

José Maria F. J. da Silveira /
Izaias de Carvalho Borges

Biotechnologie in der Landwirtschaft

Die Sorge der Menschheit in Bezug auf die Nahrungsfrage hat nachgelassen – wenn auch nach Meinung von Fachleuten nur vorübergehend –, was sich in der Ausbreitung der Fettleibigkeit vom Zentrum zur Peripherie bestätigt; andererseits gibt es ein klares Verständnis dafür, dass die Intensivierung bestimmter Faktoren auf ernsthafte Grenzen stößt, was den Nachdruck auf die Qualität der landwirtschaftlichen Bearbeitungssysteme und auf die Reduzierung des Einsatzes von Pestiziden zugunsten der Erschließung von Marktnischen für organische Produkte lenkt. In diesem Kontext ist die jüngste Verbreitung genteisch veränderter Organismen (GVO oder transgene Produkte) als wesentliches Element des kontinuierlichen Modernisierungsprozesses in der Landwirtschaft zu sehen, der dadurch gefestigt wird, dass die ursprünglich seit dem Ende des 19. Jahrhunderts gegebene Kombination von landwirtschaftlichem Input und Maschinen durch das „Zeitalter genteischer Verbesserungen“ überlagert wird. Es geht nicht nur darum, die Produktivitätssteigerungsraten der in der Landwirtschaft genutzten Produktionsfaktoren beizubehalten, sondern dies auf weniger Fläche und mit geringeren Umweltbelastungen zu tun – die Praxis der nachhaltigen Landwirtschaft.

Verbreitung und Auswirkungen auf das Agrobusiness

■ Executive Summary

Agrobusiness has refuted the theory that agriculture is an economic activity that has been outpaced by the industry. By now, numerous countries with an agricultural industrial base have reached a high human development index and initiated processes of diversification that revolve around the agrobusiness.

As early as the '50s, technological innovation led to a brisk development in agriculture which, however, also paved the way for controversial debates about the future. On the one hand, mankind's eternal concern about food lost some of its urgency. On the other hand, it is now becoming clear that there are limits to the further intensification of certain factors, while the quality of agricultural cultivation systems is becoming more important.

Today, one of the essential elements in agricultural modernisation is the spread of genetically modified organisms (GMOs or transgenic crops). This, in turn, is closely related to endeavours to minimise environmental pollution and the area under cultivation instead of continuing to increase the productivity of agricultural production factors.

While the spread of transgenic cultures is breathtaking, it increasingly raises questions about biosafety. In that respect, countries like the USA that have adequate biosafety laws lead the field. However, the future prospects of countries with a competitive agriculture which, like Brazil, China, India, and South Africa, know ways and means of overcoming institutional barriers are not bad either.

There are three factors causing tension in the field in which this development is taking place. Conventional genetic improvement will remain a research target in the future. For quite some time, a forceful campaign has been conducted to prevent the release of transgenic products on the market. And finally, the range of technological options is limited.

While research into molecular biology is being conducted in many countries, most of the commercial transgenic products so far have been put on the market by life science companies. The logic of global action demands that these companies especially should try to find a platform for cultivating their products, most importantly soybeans, insect-tolerant BT maize, and GM rapeseed. What is more, the rapid spread of transgenic cultures not only influences agricultural production but also raises the issue of reorganising markets and institutions.

The impact of this development is evident in five distinct areas. In concrete terms, they include reducing the costs of production, increasing productivity, enlarging the cultivated area, increasing exports, and cutting down on the use of highly toxic substances.

The most important transgenic cultures are RR soybeans and BT cotton. The economic and ecological impact of their cultivation is considerable. With herbicide-tolerant soybeans, the work of weeding becomes easier, which means that, compared to conventional soybeans, farmers can work their land more flexibly and save costs into the bargain. Similarly, the most prominent characteristic of BT cotton is that it reduces insecticide costs and, consequently, variable production costs. This has been reported from virtually all regions where BT cotton is cultivated.

To advance the development of biotechnology further, four different levels must be addressed simultaneously: The level of support, which includes an entire package of different measures; the construction of contracts, which are becoming increasingly indispensable in agriculture; regulation to develop public and private health-care mechanisms for biosafety monitoring, certifying, and labelling; and, finally, comprehensive global competition protection.

The rise of transgenic products is certainly more than a mere leap forward in technological development. Related research activities should be supported

on an ongoing basis, and steps should be taken to ensure that their results serve to develop the agrobusiness in a sustainable manner, the objective being to amalgamate maximum effectiveness in production with minimum environmental pollution.

■ **Biotechnologie in der Landwirtschaft und Agrobusiness**

- 1) Agrobusiness ist hier in einem breiten Sinne, sehr nahe am Begriff der agroindustriellen Produktionsketten definiert. Es umfasst nicht nur die Höhen und Tiefen landwirtschaftlicher Produktion, sondern auch die gesamte Forschung. Die Festlegung einer klaren Grenze zwischen Agrobusiness und Nahrungsgüterindustrie und auch Agrochemischer Industrie hängt von der Methode der Abgrenzung der intensivsten Beziehungen zwischen den einzelnen Segmenten ab. Schätzungen über den Anteil des Agrobusiness am Bruttoinlandsprodukt Brasiliens reichen von 15 Prozent – im engsten Verständnis des Begriffs – bis 45 Prozent (indem als Teil der Produktionskette auch die Herstellung natürlicher Textilfasern und von Lederderivaten gesehen wird). Gestützt auf Daten des Brasilianischen Instituts für Geografie und Statistik (IBGE) haben Nunes und Contini (2001) eine ausführliche Untersuchung durchgeführt und kamen auf einen Anteil des Agrobusiness am brasilianischen BIP von etwa 22 Prozent.
- 2) Die Abszissenachse wurde in zwölf Bearbeitungssysteme aufgeteilt, von der Handarbeit ohne Bewässerung bis zum Einsatz von Maschinen mit mehr als 150 PS Leistung und von mechanischen Erntemaschinen. Es wurde die pro Arbeiter kontrollierte Fläche abgebildet, die zwischen einem und 200 Hektar/Mann/Jahr variiert. Die Skala ist gleichwohl logarithmisch-linear, ebenso wie die Skala der Produktivität pro Arbeiter.

Gegenwärtig gibt es ein reichliches Angebot an Erkenntnissen über das Verhältnis zwischen Wirtschaftsentwicklung, technischem Fortschritt und Landwirtschaft; einige Entwicklungsländer nehmen wichtige Positionen auf den Agrarmärkten ein, wenn auch die Vorteile zum einen auf ihre natürlichen Bedingungen zurückgehen und zum anderen auf der Fähigkeit beruhen, sich die immer zahlreicher werdenden Arbeitsergebnisse der landwirtschaftlichen Forschungsnetzwerke der FAO/UNO (FAO, 2000) zunutze zu machen.

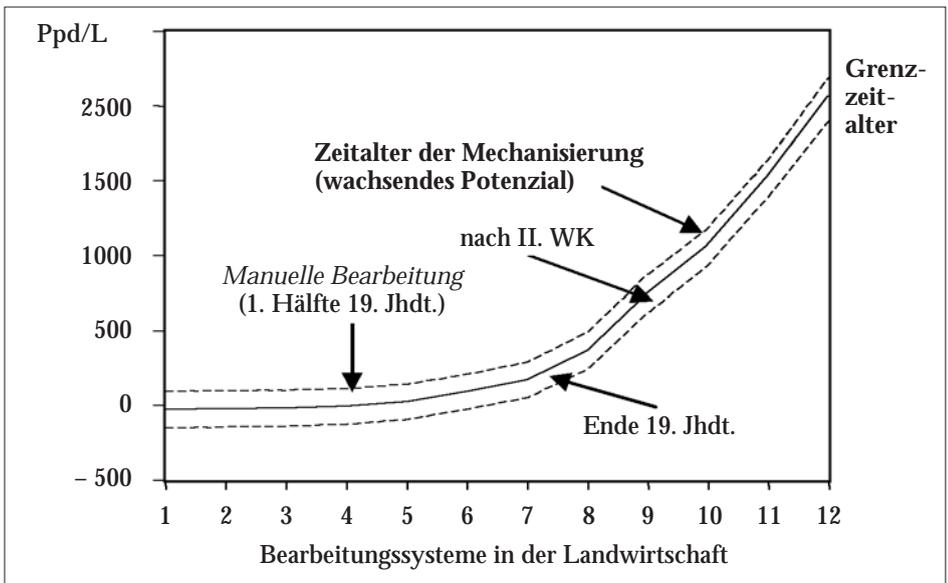
Durch die Stärkung des Agrobusiness¹⁾ seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ist die Vorstellung von den „Funktionen der Landwirtschaft“ als einer nach und nach von der Industrialisierung überwundenen Tätigkeit durchbrochen. Es gibt eine große Zahl von Ländern mit „agroindustrieller Basis“, die einen hohen Index der Humanentwicklung erreicht haben und denen es gelungen ist, Diversifizierungsprozesse mit dem Agrobusiness als Kernstück in Gang zu bringen. Statt Entwicklungsländer versus Industrieländer stehen nun häufig Länder mit einem großen Interesse am Agrobusiness denen gegenüber, die eine andere Nutzung für den ländlichen Raum bevorzugen, namentlich einige Staaten der Europäischen Union.

Mit dem Beginn technischer Innovationen in der Landwirtschaft ab den fünfziger Jahren kam eine lebhafte Entwicklung in Gang. In der Abbildung ist ein solcher Verlauf ausgehend von einer Bereinigung des natürlichen Logarithmus von der Größe der Arbeitsproduktivität in Bezug auf den natürlichen Logarithmus der Größe Fläche/Mann/Jahr dargestellt (zuzüglich einer binären Variablen, die den Umschwung der Tendenz ab Bearbeitungssystem Nr. 7 nach den fünfziger Jahren erfasst).²⁾

Abbildung 1 zeigt, dass es ab Bearbeitungssystem Nr. 7 (50 Hektar/Mann/Jahr, was einer Produktion

von Körnerfrüchten von 100 Manntonnen/Jahr entspricht) ein Exponentialwachstum der Produktivität pro Arbeiter gibt, im Bearbeitungssystem Nr. 12 (hohe Leistung mechanisierter Systeme) wird eine Körnerfrüchteproduktion von 2000 Manntonnen/Jahr erreicht, was 150 bis 200 Hektar/Mann/Jahr entspricht.

■ Abbildung 1: Entwicklung der Arbeitsproduktivität (PPD/L) nach verschiedenen Bearbeitungsformen bei Körnerfrüchten seit dem 19. Jahrhundert bis zum Jahr 2000



Im Ergebnis ist dieser Prozess außerordentlich vorteilhaft, aber die Kompliziertheit des Agrobusiness erzeugt kontroverse Zukunftsdebatten. Einerseits hat die Sorge der Menschheit in Bezug auf die Nahrungsfrage nachgelassen – wenn auch nach Meinung von Fachleuten nur vorübergehend – was sich in der Ausbreitung der Fettleibigkeit vom Zentrum zur Peripherie bestätigt; andererseits gibt es ein klares Verständnis dafür, dass die Intensivierung bestimmter Faktoren auf ernsthafte Grenzen stößt, was den Nachdruck auf die Qualität der landwirtschaftlichen Bearbeitungssysteme, auf die Reduzierung des Einsatzes von Pestiziden zugunsten der Erschließung von Marktnischen für organische Produkte legt.

In diesem Kontext ist die jüngste Verbreitung genetisch veränderter Organismen (GVO oder trans-

gene Produkte) als wesentliches Element des kontinuierlichen Modernisierungsprozesses in der Landwirtschaft zu sehen, der dadurch gefestigt wird, dass die ursprünglich seit dem Ende des 19. Jahrhunderts gegebene Kombination von landwirtschaftlichem Input und Maschinen durch das „Zeitalter genetischer Verbesserungen“ überlagert wird. Es geht nicht nur darum, die Produktivitätssteigerungsraten der in der Landwirtschaft genutzten Produktionsfaktoren beizubehalten, sondern dies auf weniger Fläche und mit geringeren Umweltbelastungen zu tun – die Praxis der nachhaltigen Landwirtschaft.

■ **Entstehung und Verbreitung genetisch veränderter Organismen in der modernen Landwirtschaft**

Die Ausbreitung transgener Kulturen geht viel schneller vonstatten als die der Hybridmaissorten im mittleren Westen der USA (Vergleich durch Trigo et al., 2003). Tabelle 1 zeigt die hohen jährlichen Wachstumsraten (höher als 45 Prozent im Jahr) der Anbaufläche von transgenen Kulturen in verschiedenen Teilen der Welt. Die rasche Verbreitung genetisch veränderter Organismen ist mit institutionellen Faktoren verbunden, was sich daran zeigt, dass Landwirtschaftsprodukte exportierende Länder, die entsprechende Gesetze zur Biosicherheit haben, an die Spitze gelangt sind. Die USA – größter Investor in die moderne Biotechnologie – haben auch angemessene institutionelle Mechanismen in Bezug auf das Urheberrecht und die Gesetzgebung zur Biosicherheit³⁾ geschaffen.

Es ist auch eine Annäherung der Wachstumsraten zu erkennen: bis zum Jahr 2000 trieben die USA die Erweiterung der Anbauflächen für transgene Kulturen voran. Seit 2001 übertreffen die jährlichen Raten der Entwicklungsländer den Durchschnitt, und es zeichnet sich eine Ausweitung in Richtung der Länder mit einer wettbewerbsfähigen Landwirtschaft ab, denen es gelungen ist, hauptsächlich institutionelle Barrieren zu überwinden – Brasilien, China, Indien, Südafrika. In den Industrieländern hält die EU eine Reihe von Restriktionen für den Anbau aufrecht, die von Land zu Land unterschiedlich sind. Spanien hat zum Beispiel 2004 den Anbau von insektenresistentem Mais (Bt) zugelassen, während die Schweiz und

3) Vgl. Zarrilli (2004) hinsichtlich einer aktualisierten Bilanz der Gesetzgebung zur Biosicherheit in der Welt. Die USA heben sich durch die Anwendung des Prinzips der substanziellen Äquivalenz hervor, was zusammengefasst bedeutet, dass ein von transgenen Techniken abstammendes Produkt seine Eigenschaften nicht verändert, sondern substanziell dem Originalprodukt gleich bleibt. Das Beispiel transgener Soja ist gut geeignet: der Unterschied liegt lediglich in der Herbizidtoleranz.

Belgien ein Moratorium haben, das die Verbreitung dieser Erzeugnisse verzögert.

■ Tabelle 1: Erweiterung der mit transgenen Kulturen bebauten Flächen (in Millionen ha)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Jährl. geometrische Wachstumsrate
Gesamt	2,8	12,8	27,8	39,9	44,2	52,6	58,7	67,7	46,4 Prozent
Industrieländer	1,6	9,5	23,4	32,8	33,5	39,1	42,7	47,3	47,7 Prozent
USA	1,5	8,1	20,5	28,7	30,3	35,7	39,0	42,8	48,7 Prozent
Entwicklungsländer	1,2	3,3	4,4	7,1	10,7	13,5	16,0	20,4	45,5 Prozent
Argentinien	0,1	1,4	4,3	6,7	10,0	11,8	13,5	13,9	80,0 Prozent

Quelle: Erarbeitet nach James (mehrere Jahre).

Insgesamt hat diese rasante Entwicklung drei Gründe:

- a) Die konventionelle genetische Verbesserung bleibt auch weiterhin das Ziel der Forschungsarbeit in den weltweit bestehenden landwirtschaftlichen Forschungszentren, in den Universitäten und Forschungsinstituten und auch in den Unternehmen, die Saatgut und agrochemische Produkte herstellen.
- b) Transgene Produkte stehen im Blickpunkt einer intensiven Kampagne gegen ihre Freigabe zur Vermarktung – und sogar zur Forschung – von Seiten der Umweltschützer, Verbraucherschützer und anderer Interessengruppen, z.B. der Lebensmittelaufsicht (Supermärkte mit eigenen Marken) und führender Nahrungsmittelunternehmen.
- c) Das technologische Angebot ist begrenzt, sowohl hinsichtlich technischer Grenzen einer in Entwicklung befindlichen Technologie, als auch hinsichtlich der Strategien führender multinationaler Unternehmen, die an der Spitze der Verbreitung des Produkts stehen.

Dieser letzte Punkt soll vertieft werden. Obwohl es in einigen Ländern eine breit angelegte Forschung zur Molekularbiologie gibt – Brasilien gehört an hervorragender Stelle dazu, wie Traxler hervorhebt (2004) – waren es die sogenannten *Life Sciences*-Unternehmen (Abteilungen von Bayer, BASF, Dupont, Dow oder auch Ausgliederungen (*spin offs*) großer Pharmaun-

ternehmen wie Syngenta, Monsanto), die erfolgreich kommerzielle transgene Produkte herausgebracht haben, und das hatte Auswirkungen auf die Produktivität in der Landwirtschaft und auf die Minderung des Risikos bei der Bodenbearbeitung. Hauptsächlich sind die Auswirkungen technologischer Prozesse beim Umgang mit und der Kontrolle von Unkraut, Pflanzenschädlingen und -krankheiten gemeint.

Im Rahmen der Logik globalisierten Handelns, das schon die Grüne Revolution in den sechziger Jahren bestimmte, ist es aus der strategischen Sicht dieser Unternehmen wichtig, eine Anbauplattform zu haben. Doch nach der Logik der technologischen Entwicklung in der Landwirtschaft (Possas, Salles-Filho und Silveira, 1996) beziehen sich biotechnologische Produkte auf die Wirkung eines Gens auf das Anbauprodukt, wobei die genetische Manipulation ein kürzerer, jedoch nicht der einzige Weg ist. Ein Beispiel sind mutagene Reiskulturen, die herbizidtolerant sind gegenüber dem von der BASF hergestellten Unkrautvertilgungsmittel *Only*, das gegen den Hauptschädling von bewässertem Reis, den roten Reis, eingesetzt wird.

Tabelle 2 zeigt die vorherrschende Stellung von Soja, die gegenüber dem Pflanzenschutzwirkstoff Glyphosat tolerant ist (es gibt auch insektenresistente Soja, die jedoch weniger Bedeutung hat) sowie die größere Bedeutung von insekzentolerantem (Raupen) Bt-Mais⁴⁾. Viele Arbeiten (z.B. Huang et al., 2002) weisen auf die Bedeutung von Bt-Baumwolle für die Kontrolle über Baumwollschädlinge durch Kleinbauern in Indien und China hin. Es muss auch berücksichtigt werden, dass Genraps auf Länder mit gemäßigttem Klima beschränkt ist – hauptsächlich Kanada – und dass dem Anbau in Großbritannien einige Beschränkungen auferlegt worden sind, da es sich um eine fremdbestäubende Sorte handelt, deren genetischer Verlauf schwieriger zu kontrollieren ist.

Zwar zeigt Tabelle 2, dass die rasche Ausbreitung transgener Kulturen von einer noch kleinen Anbaubasis ausging, jedoch bedeutet dies nicht, dass das Potenzial der Biotechnologie auf der Grundlage der rekombinanten DNA-Technik – die transgene Kulturen ermöglicht – hier halt macht. Wenn die vom brasilianischen Forschungsinstitut für Landwirtschaft und Viehzucht (Embrapa) betriebene Forschung zu

4) So genannt nach einem ursprünglich von der Bakterie *Bacillus Thuringiensis* produzierten Toxin, wird auch benutzt in Zusammensetzungen für die Bekämpfung von Raupen, die ökonomisch wichtige Kulturen wie Soja und Mais befallen.

■ Tabelle 2: Wichtigste bis 2003 vermarktete GV-Pflanzen

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Herbizidtolerante Soja	0,5	5,1	15	21,6	25,8	33,3	36,5	41,4
Bt-Mais	0,3	3	7	7,5	6,8	5,9	7,7	9,1
TH-Mais	0	0,2	2	1,5	2,1	2,1	2,5	3,2
TH/Bt-Mais	0	0	0	2,1	1,4	1,8	2,2	3,2
Bt-Baumwolle	0,8	1,1	1	1,3	1,5	1,9	2,4	3,1
TH-Baumwolle	0	0,3	0,9	1,6	2,1	2,4	2,2	1,5
TH/Bt-Baumwolle	0	0	0,6	0,8	1,7	2,5	2,2	2,6
GVO insgesamt	1,7	11	27,8	39,9	44,2	52,6	58,7	67,7

Quelle: Erarbeitet nach James (mehrere Jahre)

transgenen virusresistenten⁵⁾ Papayas und Bohnen vom Nationalen Technischen Ausschuss für Biosicherheit (CTNBIO) gebilligt wird – sie befindet sich in der Phase der Feldversuche –, wird sie einen bedeutenden Einfluss auf diese Kulturen haben. Es gibt Anwendungsbeispiele der transgenen Technik für die Produktanreicherung (Verbesserung des Gehalts an bestimmten Aminosäuren und Vitaminen, wobei das bekannteste Beispiel der Goldene Reis ist), und einige Ergebnisse sind auch schon zu verzeichnen beim Einsatz transgener Technik in biologischen Fabriken, besonders in den USA.

Dieser rasche Verbreitungsprozess hat nicht nur wichtige Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion, indem Kosten und Unabwägbarkeiten bei der Produktion vermindert werden, wie verschiedene Studien zeigen (vgl. Traxler 2004 als Zusammenfassung); er umfasst auch einen gesamten Prozess der Reorganisierung der Märkte und Institutionen.

■ Neueste Auswirkungen der Biotechnologie in der Landwirtschaft

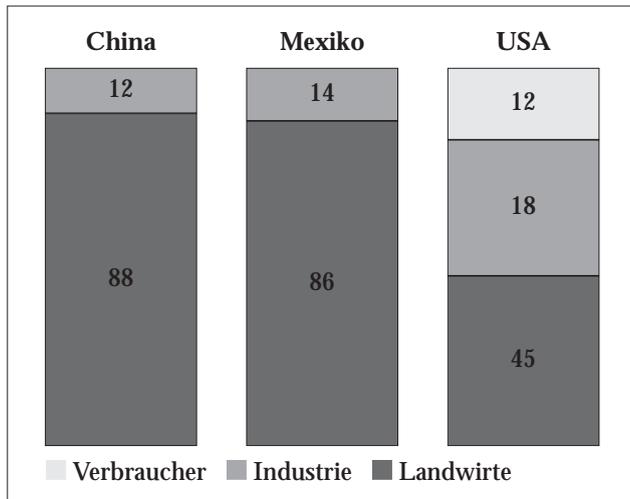
Untersuchungen fassen fünf verschiedene Auswirkungen zusammen – a) Reduzierung der Produktionskosten; b) Produktivitätssteigerung; c) Ausdehnung der bebauten Flächen; d) Erhöhung der Exporte (Argentinien) und e) Reduzierung des Einsatzes von hochgiftigen chemischen Substanzen in der Landwirtschaft. Bis jetzt jedenfalls sind die wichtigsten ökonomischen Auswirkungen dieser Anbauarten, dass sich die Struktur der variablen Kosten verändert

5) Es muss hervorgehoben werden, dass es für Viren keine chemische Kontrolle gibt. Es gibt zwei Formen – kontrollierter Umgang damit und Überwachung durch biologische Träger (zum Beispiel Laussorten), wobei beides ineffektiv ist und manchmal auch höchst schädlich für Bauern, die über wenig Land verfügen.

und die Kontrollmethoden gegen Schädlingsbefall verbessert werden, was die Flexibilität der Produzenten erhöht.

Im Allgemeinen ergibt sich die Kostenreduzierung aus dem geringer werdenden Einsatz agrochemischer Substanzen bei den insektenresistenten Sorten (Baumwolle, Mais, Soja und Raps, Tabelle 2). Dadurch verringern sich für die Landarbeiter die Gesundheitsprobleme (Qaim und Traxler, 2004). Beim Anbau von schädlingsresistenten Kulturen ergeben sich neben produktiven Gewinnen geringere Kosten für Insektenbekämpfungsmittel und für Arbeitskräfte. Nach Angaben der FAO (2004) muss bei der Betrachtung der Auswirkungen auf die Gesamtwirtschaft und bei der Verteilung des Nutzens, der sich aus der Einführung genveränderter Sorten ergibt, auch stets berücksichtigt werden, dass die Bauern dank der Kostenreduzierung durch die neue Technologie die Produktion erhöhen können, was Auswirkungen auf die gesamte Produktionskette hat. Die Preisreduzierung begünstigt auch die Nahrungsmittelkonsumenten, wie Abbildung 2 am Beispiel von Bt-Baumwolle zeigt.

Abbildung 2: Gewinnverteilung bei Bt-Baumwolle, China, Mexiko und USA (Angaben in Prozent)



Quelle: Traxler (2004)

In der Folge werden ganz kurz die wichtigsten ökonomischen und ökologischen Auswirkungen der Verwendung von RR-Soja und Bt-Baumwolle aufgezeigt,

den beiden wichtigsten vermarkteten transgenen Kulturen, wie Tabelle 2 zeigt.

Herbizidtolerante Soja

Einer der Hauptvorteile herbizidtoleranter Soja ist die Vereinfachung der Arbeit bei der Unkrautverteilung.⁶⁾ Bei konventioneller Soja müssen die Produzenten verschiedene, oft schwer kontrollierbare agrochemische Substanzen einsetzen. Beim Anbau von herbizidtoleranter Soja ist das Unkraut leichter in den Griff zu bekommen, weil berechnet auf eine Mindestanbaufläche die Zahl der notwendigen Herbizide von vier oder fünf auf nur eine (Glyphosat) oder maximal zwei Arten sinkt. Das mindert das Produktionsrisiko – die Kontrolle lässt sich leichter planen – und verleiht dem Landwirt mehr Flexibilität für die Bewirtschaftung. Er kann mit Einsparungen in Größenordnungen rechnen, wie sie beim Anbau ab etwa 200 ha bestehen. Neben diesen Vorteilen gab es sowohl in den USA als auch in Argentinien bei herbizidtoleranter Soja eine Kostenreduzierung im Vergleich zur konventionellen Soja zwischen drei und 17 Prozent (Bonny 2003; Gianessi et al. 2002; Trigo et al. 2003; Qaim und Traxler 2004).

Die Nutzung dieser GVO hatte demnach spürbare Umweltauswirkungen. Obwohl ihre Anwendung eine wesentliche Steigerung des Glyphosat-Einsatzes zur Folge hatte, hat transgene Soja Vorteile gegenüber der konventionellen Soja, weil Glyphosat ein Unkrautbekämpfungsmittel ohne Nachwirkungen ist und sich schnell im Boden auflöst. Laut Weltgesundheitsorganisation gehört Glyphosat zu den Herbiziden der Giftklasse IV, d.h. diese Herbizide besitzen gegen Null tendierende toxische Eigenschaften. Durch die Entscheidung für diese Anbaukultur in Argentinien kam es zu einer Verringerung um 83 Prozent beim Einsatz von Herbiziden der Giftklasse II und um 100 Prozent von Herbiziden der Giftklasse III (Qaim und Traxler 2004). Außerdem ist praktisch die Möglichkeit von Reaktionen ausgeschaltet, die im Kontakt mit der Umwelt unvorhersehbare schädliche Wirkungen hervorrufen können.

Bt-Baumwolle

Transgene Bt-Baumwolle (siehe Fußnote 7) wurde 1996 zum ersten Mal in Australien, Mexiko und in

6) Die Sorten sind kommerziell bekannt als RR-Soja (von „roundup ready“, eine Marke des Unternehmens Monsanto). Die Vereinfachung geht auf die Technologie des direkten Anbaus zurück, bei dem die im tropischen Klima ungeeignete Etappe des Pflügens und Eggens des Bodens vermieden wird. Das erfordert aber die Verwendung von Bodenauflockerungsmitteln, unter anderem Glyphosat. Der Direktanbau kann ohne transgene Kulturen erfolgen, aber Trigo et al. (2003) weisen auf die Bedeutung kombinierter Techniken hin in Ländern mit geringeren geografischen und zeitlichen Möglichkeiten für den Sojaanbau, wie zum Beispiel Argentinien.

den USA angebaut. Später wurde sie in weiteren sechs Ländern auf den Markt gebracht – Argentinien, China, Kolumbien, Indien, Indonesien und Südafrika.

Der wichtigste ökonomische Vorteil von insektenresistenten GV-Kulturen besteht in der Verringerung der Ausgaben für Insektenvernichtungsmittel und damit der Senkung der variablen Produktionskosten, was um so mehr Bedeutung gewinnt, je größer der Anteil solcher Kulturen ist. Je größer der Schädlingsbefall – in diesem Fall Raupen – ist, desto größer sind die Vorteile der genveränderten Sorte.⁷⁾ Die Herstellung konventioneller Baumwolle hängt entscheidend von den eingesetzten chemischen Insektiziden ab. Das erhöht die Kosten und belastet die Umwelt.

7) Bt-Baumwolle ist sehr effizient bei der Bekämpfung von Raupen, z.B. des roten Baumwollkapselwurms (*Pectinophora gossypiella*) und des Baumwollkapselbohrers (*Helicoverpa zea*). Sie ist zum Teil effizient gegen den Baumwollrüssler (*Heliothis virescens*), der auch ein Tabakschädling ist, und den Heerwurm (*Spodoptera frugiperda*). Diese Schädlinge schaden der Produktion in verschiedenen Baumwollanbaubereichen, es gibt aber noch weitere Schädlinge, die nicht durch Bt bekämpft werden und weiterhin des Einsatzes von Schädlingsbekämpfungsmitteln bedürfen (HUANG et al., 2003).

Elbehri und Macdonald (2004) zeigen, dass in allen Ländern, die sich für Bt-Baumwolle entschieden haben, eine Kostensenkung zu verzeichnen war. Diese Studie zeigt weiterhin, dass die Verwendung transgener Baumwolle auch zur Produktivitätssteigerung beiträgt, und zwar aus drei Gründen: Pflanzenschädlinge werden erstens immer bekämpft, das ist der Vorteil gegenüber dem konventionellen Anbau, bei dem die Bekämpfung erst nach dem Schädlingsbefall einsetzt. Zweitens hängt die Effektivität chemischer Insektizide, im Gegensatz zu Bt, auch von den Witterungsbedingungen ab, hauptsächlich von Regenfällen. Bt-Baumwolle bietet den Landwirten drittens eine höhere Gewissheit, Pflanzenschädlinge bekämpfen zu können, wenn „Refugien“ eingerichtet werden, die das Entstehen von Giftresistenzen vermeiden, die so häufig gegenüber Insektiziden auftreten.

Die Bt-Technologie hatte auch beträchtliche Umweltauswirkungen. Laut Huang et al. (2003) zeigen verschiedene Studien, dass es eine signifikante Reduzierung des Einsatzes von Insektiziden an den Orten gab, an denen Bt-Sorten eingeführt wurden, sowohl bei Baumwolle als auch bei Mais. In China – dem größten Baumwollproduzenten der Welt – entfielen bis 1998 etwa 20 Prozent der Gesamtproduktionskosten von Baumwolle auf Insektizide (Huang et al. 2003). Dieses Land hat auch die höchste Anwendungsrate von Bt-Baumwolle. Von 1999 bis 2001 verringerten sich die Ausgaben für Insektizide um 80 Prozent. Die Menge eingesetzter Insektizide pro Hektar in den Bt-Baumwolle produzierenden Betrieben beträgt im Durchschnitt ein Drittel im Vergleich

zu den Betrieben, die konventionelle Baumwolle herstellen. Die Menge (kg/ha) und die Kosten (in US-Dollar pro Hektar) in den Bt-Baumwolle produzierenden Betrieben entsprechen einem Sechstel im Vergleich zu anderen Betrieben.

In Pakistan und Indien wird Baumwolle nur auf jeweils 5,4 Prozent bzw. 14 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche angebaut, verbraucht aber 70 Prozent bzw. 53 Prozent der Gesamtmenge an Pestiziden. In Südafrika gehört der Verbrauch von Pestiziden bei der Baumwollproduktion zu den höchsten in der ganzen Welt: 80 Prozent des Gesamtverbrauchs an Pestiziden im Land. Die Reduzierung des Einsatzes von Insektiziden wurde praktisch in allen Regionen beobachtet, in denen Bt-Baumwolle eingeführt worden ist. In den USA sank der Gebrauch von Insektiziden von 4,6 Anwendungen pro Jahr im Zeitraum 1992 bis 1995 auf 0,8 jährliche Anwendungen im Zeitraum 1999 bis 2001 (Carpenter und Gianessi 2001).

■ **Schwerpunkte für die Biotechnologie**

Die Entwicklung der Biotechnologie erfordert gleichzeitiges Vorgehen auf vier Ebenen, die schwerpunktmäßig zu entwickeln sind (vgl. Silveira, Fonseca, Salles-Filho 2003).

- a) *Förderung*: Sie umfasst ein ganzes Paket von Förderpolitiken für die staatliche wissenschaftlich-technische Forschung sowie das Angebot von Informationen über den besseren Zugang zu intermediären Technologien, die in der Forschung über transgene Kulturen angewandt werden. Das bezieht sich auch auf Mittel zur besseren Nutzung der aus den oben genannten führenden Unternehmen auf diesem Gebiet stammenden Ergebnisse.
- b) *Vertragsgestaltung*: Immer häufiger müssen für die landwirtschaftliche Produktion – manchmal formelle – vertragliche Beziehungen festgelegt werden. Im Falle der transgenen Kulturen beinhaltet die Vertragsgestaltung die Anerkennung der Urheberrechte, zu deren Schutz es anfangs sehr komplizierter Verträge bedarf. Zum Beispiel wäre es im Falle transgener Soja notwendig, sowohl die Rechte des Meliorationsexperten anzuerkennen, der beim Embrapa arbeitet, als auch die Rechte der

Firma Monsanto, die das herbizidtolerante Gen entwickelt hat. Die Schaffung von Schiedsgerichten und eines Forums für die Debatte wird notwendig zur Reduzierung der Transaktionskosten; das gleiche gilt für die Verteilung des aus der Nutzung der Biodiversität entstehenden Gewinns.

8) Ganz allgemein gibt es für die Biosicherheit drei Etappen – Feststellung des Risikos, Überwachung und Kommunikation. In Brasilien wird erwartet, dass der Technische Ausschuss für Biosicherheit (CTNBIO) mit dem ersten Schritt betraut wird, d.h. darüber zu entscheiden hat, ob die transgene Sorte erforscht und vermarktet werden kann. Auch soll das dazu jeweils erforderliche Vorgehen festgelegt werden. Das Landwirtschaftsministerium, die Nationale Behörde für Gesundheitskontrolle (Anvisa) und das Brasilianische Institut für Umwelt und erneuerbare Rohstoffe (Ibama) wären dann für das Monitoring, also für die Überwachung zuständig. Die Mitteilung über die Risiken obliegt anderen Instanzen, zum Beispiel dem Justizministerium, wie im Fall der Kennzeichnung.

- c) *Regulierung*: Die Entwicklung eines öffentlichen und privaten Apparates zur Gesundheitsüberwachung, für die Zertifizierung, Kennzeichnung und vor allem die Biosicherheit⁸⁾ soll ermöglichen, dass diese Aufgaben für die Akteure im Agrobusiness zur Routine werden. Deshalb ist es so wichtig, Technologien und Lernmechanismen zur effektiveren Gestaltung dieser Prozesse zu entwickeln (mit geringen Kosten und einem engen Toleranzspielraum). Die aktuelle Debatte über Biosicherheit zeigt ganz deutlich, wie schwer dieses Ziel zu erreichen ist, gerade weil Gegnern der transgenen Kulturen klar geworden ist, dass die Blockade des Regulierungsapparates die beste Taktik zur Durchsetzung eines Moratoriums ist, bis ihrer Forderung zufolge alle Studien zum Nachweis durchgeführt worden sind, dass transgene Kulturen keine Auswirkungen haben. Es wird geschätzt, dass zur Zeit die Kosten für die Abgrenzung der Felder und die Kennzeichnung von transgener Soja zwischen 17 und 25 US-Dollar pro Hektar schwankt, was in Bezug auf den internationalen Preis die positive Wirkung der Technologie ziemlich stark verringert. Zur Regulierung gehört auch die Frage nach den Verbraucherrechten dergestalt, dass die Interessen unterschiedlicher Glieder der Produktionskette mit dem Interesse an Informationen derjenigen zu verbinden ist, für die schließlich produziert wird. Neuerdings ist ein Lernprozess im Gange.
- d) *Schutz des Wettbewerbs*: Investitionen in die Erforschung der landwirtschaftlichen Biotechnologie sind sehr ungleichmäßig verteilt, wie Tabelle 3 zeigt. Daraus geht hervor, dass wenige Entwicklungsländer biotechnologische Forschungsarbeit leisten oder gar Infrastrukturen für die Produktion und Vermarktung transgener Produkte schaffen. Daneben schätzt Bennett (2004), dass weltweit im Jahre 2002 41 Prozent der Ausgaben für Forschung und Entwicklung in diesem Bereich auf die Bemühungen fünf führender Unternehmen zurück-

gehen, wobei eines davon, Aventis, von Bayer übernommen wurde. Da die führenden Unternehmen (insbesondere Monsanto) schon eine Milliarde US-Dollar pro Jahr als Lizenzgebühren für ihre transgenen Sorten eingenommen haben (Bennet 2004), ist das entschlossene Handeln der Wettbewerbschützer gefordert, damit sie gewichten, ob die Steigerung des Machteinflusses dieser Unternehmen auf strategischen Feldern der Landwirtschaft durch Effektivitätsgewinne und vor allem durch Gewinne aus landwirtschaftlichen Produkten ausgeglichen werden.

■ Tabelle 3: Investitionen in die Forschung für Biotechnologie in der Landwirtschaft (in Millionen US-Dollar, 2001)

Industrielländer (96 Prozent)	4220
Privatsektor (70 Prozent)	3100
Öffentlicher Sektor (30 Prozent)	1120
Entwicklungsländer (4 Prozent)	180
China	115
Indien	25
Brasilien	15
Andere	25
Weltweit insgesamt	4400

Quelle: Traxler (2004), nach James (2002)

Es wird ersichtlich, dass der anfängliche Einfluss transgener Produkte nicht darauf zu reduzieren ist, dass es sich um einen technologischen Entwicklungssprung handelt. Viel muss getan werden, um die Forschungsarbeiten kontinuierlich zu fördern und zu gewährleisten, dass deren Ergebnisse der sogenannten nachhaltigen Entwicklung des Agrobusiness dienen: für höchste Effektivität in der Produktion und geringstmögliche Umweltbelastungen.

■ Bibliografie

- A. Bennett, „Facilitating intellectual property access for agricultural research and commercialization“, in: Renabio Conference. Salvador, 20. August 2004.
- S. Bonny, „Success factors, issues and prospects for the first GM crops: the case of Roundup Ready® soybean in the USA“. International Consortium on Agricultural Biotechnology Research (ICABR). 7th ICABR International Conference on Public Goods and Public Policy for Agri-

- cultural Biotechnology. Ravello (Italy), June 29 – July 3, 2003.
- J.E. Carpenter / L.P. Gianessi, „Agricultural biotechnology: updated benefit estimates“. National Center for Food and Agricultural Policy: 1-48, 2001.
- A. Elbehri / S. Macdonald, „Estimating the impact of transgenic *bt* cotton on west and central Africa: a general equilibrium approach“, in: *World Development*, 2004.
- FAO, „The state of food and agriculture“, Agricultural Series n. 32, Roma: FAO, 2000.
- FAO, „The state of food and agriculture“, Agricultural Series n. 35, Roma: FAO, 2004.
- L.P. Gianessi et al., *Plant biotechnology: current and potential impact for improving pest management in US agriculture. An analysis of 40 case studies*, Washington, DC: National Center for Food and Agricultural Policy, 2002.
- J. Huang et al., „Biotechnology as an alternative to chemical pesticides: a case study of Bt cotton in China“, in: *Agricultural Economics*, 29, p. 55–67, 2003.
- C. James, „Preview: global status of commercialized transgenic crops: 2003“, in: *ISAAA Briefs*. n. 30. Ithaca, NY: ISAAA, 2003.
- C. James, „Preview: global status of commercialized transgenic crops“, in: *ISAAA Briefs*. Ithaca, NY: ISAAA, verschiedene Jahrgänge.
- E.P. Nunes / E. Contini, *Complexo agroindustrial brasileiro: caracterização e dimensionamento*, Associação Brasileira de Agribusiness, Brasília 2001.
- M. Possas / S.L.M. Salles-Filho / J.M.F.J. Silveira, „An evolutionary approach to technological innovation in agriculture“, in: *Research Policy*, v. 25, p. 933–945, 1996.
- M. Qaim / G. Traxler, „Roundup ready soybeans in Argentina: farm level and aggregate welfare effects“, in: *Agricultural Economics*, 2004.
- J.M.F.J. Silveira / M.G.D. Fonseca / S.L.M. Salles-Filho, „The development of Biotechnology in Brazil“, in: N. Janardhan Rao (org.), *The business side of Biotechnology, an introduction*, ICFAI Press, Mumbai 2003. v. 01, p. 1–231.
- G. Traxler, „Biotechnology in a complete system of plant genetic improvement: perspectives on developed and developing countries“ in: in: Renabio Conference, Salvador, 20 de agosto, 2004.
- E. Trigo et al., „Los transgenicos el agricultura argentina“, in: Global Biotechnology Forum – Bioindustries in development, Brasilia, 22-25 julho, 2003.
- S. Zarrilli, „International Trade in GMOs: legal frameworks and developing country concerns“, UNCTAD/DITC/TNCD, 2004/1. Verfügbar unter http://www.unctad.org/en/docs//ditctncd20041_en.pdf