

# **Effizienz- und Verteilungswirkungen gentechnischen Fortschritts in der Landwirtschaft der Entwicklungsländer**

schriftliche Fassung des Posterbeitrags

von

MATIN QAIM

Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF)  
Universität Bonn  
Walter-Flex-Str. 3, 53113 Bonn  
Tel.: (0228) 73-1841; Fax: (0228) 73-1869  
Email: mqaim@uni-bonn.de

40. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts-  
und Sozialwissenschaften des Landbaues  
vom 04. bis 06. Oktober 1999 in Kiel

Tagungsthema:

„Wettbewerbsfähigkeit und Unternehmertum in der  
Land- und Ernährungswirtschaft“

# Effizienz- und Verteilungswirkungen gentechnischen Fortschritts in der Landwirtschaft der Entwicklungsländer

von  
M. QAIM<sup>1</sup>

## 1 Einleitung

Die Gentechnik wird allgemein als eine der Schlüsseltechnologien für das 21. Jahrhundert betrachtet. Im Agrarsektor könnte die Technologie helfen, die globale Nahrungsmittelproduktion nachhaltig zu steigern. Damit würde sie einen wichtigen Beitrag zur Bekämpfung von Hunger und Armut leisten (z.B. SERAGELDIN, 1999). Dennoch wird die öffentliche Diskussion stark kontrovers geführt. Während die Debatte in Europa vor allem von den möglichen Umwelt- und Gesundheitsrisiken gentechnisch veränderter Pflanzen dominiert wird, treten im Entwicklungsländerkontext auch sozioökonomische Aspekte hinzu. Befürworter propagieren das enorme Nutzenpotential der Gentechnik für die Länder des Südens. Beispielsweise könnten gentechnische Streßresistenzen in Pflanzen die landwirtschaftlichen Erträge auch ohne die Nutzung komplementärer Inputs bedeutend erhöhen. Solche transgenen Pflanzen würden somit auch gut in die Betriebssysteme ressourcenarmer Bauern passen. Gentechnikgegner hingegen halten derartige High-Tech Innovationen für grundsätzlich ungeeignet zur Anwendung in Entwicklungsländern (z.B. BUNTZEL, 1997). Häufig wird argumentiert, daß Gentechnik, statt zu einer Verringerung von Armut, eher zu einer stärkeren Marginalisierung einzelner Bevölkerungsgruppen und zu einer weiteren Öffnung der Schere zwischen arm und reich führen könnte.

Grundsätzlich kann jede neue Technologie – abhängig von den Rahmenbedingungen – sowohl erwünschte als auch unerwünschte Effekte nach sich ziehen. Eine Politik mit dem Ziel, den gesellschaftlichen Nettonutzen gentechnischer Produkte in den Ländern des Südens zu maximieren, verlangt ein hohes Maß an zeitgerechter und spezifischer Information (QAIM und VON BRAUN, 1998). Solche Information liegt allerdings bisher kaum vor, was zur Unsicherheit bei politischen Entscheidungsträgern führt. Die vorliegende Studie untersucht in einem quantitativen *ex ante* Ansatz die sozioökonomischen Implikationen einer transgenen Kartoffeltechnologie, die in naher Zukunft in Mexiko Verbreitung finden wird. Innerhalb einer Szenariobetrachtung werden Politikempfehlungen hergeleitet, wie die Effizienz- und Verteilungswirkungen der konkreten Technologie optimiert werden können. Darüber hinaus versucht die Arbeit verallgemeinernd einen Beitrag zur Versachlichung der überwiegend emotional geführten Diskussion über die Anwendung der Gentechnik in Entwicklungsländern zu leisten.

## 2 Nord-Süd-Technologietransfer

Kartoffeln werden in Mexiko auf rund 70.000 Hektar sowohl von Klein- als auch von Großbauern angebaut. Im Vergleich zur Flächenproduktivität in den meisten Industrieländern sind die durchschnittlichen Kartoffelerträge in Mexiko gering. Hierfür sind in starkem Maße Ertragsverluste durch biotische Streßfaktoren verantwortlich. Neben der durch den Pilz *Phytophthora infestans* hervorgerufenen Kraut- und Knollenfäule spielen verschiedene Viruskrankheiten eine bedeutende Rolle. Viren werden unter anderem durch infizierte Saatkartoff-

---

<sup>1</sup> Dipl.-Ing. agr. Matin Qaim, Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Universität Bonn, Walter-Flex-Str. 3, 53113 Bonn, Email: mqaim@uni-bonn.de

Die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojekts durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und die Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) wird dankend anerkannt.

feln übertragen. Konventionelle Programme zur Züchtung virusresistenter Sorten waren bisher nur bedingt erfolgreich (GHISLAIN et al., 1997).

1991 wurde ein Nord-Süd-Technologietransferprojekt mit dem Ziel gestartet, mexikanischen Kartoffelbauern virusresistente Sorten auf Basis gentechnischer Verfahren zur Verfügung zu stellen. Die Grundtechnologie wurde von Monsanto (USA) entwickelt und ohne Lizenzgebühr an Mexiko abgegeben, wo ein öffentliches Forschungsinstitut (*Center for Research and Advanced Studies – CINVESTAV*) die gentechnische Transformation lokal angepaßter Kartoffelsorten vornimmt. Das Projekt wird institutionell von ISAAA (*International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications*) unterstützt und von der Rockefeller Stiftung finanziert. Bisher wurden zwei weiße und eine rotfarbene Kartoffelsorte mit Resistenzgenen gegen die wichtigsten Kartoffelviren (PVX, PVY und PLRV) transformiert. Freilandversuche mit den transgenen Sorten werden seit Mitte der 90er Jahre durchgeführt. Es wird erwartet, daß die Technologieverbreitung ab dem Jahr 2000 erfolgen kann. Parallel zu den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden durch das Projekt Regulierungsmechanismen für die biologische Sicherheit etabliert. Obwohl in Mexiko bereits transgene Pflanzen angebaut werden, sind die virusresistenten Kartoffeln die ersten gentechnischen Produkte, die von einer nationalen Organisation entwickelt werden.

### 3 Potentielle technologische Effekte auf einzelbetrieblicher Ebene

Da die transgenen Kartoffelsorten von den mexikanischen Bauern bisher noch nicht angebaut werden, können technologische Effekte nicht ohne weiteres beobachtet werden. Zur Einschätzung der Virusresistenztechnologie wurden eine Reihe mexikanischer und internationaler Wissenschaftler befragt. Darüber hinaus wurden umfangreiche Interviews mit Kartoffelbauern und landwirtschaftlichen Beratern in den Hauptanbauregionen Mexikos durchgeführt (vgl. QAIM, 1998). Um die Verteilungswirkungen der Technologie untersuchen zu können, wurden die Kartoffelbetriebe wie folgt in drei Größengruppen eingeteilt: (i) kleine Betriebe mit einer Kartoffelanbaufläche von weniger als 5 Hektar, (ii) mittlere Betriebe mit 5 bis 20 Hektar, und (iii) große Betriebe mit über 20 Hektar.<sup>2</sup> Auf Basis der Erhebungen wurden potentielle Ertrags- und Einkommenseffekte der transgenen virusresistenten Sorten auf einzelbetrieblicher Ebene berechnet, die in Tabelle 1 dargestellt sind.

**Tabelle 1:** Potentielle Effekte virusresistenter Kartoffeln auf einzelbetrieblicher Ebene

	Kleine Betriebe		Mittlere Betriebe		Große Betriebe	
	Ohne Technol.	Mit Technol.	Ohne Technol.	Mit Technol.	Ohne Technol.	Mit Technol.
Produktionskosten (Pesos/ha)	11.760	11.760	21.251	21.251	34.648	34.648
Ertrag (t/ha)	11,10	16,21	20,86	26,70	31,75	36,51
Einkommen (Pesos/ha)	5.649	13.663	19.713	31.182	27.196	36.467
<b>Kostensteigerung (%)</b>	–	<b>0</b>	–	<b>0</b>	–	<b>0</b>
<b>Ertragssteigerung (%)</b>	–	<b>46</b>	–	<b>28</b>	–	<b>15</b>
<b>Einkommenssteigerung (%)</b>	–	<b>142</b>	–	<b>58</b>	–	<b>34</b>

Anmerkungen: Die „mit Technologie“ Alternative geht von einer Resistenz gegen die Kartoffelviren PVX, PVY und PLRV aus. 1 US\$ entspricht 8,30 mexikanischen Pesos (offizieller Wechselkurs in 1998).

Die „ohne Technologie“ Alternative stellt ein Abbild der heutigen Situation dar. Die unterschiedlichen Produktionskosten sind darauf zurückzuführen, daß größere Bauern mehr Geld für besseres Saatgut ausgeben, und daß sie mehr Dünger und chemischen Pflanzenschutz verwenden. Die „mit Technologie“ Alternative unterstellt die Nutzung der transgenen Technologie auf den betrachteten Flächen. Obwohl signifikante Ertrags- und Einkommenssteige-

<sup>2</sup> Die Kartoffelanbaufläche eines Betriebs korreliert in Mexiko stark mit der Einkommenssituation, so daß sie ein guter Indikator für den Lebensstandard des bäuerlichen Haushalts ist.

rungen für alle drei Betriebsgruppen zu erwarten sind, fällt auf, daß die potentiellen zusätzlichen Gewinne für die Kleinbauern am größten sind. Zurückzuführen ist dies auf die höheren virusinduzierten Verluste dieser Betriebe. Aus Kostengründen benutzen sie für die Aussaat überwiegend Kartoffeln aus der vorherigen eigenen Ernte, die häufig durch Viren stark degeneriert sind. In anderen Fällen kaufen sie von größeren Bauern Kartoffeln, die eigentlich für den Konsumentenmarkt bestimmt sind, und nutzen diese als Pflanzmaterial (informeller Saatgutmarkt). Zertifizierte Saatkartoffeln verwenden die Kleinbauern so gut wie nie; mittlere Betriebe tun dies ebenfalls eher selten.

Da in Mexiko der öffentliche Sektor die transgenen Sorten entwickelt, werden diese Sorten für die Bauern nicht teurer sein als konventionelles, zertifiziertes Saatgut. Obwohl kleine Bauern keine zertifizierten Saatkartoffeln verwenden, bleiben die gentechnischen Virusresistenzmechanismen auch bei weiterer Vermehrung erhalten. Dementsprechend ist zu erwarten, daß – mit einer gewissen Zeitverzögerung – auch auf informellen Saatgutmärkten transgene Sorten ausgetauscht werden. Der Einsatz komplementärer Inputs ist für die in Tabelle 1 dargestellten Ertragssteigerungen nicht erforderlich, so daß auch hierdurch keine zusätzlichen Kosten entstehen. Die Zahlen demonstrieren, daß die Technologie grundsätzlich durchaus für mexikanische Kleinbauern geeignet ist.

#### 4 Aggregierte Wohlfahrtseffekte

Bei der einzelbetrieblichen Betrachtung im vorhergehenden Abschnitt wurde per se angenommen, daß die transgenen virusresistenten Kartoffelsorten von den Bauern in Zukunft angewendet werden. Mit anderen Worten: Es wurde von eventuell auftretenden Problemen des Technologiezugangs einzelner Betriebsgruppen abstrahiert. Desweiteren wurden die potentiellen Einkommenseffekte auf Basis konstanter Kartoffelpreise berechnet. Die Produktivitätssteigerungen werden aber aufgrund der Gesetze von Angebot und Nachfrage zu Preisreduzierungen führen. Diese beiden Aspekte werden in den aggregierten Betrachtungen des mexikanischen Kartoffelsektors in diesem Abschnitt explizit berücksichtigt. Mit Hilfe eines partiellen Gleichgewichtsmodells werden die zukünftigen Wohlfahrtseffekte des gentechnischen Fortschritts für nationale Produzenten und Konsumenten untersucht.<sup>3</sup> Die erwarteten jährlichen Nutzensteigerungen sind für die einzelnen Gruppen in Tabelle 2 gezeigt.

**Tabelle 2:** Auswirkungen der transgenen Virusresistenz auf die jährliche Produzenten- und Konsumentenrente (2 Szenarios)

	Produzenten			Konsumenten
<i>Szenario (1): Gegebene institutionelle Situation</i>				
Millionen Pesos	106,9			127,6
	<b>Kleine Betriebe</b>	<b>Mittlere Betriebe</b>	<b>Große Betriebe</b>	
Nutzenanteil (%)	4	20	76	
Produktionsanteil (%)	12	24	64	
<i>Szenario (2): Subvention für transgene rote Sorte</i>				
Millionen Pesos	181,8			172,1
	<b>Kleine Betriebe</b>	<b>Mittlere Betriebe</b>	<b>Große Betriebe</b>	
Nutzenanteil (%)	41	28	31	
Produktionsanteil (%)	12	24	64	

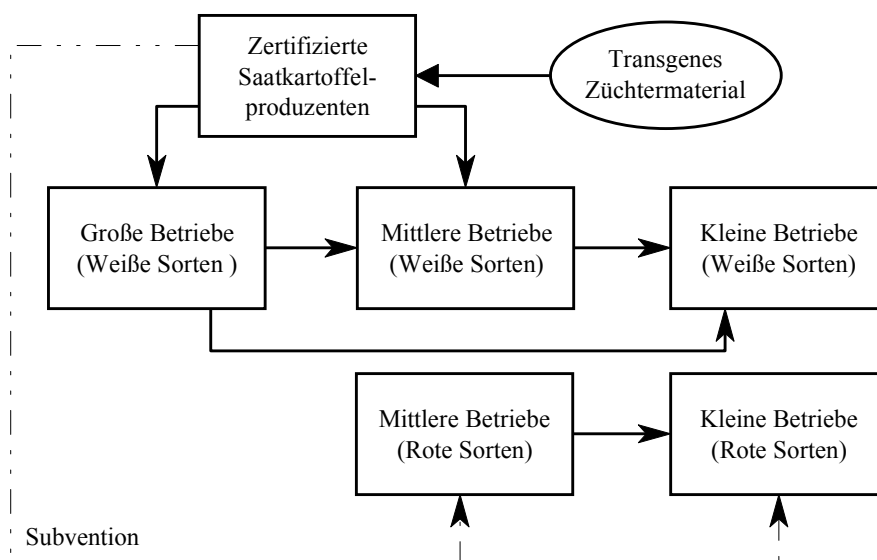
Anmerkungen: Die monetären Angaben sind Annuitäten, die mit einer Diskontierungsrate von 10% für den Zeitraum 2000-2015 berechnet wurden. Es wird von einer geschlossenen Volkswirtschaft ausgegangen.

<sup>3</sup> Die algebraische Herleitung des Marktmodells ebenso wie detaillierte Angaben zum angenommenen Zeitprofil der Technologieübernahme finden sich in QAIM (1998).

Dargestellt sind zwei unterschiedliche Szenarios. Szenario (1) unterstellt die heutigen institutionellen Rahmenbedingungen. Der aggregierte Wohlfahrtsgewinn in Höhe von rund 235 Millionen Pesos pro Jahr ist beträchtlich. Über 50% des Gesamtnutzens entfällt auf die mexikanischen Kartoffelkonsumenten. Diese profitieren von den technologieinduzierten Preisrückgängen. Die Verteilungswirkungen der transgenen Sorten innerhalb der Gruppe der Produzenten sind ebenfalls in Tabelle 2 aufgeführt. Alle drei Produzentengruppen werden absolut gesehen durch die Technologie gewinnen. Vergleicht man den prozentualen Nutzenbeitrag für die kleinen und mittleren Betriebe jedoch mit deren ursprünglichen Produktionsanteilen, wird deutlich, daß die Einkommenskonzentration im Kartoffelsektor zunehmen würde. Dies ist überraschend, da – wie zuvor dargelegt – das technologische Potential für die kleinen Betriebe am größten ist. Der Grund für die negativen Verteilungswirkungen liegt demnach nicht an der Technologie selbst. Vielmehr sind es die Rahmenbedingungen, die den Kleinbauern den Zugang erschweren. Dies wird im folgenden näher erläutert.

Kleinbauern verwenden zu 70% rote Kartoffelsorten, und mittlere Betriebe tun dies zu knapp 30%. Rote Sorten haben eine natürliche Resistenz gegen die Kraut- und Knollenfäule. Da teure Fungizide eingespart werden können, sind diese Sorten insbesondere bei ressourcenarmen Bauern beliebt. Große Betriebe haben genügend finanzielle Mittel für die chemische Bekämpfung der Pilzkrankheit. Sie verwenden ausschließlich weiße Sorten, da diese in der Regel etwas höhere Preise erzielen. Oben wurde bereits erwähnt, daß CINVESTAV auch eine rote Sorte mit den Virusresistenzgenen transformiert. Die Analyse zeigt jedoch, daß sich bei der Verbreitung dieser roten Sorte ein Problem ergeben wird. Wie Abbildung 1 verdeutlicht, werden die transgenen Kartoffeln – genau wie konventionelle Sorten – über formale Kanäle zunächst die Nachfrager nach zertifiziertem Saatgut erreichen, also in erster Linie die größeren Betriebe. Über informelle Saatgutmärkte erreichen die weißen Sorten etwas später auch die kleineren Bauern. Im Falle von roten Sorten hingegen fehlt ein wesentliches Verbindungsglied. Aufgrund der mangelnden Nachfrage nach diesen Sorten auf formalen Saatgutmärkten, werden sie von den zertifizierten Saatkartoffelproduzenten nicht vermehrt. Demzufolge wird ohne eine Änderung des institutionellen Gefüges die transgene rote Sorte – zum Nachteil der ärmeren Bauern – keine Verbreitung finden.

**Abbildung 1:** Die Verbreitung transgener Saatkartoffeln in Mexiko



Um das Potential der transgenen Kartoffeln voll zu nutzen, und um eine Einkommenskonzentration zu verhindern, sind politische Maßnahmen erforderlich, die den Kleinbauern einen angemessenen Technologiezugang erleichtern. Ein denkbarer Ansatz wäre der, die rote transgene Sorte subventioniert zur Verfügung zu stellen. Dadurch würde eine formale

Nachfrage für diese Sorte stimuliert, und ein Anreiz für die Saatgutproduzenten geschaffen, sie zu vermehren. Der Vorteil der transgenen Technologie ist, daß sie über viele Jahre hinweg selbst von den Bauern reproduziert werden kann. Ein einmaliger Zugang zum formalen Saatgutmarkt würde also ausreichen, um die Technologie längerfristig anzuwenden. Modellsimulationen unter der Annahme einer subventionierten Verbreitung der transgenen roten Sorte wurden entsprechend durchgeführt. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 2 dargestellt (Szenario (2)). Deutlich wird, daß dieser Verbreitungsmechanismus sowohl die aggregierten Wohlfahrtseffekte der Technologie als auch die Verteilungswirkungen enorm verbessern würde. Statt einer zunehmenden Einkommenskonzentration hätte die Technologie sogar einen signifikant positiven Einfluß auf das Verhältnis zwischen ärmeren und reicheren Kartoffelbauern. Und trotz der beachtlichen zusätzlichen Ausgaben für die Implementierung der Saatgutsubvention, würde die interne Projektverzinsung von jährlich 60% in Szenario (1) auf 64% in Szenario (2) steigen. Dieser Umstand rechtfertigt den staatlichen Eingriff auch aus Sicht der volkswirtschaftlichen Effizienz.

## 5 **Schlußfolgerungen**

Die Gentechnik bietet große Nutzenpotentiale für die landwirtschaftlichen Produzenten und Konsumenten in Entwicklungsländern. Kleinbauern könnten sogar die Hauptnutznießer transgener Resistenzmechanismen sein, da ihre streßbedingten Ertragsverluste in der Regel höher sind als die von größeren Produzenten. Die tatsächlichen Auswirkungen hängen aber – neben den technologischen Eigenschaften – auch von den institutionellen Rahmenbedingungen ab. Um unerwünschte Verteilungswirkungen zu vermeiden, muß sichergestellt werden, daß alle Betriebsgruppen einen angemessenen Zugang zu den Technologieprodukten haben. Zeitgerechte, sozioökonomische Information, die mögliche institutionelle Engpässe identifiziert, wird zur Schlüsselvariable für geeignete politische Entscheidungen. Voraussetzung für eine internationale faire Technologieentwicklung ist aber auch, daß die speziellen Bedürfnisse der Länder des Südens in der gentechnischen Forschung nicht vernachlässigt werden. Da in vielen Fällen Marktversagen vorliegt, müssen mehr öffentliche Forschungsgelder bereitgestellt werden. Der Transfer der von Monsanto entwickelten Virusresistenztechnologie nach Mexiko verdeutlicht aber, daß auch private Unternehmen einen wichtigen Entwicklungsbeitrag leisten können und müssen. Innovative Modelle partnerschaftlicher Beziehungen zwischen dem öffentlichen und dem privaten Sektor werden benötigt, damit arme Menschen von neuen technologischen Entwicklungen nicht ausgeschlossen werden.

## **Literatur**

- BUNTZEL, R. (1997): Gentechnologie in den Entwicklungsländern. *Globus* (4/5), S. 22-25.
- GHISLAIN, M.; QUERCI, M.; BONIERBALE, M.; GOLMIRZAI, A.; NELSON, R. (1997): *Biotechnology and the Potato; Applications for the Developing World*. CIP, Lima.
- QAIM, M. (1998): *Transgenic Virus Resistant Potatoes in Mexico: Potential Socioeconomic Implications of North-South Biotechnology Transfer*. ISAAA Briefs No. 7, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, Ithaca, NY.
- QAIM, M.; VON BRAUN, J. (1998): *Crop Biotechnology in Developing Countries: A Conceptual Framework for Ex Ante Economic Analyses*. ZEF Discussion Papers on Development Policy No. 3, Zentrum für Entwicklungsforschung, Bonn.
- SERAGELDIN, I. (1999): *Biotechnology and Food Security in the 21<sup>st</sup> Century*. *Science* (285), S. 387-389.