

## Koexistenz von gentechnisch verändertem und konventionellem Mais

### Ergebnisse des Erprobungsanbaus Silomais 2004

Wilhelm Eberhard Weber und Thomas Bringezu, Halle, Inge Broer, Rostock, Falko Holz, Bernburg und Joachim Eder, Freising

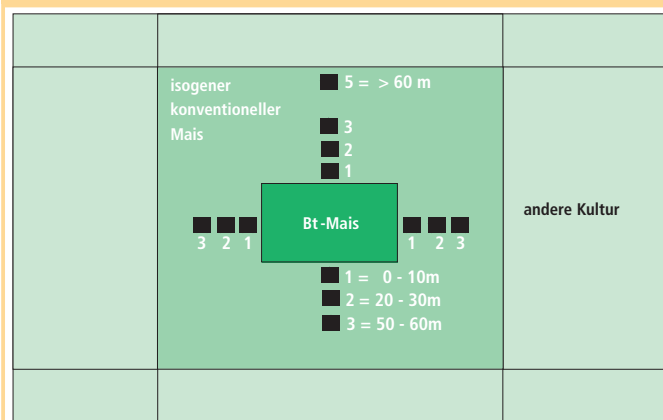
*In der Landwirtschaft trifft der einzelne Betriebsleiter seine Entscheidungen über den Anbau und Vertrieb eigenverantwortlich. Das führt dazu, dass sich unter den gegebenen Agrarstrukturen sehr unterschiedliche Strategien bezüglich Betriebsführung und Zielsetzung entwickeln können. Die Aufgabe der politischen Entscheidungsträger ist es, diese Vielfalt auch in der Zukunft zu gewährleisten. Dies bedeutet auch, dass sich jeder Landwirt frei für oder gegen eine bestimmte Anbauform entscheiden kann, z. B. für oder gegen die Produktion auf der Basis gentechnisch veränderter Pflanzen. Die wichtigste Voraussetzung für die Koexistenz beider Produktionsverfahren sind verlässliche gesetzliche Rahmenbedingungen, z. B. Schwellenwerte, die in den Praxisbetrieben auch eingehalten werden können.*

Ziel des im Jahr 2004 mit gentechnisch verändertem Mais durchgeführten Erprobungsanbaus ist es, unter Praxisbedingungen gesicherte Erfahrungen zu sammeln, aus denen von der gesetzgebenden Hand Empfehlungen zur Gestaltung der Koexistenz abgeleitet werden können. Der Erprobungsanbau als Bestandteil der Biotechnologie-Initiative des Landes Sachsen-Anhalt wurde durch den InnoPlanta e.V. initiiert und durch die Landwirtschaftsministerien von Bayern und Mecklenburg-Vorpommern unterstützt. Zu diesem Zweck wurden in Landwirtschaftsbetrieben unter Praxisbedingungen gentechnisch veränderte (gv) und konventionell gezüchtete, d. h. nicht gentechnisch veränderte Maissorten in unmittelbarer Nachbarschaft angebaut. Die einbezogenen gv-Maissorten unterscheiden sich von den Nicht-gv-Sorten im

Wesentlichen nur durch ein spezifisches Gen, das ursprünglich aus dem Bakterium *Bacillus thuringiensis* isoliert wurde. Dieses



Abb. 1: Schema des Grundplanes



(Foto: dpa)

Bt-Gen produziert ein Toxin, das dem gentechnisch veränderten Mais (deshalb auch die Bezeichnung Bt-Mais) eine spezifische Resistenz dem Maiszünsler gegenüber verleiht, einem auch in Deutschland aktiven Maisschädling. Die Übertragung in die gv-Maissorten erfolgte durch Kreuzung mit der Maislinie MON810, in deren Erbgut das Resistenz vermittelnde Gen zuvor mittels einer gentechnischen Methode eingeschleust wurde.

Die Larve des Maiszünslers bohrt sich in den Maisstängel ein und verursacht durch Fraß im Inneren des Stängels, dass die reife Maispflanze schon bei geringer Belastung bricht. Ebenso können die sich entwickelnden Kolben durch den Schädling befallen werden. Damit wird die weitere Ausbildung der gesamten Pflanze eingeschränkt. Bei starkem Befall muss mit Ertragseinbußen bis fünfzehn Prozent und

keiten der Bekämpfung des Schaderregers. Das Ziel war die Ermittlung des durch Einstäubung mit Bt-Mais-Pollen verursachten GVO-Anteils (aus der Befruchtung mit Bt-Mais-Pollen hervorgegangene Körner) im Erntegut des konventionellen Maises in unterschiedlichen Entfernungen vom Schlag mit Bt-Mais.

## Durchführung des Erprobungsanbaus

Der Bt-Mais wurde nach einem einheitlichen Anbauplan (Abb. 1) auf Flächen einer Größe von 0,3 bis 23,0 ha innerhalb eines Schlates mit konventionellem Mais angebaut. Dieser Anbauplan wurde an allen Standorten eingehalten. Um die Ergebnisse auf eine breite Basis zu stellen, wurden viele Praxisbetriebe in den Anbau

## Ziele des Erprobungsanbaus

Der Erprobungsanbau bei Mais im Jahr 2004 hatte die Zielstellungen:

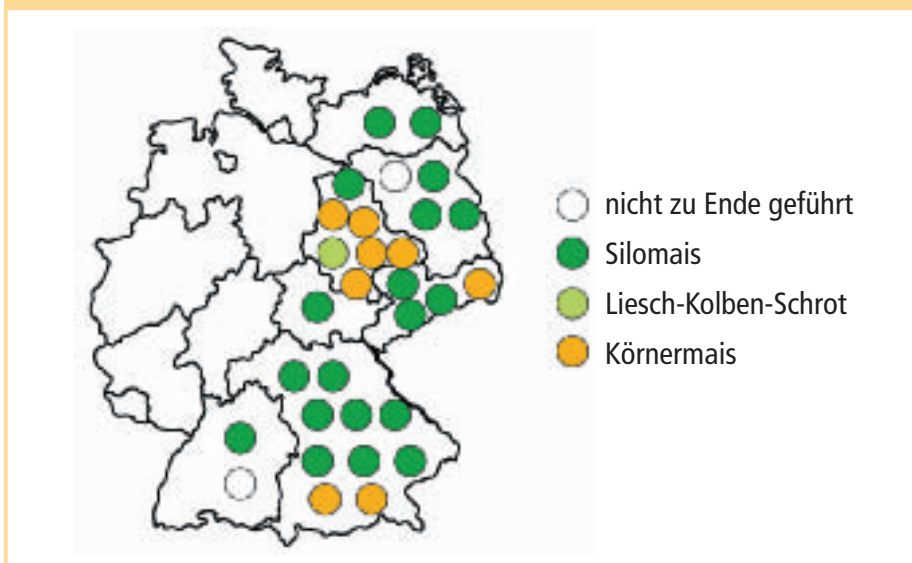
1. Erkenntnisse zur Koexistenz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Agrarstrukturen zu sammeln,
2. praxisrelevante Maßnahmen zur Minimierung der Auskreuzung auf ihre Effizienz zu überprüfen und
3. Anbauempfehlungen abzuleiten, die bei der Erarbeitung gesetzlicher Vorgaben zur Koexistenz Berücksichtigung finden sollen.

stände normal. Die Verteilung der Anbauflächen auf die sieben Bundesländer geht aus Abb. 2 hervor.

Die korrekte Durchführung nach den vorgegebenen einheitlichen Kriterien für Anbaugestaltung entscheidet wesentlich über die Qualität und Aussagekraft der erzielbaren Ergebnisse. Deshalb wurden Aussaat, Vegetationsverlauf und Ernte durch vom Betrieb und vom Landwirt unabhängige Personen kontrolliert. Detaillierte Vorgaben für Aussaat und Ernte dienten der Vermeidung von Vermischungen. Eine besonders intensive Kontrolle erfolgte während der Zeit der Blüte. Hierbei kam es vor allem auf die Bestimmung der genauen Blühzeit der Rispe einschließlich Pollenschüttung beim Bt-Mais und der Entwicklung der Narbenfäden beim konventionellen Mais an. Die Windrichtung wurde während der Zeit der Blüte ebenfalls ermittelt und durch Angaben vom Deutschen Wetterdienst ergänzt.

An allen Standorten wurde der GVO-Anteil im Erntegut des konventionellen Maises in definierten Abständen zum Bt-Mais bestimmt. Hierzu wurden streifenweise im Abstand von 0 bis 10 m, 20 bis 30 m und 50 bis 60 m in jeder der vier Himmelsrichtungen jeweils drei Einzelproben aus dem Gutstrom des praxisüblichen Erntegutes (Ganzpflanzenhäckselgut, Liesch-Kolben-Schrot oder Körnermais) gezogen. In einigen Fällen konnte nicht bei allen Abständen geerntet werden, da die Breite des Mantels mit konventionellem Mais dafür nicht ausreichte. Die Einzelproben wurden getrocknet, auf eine Partikelgröße unter vier mm vermahlen und zu einer Sammelprobe vereinigt. Jede Sammelprobe wurde über Riffel- bzw. Kegelteiler in fünf Laborproben aufgeteilt. Zwei Labor-

Abb. 2: Standorte für den Erprobungsanbau



mehr gerechnet werden (Mele et al., 2004). Außerdem siedeln sich an den Fraßstellen Mykotoxin bildende Schimmelpilze, insbesondere Fusarien, an und vermindern durch die Anreicherung von Pilzgiften wie Fumonisin und Moniliformin im Erntegut zusätzlich die Verwertungsmöglichkeiten als Nahrungsmittel bzw. für Futterzwecke.

Neben dem Anbau von Bt-Mais ist eine Bekämpfung des Maiszünslers über den Einsatz von Insektiziden, Trichogramma-Schlupfwespen oder Bt-Präparaten möglich. Die größte Wirksamkeit hat jedoch Bt-Mais (Degenhardt et al., 2003). Beim Erprobungsanbau ging es nicht um die Erfassung eines möglichen Schadens durch den Befall mit dem Maiszünsler oder um die Möglich-

keiten der Bekämpfung des Schaderregers. Die Anbaubereiche erstreckten sich von Mecklenburg-Vorpommern im Norden bis Baden-Württemberg und Bayern im Süden Deutschlands. Dabei wurden die unterschiedlichen Betriebsstrukturen und klimatischen Bedingungen bewusst in Kauf genommen, da nur so reale Praxisverhältnisse abgebildet werden können.

Insgesamt erfolgte ein Anbau an 30 Standorten. Aussaat und Ernte wurden mit der betriebsspezifischen Technik durchgeführt. Die Flächen von zwei Orten mussten schon kurz nach der Aussaat auf Grund eines starken Fritfliegenbefalls bzw. des sehr lückenhaften Aufganges umgebrochen werden. An allen anderen Standorten verlief die Entwicklung der Pflanzenbe-



Abgeknickte Maisfahnen – typisches Schadbild nach Maiszünslerfraß  
(Foto: AgroConcept)



Im praxisüblichen Ganzpflanzenhäckselgut wurde in zwei Laboren der GVO-Anteil quantitativ bestimmt  
(Foto: AgroConcept)

proben wurden zur Ermittlung des GVO-Gehaltes eingesetzt, die übrigen Proben dienten als Rückstellproben für Nachuntersuchungen zur Überprüfung auffälliger Laborergebnisse.

An 19 Standorten wurde Ganzpflanzenhäckselgut geerntet. Von diesen Standorten liegen die Analysen bisher vollständig vor, so dass hier zunächst nur diese Ergebnisse dargestellt werden können. An weiteren acht Standorten wurde Körnermais und an einem Standort Liesch-Kolben-Schrot geerntet. Über diese Ergebnisse wird in einer der nächsten Ausgaben berichtet.

### GVO-Analytik und Auswahl der Labore

Die EU-Verordnung 1829/2003 gibt einen Schwellenwert für die Kennzeichnung von genetisch veränderten Lebens- und Futtermitteln vor. Dieser beträgt 0,9 %. Ein Produkt ist demnach zu kennzeichnen, wenn dieser Schwellenwert überschritten wird. Auf Grund dieser Regelung musste der GVO-Anteil aller Ernteproben auf der Basis eines "MON810"-spezifischen Ansatzes quantitativ bestimmt werden. Während quantitative GVO-Analysen an Körnermais von DNA-Analytiklaboren routinemäßig durchgeführt werden, ist mit der Analyse von Ernteproben aus Silomais Neuland

besprochen worden. Der analytische Nachweis wurde in zwei unabhängigen zertifizierten Laboren mit ISO 17025 Akkreditierung durchgeführt.

Für die Auswahl geeigneter Labore wurde ein Vortest gemacht. Hierzu wurden Proben mit einem bekannten GVO-Anteil hergestellt und insgesamt vier zertifizierten Laboren zur Analyse vorgelegt. Die Ergebnisse dieses Vortestes sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Bei niedrigen Anteilen kamen alle Labore zu ähnlichen Ergebnissen. Das galt jedoch nicht für den kritischen Bereich um 0,9 %. Die Wahl fiel schließlich auf die zwei Labore, die im Mittel möglichst nah an den vorgegebenen Werten lagen. Es zeigte sich, dass verschiedene Messungen am selben Ansatz zu nahezu identischen Ergebnissen führten. Untersu-

chungen an ein und derselben Laborprobe ergaben dagegen größere Abweichungen. Daher wurde ein zweiter DNA-Ansatz für die wiederholte Bestimmung zur Auflage gemacht.

### Ergebnisse

Tabelle 2 enthält die Ergebnisse der Standorte, an denen Häckselgut von Ganzpflanzen geerntet wurde. Ein Standort in Brandenburg wurde nicht in die Auswertung einbezogen, da anhand der DNA-Analysergebnisse gezeigt werden konnte, dass die Versuchsdurchführung bei der Aussaat bzw. Ernte mit erheblichen Fehlern behaftet war. Da es keine einheitliche Hauptwindrichtung während der Blütezeit gab, erfolgte eine Mittelwertbildung über alle Himmelsrichtungen.

■ Es ist deutlich zu erkennen, dass im Streifen von 0 bis 10 m in sechs Fällen Einträge über 0,9 % gefunden wurden. In diesem Streifen waren GVO-Anteile dieser Größenordnung auch zu erwarten.

■ Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass an fünf Standorten ebenfalls in diesem Streifen der Eintrag bei 0,2 % oder darunter lag.

■ Wird ein Streifen von 10 m Breite unmittelbar neben einem Feld mit Bt-Mais separat beerntet, ist eine Kennzeich-

Tab.1: Ergebnisse des Vortests mit vorgegebenem Anteil an GVO (MON810). Für den Erprobungsanbau wurden die Labore 2 und 3 ausgewählt

MON810		GVO-Anteil [%]			
		0,00	0,10	0,40	1,50
Labor 1	Wert 1	0,00	0,08	0,31	0,98
	Wert 2	0,00	0,14	0,34	1,20
	Mittel	0,00	0,11	0,33	1,06
Labor 2	Wert 1	0,00	0,11	0,28	1,58
	Wert 2	0,00	0,10	0,52	2,40
	Mittel	0,00	0,11	0,44	1,99
Labor 3	Wert 1	0,00	0,07	0,28	2,34
	Wert 2	0,00	0,07	0,42	1,28
	Mittel	0,00	0,07	0,37	1,81
Labor 4	Wert 1	0,00	0,12	0,89	2,75
	Wert 2	0,00	0,18	0,70	3,40
	Mittel	0,00	0,15	0,80	3,08

nungspflicht dieser Erntepartie nur auszuschließen, wenn durch eine Bestimmung des GVO-Anteils ein Wert unter 0,9 % ermittelt wird.

- In den Streifen 20 bis 30 m und 50 bis 60 m wurde an keinem der 18 ausgewerteten Standorte ein Eintrag über 0,9 % festgestellt (Tab. 2).

Bei Betrachtung der Einzelergebnisse, nach Himmelsrichtungen und Abständen getrennt, traten jedoch auch im Abstand von 20 bis 30 m vereinzelt (bei 4 % aller ermittelten Werte) GVO-Anteile über dem Schwellenwert von 0,9 % auf. Die aufgetretenen Sachverhalte sind jedoch kaum praxisrelevant. Wird nämlich ein größerer Schlag insgesamt beerntet, unterschreitet der GVO-Anteil der Gesamterntepartie den Schwellenwert in der Regel deutlich. Dies verdeutlicht die Modellrechnung in Tab. 2. Dabei wird von einem mit konventionellem Mais bestellten Feld in der Länge des Bt-Mais-Schlages ausgegangen. Die Flächengröße wird nach folgendem Schema berechnet. Der im Streifen 0 bis 10 m erfasste Wert wird bis zu einem Abstand von 15 m eingesetzt, der nächste Wert für die Breite von 15 bis 40 m und für darüber hinausgehende Abstände wird der Wert für den Streifen 50 bis 60 m benutzt. An allen Standorten bleibt ab 90 m Feldbreite der Wert unterhalb des Schwellenwertes von 0,9 %. Das gilt auch

für die Standorte 1.02 und 4.01 sowie 6.02 und 8.01, für die im Streifen von 0 bis 10 m Werte über 3 % bzw. 2 % ermittelt worden sind. Bei nur 80 m erreicht ein Standort den Schwellenwert und bei nur 60 m wird der Schwellenwert an zwei Standorten überschritten.

für die Standorte 1.02 und 4.01 sowie 6.02 und 8.01, für die im Streifen von 0 bis 10 m Werte über 3 % bzw. 2 % ermittelt worden sind. Bei nur 80 m erreicht ein Standort den Schwellenwert und bei nur 60 m wird der Schwellenwert an zwei Standorten überschritten.

## Fazit

Die Ergebnisse des Erprobungsanbaus 2004 zeigen, dass bei Mais eine Koexistenz zwischen konventioneller und Gentechnik orientierter Landwirtschaft möglich ist. Unter Umständen müssen bestimmte Vorkehrungen zur Vermeidung unerwünschter GVO-Einträge in direkt angrenzende Nachbarbestände getroffen werden.

## Zusammenfassung

Im Erprobungsanbau 2004 wurden gentechnisch veränderte (gv) und konventionelle Maissorten unter Praxisbedingungen in sieben Bundesländern an 28 Standorten angebaut. Im Mittelpunkt der Untersuchung stand die Frage, ob und in welchem Maße der Anbau von gv-Mais auf Flächen von 0,3 bis 23,0 Hektar zu Einträgen von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) in Erntepartien nachbarschaftlicher Flächen mit konventionellem Mais führt.

Hier werden zunächst die Ergebnisse bei Silomais mitgeteilt. Die höchsten GVO-Einträge (im Mittel 1,1 %) wurden in unmittelbar angrenzenden Streifen bis zu einem Abstand von 10 Metern gefunden. Mit zunehmender Entfernung nahmen die Einträge sehr schnell ab. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass der derzeit geltende Schwellenwert von 0,9 % für zufällige Einträge gentechnisch veränderten Materials ab einem Abstand von 20 m nicht überschritten wird (Abb. 3).

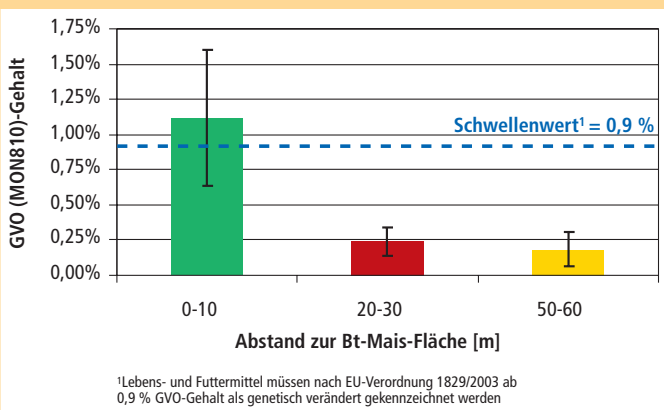
Für die Silomaiszerzeugung lassen sich daraus folgende Anbauempfehlungen ableiten:

- Durch die separate Beerntung eines Trennstreifens von 20 Metern in dem unmittelbar angrenzenden Maisbestand lässt sich der gv-Anteil in der übrigen Erntepartie des benachbarten konventionellen Maisbestandes unterhalb des Kennzeichnungsschwellenwertes halten.
- Besitzt das benachbarte konventionelle Maisfeld eine Feldtiefe von mindestens 90 Metern, resultiert daraus ein gv-Anteil unter 0,9 % in der gesamten Erntepartie einschließlich des 10-Meter Randstreifens.

Prof. Dr. Wilhelm Eberhard Weber und Dr. Thomas Bringezu, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Tel.: 0345-5522680, Fax: 0345-5527222, E-Mail: weber@landw.uni-halle.de und bringezu@landw.uni-halle.de; Prof. Dr. Inge Broer, Universität Rostock und Verein zur Förderung Innovativer und Nachhaltiger Agrobiotechnologie, Tel.: 0383-4984080, Fax: 0383-4984082, E-Mail: inge.broer@auf.uni-rostock.de; Dr. Falko Holz, Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Bernburg, Tel.: 03471-334200, Fax: 03471-334205, E-Mail: Falko.Holz@llg.mlz.lsa-net.de; Dr. Joachim Eder, Bayer Landesanstalt für Landwirtschaft Freising, Tel.: 08161-713633, Fax: 08161-714305, E-Mail: Joachim.Eder@LfL.bayern.de

**Literatur**  
DEGENHARDT, H. et al., Bt-Mais in Deutschland. Mais 2/2003, 75-77 (2003).  
MELE, E. et al., First results of co-existence study: European Biotechnology Science & Industry News No 4, vol 3 (2004).

**Abb. 3: GVO-Gehalt in Abhängigkeit vom Abstand zum Bt-Mais-Schlag**



**Tab. 2: Bt-Mais-Fläche und GVO-Einträge an 18 Silomaisstandorten**

Standort (kodiert)	Bt-Mais (ha)	GVO-Eintrag im benachbarten konventionellen Maisfeld						
		0-10 m	20-30 m	50-60 m	0-60 m	0-80 m	0-90 m	0-100 m
1.01	3,0	0,19%	0,06%	0,00%	0,07%	0,05%	0,05%	0,04%
1.02	1,9	3,74%	0,23%	0,04%	1,04%	0,79%	0,71%	0,64%
1.04	1,3	0,64%	0,15%	0,11%	0,26%	0,22%	0,21%	0,20%
1.05	0,4	0,02%	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%
1.06	0,4	0,14%	0,08%	-	0,07%	0,05%	0,05%	0,04%
1.07	0,3	0,26%	0,08%	0,03%	0,11%	0,09%	0,08%	0,08%
1.09	7,0	0,63%	0,07%	0,03%	0,20%	0,15%	0,14%	0,13%
1.10	1,0	0,23%	0,02%	0,02%	0,07%	0,06%	0,06%	0,05%
2.01	9,0	0,82%	0,19%	0,15%	0,33%	0,29%	0,27%	0,26%
2.02	23,0	0,65%	0,64%	0,16%	0,49%	0,40%	0,38%	0,36%
3.01	1,0	0,20%	0,13%	0,01%	0,11%	0,08%	0,08%	0,07%
4.01	2,3	3,30%	0,59%	0,21%	1,14%	0,91%	0,83%	0,77%
4.02	4,0	0,72%	0,48%	0,29%	0,48%	0,43%	0,41%	0,40%
6.01	4,9	2,12%	0,32%	0,11%	0,70%	0,55%	0,50%	0,46%
6.02	6,5	2,77%	0,32%	0,10%	0,86%	0,67%	0,61%	0,56%
6.04	3,0	0,60%	0,29%	0,19%	0,33%	0,30%	0,28%	0,27%
7.01	1,1	0,94%	0,30%	0,76%	0,61%	0,65%	0,66%	0,67%
8.01	15,7	2,66%	0,27%	0,25%	0,86%	0,71%	0,66%	0,61%