der Erforschung und des Einsatzes von genveränderten Organismen bzw. der Entwicklung der Gentechnik. Das Gesetz Nr. 8.974/95 (Biosicherheitsgesetz) mit der Durchführungsbestimmung (Verordnung Nr. 1.752/95) wurde geändert durch die Vorläufige Maßnahme Nr. 2.191-9/2001 zur Gründung der Nationalen Biosicherheitskommission (CTNBio), die sich aus einer interdisziplinären Gruppe mit 18 festen Mitgliedern und ihren Stellvertretern zusammensetzt:

- Spezialisten (Wissenschaftler mit Doktorgrad). Sie werden von wissenschaftlichen Gesellschaften und der akademischen Gemeinschaft benannt und vertreten die Fachgebiete menschliche Gesundheit, Tier- und Pflanzengesundheit und Umweltschutz.
- Vertreter der Ministerien für Wissenschaft und Technologie, Gesundheitswesen, Landwirtschaft, Viehzucht und Versorgung, Umwelt, Erziehung und des Außenministeriums.
- Vertreter von Arbeitsschutz- und Verbraucherschutzorganisationen sowie von Biotechnologie-Unternehmen (wobei die Vertreter des privaten Sektors später per Folgegesetz von 2005 ausgeschlossen wurden).

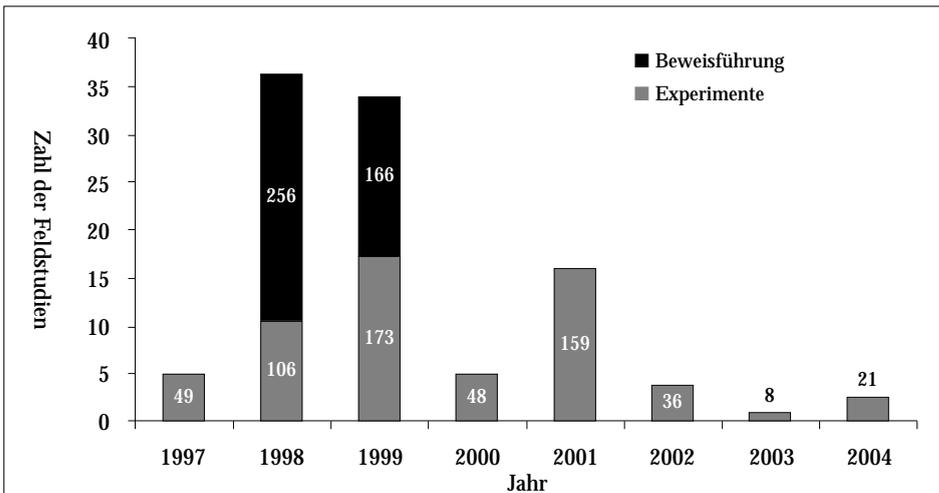
Die CTNBio erließ von 1996 bis 2002 20 Vorschriften für den Einsatz der Techniken für Entwicklung, Anbau, Manipulation, Transport, Handel, Verwendung, Freisetzung und Beseitigung von GVO und ihren Nebenprodukten zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Tier- und Pflanzengesundheit und der Umwelt. Nur die zuvor autorisierten und zertifizierten Einrichtungen dürfen mit der modernen Biotechnologie arbeiten, alle Initiativen, die diese Technologie einsetzen, einschließlich Forschungsprojekte, werden durch die CTNBio geprüft. Im Hinblick auf die Biosicherheit hat das Gesetz zweifellos seinen Zweck erfüllt: Der Umgang mit GVO wird auf der Grundlage von Vorsichtsmaßnahmen reguliert, und das setzt in jedem einzelnen Fall eine vorherige strenge Prüfung des Gesundheitsrisikos für den Menschen und die Umwelt voraus.

Indessen setzten mit der Handelsfreigabe genetisch veränderter, gegen das Herbizid Glyphosat toleranter Soja im Jahre 1998 eine heftige Polemik und rechtliche Auseinandersetzungen ein; die Folge war ein negatives Image der Technologie in unserem Land. Die Zuständigkeit der CTNBio für Gutachten über die Umweltsicherheit wurde durch öffentliche Zivilklagen des IDEC (Institut für Verbraucherschutz) und Greenpeace unter Berufung auf das Umweltgesetz in Frage gestellt, das laut Klagebegründung diese Befugnis dem Umweltministerium einräumt. Das Biosicherheitsgesetz (Nr. 8.974/95) erklärte die CTNBio für zuständig, hatte sie aber nur als Vorläufige Maßnahme im August 2001 zur Erarbeitung technischer Normen und abschließender Gutachten über Biosicherheit geschaffen. Auf Grund dieser Rechtsauseinandersetzung wurde die Freigabe des kommerziellen Anbaus von Soja außer Kraft gesetzt. Angesichts des attraktiven Gewinns und der notwendigen Wettbewerbsfähigkeit auf dem internationalen Markt importierten jedoch einige brasilianische Produzenten illegal Samen von transgener Soja aus Argentinien. Das führte unter anderem zu Verlusten in der Saatgutindustrie (die als ein Segment von strategischem Interesse für Brasilien angesehen wird) und bei den Steuereinnahmen aus dem Saatgutverkauf. Andererseits wird laut einer Studie der Nationalen Pflanzenschutzvereinigung durch die Weiterentwicklung der transgenen Kulturen der Pflanzenschutzmittelver-

brauch in der brasilianischen Landwirtschaft in den nächsten Jahren um bis zu 20 Prozent sinken. Schätzungen zufolge würde der Anbau herbizid- oder insektizidtoleranter Soja auf einer Fläche von 15 Millionen Hektar den Bedarf an agrochemischen Produkten auf dem Pflanzenschutzmittelmarkt im Wert von etwa 231 Millionen US-Dollar bzw. um 16 bis 20 Prozent verringern. Dadurch würde vielleicht die Pflanzenschutzmittelindustrie in agrochemische Erzeugnisse investieren, die Probleme bekämpfen, für die noch keine biotechnologische Lösung vorhanden ist, wie der Rostbefall bei Soja (Valor Econômico).

Unterschiedliche Meinungen und Interessen haben zu einem komplizierten Geflecht von Gesetzen und Unterbestimmungen geführt, deren Umsetzung eine extrem bürokratische und vertrackte Situation hervorgerufen und letzten Endes der wissenschaftlichen Entwicklung im Land geschadet hat. Ab dem Jahr 2000 gab es in Anbetracht der negativen Wahrnehmung und der Regulierungswut einen starken Rückgang der Forschungstätigkeit, wie die folgende Abbildung zeigt:

■ Folgen der Rechtsauseinandersetzung und der negativen Wahrnehmung der Biotechnologie-Forschung in Brasilien



Im Unterschied zu anderen Forschungsgebieten liegt die langsame Entwicklung der Arbeiten zur Biosicherheit in Brasilien nicht nur an fehlenden finanziellen Mitteln. Ein Großteil der Probleme resultiert aus einer übertriebenen Regulierung und den wissenschaftlich nicht haltbaren Kampagnen gegen Studien in diesem Bereich.

Eine intensive und lange Aussprache über technisch-wissenschaftliche, ökonomische, rechtliche, politische, ethische und religiöse Aspekte neben Debatten

auf Regierungsebene über die Zuständigkeiten in den einzelnen Bereichen im Prozess der gesetzgeberischen Harmonisierung haben unter anderem ein neues Gesetz in Brasilien verzögert. Schließlich wurde am 24. März 2005 in Ergänzung des Gesetzes 8.794/95 (des ersten brasilianischen Biosicherheitsgesetzes) das durch die Verordnung 5.591 geregelte Gesetz 11.105 angenommen. Davon sind zugleich zwei polemische Fragen betroffen – die Produktion und Vermarktung von GVO und die Stammzellenforschung. Im Hinblick auf die Biosicherheit bezieht sich die brasilianische Gesetzgebung lediglich auf die Nutzung der DNA-Technologie (Desoxyribo-Nuklein-Säure), der rekombinanten RNA-Technologie (Ribonukleinsäure) und von Stammzellen. Das neue Gesetz beinhaltet das Prinzip höchster Vorsichtsmaßregeln und einer strengen Evaluierung der nationalen Wirtschaftsinteressen, der Ernährungssicherheit, der Gesundheit und der Umweltfolgen. Dafür sieht das Gesetz eine neue Zusammensetzung der Nationalen Biosicherheitskommission CTNBio aus nunmehr 27 Mitgliedern vor und bestimmt, dass die Kommission für die Handelsgenehmigung lediglich wissenschaftlich-technische Gutachten zur Sicherheit der GVO erstellt. Durch das Gesetz wird ein Nationaler Rat für Biosicherheit – CNBS – mit 15 Vertretern aus verschiedenen Ministerien geschaffen, der endgültig über sozioökonomische Aspekte der Freigabe genveränderter Organismen und die Gelegenheit und Zweckmäßigkeit ihrer Vermarktung entscheidet.

Eine weitere wichtige Änderung ist die Freigabe der Forschung mit embryonalen Stammzellen aus der In-Vitro-Befruchtung für therapeutische Zwecke. Dies ist beschränkt auf Embryonen, die vor mehr als drei Jahren eingefroren wurden und nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Eltern verwendet werden und die normalerweise von den Kliniken, die künstliche Befruchtungen durchführen, entsorgt werden.

Die neue Gesetzgebung ergänzt die vorhergehende, lässt aber noch einige Punkte im Regelwerk für ein Umdenken und Anpassen offen, zum Beispiel in Bezug auf das derzeitige ausnahmslose Verbot des Einsatzes der GURT-Technologie (*Gene Use Restriction Technology*). Dieses Verfahren ist in bestimmten Fällen interessant, weil damit verhindert wird, dass

eine genetisch veränderte Pflanze unabsichtlich in die Umwelt bzw. in den Pollenflug eintritt und sich mit einer sexuell kompatiblen Pflanze vermehrt. GURT ist insbesondere aus Gründen der Biosicherheit interessant, zum Beispiel bei der Proteinproduktion in Pflanzen für pharmazeutische Zwecke (Pharmaka, Antikörper, Impfstoffe, Enzyme). Die Proteinproduktion in Pflanzen (molekulare Landwirtschaft) bietet viele praktische, ökonomische und sicherheitstechnische Vorteile im Vergleich zu konventionellen Systemen, d.h. sie ermöglicht die Produktion zu geringen Kosten, mit einem schnellen *Scale-up*, ohne menschliche Pathogene und kann komplizierte vollständige Proteine bilden (J.K.C.Ma, et al. 2003). Dieses Verbot ist angesichts des Fortschritts der Forschung in der molekularen Landwirtschaft, einem Gebiet, auf dem selbst Brasilien mit öffentlichen Mitteln in wissenschaftliche Forschungsarbeiten investiert, widersprüchlich.

Erwogen und verbessert werden muss auch, dass die Mitglieder der CTNBio ihre komplizierte, sehr verantwortungsvolle und viel Hingabe erfordernde Arbeit ehrenamtlich leisten und keinerlei Vergütung dafür bekommen. Zuweilen spüren die Mitglieder das negative öffentliche Echo, und das ruft Desinteresse und einen häufigen Wechsel bei ihnen hervor.

Im Allgemeinen zeigt die Erfahrung, dass Brasilien mit seinem so wichtigen Agrobusiness die technologischen Fortschritte nicht ignorieren kann, die der Agrarindustrie größere Wettbewerbsfähigkeit verschaffen. Die Wissenschaft als eine Form der Kenntniserweiterung darf nicht durch übertriebene Regulierung behindert werden. Die öffentliche Wahrnehmung hat großen Einfluss auf den Regulierungsprozess und demzufolge auf die Entwicklung von Wissenschaft und Wissen. Ganz wesentlich ist die angemessene Aufklärung der Gesellschaft, die ausgewogene Information über die Risiken bzw. Vorteile aus dem sicheren Einsatz dieser Technologien sowie über die Folgen ihrer Nichtnutzung. Der Erfolg der nachhaltigen Entwicklung hängt von der systematischen und detaillierten Analyse und begründeten Entscheidung im Wissen um die strategischen Vorgaben und Politiken ab, die gleichzeitig den Wissensfortschritt fördern und das Leben, die Gesundheit von Mensch und Tier sowie die Umwelt schützen.

■ Öffentliche Wahrnehmung und Herausforderung zur Verbreitung der modernen Biotechnologie

Die Biotechnologie gehört seit vielen, vielen Jahren zu unserem Leben, angefangen bei den altbekannten Verfahren zur Herstellung von Bier, Käse, Brot und Wein bis hin zu den spannenden Fortschritten dieser Wissenschaft auf den unterschiedlichsten Gebieten. Ein geläufiges Beispiel in der Medizin ist seit mehr als 20 Jahren die Herstellung von Insulin mit Hilfe eines transgenen Mikroorganismus. Andere Anwendungsgebiete der Biotechnologie sind weniger bekannt, z.B. haben Kunstrestauratoren in Pisa die Bakterie *Pseudomonas stutzeri* zur Entfernung einer Leimschicht verwendet, die teilweise einen bedeutenden mittelalterlichen Fresko bedeckte. Mit keinem chemischen Produkt war das möglich (Arie, 2003).

Ein Gemisch aus aktuellen Anwendungsgebieten, faszinierenden Potenzialen und Befürchtungen drückt sich unterschiedlich aus – durch Kunst, Science Fiction, Literatur, Zeitungen usw. Viele kennen die Geschichte des ursprünglich von Stan Lee 1963 geschriebenen Comics *Spider-Man* über einen liebenswürdigen Waisenjungen (Peter Parker), dessen Leben sich änderte, nachdem ihn eine radioaktive Spinne gebissen hatte. Dadurch übernahm er die speziellen Eigenschaften der Spinnen. In der Filmversion aus dem Jahre 2002 erhält der Spinnenmann seine Fähigkeiten durch den Biss einer genmanipulierten Spinne, die während einer Vorführung wissenschaftlicher Erfolge entwischt. Michael Crichton, Autor des später auch verfilmten Romans *Jurassic Park* (1991), erzählt die Geschichte einer entlegenen tropischen Insel, auf der die Dinosaurier durch die Gewinnung von DNA aus den Mägen in Bernstein eingeschlossener und somit konservierter Insekten aus dem Mesozoikum geklont wurden.

Ist diese Angst nur Einbildung und Ergebnis einer spannenden Science Fiction? In Wirklichkeit ist die Nutzung genveränderter Organismen (GVO) hauptsächlich in der Landwirtschaft und Ernährung zu einem kontrovers und intensiv diskutierten Thema in der öffentlichen und politischen Debatte geworden. Die Sicherheit der GMO im Hinblick auf die Folgen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt wird

vor der Handelsfreigabe mit einer Strenge geprüft, die es niemals zuvor bei anderen Technologien gab. Die Europäische Union zum Beispiel hat im Verlauf von 15 Jahren 81 Projekte unter Beteiligung von 400 Teams verschiedener Branchen mit einem Investitionsvolumen in Höhe von 70 Millionen Euro durchgeführt (P. Busquin, 2001). In der Erklärung von 3200 internationalen Wissenschaftlern und 20 Nobelpreisträgern heißt es: „Die verantwortungsbewusste Genveränderung von Pflanzen ist weder neu noch gefährlich. Die Hinzufügung eines neuen Gens oder verschiedener Gene zu einem Organismus verursacht keine neuen oder größeren Risiken als diejenigen, die bei der Veränderung von Organismen mit traditionellen Methoden auftreten, und die Sicherheit der genveränderten Erzeugnisse ist dank der bestehenden Vorschriften zum Schutz der Nahrungsmittelqualität garantiert.“ „Durch einen vernünftigen Einsatz kann die Biotechnologie auch der Umweltverschmutzung, dem Hunger und der Armut in den Entwicklungsländern entgegenwirken und zu einer höheren Agrarproduktivität und Ernährungssicherheit beitragen“ (Agbioworld website). Schätzungen zufolge betrug 2004 die genehmigte GVO-Anbaufläche weltweit 81,0 Millionen Hektar. Das bedeutet von 2003 bis 2004 einen Zuwachs von 20 Prozent bzw. um 13,3 Millionen Hektar (James, 2004). Die zunehmende Akzeptanz ist ein klarer Beweis für die sozioökonomischen Vorteile der Technologie. Damit die Größe des derzeitigen Marktes für Biotechnologie in der Landwirtschaft vorstellbar wird, sei angemerkt, dass zwischen 2003 und 2004 44 Milliarden Dollar in den fünf Ländern umgesetzt wurden, die einen Anteil von fast 98 Prozent an der gesamten Anbaufläche haben. Die fünf Marktführer sind die USA (27,5 Milliarden US-Dollar), Argentinien (8,9 Milliarden), China (3,9 Milliarden), Kanada (zwei Milliarden) und Brasilien (1,6 Milliarden). Der Anbau beschränkt sich auf vier Arten – Soja, Baumwolle, Mais und Genraps (C. F. Runge e B. Ryan, 2004). Auch wenn keinerlei Beweise dafür zu finden sind, dass durch transgene Lebensmittel bzw. durch einen starken Verbrauch von transgenem Mais irgendein Gesundheitsschaden hervorgerufen wird, wurde dieser Anbau nicht für die Hungernden in Afrika zugelassen (das wurde in mehreren Zeitungen gemeldet,

u. a.: Cauvin, H. 2002, „Between famine and politics, Zambians starve“, *New York Times*: August 30, 2002).

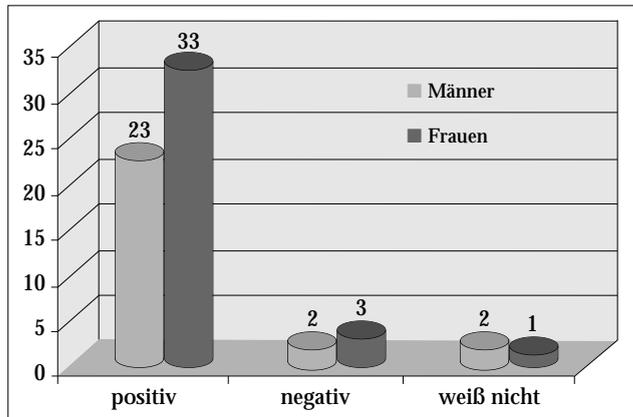
Trotz vieler Daten über positive wirtschaftliche, soziale und umweltbezogene Folgen glaubt ein Teil der Gesellschaft, dass die GVO einen nicht hinnehmbaren Einfluss auf die Umwelt, die Gesundheit und die Gesellschaft haben. Man glaubt, dass die Bedenken noch nicht genügend Berücksichtigung gefunden haben und organisiert Bewegungen gegen die Gentechnologie. Die Biotechnologie expandiert weiter in vielen Teilen der Welt, auch in Asien, Lateinamerika und zum Teil in Afrika, aber ihre Entwicklung wird durch den negativen öffentlichen Eindruck behindert.

Viele Technologien, die anfänglich auf Ablehnung stießen, sind heute ein wesentlicher Bestandteil unseres Lebens und man kann sich kaum noch vorstellen, wie es ohne sie wäre, man denke nur an die Elektrizität. In dem 1818 zum ersten Mal veröffentlichten Roman *Frankenstein* von Mary Shelley dient die Elektrizität der Wiederbelebung eines Toten und schafft ein Monster. Bei Experimenten in jener Zeit wurde demonstriert, wie ein isolierter Froschschenkel durch einen elektrischen Impuls zuckte, und das hat wahrscheinlich die Autorin beeinflusst. Sonderbarerweise fand man für genveränderte Lebensmittel die Bezeichnung „Frankenfood“. Sollten die Verbraucher den meisten technologischen Fortschritten ganz einfach nur widerwillig begegnen? Zeigt sich darin die generelle Angst vor dem Neuen und Unbekannten? Die Frankenstein-Autorin sieht die Wissenschaft als etwas Mächtiges und bei unkontrolliertem Gebrauch zugleich Gefährliches. Trotz der Bewegung gegen die Gentechnik wächst die GVO-Vermarktung weiter – sollte die Öffentlichkeit wirklich nicht die positiven Seiten erkennen? Fehlen vielleicht nur die bessere Kenntnis und das Vertrauen in die Kontroll- und Risikobewertungsmethoden?

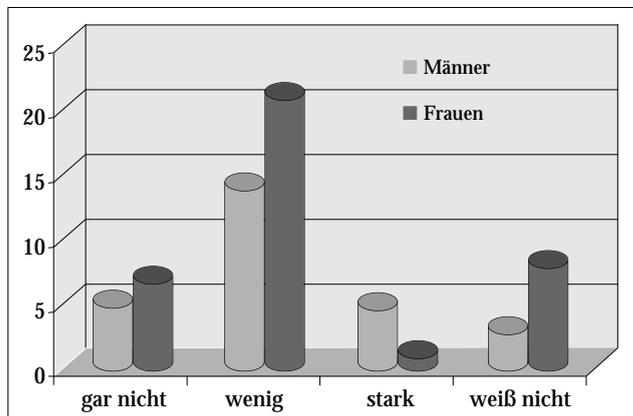
Im Jahre 2000 wurde in Brasilien eine Pilotforschung mit dem Ziel durchgeführt, die öffentliche Meinung zu neuen biotechnologischen Prozessen und ihren Vorteilen und möglichen Risiken und zur Entwicklung genveränderter Lebensmittel herauszufinden. Es wurde auch nach der Glaubwürdigkeit der Kontroll- und Überwachungseinrichtungen und den

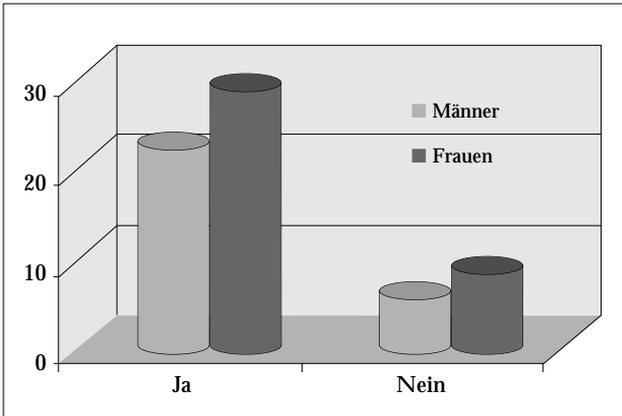
Informationsmöglichkeiten gefragt. Befragt wurden 550 Personen aus Rio de Janeiro, São Paulo und Porto Alegre (Städte, die als meinungsbildend für den Rest des Landes gelten, da sie in der landwirtschaftlichen Produktion und in der wissenschaftlichen Tätigkeit führend sind). Die Ergebnisse der statistischen Erhebungen in der Vorstudie über die öffentliche Wahrnehmung der Biotechnologie in Brasilien zeigen, dass das Schulniveau und das Familieneinkommen wichtige Faktoren für die Akzeptanz der Technologie waren. (L. Oda e B. Soares, 2000). Eine jüngst mit Biologielehrern brasilianischer Sekundarschulen mit Hilfe der Website von ANBio angefertigte Studie legt nahe, dass für sie der Einfluss der Biotechnologie positiv und das Risiko relativ gering ist und dass sie transgene Lebensmittel aus nicht mit dem Preis in Verbindung stehenden Gründen kaufen würden (siehe unten stehende Abbildungen).

Wie beeinflusst die Biotechnologie Ihr Leben und die Welt?

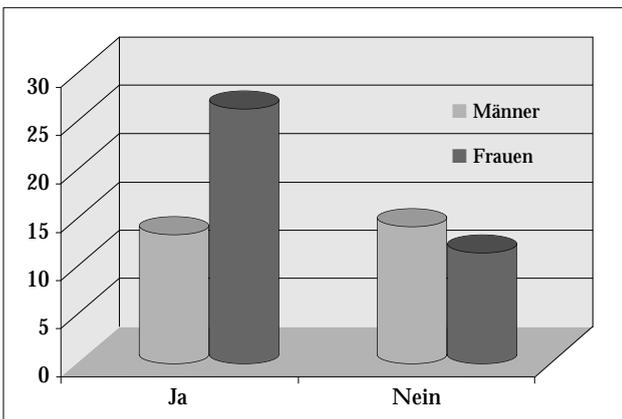


Wie hoch ist das Risiko bei Lebensmitteln, die mit biotechnische Verfahren hergestellt sind?





Würden Sie ein transgenes Lebensmittel verzehren, wenn es viel anti-karzinogen wirkendes Lycoen enthielte?



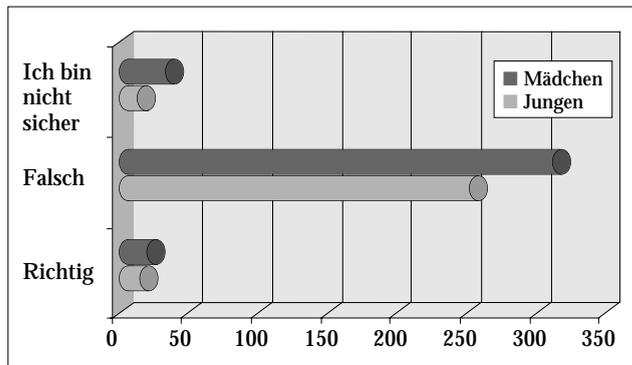
Würden Sie ein genverändertes Lebensmittel kaufen, wenn es billiger wäre?

Angesichts der heutigen sozioökonomischen Bedeutung der Biotechnologie, ihres künftigen Potenzials und der durch die öffentliche Wahrnehmung errichteten Barrieren hat die schwierige Herausforderung an Bedeutung gewonnen, den Wert der neuen Technologien wirksam zu vermitteln und der Öffentlichkeit die Wissenschaft nahe zu bringen. Neben den mächtigen traditionellen Medien wie Rundfunk, Fernsehen und Presse wurden weniger konventionelle Kommunikationsformen speziell zu Bildungszwecken entwickelt, zum Beispiel Lieder mit bekannten Rhythmen zur Aufklärung der Bevölkerung über Lebensmittelsicherheit. Zur Biotechnologie gibt es das Lied „Still Seems Like Food To Me“, inspiriert von „Still Rock and Roll To Me“ von Billy Joel (CD musical „Still Stayin’ Alive“, 2004). Ein anderes Beispiel ist ein Kochbuch speziell für sowohl mit traditionellen als auch mit modernen Methoden hergestellte genveränderte Lebensmittel (B.M. Stadler, 2001). Und schließ-

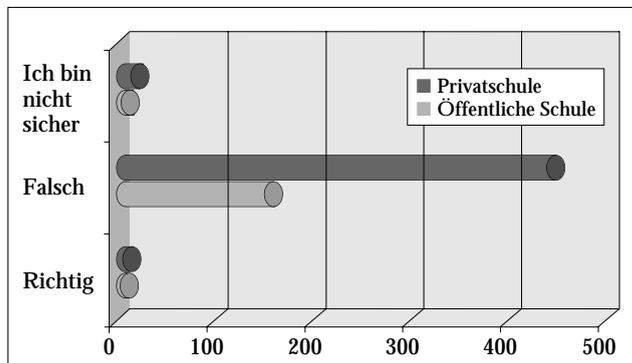
lich hat in Brasilien die ANBio ein Theaterstück mit dem Titel „DNA, unsere Komödie“, ein Multimedia-spiel und einen Comic erarbeitet (ANBio, Website).

Wissenschaftler und andere an der Lebensmittel-technologie interessierte Spezialisten haben des Öfte-ren den Standpunkt vertreten, dass die Öffentlich-keit durch ausreichende Informationen ihre Angst verlie-ren würde (Brady & Brady, 2003; Hoban, 1997). Um-fragen zeigen, dass amerikanische Verbraucher weni-ger besorgt sind als europäische (S. H. Priest, 2000; G. Gaskell, *et al* 2000), wobei sich die Amerikaner nicht bewusst sind, dass transgene Lebensmittel zu ihrem Leben gehören bzw. bei der Nahrungsmittel-herstellung breite Anwendung finden (W.K. Hallman et al. 2004). Das mangelnde Verständnis allgemeiner biotechnologischer Fakten ist in vielen Ländern zu beobachten (L. de Souza et al. 2003; A. Sittenfeld und A.M. Espinoza 2002; Eurobarometer 55.2). Die jüngste Studie der ANBio mit Schülern öffentlicher und privater brasilianischer Sekundarschulen zeigt ebenfalls mangelnde Kenntnisse zu diesem Thema, wie die folgenden Abbildungen zu erkennen geben.

■ „Normale Tomaten haben keine Gene, während genetisch veränderte Tomaten Gene enthalten.“



■ „Wer genverändertes Obst isst, dessen Gene ändern sich auch.“



Das zeigt, dass das Verständnis für Biotechnologie schwach entwickelt ist und dass Bemühungen um die Aufklärung der Bevölkerung mehr Aufmerksamkeit brauchen. Umfragen zu ihrer Wahrnehmung sind interessante Instrumente zur Beurteilung der Sorgen und Interessen der Gesellschaft und Mittel zur besseren Information. Eine repräsentative Untersuchung der öffentlichen Meinung in der brasilianischen Gesellschaft zur aktuellen Situation wäre äußerst interessant und nützlich.

Wer sich wenig mit der Biotechnologie beschäftigt, hat wahrscheinlich eine von Zweifeln geprägte und beeinflussbare Meinung über genveränderte Lebensmittel. Nur durch Verständnis kann eine bewusste Auswahl getroffen werden. Befragungen in der Europäischen Gemeinschaft zeigen, dass es unter Doktoren und Wissenschaftlern an Universitäten und in Nichtregierungsorganisationen mehr Vertrauen gibt als in der Regierung (Gaskell, Allum, & Stares, 2003; INRA Europe, 2000; Lang et al. 2003). Diese Antwort wird ähnlich in vielen anderen Ländern gegeben, auch in Brasilien (L.M. Oda e B.E.C. Soares, 2000). Die Doktoren und Wissenschaftler können also durch ihre Mitwirkung eine engere Verbindung zwischen Öffentlichkeit und Wissenschaft herstellen. Mit diesem Ziel führt die ANBio eine Reihe von Aktivitäten für alle Interessierten durch. Für Sekundarschulen gibt sie die Zeitschrift *Biopop* heraus und verteilt sie mit Unterstützung der Ministerien für Erziehung und Wissenschaft und Technologie, um Lehrer und Schüler mit den neuen biologischen Technologien vertraut zu machen. Außerdem veranstaltet sie auch Biologieolympiaden und organisiert die Teilnahme brasilianischer Schüler an internationalen Wissensvergleichen.

Die Aufklärung über die Risiken ist viel komplizierter als die einfache Übermittlung wissenschaftlicher Informationen. Hier geht es neben religiösen, kulturellen, ökonomischen und politischen Aspekten auch um Emotionen. Angesichts der Komplexität des Themas gibt es nicht die eine ideale Methode, sondern einen ganzen Fächer von Instrumenten, die nur Erfolg haben, wenn sie jeder einzelnen Situation entsprechend eingesetzt werden. Zum Schluss sei gesagt, dass die negative Wahrnehmung der Biotechnologie ihre Entwicklung sehr stark behindern kann, und ins-

besondere den Schwellenländern wie Brasilien wird es so sehr schwer fallen, die Forschungsergebnisse ihrer öffentlichen Einrichtungen in Erzeugnisse zum Nutzen der Gesellschaft zu verwandeln.

■ Literatur

- CIA – The World Factbook — Brazil <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/geos/br.html>
- OECD Review of Agricultural Policies – Brazil http://www.oecd.org/document/62/0,2340,en_2649_201185_35555454_1_1_1_1,00.html
- World Bank – Brazil Data <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/LACEXT/BRAZILEXTN/0,,menuPK:322367~pagePK:141132~piPK:141109~theSitePK:322341,00.html>
- Latin America: A Growing Presence. <http://www.in-cites.com/countries/latin-america.html>
- T.N. Hansen; N. Agapitova; L. Holm-Nielsen; O.G. Vukmirovic, 2002. The Evolution of Science & Technology: Latin America and the Caribbean in Comparative Perspective. World Bank. [http://wbln0018.worldbank.org/LAC/lacinfoclient.nsf/d29684951174975c85256735007fef12/74254805f52b6d0285256cfd007e1012/\\$FILE/LCSHD%20PAPER%20SERIES%20%23%2080.pdf](http://wbln0018.worldbank.org/LAC/lacinfoclient.nsf/d29684951174975c85256735007fef12/74254805f52b6d0285256cfd007e1012/$FILE/LCSHD%20PAPER%20SERIES%20%23%2080.pdf)
- Derek Hill, 2000. Latin America: R&D Spending Jumps in Brazil, Mexico, and Costa Rica <http://www.nsf.gov/statistics/nsf00316/>
- N.M. Beintema; A.F. Dias Ávila; P.G.Pardey; 2001. Agricultural R&D in Brazil-International Food Policy Research Institute – Regional Fund for Agricultural Technology – Policy, Investments and Institutional Profile <http://www.fontagro.org/pdf/138.pdf>
- S.L.M.Salles-Filho, 2001. Instrumentos de apoio à definição de políticas em biotecnologia. Brasília:FINEP/MCT. http://www.mct.gov.br/CEE/revista/Parcerias10/Sergio_Salles.pdf.
- OECD Biotechnology statistics 2006 <http://www.oecd.org/dataoecd/51/59/36760212.pdf>
- A.J.G. Simpson; et. al.; 2000. The genome sequence of the plant pathogen *Xylella fastidiosa*. *Nature* 406, 151–157.
- J.K.C.Ma; P.M.W. Drake; P. Christou; 2003. The Production of Recombinant Pharmaceutical Proteins in Plants. – *Nature Reviews, Genetics*, 4, 794–805
- Relatório de Eméritas Academias de Ciências Plantas Transgênicas na Agricultura http://www.agricultura.gov.br/porta1/page?_pageid=33,964401&_dad=porta1&_schema=PORTAL
- Organização Mundial de Saúde – 20 Questões Sobre Alimentos Geneticamente Modificados. Estas perguntas e respostas foram preparadas pela Organização Mundial

- de Saúde – OMS, em resposta às questões e preocupações de diversos Estados Membros da OMS acerca da natureza e segurança dos alimentos geneticamente modificados. <http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/20questions/en/>
- Germany Growth and Jobs, 2006 http://ec.europa.eu/growthandjobs/pdf/2006_annual_report_germany_en.pdf
- UNESCO Science Report 2005. http://www.uis.unesco.org/ev_en.php?ID=6388_201&ID2=DO_PRINTPAGE
<http://www.uis.unesco.org/TEMPLATE/pdf/S&T/WDScienceRepTable2.pdf>
- M. Bosch; D. Lederman; and W.F. Maloney; 2005. Patenting and Efficiency: A Global View. World Bank http://www.econ.upf.edu/crei/activities/sc_conferences/23/papers/maloney.pdf
- Document of The World Bank Report No: 31601, 2005. Implementation Completion Report (CPL-42660) on a loan in the amount of US\$155.0 million to the Federative Republic of Brazil for a Science and Technology Reform Support Project – PADCT III http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/2005/03/04/000090341_20050304102529/Rendered/PDF/31601.pdf
- Valor Econômico – SP Agronegócios, B- 14 – Cibelle Bouças 9/6/2006
- Sophie Arie, 2003. Bacterium restores glue-hidden fresco in Rome – *The Guardian* (27 de junho, 2003). <http://www.guardian.co.uk/arts/news/story/0,11711,986008,00.html>
- P. Busquin, 2001 European Union website. <http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/index.html>
- Agbioworld website www.agbioworld.org
- C. James, 2004. Situação Global da Comercialização de Lavouras Geneticamente Modificadas (GM): 2004. <http://www.isaaa.org/>
- C. F. Runge e B. Ryan, 2004, The Global Diffusion of Plant Biotechnology: International Adoption and Research <http://www.apec.umn.edu/faculty/frunge/globalbiotech04.pdf>
- L.M. Oda and B.E.C. Soares, 2000. Genetically modified foods: economic aspects and public acceptance in Brazil. *Trends in Biotechnology*, Volume 18, Issue 5, 188-190
- Food Safety Music: „Still Stayin’ Alive“, music CD 2004, também na <http://foodsafety.ucdavis.edu/music.html>
- Beda M. Stadler, 2001. *Gene an die Gabel – Das erste GVO-Kochbuch der Welt*. Burson-Marsteller AG und Beda Stadler, Bern.
- ANBio website. <http://www.anbio.org.br>
- J.T. Brady and P.L. Brady, 2003. Consumers and genetically modified foods. *Journal of Family & Consumer Sciences*, 95, 12-18.

- T. J. Hoban, 1997; Consumer acceptance of biotechnology: An international perspective. *Nature Biotechnology*, 15, 232-234.
- C. L. Cuite, H. L. Aquino, W. K. Hallman, 2005. An empirical investigation of the role of knowledge in public opinion about GM food. *International Journal of Biotechnology (IJBT)*, Vol. 7, No. 1/2/3, 2005
- S.H. Priest, 2000; US public opinion divided over biotechnology. *Nat. Biotechnol.* 18, 939-942
- G. Gaskell *et al.* 2000. Biotechnology and the European public. *Nat. Biotechnol.* 18, 935-938
- W. K. Hallman, W.C. Hebden, C. L. Cuite, H. L. Aquino, and J. T.Lang. 2004. *Americans and GM Food: Knowledge, Opinion and Interest in 2004*. (Publication number RR-1104-007). New Brunswick, New Jersey; Food Policy Institute, Cook College, Rutgers - The State University of New Jersey
- L. de Souza; L. Oda; V. Martínez; L. Gil 2003. *Estúdio Comparativo sobre Percepción Pública de la Biotecnología Moderna em Brasil em Chile in Bioseguridad y Comercio Internacional de Alimentos Transgenicos en las Américas: Decisiones y Desafios*. Editores L.Gil H. e V. Martínez Z. págs. 333-347
- A. Sittenfeld and A. M. Espinoza 2002; *Costa Rica: revealing data on public perception of GM crops - TRENDS in Plant Science* Vol.7 No.10, pags 468-470
- European Commission 2001, Research Directorate-General, Europeans, science and technology, Eurobarometer 55.2 - http://europa.eu.int/comm/public_opinion/archives/eb/ebs_154_en.pdf
- G. Gaskell, N.C. Allum, and S.R. Stares, 2003. *Europeans and Biotechnology in 2002: Eurobarometer 58.0*. Brussels: European Commission.
- INRA Europe. 2000. *Eurobarometer 52.1: The Europeans and biotechnology report by INRA (Europe)-ECOSA on behalf of directorate-general for research, directorate B*. Brussels: Quality of Life and Management of Living Resources Programme, European Commission.
- J. T. Lang, K. M. O'Neill, and W. K. Hallman 2003. Expertise, Trust, and Communication about Food Biotechnology Rutgers University - AgBioForum, 6(4): 185-190. <http://www.agbioforum.org/v6n4/v6n4a06-lang.pdf>