

## **Reflektion bestehender Forschungsansätze im Rahmen landwirtschaftlicher Problembereiche, der Sicherheitsforschung und des Monitoring von GVO**

Freiburg, 2001

Dr. Beatrix Tappeser, Öko-Institut e.V.

Vortrag anlässlich der Fachtagung  
"Ökologische und ökosystemanalytische Ansätze für das  
Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen  
(GVO)"  
des Arbeitskreises Gentechnik und Ökologie der  
Gesellschaft für Ökologie,  
21./22. November 2001, Göttingen

**Öko-Institut e.V.**  
Geschäftsstelle Freiburg  
Postfach 6226  
D-79038 Freiburg  
Tel.: 0761-4 52 95-0

## **6. Reflektion bestehender Forschungsansätze im Rahmen landwirtschaftlicher Problembereiche, der Sicherheitsforschung und des Monitoring von GVO**

*Dr. Beatrix Tappeser,  
Öko-Institut e.V., Postfach 6226, 79038 Freiburg, Tel.: 0761/ 45295-39,  
E-Mail: Tappeser@oeko.de*

### **6.1. Einleitung**

Bodenerosion, Biodiversitätsverluste, Gewässerkontamination mit Pestiziden und Düngemitteln ebenso der Abbau der Bodenfruchtbarkeit werden als die vordringlichsten Probleme der in westlichen Industrieländern vorherrschenden intensiven landwirtschaftlichen Praxis charakterisiert (FAO 1995). Insofern sollte erwartet werden können, dass sich die unterschiedlichen Forschungsförderungsinstitutionen, sei es das BMBF, die DFG oder auch die Ressortforschung des BMVEL oder des BMU, verstärkt mit Fragestellungen befassen, die hier Innovationen und Verbesserungen versprechen. Dabei kommt der Biotechnologie/Gentechnik eine herausgehobene Rolle zu, da diese Technikentwicklung und Anwendung bei weitem die höchsten Forschungsmittel erhält und zwar bei allen angesprochenen Institutionen.

Das Biotechnologie-Programm der Bundesregierung, u. a. auch auf eine Förderung der „Grünen Gentechnik“ ausgerichtet, ermöglicht eine jährliche Gesamtförderung in allen Anwendungsgebieten in Höhe von 1,6 Milliarden DM (Mittel des BMBF, der DFG, der MPG und des BMVEL für das Jahr 2000, (Bundesbericht Forschung 2000)). Dazu addiert werden müssen noch ca. 150 000 Mill. DM aus EU-geförderten Projekten. Schätzungsweise ein Drittel dieser Gelder fließt direkt oder indirekt in die Förderung einer gentechnikgestützten Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion. Kaum eines der geförderten Projekte im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzung der Gentechnik adressiert die oben erwähnten Probleme direkt oder in einem systemaren Zusammenhang. Herbizidresistenz oder Insektenresistenz werden allerdings in Zusammenhang mit möglichen Pestizideinsparungen genannt bei ansonsten weitgehend unveränderten pflanzenbaulichen Bedingungen von High-Input-Sorten. Auf der anderen Seite sind genau diese neuen Eigenschaften Ursache für eine Reihe von zusätzlichen Risikovermutungen. Zur Abklärung der Risiken ist vor allem von der öffentlichen Hand in Sicherheitsforschung investiert worden.

## 6.2. Forschungsaufwand für Sicherheitsforschung

16,5 Millionen DM oder ca. 3% (bezogen auf 550 Mio. DM für umweltrelevante Anwendungen) werden jährlich für das deutsche Sicherheitsforschungsprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) aufgewandt (BMBF 2000).

Das Bundesministerium für Umwelt, Reaktorsicherheit und Naturschutz (BMU) gibt in den Jahren 2001 bis 2004 insgesamt 3,6 Mio. DM für sechs Projekte der Sicherheitsforschung aus.

Die EU hat in den Jahren von 1985 bis 2000 nach ihren Kriterien 81 Sicherheitsforschungsprojekte mit insgesamt 70 Millionen ECU finanziert. Damit dürfte der Anteil an der Gesamtförderung dieses Bereiches in den sukzessiven Forschungsrahmenprogrammen deutlich unter 1% liegen.

Dieses wird jeweils als großes Engagement für die Sicherheitsforschung interpretiert (EU-Review 2001).

Das amerikanische Landwirtschaftsministerium hat für 2001 10 Projekte mit einem Gesamtvolumen von 2,1 Mio. Dollar oder 4,2 Mio. DM bewilligt (USDA 2001).

*Tabelle 6.1.: Aufwendungen für Biotechnologie in Deutschland, der EU und den USA*

	<b>Zeitraum</b>	<b>Ausgaben</b>	<b>Entspricht jährlich</b>
<b>Deutschland</b>	2001 – 2003	53 Mio. DM	17,5 Mio. DM
	(Gesamtaufwendungen für Biotechnologie: 1,5 Mrd. DM jährlich + 150 Mio. DM von EU, davon ca. 550 Mio. DM für umweltrelevante Anwendungen)		
<b>EU</b>	1985-2000	70 Mio. Euro ≈ 137 Mio. DM	9,2 Mio. DM
<b>USA</b>	2001	2,1 Mio. Dollar für zehn Projekte	2,1 Mio. Dollar

Der finanzielle Aufwand, der von Seiten der öffentlichen Hand zur Erforschung der Risiken einer Technikanwendung geleistet wird, ist aber nur ein Aspekt der Bewertung. Interessant ist, welche Art von Sicherheitsforschung finanziert wird.

Dabei lassen sich grundsätzlich zwei Ansätze unterscheiden:

- Forschungsansätze und die Förderung von Entwicklungen, die die Anwendung der Technik sicherer machen sollen

- Forschungsansätze, die die (systemaren) Wirkungen der Technikanwendung auf die Produkte und der Produkte der Technikanwendung auf das System, in das sie eingebracht werden sollen, in den Blick nehmen.

### **6.3. Das Sicherheitsforschungsprogramm des BMBF**

Mit Datum vom 21. 3. 2000 veröffentlichte die Bundesregierung die Förderrichtlinien zu „Sicherheitsforschung und Monitoring“ im Programm „Biotechnologie 2000“.

Förderschwerpunkte dieses Programms sind:

- Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung
- Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring
- Kommunikationsmanagement in der biologischen Sicherheitsforschung

Von besonderem Interesse sind in unserem Zusammenhang die Vorgaben, die das BMBF für den Schwerpunkt „Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung“ macht, denn hier hätte die Chance bestanden, in verstärktem Maße mögliche Systemwirkungen des Anbaus transgener Pflanzen in den Blick zu nehmen, dafür die entsprechenden Forschungsfragen zu formulieren und in Projekte umzusetzen. Dies hätte auch eine wertvolle noch vielfach fehlende Vorarbeit für ein Monitoring sein können. Denn neben Ergebnissen, die für Vermarktungsgenehmigungen von Bedeutung sind, ließen sich aus solchen Projekten auch Hinweise ableiten, welche Parameter im Rahmen eines Monitoring vorrangig beachtet und erhoben werden sollten.

Doch an ökosystemaren Ansätzen war das BMBF nicht interessiert.

Förderfähig sollten nur solche Projekte sein, die auf Hypothesen über begründete Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge aufbauen. Hypothesenunspezifische Untersuchungsansätze zu möglichen Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen auf Nahrungsketten, Artenvielfalt oder Lebensgemeinschaften wurden explizit von der Förderung ausgeschlossen.

In den weiter konkretisierten Ausführungen zu diesem Forschungsschwerpunkt wird dann eine Zweiteilung vorgenommen in übergeordnete kulturartenunabhängige Forschungsansätze und spezifische Forschungsansätze.

Besonders bei den Vorgaben für übergeordnete Forschungsansätze fällt auf, dass es hier hauptsächlich um eine Optimierung der Forschungsstrategien und Methoden bei der Entwicklung transgener Pflanzen geht, also letztendlich um eine Unterstützung der Produktentwicklung.

Das BMBF wünschte sich Projekte zu folgenden Fragestellungen:

- Neue Strategien zur Begrenzung der zu übertragenden Gensequenzen auf das funktionell notwendige Maß:

- Entwicklung von Alternativen zu den verfügbaren Markergenen für die Selektion gentechnisch veränderter Pflanzen,
- Entwicklung neuer Strategien zur Eliminierung überflüssiger Gensequenzen nach erfolgreicher Selektion,
- Entwicklung von Methoden der sequenzspezifischen Integration von Transgenen in das Pflanzengenom,
- Entwicklung biologischer Methoden zur Begrenzung der Ausbreitungsfähigkeit gentechnisch veränderter Pflanzen,
- Quantifizierung von Eintrittswahrscheinlichkeiten definierter Ereignisse im Vergleich zur gegebenen Situation (Antibiotikaresistenz),
- Entwicklung und Standardisierung von Nachweisverfahren für Transgensequenzen, die Testungen in großem Umfang erlauben und zu einem späteren Zeitpunkt bei Monitoringverfahren zur Anwendung kommen können.

Damit reagierte das BMBF teilweise durchaus auf vorgebrachte Kritik und Problem-  
aspekte. Die Antwort des Sicherheitsforschungsprogramms jedoch ist, Geld in Metho-  
denentwicklung zu investieren, die diese Probleme minimieren helfen, also auf der  
Produktentwicklungsebene ansetzen und nicht auf der Systemebene.

Folgerichtig liegt der Schwerpunkt der beantragten und dann auch bewilligten Projekte  
vor allem bei dem ersten Hauptthema der zitierten Fragestellungen, den neuen Strate-  
gien zur Begrenzung der zu übertragenden Gensequenzen und hier hauptsächlich auf  
der Entwicklung von Strategien zur Eliminierung überflüssiger Gensequenzen.

Auch bei den kulturpflanzen-spezifischen Forschungsansätzen überwiegen solche Fra-  
gestellungen, die sich einzelnen Aspekten der jeweiligen transgenen Pflanzen widmen  
(Untersuchungen zum Genfluss, einzelne Auswirkungen auf Nichtzielorganismen, Wir-  
kung auf Bodenorganismen oder Mykorrhiza), seltener werden systemorientierte  
Schwerpunkte formuliert.

Das unterschiedliche Verständnis von Sicherheitsforschung wurde besonders deutlich  
bei dem Schwerpunkt: transgene Gehölze. In den meisten bewilligten Projekten geht  
es um die Entwicklung männlicher oder weiblicher steriler Pflanzen, um bei mehrjähri-  
gen Pflanzen den Genfluss durch Auskreuzung möglichst weitgehend zu verhindern.

So drängt sich der Eindruck auf, dass das Sicherheitsforschungsprogramm mehr dar-  
auf ausgerichtet ist, die Kommerzialisierung transgener Pflanzen zu ermöglichen, als  
von dem Ansatz getragen ist zu verstehen, wie gentechnische Eingriffe die Physiologie  
und den Metabolismus transgen-veränderter Organismen beeinflussen und wie diese  
Organismen Interaktionen in den Lebensgemeinschaften und Nahrungsketten verän-  
dern können, in die sie eingebracht werden sollen.

#### **6.4. Die Sicherheitsforschung der EU**

Die von der EU geförderten Projekte, die der Sicherheitsforschung zugerechnet werden, umfassen ein deutlich größeres Spektrum an Themen als das deutsche Sicherheitsforschungsprogramm. Ein wenig mutet der vorgelegte Review wie ein Bauchladen all derjenigen Projekte an, die im allerweitesten Sinne einer Art von Sicherheitsforschung zugerechnet werden können. So finden sich Grundlagen-Projekte („Mobile elements: contribution to bacterial adaptability and diversity. MECBAD“) neben Projekten, die die Sicherheit von gentechnisch entwickelten Impfstoffen oder Vektoren für die Gentherapie prüfen („Genetic and immunologic safety of DNA vaccines.“ „Safety of genetically engineered retroviruses used for gene transfer.“), Projekte die sich mit der Stabilität der Genexpression befassen, die unter agronomischen Aspekten sicher von hoher Bedeutung sind („The mechanisms and control of genetic recombination in plants.“ „ Control of gene expression and silencing in plants.“) neben solchen, die wirklich ökosystemare Effekte von transgenen Pflanzen zu erhellen versuchen („Environmental impact of transgenic plants on beneficial insects.“ „Effects and mechanisms of BT transgenes on biodiversity of non-target insects: herbivores and their natural enemies.“). (Im Anhang ist eine Auswahl der Projekte tabellarisch dargestellt)

Auch hier drängt sich der Eindruck auf, dass neben einigen echten Sicherheitsforschungsprojekten, Sicherheitsforschung bisher nicht wirklich ernst genommen bzw. nicht als ein Schwerpunkt verstanden worden ist, der sich vorrangig mit ökosystemaren Auswirkungen transgener Organismen zu befassen hat.

#### **6.5. Aspekte und Anforderungen an zukünftige Sicherheitsforschung und das Monitoring**

Dieser Schwachpunkt der bisherigen Sicherheitsforschung soll partiell durch ein Nachzulassungsmonitoring aufgefangen werden, auch wenn das Monitoring insgesamt deutlich weiter gefasst ist und anders verstanden wird. Mittels eines Monitoring sollen direkte und indirekte, unmittelbare und spätere sowie unvorhergesehene schädliche Auswirkungen von GVO auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt festgestellt werden (RL 18/2001 EU). Das Monitoring soll helfen, Scale-up-Effekte frühzeitig zu erkennen, also Effekte, die erst durch einen großflächigen und zeitlich nicht begrenzten Anbau „entdeckbar“ sind. Im Umkehrschluss könnte das bedeuten, dass diejenigen Fragestellungen, die im Labor, im Gewächshaus oder bei experimentellen Freisetzungen zu klären sind, vor einer Zulassung auch ausreichend bearbeitet sind. Dies würde auch das Step-by-step- Prinzip, das die Richtlinie oder das deutsche Gentechnikgesetz vorschreiben, eigentlich erfordern.

Doch ein Blick in die Literatur belehrt, dass viele Fragen einer klassischen Sicherheitsforschung, die sich z. B. mit direkten Effekten und deren ökosystemaren Wirkungen befasst, sukzessive und parallel zum kommerziellen Anbau im Labor oder Gewächshaus bearbeitet werden. Ein prominentes Beispiel dafür ist die Forschung zu

Non-Target-Effekten des Bt-Toxins aus insektenresistenten Pflanzen. Der größere Teil der Arbeiten zu Non-Target-Effekten, wie Wirkungen auf weitere Lepidopterenraupen oder die Persistenz des Bt-Toxins in landwirtschaftlichen Böden, wurde erst nach der Vermarktungszulassung sowohl in Amerika wie auch in Europa durchgeführt (siehe u.a. Losey et al. 2001, Hilbeck 2001, Stotzky 2001). Insgesamt wurden bisher nur sehr kleine Ausschnitte der Nahrungsketten oder Abbauprozesse im Boden betrachtet.

Ohne diese Sicherheitsforschung oder Begleitforschung ist es aber hinreichend schwierig, entsprechend konsensfähige Ursache-Wirkungs-Hypothesen zu entwickeln, auf deren Basis Parameter für ein Monitoring ausgewählt werden können (siehe auch Brauner & Tappeser 2000). Gerade in Zusammenhang mit Freisetzungsversuchen ist die Chance verpasst worden, systematisch bestimmte ökologische Fragestellungen zu bearbeiten.

Insofern sollte eine zukünftige Sicherheits- und Begleitforschung verstärkt Systemzusammenhänge in den Blick nehmen, also z. B. die Nahrungsketten über verschiedene trophische Ebenen untersuchen, nicht nur toxische, sondern auch subtoxische Effekte in die Untersuchungen einbeziehen und generell eine größere Offenheit gegenüber unerwarteten Aspekten haben. Denn wer würde erwarten, dass die Integration von Bt-Genkonstrukten zu einer verstärkten Lignifizierung der Leitbahnen und der sie auskleidenden Zellen führt und dies wiederum Einfluss auf die Abbaubarkeit im Boden aber auch auf die Präferenz der sie fressenden Tiere hat (die sie dann eher meiden) (Stotzky 2001).

Aufgrund der großen Lücken in der Sicherheits- und Begleitforschung sollte im Rahmen eines Monitoring (wenn trotz der Lücken eine Vermarktungsgenehmigung erfolgen sollte) für verschiedene Pilotpflanzen - möglichst EU-weit koordiniert - ein möglichst umfassendes Pilotmonitoring unter Praxisbedingungen durchgeführt werden (und dies möglichst auf vergleichender Ebene, also im parallelen Anbau von transgener Sorte und isogener Sorte).

## **6.6. Baseline – was ist der angemessene Vergleich?**

Im Zusammenhang mit dem Monitoring aber auch bei der Bewertung/Auswertung der Begleitforschung ist es von besonderer Bedeutung, auf welcher vergleichenden Basis die Auswertungen/Bewertungen vorgenommen werden: Ist es eine konventionelle Landwirtschaft oder ist es eine biologische Landwirtschaft? Ist es im Rahmen einer konventionellen Landwirtschaft eher eine fortentwickelte Variante, die sich an Kriterien einer integrierten Produktion orientiert, oder eine Intensivvariante?

Von der Definition der Baseline hängt vieles ab: anzunehmender Schädlingsdruck, die Berechnung der Pestizideinsparungen, die messbaren Auswirkungen auf Bodenleben und auf sonstige Fauna und Flora, Art und Aufwand der Düngung etc.

In Deutschland aber auch in den USA ist ohne eine wirkliche Diskussion die konventionelle Landwirtschaft der Maßstab. Darüber hinaus ist nichts wirklich festgelegt, sondern dem Belieben der jeweiligen Akteure anheim gestellt.

Insofern ist gerade in Zusammenhang mit der Diskussion um die Definition einer guten landwirtschaftlichen Praxis noch viel Arbeit zu leisten, damit eine Basis geschaffen wird, die auch Zukunftsziele einbezieht im Sinne von Umweltqualitäts- und Umweltschutzzielen für eine zukunftsfähige Landwirtschaft.

## 6.7. Literatur

1. BMBF (2000) Bundesbericht Forschung 2000 [www.bmbf.de](http://www.bmbf.de)
2. Brauner, R., Vogel, B., Mutschler, M., Falk, W. Baier, A., Tappeser, B. (2001) Pilotprojekt zum Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen, Teilbericht zu Ursache-Wirkungshypothesen für Raps, Mais, Zuckerrüben und Kartoffeln.
3. EU-Review (2001) EC-Sponsored Research on Safety of Genetically Modified Organisms – A Review of Results. Kessler, C., and Economidis, I. (Eds.) The report is available at <http://europa.eu.int/research/fp5/eag-gmo.html>
4. Hilbeck, A.(2001) Transgenic host plant resistance and non-target effects in: Letourneau, D.K. and Burrows, B.E. (Eds.) Genetically Engineered Organisms, p.167-186 , CRC Press, USA.
5. Losey, J.E., Obrycki J.J., Hufbauer R. A. (2001) Impacts of genetically engineered crops on non-target herbivores: Bt-corn and monarch butterflies as a case study in Letourneau, D.K. and Burrows, B.E. (Eds.) Genetically Engineered Organisms, p.143-166, CRC Press, USA.
6. Stotzky, G. (2001) Release, persistence, and biological activity in soil of insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis* in Letourneau, D.K. and Burrows, B.E. (Eds.) Genetically Engineered Organisms, p.187-222 , CRC Press, USA.
7. USDA (2001) Biotechnology Risk Assessment Research Grant Programme [www.usda.gov/agencies/biotech.htm](http://www.usda.gov/agencies/biotech.htm).

1. Plants			
1-01	Safety assessment of the release of transgenic crops: spread of herbicide resistance genes from wheat and foxtail millet to weedy species	February 1999 - January 2002	H. Darmency
1-02	Effects and mechanisms of BT transgenes on biodiversity of non-target insects: pollinators, herbivores and their natural enemies	October 2000 – September 2003	R. de Maagd
1-03	Impact of three selected biotechnological	January 2001 –	J.D. van



	strategies for potato pathogen control on the indigenous soil microbiota	December 2003	Elsaß
1-04	The mechanisms and control of genetic recombination in plants	October 1997 – September 2000	C. White B. Reiss K. Metzloff
1-05	Control of gene expression and silencing in transgenic plants	November 1996 - January 2000	P. Meyer
1-06	EcoTub: An ecologically safe selection system for transgenic crops based on modified plant-tubulin genes	October 2000 - September 2003	P. Nick

## 2. Plant microbes

2-01	Exploitation of Chinese biodiversity resources in sustainable crop production, using a biotechnological approach for rhizobial diversity evaluation, strain improvement and risk assessment	September 1996 – August 1999	K. Lindström
2-02	IMPACT I and IMPACT II: Interactions between Microbial Inoculants and Resident Populations in the Rhizosphere of Agronomically Important Crops in Typical Soils ECO-SAFE: Ecological and Environmental Biosafety Assessment of Novel Plant and Microbial Biotechnology Products	September 1993 – December 2002	F. O'Gara
2-03	Safer host-vector systems for the deliberate release of plant-beneficial <i>Pseudomonas</i>	January 1989 – December 1990	J. Davison

## 3. Bioremediation

3-01	Genetic tools for constructing genetically-modified micro-organisms (GEMs) with high predictability in performance and behaviour in ecological microcosms, soils, rhizospheres and river sediments	October 1991 – September 1993	J.L. Ramos
------	--	-------------------------------	------------

## 4. Food

4-01	Consumer attitudes and decision-making with	December 1996	K.G.
------	---	---------------	------

	regard to genetically modified food products	- November 1999	Grunert
4-02	Reliable, standardised, specific, quantitative detection of genetically modified food	February 2000 - January 2003	A. Holst-Jensen
4-03	New methods for the safety testing of transgenic food (SAFOTEST)	February 2000 - February 2004	I. Knudsen
4-04	Opportunities of transgenic food crops for the consumer and the food industry in the Community	April 1991 – March 1994	A. Reynaerts

<b>5. Tools</b>			
5-01	High resolution of automated microbial identification: improvement of nucleic acid probe techniques	October 1991 - September 1993	K.N. Timmis
5-02	Chemical interactions and signalling between phytopathogenic fungi, rhizobacteria and plant roots with particular reference to saponins: implications for disease	December 1994 – June 1997	M.J. Daniels
5-03	Mobile elements contribution to bacterial adaptability and diversity (MECBAD)	October 1998 - September 2000	K. Smalla

<b>6. Vaccines</b>			
6-01	Biosafety of vaccines based on self-replicating recombinant alphavirus	September 1998 - August 2000	G.J. Atkins
6-02	Genetic and immunological safety of DNA vaccines	September 1996 - October 1999	J.S. Robertson
6-03	Biosafety of mucosa-specific RNA-vectors expressing foreign antigens and recombinant antibodies for prevention of disease	October 1998 – September 2000	J.P. Teifke
6-04	Safety of genetically engineered retroviruses used for gene transfer	October 1991 - September 1993	F. Skou Pedersen