

# **Fachgutachten zur Koexistenzproblematik – gentechnisch veränderte Maislinie MON810**

Von:  
Martha Mertens  
Mute Schimpf

Oktober 2006

**erstellt im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis90/Die Grünen**

## Inhalt:

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | Zusammenfassung und Empfehlungen  | 3  |
| 2.     | Einleitung  | 8  |
| 3.     | GVO-Anteile in nicht GVO-Mais   | 10 |
| 3.1.   | Haftungsschwelle und Grenzwerte in der Ernte von Mais Mon810:   | 10 |
| 3.2.   | Nachweis der gentechnischen Verunreinigung  | 11 |
| 4.     | Saatgutverunreinigungen   | 13 |
| 5.     | Auskreuzung bei Mais  | 14 |
| 5.1.   | Basisdaten zum Auskreuzungsverhalten von Mais   | 14 |
| 5.2.   | „Koexistenz“-Studien in Deutschland   | 16 |
| 5.2.1. | Anbauversuche 2004  | 16 |
| 5.2.2. | Anbauversuche 2005  | 18 |
| 5.2.3. | Eintrag von GVO-Pollen in Honig und Pollenprodukten   | 19 |
| 5.3.   | Auskreuzungs-Studien in anderen Ländern   | 21 |
| 5.3.1. | USA   | 21 |
| 5.3.2. | Großbritannien  | 21 |
| 5.3.3. | Spanien   | 23 |
| 5.3.4. | Schweiz   | 23 |
| 5.4.   | Studien des Joint Research Centre der EU  | 24 |
| 6.     | GVO-Kontamination im Warenstrom   | 28 |
| 6.1.   | Außereuropäische Forschung:   | 28 |
| 6.1.1. | Aussaat   | 29 |
| 6.1.2. | Mähdrescherreinigung  | 30 |
| 6.2.   | Stand der europäischen Forschung zu maschineller Verschleppung:   | 31 |
| 6.2.1. | Übertragbarkeit von Segregationssystemen im Maisanbau:  | 34 |
| 6.2.2. | Aufwand für die Reinigung der Landmaschinen bei Koexistenz zwischen der Maislinie Mon810 und herkömmlichen Anbausystemen: | 35 |
| 6.2.3. | Kosten der Maschinenreinigung   | 36 |
| 7.     | Referenzen  | 38 |

## Tabellenverzeichnis

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabelle 1: | Eintrittspfade von gentechnisch veränderten Organismen nach NOWACK 2004 | 9  |
| Tabelle 2: | MON810 Maisfläche und GVO-Einträge in Körnermais, Anbauversuche 2004    | 17 |
| Tabelle 3: | Auskreuzung bei MON810 Körnermais (Osten u. Süden), Anbauversuche 2005, | 18 |
| Tabelle 4: | Auskreuzung bei Körnermais (Nachweis über pat Gen)                      | 22 |
| Tabelle 5: | Zeitaufwand für Reinigungen von Sämaschinen nach Bullock et al. (2000)  | 29 |
| Tabelle 6: | Übersicht zu maschineller Verschleppung nach Bock et al. 2002           | 32 |
| Tabelle 7: | Betriebsmodelle in Maiserzeugerregion nach Méssean et al. (2006)        | 33 |
| Tabelle 8: | Spanne der Kosten für Reinigung der Maschinen nach Schimpf (2006)       | 37 |

# 1. Zusammenfassung und Empfehlungen

## Problematik der Koexistenz

Bei der Zulassung der gentechnisch veränderten insektenresistenten Maislinie MON810 im Jahre 1998 wurde der Frage, unter welchen Bedingungen gentechnisch veränderter Mais neben herkömmlichem Mais angebaut werden kann, ohne dass es zu unerwünschten GVO-Einträgen in konventionell oder biologisch produzierten Mais kommt, keine Beachtung geschenkt. Inzwischen wurden neue Erkenntnisse über die Eintrittspfade transgener Materials und ihr Risikopotential für die herkömmliche Landwirtschaft gesammelt, so gibt es eine Reihe von Studien zur Auskreuzung bei Mais. Daten aus der Praxis zur Koexistenz, wie das Nebeneinander von GVO-Anbau und herkömmlicher Landwirtschaft zumeist genannt wird, sind allerdings vergleichsweise rar. Die wichtigsten Quellen für eine Verunreinigung von herkömmlichem Mais durch MON810 Mais sind die Einkreuzung aus benachbarten MON810 Anbauflächen, Verschleppungen von MON810 Material über die eingesetzten Maschinen und etwaige MON810-Anteile im Saatgut.

Bis heute existieren keine EU-weit einheitlichen Vorgaben, wie die Koexistenz unter den Bedingungen der relativ klein strukturierten Landwirtschaft Europas zu organisieren sei. Die EU-Kommission veröffentlichte 2003 zwar Leitlinien (2003/556/EG) hierzu, deren Ausführung überließ sie aber den Nationalstaaten. Danach sollten „die Koexistenz-Maßnahmen effizient, kostenwirksam und verhältnismäßig sein und nicht über das Maß hinausgehen, das erforderlich ist, um zufällige Spuren von GVO unterhalb der in Gemeinschaftsvorschriften festgesetzten Toleranzschwellen zu halten“ (Anhang 2.1.4). Generell sollen die Nutzer, d. h. Landwirte, die GVO anbauen, die Verantwortung für Koexistenzmaßnahmen und deren Kosten tragen. Ein neuer Bericht der EU-Kommission vom März 2006 stellt die von einzelnen EU-Mitgliedsstaaten seither ergriffenen Koexistenzmaßnahmen dar (COM(2006) 104).

Laut der EU-Verordnungen 1829/2003 und 1830/2003 zur Zulassung, Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit von GVO-Lebens- und Futtermitteln müssen Lebensmittel und Futtermittel, die aus gentechnisch veränderten Organismen (GVO) bestehen oder Bestandteile aus ihnen enthalten, als „genetisch verändert“ gekennzeichnet werden, wenn der GVO-Anteil höher ist als 0,9 %, „vorausgesetzt, dieser Anteil ist zufällig oder technisch nicht zu vermeiden“. Dieser Passus wird zwar häufig so interpretiert, Koexistenzmaßnahmen müssten nur so weit gehen, dass der GVO-Anteil gerade unter 0,9 % sinke, doch wird dabei die Einschränkung, wonach dieser GVO-Anteil zufällig und technisch nicht zu vermeiden sein muss, außer Acht gelassen. Daten aus der Wissenschaft und Praxis belegen demgegenüber, dass die Kontamination von herkömmlich angebautem Mais durch GVO-Mais bei deren gleichzeitigem Anbau kein Zufallsprodukt ist, sondern bei geringen räumlichen Abständen und fehlenden Trennsystemen zu erwarten ist. Außerdem akzeptiert der Markt Kontaminationswerte von knapp unter 0,9 % bei Ernteprodukten nicht, da jeder Wirtschaftsbeteiligte auf einem Puffer für die Verarbeitung besteht.

Bei einer allgemeinen Etablierung eines zulässigen GVO-Kontaminationswertes von 0,9 % käme es zu einer schleichenden Kontamination der Produktions- und Nahrungskette durch GVO. Eine dauerhaft gentechnikfreie Produktion wäre nicht mehr möglich und für die gentechnikfreie Landwirtschaft verbliebe allenfalls ein Nischendasein in besonders geschützten Räumen. Dies widerspricht aber dem ausdrücklichen Wunsch eines Großteils der Verbraucherschaft, die sich auch künftig gentechnikfrei ernähren will. Über eine Koexistenz

zwischen GVO-Anbau und herkömmlichem Maisanbau kann deshalb allenfalls bei GVO-Anteilen, die sich an der technischen Nachweisbarkeitsgrenze von 0,1 % bewegen, geredet werden. Die Nachweisverfahren für MON810 basieren in aller Regel auf der Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR), die von verschiedenen kommerziellen und staatlichen Labors durchgeführt wird, allerdings nicht immer zu einheitlichen Ergebnissen führt.

### **Auskreuzung bei Mais**

MON810 Maispollen wird durch den Wind über Hunderte von Metern verbreitet und kann zu erheblichen Einkreuzungen in benachbarte konventionelle Maisflächen führen. Dabei bestimmen die Witterungsbedingungen (wie Windrichtung, Windstärke, Temperatur, Feuchtigkeit) das Auskreuzungsverhalten des Windblütlers Mais in starkem Maße. Wie Studien aus verschiedenen Ländern belegen, findet Auskreuzung bei Mais auch über Distanzen von mehr als 200 m statt und ist bis zu 800 m dokumentiert. Von großen GVO-Maisflächen ausgehende Pollenwolken führen zu erhöhten Auskreuzungsraten. Mantelsaaten aus nicht-GVO-Mais können die Auskreuzung zwar verringern, bringen sie aber nicht auf Null. Die GVO-Anteile nehmen nicht linear mit der Entfernung ab, sondern steigen in Entfernungen von 100 – 150 m zur Pollenquelle teilweise sogar an, vermutlich bedingt durch topographische Effekte und Luftströmungen. Zum Schutz von Maisflächen zur Saatgutproduktion und von biologisch bewirtschafteten Maisflächen wurden Isolationsabstände zu GVO-Mais von mindestens 200 m bis hin zu 1.000 und 3.000 m vorgeschlagen.

In den Jahren 2004 und 2005 wurden in Deutschland von der Industrie und staatlichen Stellen Anbauversuche mit MON810 Mais durchgeführt. Die Ergebnisse des Jahres 2004 mit MON810 Silomais und Körnermais wurden dahingehend interpretiert, dass eine 20 m breite Mantelsaat aus konventionellem Mais um den MON810 Mais ausreiche, um benachbarten konventionellen Mais vor einer GVO-Einkreuzung zu schützen, die höher als 0,9 % ist. Grenzten konventionelle Maisschläge direkt an MON810 Schläge, sei damit zu rechnen, dass in einem unmittelbar angrenzenden Streifen von 10 m der Wert von 0,9 % nicht eingehalten werde und deshalb eine Kennzeichnungspflicht auftrete. Bei größeren Distanzen und großen konventionellen Flächen werde dieser Wert aber unterschritten. Diese Schlussfolgerungen waren nicht haltbar, wie unter anderem die Ergebnisse des Folgejahres belegten. 2005 wurden erheblich höhere GVO-Auskreuzungsraten in weiter entfernte konventionelle Maisbestände beobachtet als im Jahr zuvor. Gefunden wurde auch, dass der Pollenflug über niedrige Kulturen ungebremster erfolgt als über Mais. Das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft empfahl deshalb, konventionellen Mais erst in einem Abstand von 150 m zu GVO-Mais anzubauen, um so die GVO-Einkreuzung in benachbarte konventionelle Bestände unter dem Wert von 0,9 % zu halten. Ein Eintrag von GVO-Pollen in den Honig und insbesondere in Pollenprodukte ist ebenfalls zu erwarten.

Das Joint Research Centre der EU (JRC) veröffentlichte im Januar 2006 eine Studie zu Koexistenzmaßnahmen bei Mais, die auf Daten aus den beiden französischen Regionen Pyrenees-Atlantiques und Poitou-Charentes basiert. Dargestellt wird der Beitrag verschiedener Maßnahmen, um die Auskreuzung im Feld zu verringern. Als begrenzende Maßnahmen dienen hauptsächlich die räumliche Isolation und die Einrichtung einer Pufferzone aus nicht-GVO-Mais um den GVO-Mais. Die ebenfalls vorgeschlagene zeitliche Isolation durch unterschiedliche Blühzeiten lässt sich im hiesigen Klima jedoch nicht erreichen. Auch der Vorschlag, Randzonen benachbarter konventioneller Maisflächen separat zu ernten und dem GVO-Mais zuzuschlagen, dürfte kaum praxistauglich sein, müssten doch konventionell wirtschaftende Landwirte einen erheblichen Aufwand treiben und dabei

niedrigere Erlöse oder gar Ernteverluste in Kauf nehmen. Selbst um den GVO-Wert von 0,9 % einzuhalten, bedarf es der JRC-Studie zufolge erheblicher Anstrengungen, insbesondere, wenn die konventionellen Flächen kleiner als fünf Hektar sind, eine für Deutschland nicht ungewöhnliche Größe. Zur dauerhaften Sicherung der gentechnikfreien Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion wie auch der Wahlfreiheit für Landwirte und Verbraucher muss es jedoch Ziel der Koexistenzmaßnahmen sein, die technische Nachweisgrenze von 0,1 % GVO-Anteil in herkömmlichem Mais einzuhalten. Um einen Wert von 0,1 % GVO-Anteil in konventionellem Mais einzuhalten, sind laut JRC-Studie bei Flächen < 5 ha in der Hauptwindrichtung Isolationsabstände von 300 m erforderlich. Der JRC-Studie lässt sich allerdings nicht entnehmen, ob beispielsweise bei einer zwei Hektar großen Fläche ein größerer Isolationsabstand zur Einhaltung des 0,1 % Wertes erforderlich wäre.

Die Probleme verschärfen sich, wenn es darum geht, Koexistenz im Bereich der Saatgutproduktion zu sichern, da das System der Erzeugung von Hybridsaatgut mit getrennten Reihen männlicher und weiblicher (entfahnter) Pflanzen empfindlicher auf eine Einkreuzung aus benachbarten Beständen reagiert. Derzeit sind GVO-Verunreinigungen im Saatgut in der EU nicht zulässig, über GVO-Beimengungen, die nicht kennzeichnungspflichtig sein sollen (z. B. 0,3 % bis 0,5 % bei Mais), wird allerdings seit langem diskutiert. GVO-freies Saatgut ist jedoch Voraussetzung für eine dauerhaft gentechnikfreie Produktion, ihm kommt deshalb eine Schlüsselrolle in der Sicherung der gentechnikfreien Landwirtschaft zu. Eine GVO-Einkreuzung in konventionelles Maissaatgut von mehr als 0,1 % lässt sich laut JRC-Studie praktisch nicht verhindern, wenn die Hauptwindrichtung für den Polleneintrag in die Saatgutproduktionsfläche sorgt. Ein Isolationsabstand von 1.000 m und sehr große Saatgutproduktionsflächen von zehn Hektar wären zur Einhaltung dieses Wertes erforderlich. Für deutsche Produktionsbedingungen sind derartige Abstände und Flächengrößen aber unrealistisch, die Erzeugung GVO-freien Maissaatguts wäre in Deutschland bei einem Anbau von MON810 Mais nicht mehr möglich.

Ein Vergleich der von einzelnen EU-Mitgliedsstaaten festgelegten Mindestabstände von GVO-Mais zu herkömmlichem Maisanbau zeigt, dass in den meisten Ländern ein Mindestabstand von 200 m gilt, Ungarn fordert für jegliche Bewirtschaftungsform 400 – 800 m und Luxemburg generell 800 m. Länder wie Lettland, die Niederlande, Polen, Portugal und Tschechien erhöhen die Mindestabstände zu biologisch bewirtschafteten Flächen auf 250 bis 600 m. Selbst die Firma Monsanto empfiehlt den Käufern von Bt-Maissaatgut, zu Biomaisflächen eine Distanz von 300 m einzuhalten. In Spanien, dem einzigen EU-Staat mit kommerziellem Anbau von Bt-Mais, gilt generell ein Mindestabstand von 50 m zu herkömmlich angebautem Mais, hier wurden in den vergangenen Jahren in biologisch erzeugtem Mais wiederholt GVO-Anteile von mehr als 0,9 % festgestellt. Soweit von den EU-Mitgliedsstaaten überhaupt Isolationsabstände für Saatgutproduktionsflächen festgelegt wurden, liegen sie zwischen 250 m und 800 m.

Koexistenz mit Schutzgebieten ist ein weiterer, zumeist vernachlässigter Aspekt. Da der Pollen des Windblütlers Mais auch auf Flora und Böden nicht-agrarischer Flächen abgelagert wird, gelangt Bt-Toxin-haltiges Material unter Umständen auch in benachbarte ökologisch wertvolle Gebiete (z. B. FFH-Gebiete) und gefährdet so besonders schützenswerte Organismen, insbesondere Schmetterlinge. Zudem haben Insekten und andere Tiere Aktionsradien, die häufig weit über 1.000 m hinausgehen, nach Einwanderung aus Schutzgebieten in Agrarflächen können sie so mit Bt-Toxinen konfrontiert werden. Für Schutzgebiete mit seltener Schmetterlingsfauna schlugen Wissenschaftler einen Abstand zu Bt-Maisflächen von 1.000 m vor. In die Verordnung zur Guten fachlichen Praxis ist ein

demzufolge ein Passus aufzunehmen, der die erforderlichen Abstandsflächen zu Schutzgebieten festlegt.

### **GVO-Kontamination im Warenstrom**

Die Frage der Koexistenz wird häufig auf die Frage der Auskreuzung von GVO-Flächen auf Nachbarfelder reduziert. Andere Berührungspunkte in der Landwirtschaft werden übergangen, obwohl durch sie in nennenswertem Umfang gentechnische Verunreinigungen entstehen können. Die Arbeitsabläufe bei der Erzeugung von Mais fußen an etlichen Stellen auf engem Kontakt und Austausch zwischen gemeinsam eingesetzten Landmaschinen, Lagern, Trocknungen und Transportmitteln. Trotz eines hohen Grades an Eigenmechanisierung nutzen Landwirte gerade bei der Aussaat und Ernte von Mais die effizienten Spezialmaschinen überbetrieblich, um Kosten zu sparen. Der Eintrag von gentechnischem Material in die Maisernte durch Mähdrescher kann rasch 0,4 % erreichen, wie Untersuchungen aus den USA ergaben. Dass mit einer flüchtigen Reinigung des Mähdreschers am Feldrand den Vorgaben des Gentechnikgesetzes, Paragraph 16,3 c, wonach „Einträge in andere Grundstücke bei Aussaat und Ernte zu verhindern“ sind, Genüge geleistet werden könnte, wird durch Untersuchungen aus den USA und deutsche Fachleute widerlegt. Die Reinigung eines Mähdreschers nach dem Einsatz auf einem Feld mit gentechnisch verändertem Mais steigert die Erntekosten – je nach Gründlichkeit - um das anderthalb bis zwölfwache. Selbst bei einer gründlichen Reinigung lässt sich kein hundertprozentiges Ergebnis erzielen, sondern allenfalls eine Annäherung an 99,9 %. Bisherige Trennungssysteme im Ackerbau wie bei der Saatguterzeugung können denn auch nicht auf die Koexistenz von Bt-Mais mit konventionellem sowie ökologischem Mais übertragen werden.

Dringend bedarf es einer Konkretisierung, welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um weder durch Sämaschinen noch durch Mähdrescher die konventionelle Produktion zu verunreinigen. Da es praktisch keine europäische Forschung zu dieser Frage gibt, sind konkrete Maßnahmen kaum zu beschreiben. Das Joint Research Centre (JRC) weist darauf hin, dass Mähdrescher nach ihrem Einsatz auf GVO-Maisfeldern stets eine Gefahr für die Verunreinigung der folgenden Flächen darstellen. Danach ist lediglich bei einer vollständigen Trennung des Maschineneinsatzes eine gentechnische Verunreinigung der Ernten anderer Betriebe zu vermeiden.

### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

Die gesamten, im Gutachten dargestellten kritischen Eintrittspfade für gentechnisches Material müssen in der deutschen Gesetzgebung sowohl für den Bereich der Landwirtschaft wie auch für Forschungsprojekte berücksichtigt werden. Das Vorsorgeprinzip sollte hierbei Leitschnur sein, zumal bisher nur wenige Daten aus dem Praxisbetrieb vorliegen. Um die gentechnikfreie Landwirtschaft auf Dauer zu sichern, muss eine technische Nachweisgrenze von 0,1 % GVO-Anteil eingehalten werden können.

Die hier zusammengestellten Daten belegen, dass Auskreuzung beim Mais über deutlich mehr als 200 m Entfernung zu beobachten ist und von zahlreichen Variablen abhängt, wie etwa Witterungsverhältnisse, Topographie, Wuchshöhe der benachbarten Kulturen sowie (relative und absolute) Größe der GVO-Maisflächen und der herkömmlich bewirtschafteten Maisflächen. Auskreuzungsdaten eines Jahres und weniger Regionen sind deshalb nicht aussagekräftig genug, da die Witterungsverhältnisse und die lokalen Bedingungen sehr stark

variieren können. Spitzenwerten ist Aufmerksamkeit zu schenken, eine Mittelung von Auskreuzungsereignissen maskiert unter Umständen Hotspots der Einkreuzung, die im Einzelfall aber von Relevanz sein können. Mantelsaaten aus konventionellem Mais können eine Pollenbarriere darstellen, doch fehlen Daten zur Quantifizierung.

Aus den gemittelten Einkreuzungswerten eines einjährigen Versuchs die Empfehlung abzuleiten, eine 20 m breite Mantelsaat aus konventionellem Mais um das MON810-Maisfeld reiche aus, um den Wert von 0,9 % in benachbartem konventionellem Mais einzuhalten, wie nach dem Anbauversuch 2004 in Deutschland geschehen, entsprach deshalb nicht wissenschaftlichem Vorgehen. Aber auch die aus den Ergebnissen des Anbauversuchs 2005 abgeleitete Empfehlung, dass 150 m Abstand zwischen MON810 Maisflächen und konventionellem Mais einzuhalten seien, um die GVO-Kontamination unter dem Wert von 0,9 % zu halten, sichert die Koexistenz nicht. Denn die Empfehlung für diesen Abstand basiert auf der irrigen Annahme, ein GVO-Anteil von 0,9 % im Ernteprodukt sei maßgeblich.

Die Imkerei ist durch den Eintrag von GVO-Pollen in den Honig und insbesondere in Pollenprodukte betroffen, da Bienen Maispollen gezielt sammeln und für die Aufzucht der Brut verwenden. Im Höselpollen ist mit besonders hohen GVO-Anteilen zu rechnen, die zur Kennzeichnungspflicht dieses Produktes führen würden. Gesunde Bienen sollen zwar nicht durch Bt-Toxin haltigen Maispollen geschädigt werden, doch nach Auskunft von Imkern gibt es kaum noch gesunde Bienen.

Besondere Herausforderungen stellen sich bei der Produktion von Maissaatgut, das frei von gentechnischer Verunreinigung zu halten ist. So gehen die Autoren der JRC-Studie davon aus, dass eine Einkreuzung in konventionelles Maissaatgut von mehr als 0,1 % praktisch nicht zu verhindern ist, wenn der Wind aus der Richtung der GVO-Fläche weht. Einzuhalten wäre dieser Wert nur im Falle einer Saatgutproduktionsfläche von zehn Hektar und mehr und einem Isolationsabstand von 1.000 m. Derartige Flächengrößen sind aber in Deutschland nicht die Regel, kleinere Saatgutproduktionsflächen erfordern demzufolge größere Isolationsabstände. Laut Bericht der EU-Kommission zur Implementierung nationaler Koexistenzmaßnahmen vom März 2006 legten einzelne Mitgliedsstaaten zum Schutz von Mais-Saatgutproduktionsflächen und biologisch bewirtschafteten Maisflächen Isolationsabstände zu GVO-Mais von 200 m bis 800 m fest, Angaben zur Flächengröße fehlen jedoch. Andere Autoren gehen davon aus, dass Abstände von 1.000 bis 3.000 m erforderlich sind, alternativ wird die Einrichtung geschlossener Saatgutvermehrungsgebiete vorgeschlagen.

Da bislang erst vergleichsweise wenige Daten aus dem Praxisanbau vorliegen und diese zumeist nicht einem „Worst Case“ Szenario entsprechen, können keine verlässlichen Abstandsempfehlungen vorgeschlagen werden. Ein Sicherheitszuschlag auf die bislang in Einzelstudien ermittelten Abstandswerte, der auch kleinere konventionelle Feldgrößen sowie ungünstige meteorologische und topographische Situationen einschließt, ist deshalb erforderlich, zumal im allgemeinen von einem einzuhaltenden GVO-Gehalt von 0,9 % ausgegangen wird. Dieser Wert berücksichtigt aber weder die Markterfordernisse noch die Begrenzung der Kennzeichnungsklausel auf zufällig und technisch nicht vermeidbare GVO-Gehalte. Der bislang höchste in einem EU-Mitgliedsstaat geltende Mindestabstand zwischen GVO-Maisflächen und herkömmlichem Maisanbau wurde laut Bericht der EU-Kommission (März 2006) von Luxemburg festgelegt und liegt bei 800 m. Deutschland sollte zumindest dem Beispiel Luxemburgs folgen. Um Maissaatgut auf Dauer frei von GVO-Kontamination zu halten, ist angesichts von Produktionsflächen, die die in der JRC-Studie genannte Größe von zehn Hektar teilweise unterschreiten, ein Isolationsabstand von deutlich mehr als 1.000 m

erforderlich. Unter Berücksichtigung der Aktionsradien von Tieren ist ein Abstand zu Schutzgebieten von mehr als 1.000 m aus naturschutzfachlicher Sicht geboten.

Hinsichtlich der GVO-Kontamination im Warenstrom mangelt es an europäischer und deutscher Forschung. So gibt es keine Daten darüber, welcher Aufwand für eine gründliche Reinigung je nach Maschinentyp erforderlich ist. Bis zum Vorliegen genauerer Daten wird vorgeschlagen, der Empfehlung deutscher Fachleute zu folgen, dass Landwirte, die MON810 Mais anbauen, ausschließlich eigene Maschinen für die Ernte einsetzen. Im Gesetzgebungsverfahren ist zu prüfen, ob und wie festzulegen und zu kontrollieren ist, dass Mähdrescher erst zum Abschluss der Ernteperiode auf Feldern mit MON810 Mais eingesetzt werden. Für Sämaschinen müssen konkrete Vorgaben für eine gründliche Reinigung, deren Dokumentation und Kontrolle entwickelt werden.

Ist die Sicherung der Koexistenz und gentechnikfreien Produktion durch die genannten Maßnahmen aber nicht zu gewährleisten, sind laut aktuellem Gentechnikgesetz Einschränkungen möglich. Eine Option ist, den Anbau der Maislinie MON810 in Deutschland, ähnlich wie in anderen EU-Mitgliedsstaaten, zu verbieten und die Genehmigung der MON810 Sorten zurückzuziehen.

## **2. Einleitung**

Seit der Zulassung für den Anbau der gentechnisch veränderten Maislinie MON810 im Jahr 1998 in der Europäischen Union wurden in der Praxis und in der Forschung neue Erkenntnisse über Eintrittspfade transgener Materials und ihr Risikopotential für die herkömmliche Landwirtschaft gesammelt.

Die gesetzlichen Grundlagen für die Zulassung gentechnisch veränderter Organismen (GVO) und den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen haben sich auf EU-Ebene und in den Mitgliedstaaten durch die Verabschiedung der Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG und der Verordnungen (EG) Nr. 1829/2003 und Nr. 1830/2003 über genetisch veränderte Lebens- und Futtermittel und deren Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit geändert. Geändert hat sich auch die Position der Europäischen Kommission, wer für Maßnahmen verantwortlich ist, eine Kontamination von herkömmlichen Ernten zu vermeiden. So veröffentlichte die EU-Kommission im Juli 2003 Leitlinien zur Koexistenz zwischen herkömmlichen Formen der Landwirtschaft und dem Anbau von GVO (2003/556/EG), die Ausgestaltung und Umsetzung dieser Leitlinien überließ sie aber den Nationalstaaten – mit dem Argument, regional unterschiedliche Gegebenheiten verlangten auch unterschiedliche Regelungen. Doch werden nun die Nutzer – also jene Landwirte, die den gentechnisch veränderten Mais Mon810 anbauen – als alleinige Zuständige für Verhinderungsmaßnahmen betrachtet. Das umfasst auch die Übernahme der Kosten.

Dennoch ist zehn Jahre nach dem Beginn des großflächigen Anbaus von gentechnischen Pflanzen auf mehreren Millionen Hektar außerhalb Europas das Verständnis und empirische Wissen gering, welche Quelle, in welchem Umfang zur Kontamination von herkömmlichen Ernten beiträgt. Auch ohne Berücksichtigung von regionalen, geographischen, klimatischen und agrarstrukturellen Unterschieden mangelt es an verlässlichen Ergebnissen für die praktische Landwirtschaft.

Selbst in Bereichen, die von der Forschung als kritische Punkte betrachtet werden, wie die Frage der Einkreuzung von benachbarten Feldern, gibt es keinen Konsens, welcher Abstand unter welcher Bedingung zu welcher Einkreuzung führt.

Andere Risikopunkte wie die Verschleppung von gentechnisch verändertem Material durch Landmaschinen werden von europäischen Forschern übergangen. Forschungsergebnisse aus den USA werden mit jahrelanger Verzögerung rezipiert.

Einen Überblick, an welchen Stellen mit einem Eintrag von gentechnisch verändertem Material in herkömmliche Felder zu rechnen ist, hat die Schweizer FAL erstellt.

Die fett gedruckten Arbeitsschritte haben das größte Risiko für einen Eintritt von gentechnischem Material (vgl. Tabelle 1). Für den Mais MON810 müssen nicht alle Risikoaspekte berücksichtigt werden, die das Institut beschreibt. Unüblich ist das Ausbringen von Maisstroh auf Äcker, da es sich nicht zur Einstreu in Ställen eignet, hier ist nicht mit dem Keimen von Überresten im Stroh zu rechnen. Neben bereits belastetem Saatgut und der Einkreuzung aus benachbarten Flächen ist bei Mais die mögliche Verschleppung durch überbetrieblich genutzte Maschinen eine der zentralen Schwachstellen bezüglich des Eintrags von GVO.

*Tabelle 1: Eintrittspfade von gentechnisch veränderten Organismen nach NOWACK 2004*

| <b>Arbeitsschritte</b>              | <b>Eintrag von gentechnisch verändertem Material durch</b>   |
|-------------------------------------|--|
| <b>Saatbettvorbereitung</b>         | - GVO Samen aus Stroh und Hofdünger<br>- Samenbanken aus GVO-Vorkulturen (Durchwuchs)  |
| <b>Aussaat</b>                      | - <b>Vermischung in Sämaschine</b><br>- <b>verunreinigtes Saatgut</b>  |
| <b>Wachstum;<br/>Pfleßmaßnahmen</b> | - <b>Einkreuzung von GVO-Kulturen</b><br>- sowie verwilderte GVO und GVO in verwandten Arten<br>- Verschleppung GVO Material wie Pollen, Samen, Pflanzen durch Maschinen |
| <b>Ernte</b>                        | - <b>Vermischung in Erntemaschine</b><br>- <b>Verschleppung durch Maschinen</b>  |
| Nacherntemaßnahmen                  | - Samenbanken aus GVO-Vorkulturen (Durchwuchs)   |
| <b>Lagerung</b>                     | - <b>Vermischung bei Lagerung, Verarbeitung und Transport</b>  |
| <b>Transport</b>                    | - <b>Vermischung bei Transport des Ernteguts</b>   |

Ob und in welchem Umfang durch den zunehmenden Anbau von Mais für Biogasanlagen weitere Kontaminationsquellen entstehen, ist nicht bekannt. Das prinzipielle Problem der maschinellen Verschleppung und der Einkreuzung besteht jedoch unabhängig vom Verwendungszweck des Mais.

Im Gutachten werden die fett markierten Eintrittspfade betrachtet, ohne detailliert auf Lagerungs-, Transport- und Verarbeitungsaspekte einzugehen, da sie häufig im nachgelagerten Bereich der Landwirtschaft organisiert werden.

### 3. GVO-Anteile in nicht GVO-Mais

#### 3.1. *Haftungsschwelle und Grenzwerte in der Ernte von Mais Mon810:*

Um angemessene Maßnahmen zur Vermeidung und Verhinderung von konventionellen und ökologischen Ernten durch GVO festzulegen, kommt der Frage, welcher GVO-Eintrag zu akzeptieren sei, eine zentrale Rolle zu. In der bundesdeutschen und europäischen Debatte wird häufig die Auffassung vertreten, dass erst bei einer Verunreinigung über 0,9 Prozent ein Schaden für den konventionellen Landwirt eintrete.

Diese Argumentation bezieht sich auf die EU-Verordnungen 1829/2003 und 1830/2003 zur Zulassung, Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit von GVO-Lebens- und Futtermitteln. Gemäß diesen EU-Verordnungen müssen Lebensmittel und Futtermittel, die aus gentechnisch veränderten Organismen (GVO) bestehen oder Bestandteile aus ihnen enthalten, als „genetisch verändert“ gekennzeichnet werden, wenn der GVO-Anteil höher ist als 0,9 %, „vorausgesetzt, dieser Anteil ist zufällig oder technisch nicht zu vermeiden“ (1829/2003, Art. 12, 2). Erst wenn beide Bedingungen erfüllt sind, ziehen auch Verunreinigungen unter 0,9 Prozent keine Kennzeichnung nach sich. Es gibt allerdings keine EU-weit akzeptierte Definition, was zufällig oder technisch nicht zu vermeiden ist und welches die geeigneten Schritte zur Vermeidung sind. Zufall ist nach allgemeinem Verständnis ein nicht vorhersehbares Ereignis. Der GVO-Eintrag in konventionelle Maispflanzen durch wenige Meter entfernt wachsenden GVO-Mais ist aber kaum zufällig, da vorhersehbar. Deshalb kann mit gutem Recht festgestellt werden, dass die Anwesenheit von GVO im Mais des Nachbarn nicht zufällig ist und daher die Maisprodukte zu kennzeichnen sind, auch wenn die GVO-Kontamination unter dem Schwellenwert von 0,9 % liegt.

So erklären die Juristen Lasok & Haynes (2005) in einem Gutachten:

*„The terms „adventitious“ and „technically unavoidable“ are not defined in the relevant legislation. They are clearly separate concepts, either of which may be satisfied in order to exercise the labelling exemption.“*

*„Die Begriffe „zufällig“ und „technisch nicht zu vermeiden“ sind in der entsprechenden Gesetzgebung nicht definiert. Es sind deutlich unterschiedliche Begriffe, von denen jeder erfüllt sein muss, um die Befreiung von der Kennzeichnungspflicht anzuwenden.“*

Dafür gebe es auch keine ökonomische Grenze. Es fehlen Aussagen der EU-Kommission, welcher Aufwand den Nutzern gentechnisch veränderter Pflanzen zuzumuten ist, um die Kontamination der Nachbarflächen und -produkte zu verhindern. Statt dessen argumentiert die Kommission in den 2003 veröffentlichten Leitlinien zur Koexistenz (2003/556/EG), „die Koexistenz-Maßnahmen sollten effizient, kostenwirksam und verhältnismäßig sein und nicht über das Maß hinausgehen, das erforderlich ist, um zufällige Spuren von GVO unterhalb der in Gemeinschaftsvorschriften festgesetzten Toleranzschwellen zu halten“ (Anhang, 2.1.4). Damit erweckt die EU-Kommission den Eindruck, Schutzmaßnahmen sollten gerade so umfangreich sein, dass der GVO-Anteil unter 0,9 % gedrückt und die Kennzeichnung vermieden wird – die GVO-Kontamination würde damit eher zur Regel als zur Ausnahme und eine wirklich gentechnikfreie Produktion wäre nicht mehr möglich. Diese Sichtweise der EU-Kommission ist jedoch laut Lasok & Haynes (2005) mit den in der Verordnung 1829/2003 festgelegten Kennzeichnungsregeln nicht vereinbar.

*“In our view, ‘technically unavoidable’ presence would also exclude presence arising systemically where GM content could in fact technically avoided. ... What is in fact technically unavoidable on the basis of available techniques is a matter for scientific assessment.”*

*“Nach unserer Sicht würde der Begriff “technisch nicht zu vermeiden” auch ein systematisches Auftreten von GVO ausschließen, wenn der GVO-Gehalt tatsächlich technisch zu vermeiden wäre.....Was auf Basis der vorhandenen Techniken tatsächlich als technisch nicht vermeidbar gilt, ist eine Frage der wissenschaftlichen Abschätzung.“*

Ist der GVO-Anteil demnach technisch vermeidbar, wenn es vergleichbare Produkte auf dem Markt ohne GVO-Kontamination gibt? Diese Auffassung teilen nicht nur Juristen, sondern in etlichen Bundesländern handeln die Kontrollbehörden nach der gleichen Auffassung. Futtermittelwerke werden mit Schreiben der Landesbehörden konfrontiert, wenn ihre nicht als gentechnisch gekennzeichneten Sojabohnen keine Zertifikate besitzen, die eine Verunreinigung bis höchstens 0,1 Prozent gentechnisches Material nachweisen können (die Leistungsfähigkeit der Nachweisverfahren setzt Grenzen, deshalb gelten GVO-Gehalte bis zur technischen Nachweisgrenze von 0,1 % allgemein als zufällig). Auch laut Verordnung 1829/2003, Art. 12,3 müssen „die Unternehmer den zuständigen Behörden nachweisen können, dass sie geeignete Schritte unternommen haben, um das Vorhandensein derartiger Materialien zu vermeiden“. Das wissentliche Mischen verschiedener Chargen, um unter den Schwellenwert von 0,9 % zu gelangen, kann die Kennzeichnungspflicht keinesfalls umgehen.

Hinzu kommt die recht einfache Rechnung, dass sich die Kennzeichnungsverordnung auf Lebens- und Futtermittel bezieht, das heißt auf Produkte, die direkt an den Endverbraucher abgegeben werden. Zwischen dem Körnermais, der in eine Trocknungsanlage geht, und den fertigen Maisflocken liegen noch etliche Verarbeitungsschritte. Jeder Wirtschaftsbeteiligte will hier einen Puffer für die Verarbeitung haben. Praxiswerte bei Mais liegen bei 0,1 Prozent gentechnischer Verunreinigung in der Ernte, wenn der Mais in die Lebensmittelerzeugung geht. Es ist eine marktferne Debatte, eine mit 0,9 Prozent gentechnisch verändertem Mais belastete Ernte als herkömmliche Ware verkaufen zu können.

### **3.2. Nachweis der gentechnischen Verunreinigung**

Die gentechnische Veränderung wird molekularbiologisch nachgewiesen, entweder über die fremden Proteine oder die veränderte DNA. Neue Proteine wie das in der MON810 Maislinie gebildete Cry1Ab Bt-Toxin können so erkannt werden, doch der schwankende Gehalt dieser Proteine erlaubt nicht, den GVO-Anteil in einer Probe festzustellen. Auch verschiedene Bt-Maislinien, die zwar das Cry1Ab Protein exprimieren, denen aber unterschiedliche Transformationen (Events) mit unterschiedlichen Genkonstrukten (Zielgene plus Regulationssequenzen) und Integrationsorten zugrunde liegen, wie etwa MON810 oder Bt176, sind über eine Proteinanalyse nicht auseinander zu halten. Hingegen erlaubt die DNA-Analyse mittels PCR (Polymerase-Ketten-Reaktion) eine Aussage über den GVO-Anteil und über den spezifischen GVO. Üblicherweise wird der Anteil der Transgen-Sequenzen im Verhältnis zu einem pflanzlichen Referenzgen bestimmt. Für Soja dient als Referenz das Lektin und für Mais häufig das Gen für die Stärkesynthese. Spezifische Events können durch überlappende DNA-Sequenzen erkannt werden (Transgen-DNA plus pflanzliche DNA am Einbauort).

Allerdings ist beim DNA-Nachweis Einiges zu beachten (Moch 2005, Weighardt 2006).

- Es muss zertifiziertes Referenzmaterial aus dem GVO und seiner nicht-GVO-Elternlinie vorhanden sein, was für MON810 zutrifft, jedoch nicht für alle GVO.

Zuständig ist hier das European Joint Research Centre ([www.irmm.jrc.be/html/activities/index.htm](http://www.irmm.jrc.be/html/activities/index.htm)).

- Werden Gene für Herbizid- und Insektenresistenz in der gleichen Probe nachgewiesen, ist nicht direkt ablesbar, ob zwei GVO vermischt wurden oder aber die beiden Gene durch Kreuzung in eine Pflanze gelangten, was zur Überschätzung des wahren GVO-Anteils in der Probe führen könnte.
- Verarbeitungsprozesse (Hitze, Säure, Enzyme) verändern Qualität und Reinheit der DNA und können damit die Analyseergebnisse beeinflussen.
- Bezogen auf die pflanzlichen Genome haben GVO unterschiedlich viele Transgenkopien. Das Verhältnis von Transgen-Sequenz und Referenzen der Pflanze kann erheblich schwanken und ist abhängig davon, ob das Transgen im homozygoten (reinerbigen) oder heterozygoten Zustand (nur eines der Chromosomen eines Paares trägt das Transgen) vorliegt. Bei der quantitativen DNA-Analyse ist dies von großer Bedeutung.
- Ist der GVO homozygot in Bezug auf das Transgen, besitzt jedes Pollenkorn eine Transgenkopie und führt bei der Befruchtung zur Einkreuzung der gentechnisch vermittelten Eigenschaft. Ist der GVO allerdings heterozygot, trägt nur jedes zweite Pollenkorn das Transgen, demzufolge trägt nur die Hälfte der von GVO befruchteten Pflanzen das Transgen.
- Bei der Analyse von Silagemais wird die gesamte Pflanze untersucht, bei der Analyse von Körnermais jedoch nur der Kolben. Da Transgene infolge einer Einkreuzung nur in den Kolben gelangen, die Restpflanze aber die genetische Ausstattung der konventionellen Ausgangspflanze besitzt, ist im Silagemais auch nur ein geringerer GVO-Anteil nachzuweisen. Die GVO-Werte reduzieren sich in etwa auf die Hälfte (Eder 2006), der DNA-Nachweis sollte folglich bei Kolbenmais höhere GVO-Gehalte erbringen als bei Silomais.
- Die Maiskörner bestehen aus Tegument, dem Embryo und dem Endosperm. Die DNA-Herkünfte dieser Gewebe sind unterschiedlich: Das Tegument weist nur mütterliches Erbgut auf, der Embryo ist diploid und besitzt je zur Hälfte mütterliches und väterliches Erbgut. Das Endosperm ist triploid und besitzt zwei mütterliche Genome und ein väterliches Genom. Über das GVO-Pollenkorn eingebrachtes väterliches (gentechnisch verändertes) Erbgut macht demzufolge im Embryo die Hälfte und im Endosperm ein Drittel aus. Wird diese komplexe Situation berücksichtigt, liegt laut Méssean et al. (2006) der transgene DNA-Anteil im Maiskorn etwa bei 40 %.
- Die untersuchte Probe muss die Gesamtmenge repräsentieren und der GVO-Gehalt der Probe muss dem GVO-Gehalt von Saatgut oder Erntegut entsprechen, eine statistisch abgesicherte Probenahme (z. B. gute Durchmischung, Entnahme mehrerer Proben an verschiedenen Stellen) ist deshalb entscheidend.

Hinzu kommt, dass verschiedene Analyselabors bei den gleichen Proben zu unterschiedlichen Ergebnissen gelangen können. Differenzen in der Analytik wurden beispielsweise von Eder (2006) beschrieben, wonach nicht gekennzeichnete, definierte Kontrollproben von einem Labor systematisch unterschätzt wurden und weniger als die Hälfte der Referenzwerte erreichten. Der Einfluss der jeweils getesteten Sorten soll hier eine Rolle spielen. Ein Test mit einem identischen Set von 20 zufällig ausgewählten Kontrollproben ergab signifikante Unterschiede bei der Untersuchung durch verschiedene kommerzielle und amtliche Labors, die sich sogar im Bereich der ersten Kommastelle auswirkten. Angesichts solcher Differenzen ist laut Eder (2006) die Verlässlichkeit und Überprüfbarkeit von Schwellenwerten bei GVO-Untersuchungen zu diskutieren.

## 4. Saatgutverunreinigungen

Seit Jahren wird in der EU über Toleranzwerte für gentechnisch veränderte Beimengungen bei Saatgut, die nicht kennzeichnungspflichtig sein sollen, diskutiert. Eine Einigung der zuständigen Stellen kam bisher nicht zustande. Für Maissaatgut sind Toleranzwerte für derartige GVO-Beimischungen in der Höhe von 0,5 % und 0,3 % im Gespräch. Solange es keine Grenzwerte gibt, gilt für Saatgut jedoch eine Nulltoleranz.

Sauberem Saatgut kommt eine Schlüsselrolle in der herkömmlichen Landwirtschaft zu. Wirtschaftlich betrachtet ist es wesentlich kosteneffizienter, hier Belastungen zu vermeiden, als über die gesamte Lebensmittelkette hinweg mit Rückrufaktionen und noch nicht ausreichend standardisierten qualitativen Tests zu arbeiten.

Dennoch kam es in den vergangenen Jahren in Europa und in mehreren Bundesländern zu Auslieferungen und zum Teil auch zum Anbau von konventionellem Maissaatgut, das mit GVO-Mais der Linie MON810 belastet war. Auch 2006 wurden bei der Kontrolle eines zentralen Saatgutverkäufers in Baden-Württemberg erneut Verunreinigungen in konventionellem Mais mit MON810 gefunden. Die Kontamination von Maissaatgut durch GVO-Mais wurde auch in anderen Ländern beobachtet ([www.gmcontaminationregister.org](http://www.gmcontaminationregister.org)).

Nach Méssean et al. (2006) hat die Erfahrung der letzten Jahre gezeigt, dass bei der Produktion von Maissaatgut Einkreuzungen aus anderen Maisbeständen in der Regel unterhalb von 0,3 % liegen, ein erheblicher Anteil des produzierten Saatguts (30 – 40 %) den Einkreuzungswert von 0,3 % jedoch überschreitet, 10 – 15 % liegen sogar über 0,5 %. Die Beibehaltung der Nulltoleranz für GVO-Einkreuzungen bzw. die Einhaltung der technischen Nachweisgrenze von 0,1 % GVO-Anteil erfordert demnach entsprechende Vorkehrungen mit großen Isolationsabständen zum Schutz vor Einkreuzungen in Saatgutproduktionsbestände, falls GVO-Mais in deutschen oder europäischen Regionen mit Maissaatgutproduktion angebaut werden sollte. Alternativ ist die Einrichtung von geschlossenen Saatgutvermehrungsgebieten vorzusehen (Girsch et al. 2004). Vorsorglich haben deshalb Österreich und Italien Regelungen erlassen, die die Einhaltung der technischen Nachweisgrenze bei inländisch produziertem und vertriebenem Saatgut sicherstellen sollen.

## 5. Auskreuzung bei Mais

### 5.1. Basisdaten zum Auskreuzungsverhalten von Mais

Die einjährige Kulturpflanze Mais (*Zea mays*) ist ein Fremdbefruchter und Windblütler, dessen Pollen in der Regel ausgeschüttet wird, bevor die in den Blattscheiden sitzenden weiblichen Blüten aufblühen. Eine gewisse Überlappung der Blühzeiten kann zur Selbstbefruchtung führen, die 5 %, teilweise bis zu 15 % Anteil erreichen soll. Der millionenfach (einige Millionen bis zu 50 Millionen Körner) pro Pflanze gebildete Maispollen ist, abhängig von Temperatur und Feuchtigkeit, bis zu 8 Tagen lebensfähig (Eastham & Sweet 2002, Henry 2003, OECD 2003, Treu & Emberlin 2000). Pollen kann bis zu 14 Tage lang ausgeschüttet werden, der größte Teil davon zwischen Tag 3 und Tag 11 nach Entfaltung der Fahne (Burris 2001). Da der Pollen relativ groß (90 – 125 µm) und schwer ist, lagert sich ein großer Teil in der näheren Umgebung ab. So genannte Halbdistanzen, das heißt, erforderliche Distanzen um die Pollenmenge auf die Hälfte zu reduzieren, sollen zwischen 4 – 47 m liegen (Jemison & Vayda 2001). Bei der riesigen Zahl von Pollenkörnern, die in einem Maisfeld ausgeschüttet werden, kann aber die absolute Zahl der größeren Entfernungen zurückliegenden Pollenkörner sehr groß sein. Beträgt beispielsweise die Pollenkonzentration in 500 m Entfernung noch 0,5 % der Ausgangskonzentration, so wären bei 25 Millionen Pollenkörnern pro Pflanze in dieser Distanz noch 125.000 Pollenkörner vorhanden (Treu & Emberlin 2000). Hofmann et al. (2005) beobachteten, dass ein signifikanter Pollenfluss von 250.000 Maispollen/m<sup>2</sup> in Entfernungen von 150 m bis 4.000 m auftreten kann. Mais hat in Europa keine verwandten Arten und verwildert in Deutschland nicht, da die Pflanzen und die Körner Minustemperaturen nicht überstehen.

Maispollen wird durch den Wind auch über größere Entfernungen verbreitet. Windgeschwindigkeit und -richtung sind deshalb wichtige, das Auskreuzungsverhalten von Mais beeinflussende Parameter, wobei hier zusätzlich die Topographie von großer Bedeutung ist. Bodennah kann der Pollen mindestens 800 m weit getragen werden. Gelangt er in große Höhen, etwa durch aufwärts gerichtete Luftströmungen, wie sie an schönen sonnigen Tagen, in denen Pollenausschüttung bevorzugt stattfindet, auftreten, können auch kilometerweite Entfernungen überwunden werden (Treu & Emberlin 2000, Brauner et al. 2004). Brunet et al. (2003) wiesen beispielsweise lebenden Maispollen in Höhen von 150 m bis 1.800 m nach. Hecken und Waldränder in der Nachbarschaft von Maisfeldern können zu Luftströmungen und Turbulenzen führen, die wiederum die Pollenverfrachtung beeinflussen. So werden im Windschatten eines Hindernisses unter Umständen mehr Pollen abgelagert (Treu & Emberlin 2000). Die Ablagerung wird begünstigt durch Wasserflächen und feuchte Oberflächen. Auch die Form der betroffenen Maisfelder spielt eine Rolle, da in konventionelle Flächen, die mit ihrer Breitseite an Bt-Maisflächen angrenzen, eine größere GVO-Pollenwolke eingetragen werden kann. So hatten von Hecken begrenzte konventionelle Felder und solche mit einer breiten Front gegenüber GVO-Mais höhere Auskreuzungsraten als im Verhältnis zur Entfernung erwartet (Henry et al. 2003).

Eine erfolgreiche Auskreuzung hängt selbstverständlich davon ab, ob die von einem Bestand ausgehende Pollenwolke auf andere blühende Maisbestände trifft. Häufig wird deshalb empfohlen, GVO-Mais in einem gewissen zeitlichen Abstand zu nicht-GVO-Mais auszusäen, um so eine Überlappung der Blühzeiten zu vermeiden oder Sorten mit unterschiedlicher Entwicklungszeit zu verwenden (Méssean et al. 2006). Doch Beginn und Dauer der Maisblüte können je nach Sorte und Umweltbedingungen stark variieren, sodass es schwierig werden

dürfte, überlappende Blühzeiten der unterschiedlichen Sorten mit Sicherheit auszuschließen (Treu & Emberlin 2000). Außerdem müssten sich alle betroffenen Landwirte im weiten Umfeld der GVO-Flächen einem solchen System anschließen, was zu Akzeptanzproblemen in der Praxis führen dürfte.

Die in der Züchtung zumeist empfohlenen Isolationsdistanzen zu anderen Maissorten reichen von 200 bis 1.000 m, abhängig von der Sorte, der Hauptwindrichtung und Saatgutkategorie (Niebur 1993, Neuroth 1997, Girsch 2004). Die aus Studien von 1940 bis in die späten siebziger Jahre abgeleiteten Isolationsdistanzen basieren auf dem Nachweis sichtbarer Marker, beispielsweise der Kornfarbe. Auskreuzung wurde auch jenseits des üblicherweise empfohlenen Isolationsabstands von 200 m beobachtet (Eastham & Sweet 2002). So nannten Treu & Emberlin (2000) Auskreuzungsraten von 0,2 %, die von unterschiedlichen Arbeitsgruppen in Abständen von 500 bis 800 m beobachtet wurden. Die Autoren betonten, dass diese Daten einer typischen negativ exponentiellen Kurve der Pollenausbreitung entsprechen, wonach einem zunächst raschen Abfall der Pollenkonzentration mit der Entfernung ein Bereich mit sehr viel langsamer abfallenden Konzentrationen folgt. Auch die Ergebnisse der Farm Scale Trials in Großbritannien bestätigen diese Form der Pollenausbreitung. So nahm die Häufigkeit der Auskreuzung transgener Pflanzen auf benachbarte Pflanzen wie erwartet mit der Entfernung ab und zeigte einen raschen Abfall in den ersten 20 Metern Abstand, doch danach war der Abfall sehr viel geringer, ein Auskreuzungsereignis wurde sogar in einer Entfernung von 650 m nachgewiesen (Henry et al. 2003). Die vergleichsweise geringen Pollenzahlen in 300 m Entfernung liefern demnach eine Hintergrund-Konzentration, die nichtsdestotrotz eine allgegenwärtige Quelle für die Kontamination anderer Flächen darstellt.

Mantelsaaten können die Auskreuzung in Nachbarbestände reduzieren, ihre Wirkung hängt aber ebenfalls von der Windrichtung ab (Burris 2001). Nach Treu & Emberlin (2000) fungieren Mantelsaaten aus einigen Reihen Mais als „Verdünner“ der aus kontaminierenden Maisflächen eingetragenen Pollenwolke und verringern so die Kontamination der gefährdeten Maisflächen. Mantelsaaten aus Mais sind nur dann effizient, wenn sie um die zu schützenden nicht-transgenen Maisflächen angelegt werden, den Pollenferntransport können sie allerdings nicht verhindern (Meier & Schiemann 2003). Schutzstreifen aus hohen Hecken oder Bäumen reduzieren die Pollenwolke zwar unmittelbar hinter der Barriere, sind aber weniger effizient in größeren Entfernungen (über 500 m), wobei lockere Gehölze, durch die Luftströmungen passieren können, am wirksamsten zur Ausdünnung der Pollenwolke beitragen (Treu & Emberlin 2000). Pollenwolken, die von großen Pollenquellen wie Maisflächen ausgehen, interagieren auf regionaler Ebene und verstärken so den Genfluss (Squire et al. 1999). Um Auskreuzungsraten abzuschätzen, müssen deshalb Daten von Flächen erhoben werden, die agronomisch relevante Größen haben, Feldversuche auf kleinen Einzelflächen liefern keine wirklich aussagefähigen Daten für die Praxis.

Laut Feil & Schmid (2001) sollte ein Isolationsabstand von 300 m ausreichen, um die Kontamination von konventionellem Mais durch GVO-Mais unter dem Wert von 0.5 % zu halten, nach Henry et al. (2003) wäre ein Abstand von etwa 260 m ausreichend, um unter 0.1 % zu bleiben. In ihrer Studie zu Auskreuzungsraten in Abhängigkeit von der Entfernung schlossen Barth et al. (2003), dass bei einer geringeren Entfernung als 800 m von der Pollenquelle eine Befruchtungsrate von mehr als 1 % zu erwarten ist und bei einer Distanz von 800 m bis 1.000 m ein Wert höher als 0.5 %, erst bei einer Entfernung von 1 000 m sollte danach die Befruchtungsrate unter 0.5 % sinken. Unter Bezug auf die in ihrer Studie erhobenen Daten zu Überlebensfähigkeit und Ausbreitungsverhalten von Pollen (Treu & Emberlin 2000) empfahlen die Autoren zum Schutz biologisch bewirtschafteter Felder eine

Isolationsdistanz zu GVO-Mais von 3.000 m (Emberlin & Treu 2000). Unterschiedliche Blühzeiten wurden dabei nicht berücksichtigt, da die Autoren diesen Punkt als in der Praxis sehr schwer zu realisieren betrachteten.

## 5.2. „Koexistenz“-Studien in Deutschland

### 5.2.1. Anbauversuche 2004

In Deutschland fanden in den Jahren 2004 und 2005, organisiert durch den Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter und die InnoPlanta e.V. Biotechnologie Nordharz/Börde, Studien mit MON810 Mais statt, in denen Fragen der Koexistenz mit konventionellem Maisanbau geklärt werden sollten. Im Jahr 2004 wurde MON810 Mais auf 30 Standorten unterschiedlicher Größe (0,3 bis 23 ha) in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen ausgesät, wobei letztlich nur 28 Standorte ausgewertet werden konnten. An 19 Standorten wurden Ganzpflanzen (Silomais), an acht Standorten wurde Körnermais und an einem Standort Liesch-Kolben-Schrot (Lieschblätter und Kolben) unmittelbar angrenzender konventioneller Maisflächen geerntet und analysiert. Proben wurden in jeder der vier Himmelsrichtungen in Streifen von 0 – 10 m, 20 – 30 m und 50 – 60 m aus dem jeweiligen Erntegut gezogen. In größeren Entfernungen wurden nur vereinzelt Daten erhoben, Daten zu Auskreuzungen über größere Distanzen fehlen deshalb. Da keine einheitliche Hauptwindrichtung während der Blüte festgestellt wurde, erfolgte eine Mittelwertbildung über alle Himmelsrichtungen (Weber et al. 2005). Spitzenwerte der Auskreuzung in bestimmten Himmelsrichtungen, die im Einzelfall von Bedeutung sind, werden so allerdings nivelliert. Immerhin wurde festgestellt, dass in Mecklenburg-Vorpommern besonders hohe Werte zu beobachten waren, vor allem in küstennahen Bereichen.

Bei der Ernte von Silomais wurden an den einzelnen Standorten im Streifen 0 – 10 m durchschnittliche GVO-Werte von 0,02 % bis zu 3,74 % gefunden, im Streifen 20 – 30 m lag der niedrigste Wert bei 0,02 % und der höchste bei 0,64 % und im Streifen 50 – 60 m fanden sich GVO-Anteile von 0 bis zu 0,76 %. Bei Betrachtung der Einzelergebnisse gab es auch im Streifen 20 – 30 m bei 4 % der Proben GVO-Anteile über 0,9 %. Dies wurde jedoch als kaum praxisrelevant erachtet, denn wenn ein größerer Schlag insgesamt beerntet werde, unterschreite der GVO-Anteil der Gesamterntepartie den Wert von 0,9 % deutlich. In Modellrechnungen, denen sie gleich lange Schläge von GVO-Mais und konventionellem Mais zugrunde legten, kamen die Autoren zum Schluss, dass bei 90 m Breite des konventionellen Maisfeldes der GVO-Anteil an allen Standorten unter 0,9 % bleibe, bei 80 m Feldbreite erreiche ein Standort den Wert von 0,9 % und bei 60 m Breite seien dies zwei Standorte. Daraus leiteten Weber et al. (2005) die Empfehlung ab, im unmittelbar angrenzenden konventionellen Maisbestand die ersten 20 m separat zu beernten, um so den GVO-Anteil in der übrigen Erntepartie unter dem Wert von 0,9 % zu halten. Ab 90 m Feldbreite bleibe der GVO-Anteil in der gesamten Ernte (einschließlich der belasteten ersten Meter) unter 0,9 %.

Bei den Körnermaisproben wurden im Streifen 0 – 10 m durchschnittliche GVO-Werte von 0,21 % bis 1,86 % gefunden, wobei der GVO-Anteil bei der Hälfte der Standorte über 0,9 % lag (Tabelle 2). Im Streifen 20 – 30 m ergaben sich im Mittel GVO-Anteile von 0,08 % bis 0,69 %, bei Berücksichtigung der Himmelsrichtung fand sich allerdings ein Einzelwert mit 1,03 %. Die Mittelwerte der jeweiligen Standorte reichten für den Streifen 50 – 60 m von 0,02 % bis 0,36 %. Der Liesch-Kolben-Schrot wies im Streifen 0 – 10 m 2,81 % GVO-Anteil auf.

Tabelle 2: MON810 Maisfläche und GVO-Einträge in Körnermais, Anbauversuche 2004

| Standort | Bt-Mais (ha) | % GVO<br>0-10 m | % GVO<br>20-30 m | % GVO<br>50-60 m | 0-60 m<br>breiter<br>Streifen (%) |
|----------|--------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------------------|
| 1 (1.03) | 1,8          | 1,86            | 0,69             | 0,36             | 0,88                              |
| 2 (1.08) | 2,9          | 1,61            | 0,26             | 0,18             | 0,57                              |
| 3 (6.03) | 18,3         | 0,63            | 0,32             | 0,07             | 0,31                              |
| 4 (7.02) | 8,5          | 1,23            | 0,32             | 0,11             | 0,48                              |
| 5 (7.05) | 8,5          | 1,00            | 0,58             | -                | 0,68                              |
| 6 (7.06) | 5,0          | 0,21            | 0,09             | 0,02             | 0,09                              |
| 7 (7.07) | 5,0          | 0,80            | 0,28             | 0,05             | 0,33                              |
| 8 (7.08) | 5,0          | 0,52            | 0,08             | 0,05             | 0,18                              |

*Liesch-Kolben-Schrot*

|          |     |      |      |      |      |
|----------|-----|------|------|------|------|
| 9 (7.04) | 6,2 | 2,81 | 0,36 | 0,07 | 0,88 |
|----------|-----|------|------|------|------|

(nach Weber et al. 2005)

Obwohl beim Silomais die ganzen Pflanzen geerntet werden und damit der Transgen-Anteil der Kolben „verdünnt“ wird, ergaben sich für Körnermais keine höheren GVO-Werte. Weber et al. (2005) erklärten dies vor allem mit beträchtlichen Unterschieden zwischen den Standorten hinsichtlich Lage, Größe der Bt-Maisfläche und Bewirtschaftungsweise, Unterschiede, die in den Vergleich eingingen, da an einem einzelnen Standort nur Silomais oder Körnermais geerntet werden konnte. Einzeluntersuchungen in Bayern zeigten, dass die Blühzeiten einzelner Sorten nicht weit genug auseinander liegen, um die gegenseitige Befruchtung – und damit einen GVO-Eintrag – auszuschließen, eine Blühzeitverschiebung zur Verhinderung von GVO-Eintrag durch den Anbau von Sorten mit unterschiedlichen Reifezahlen gilt danach nicht als realistische Option zur Gestaltung der Koexistenz (Miller 2005). Zusätzlich wurde beobachtet, dass der Pollenflug über niedrigere Kulturen wie Weidelgras ungebremster erfolgt als über Mais.

Die aus den Versuchen 2004 abgeleiteten Schlussfolgerungen des Bayerischen Landwirtschaftsministeriums lauteten (Miller 2005):

- Landwirte sollten davon ausgehen, dass Erntepartien von konventionellem Mais, die ausschließlich aus einem direkt an Bt-Mais angrenzenden 10 m breiten Streifen stammen, unter Umständen als gentechnisch verändert zu kennzeichnen sind. Bei größeren Distanzen und größeren konventionellen Flächen sei aber mit einem GVO-Gehalt unter 0,9 % zu rechnen.
- Landwirte, die GVO-Mais anbauen wollten, sollten um die GVO-Flächen eine 20 m breite Mantelsaat aus konventionellem Mais anlegen. Damit werde ein Eintrag in benachbarte Flächen vermieden, „der eine Kennzeichnungspflicht auslösen würde“.

Dass diese Schlussfolgerungen nicht haltbar waren, belegen nicht nur die zahlreichen wissenschaftlichen Studien zur Auskreuzungsdistanzen bei Mais (vergl. Kapitel 5.1), dies zeigten auch die Ergebnisse des Versuchsanbaus 2005.

## 5.2.2. Anbauversuche 2005

Zu den Anbauversuchen 2005 liegen noch nicht alle Ergebnisse vor. Insgesamt wurde MON810 Mais auf 250 ha mit kommerzieller Nutzung an 18 Standorten und auf 50 ha zu wissenschaftlichen Zwecken an 12 Standorten angebaut. Die Standorte befanden sich in Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Sachsen-Anhalt. Beim „Praxisanbau“ auf 18 landwirtschaftlichen Betrieben sollten vornehmlich Fragen der Vermarktung, Trennung von Warenströmen und ein Qualitätssicherungssystem behandelt werden (Weber et al. 2006). Bt-Mais wie auch konventioneller Mais von benachbarten Flächen wurde in drei Kategorien aufgeteilt und an die Märkische Kraftfutter GmbH (Märka) geliefert. Die einzelnen Lieferungen wurden separat erfasst, die Reinigung der Maschinen nach MON810 Verarbeitung durchgeführt.

Kategorie 1: MON810 Mais plus die Ernte der ersten 20 m von konventionellem Mais

Kategorie 2: Konventioneller Mais aus dem Bereich 20 - 100 m

Kategorie 3: Konventioneller Mais aus Bereichen jenseits des 100 m Abstands zu MON810

Laut Weber et al. (2006) lagen die GVO-Gehalte in Mais der Kategorie 2 unter 0,9 %, sodass die Ernte von konventionellen Maisflächen, deren erste 20 m dem GVO-Mais zugeschlagen werden, vermarktet werden könnten, ohne den Wert von 0,9 % zu überschreiten. Wurde allerdings die gute fachliche Praxis nicht befolgt, fanden sich in der Ernte deutlich erhöhte GVO-Gehalte.

Des Weiteren beteiligten sich die Landesanstalten für Landwirtschaft in Bayern, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern am Anbauversuch mit Schlägen von über 1 ha. In Bayern fand der Anbau von MON810 Mais an vier Standorten statt. Es wurde ausschließlich Körnermais geerntet. Neben konventionellem Mais wurden teilweise auch andere Kulturen unmittelbar an die Bt-Maisflächen angrenzend auf Abstandsflächen von 20 m bzw. 50 m Breite angebaut. Jenseits davon befand sich wiederum konventioneller Mais. Kolbenproben wurden sowohl entsprechend den Reihen 0 – 10 m und 20 – 30 m als auch in definierten Distanzen zur MON810 Maisfläche (50 m, 55 m und 75 m) gezogen (Eder 2006).

Anders als für 2004 berichtet, zeigten die Auskreuzungsereignisse im Jahr 2005 eine starke Abhängigkeit von der Windrichtung. Im Osten und Süden der Bt-Maisfläche (Baumannshof), also in der Hauptwindrichtung, fanden sich in unmittelbar angrenzendem konventionellem Mais in der Spur 0 – 10 m GVO-Gehalte von 1,38 % bis 10,82 % und in der Spur 20 – 30 m Werte von 0,11 % bis 1,52 % (Tabelle 3), wobei in dieser Spur auch der Mittelwert über 0,9 % lag.

*Tabelle 3: Auskreuzung bei MON810 Körnermais im Osten und Süden - Standort Baumannshof (Bayern), Anbauversuche 2005 (nach Eder 2006)*

| Himmelsrichtung  | % Auskreuzung 0 – 10 m | % Auskreuzung 20 – 30 m |
|------------------|------------------------|-------------------------|
| Osten (Nord-Ost) | 6,03                   | 0,12                    |
| (Ost-Ost)        | 10,82                  | 0,55                    |
| (Ost-Süd)        | 6,88                   | 1,54                    |
| Süden (Süd-Ost)  | 8,77                   | 1,31                    |
| (Süd-Süd)        | 5,72                   | 1,38                    |
| (Süd-West)       | 1,38                   | 0,11                    |

Diese deutlich über den für 2004 genannten Zahlen liegenden GVO-Anteile wurden bestätigt durch die in der Hauptwindrichtung in den Abständen 50 m, 55 m und 75 m erhaltenen GVO-Werte von 1,5 %, 0,95 % bzw. 0,3 %. Die Abhängigkeit von der Windrichtung zeigte sich auch, wenn Abstandsflächen aus anderen Kulturen Bt-Mais und konventionellen Mais trennten. Wie zu erwarten, spielten zusätzlich die Breite der Abstandsfläche und die Kulturart eine wichtige Rolle. Bei einer niedrigen Kulturart wie Weidelgras wurden besonders hohe Einkreuzungsraten beobachtet: nach 50 m Abstand zu GVO-Mais lag der GVO-Anteil in konventionellem Mais noch bei 3,4 %, erst in 75 m Abstand lag der Wert unter 0,9 %.

Die aus den Daten des Versuchsanbaus 2004 abgeleiteten Empfehlungen, wonach ein 20 m breiter konventioneller Maisstreifen zwischen GVO-Mais und benachbarten Maisflächen die Einhaltung des GVO-Wertes von 0,9 % im Mais des Nachbarn sicher stelle, waren demnach nicht mehr aufrecht zu erhalten. Die starke Streuung der Analyseergebnisse identischer Maisproben durch verschiedene Labore (Eder 2006) verschärft die Situation, da in der Praxis ein erheblicher Spielraum zwischen gemessenem GVO-Anteil und einzuhaltendem Wert vonnöten wäre. Neue Empfehlungen lauten nun, konventionellen Mais erst in einem Abstand von 100 m (Eder 2006) bzw. 150 m (Miller 2006) zu gentechnisch verändertem Mais anzubauen, um die GVO-Auskreuzung auf benachbarte konventionelle Bestände unter dem Wert von 0,9 % zu halten.

### 5.2.3. Eintrag von GVO-Pollen in Honig und Pollenprodukten

Untersuchungen zum Eintrag von Bt-Maispollen in Honig und Pollenprodukten (Höselpollen der Bienen) wurden in Bayern sowohl im Jahr 2004 als auch im Jahr 2005 durchgeführt (Miller 2005, 2006). An drei Versuchsflächen wurden zu Beginn der Pollenschüttung jeweils 12 Bienenvölker aufgestellt, von denen je vier direkt an der Bt-Maisfläche, vier im konventionellen Mais und vier in einer erweiterten Zone mit Ruderal- und Wiesenflächen bis zu 700 m Entfernung positioniert wurden. In den meisten Honigproben ließ sich Maispollen nachweisen, Bt-Maispollen wurde im Honig allerdings nicht entdeckt. Im Höselpollen der Bienen gelang der Nachweis von Maispollen in fast allen Proben. Eine direkte Abhängigkeit der Höhe der Polleneinträge von der Entfernung der Völker zu den Maisflächen fand sich jedoch nicht. Möglicherweise nehmen Bienen Maispollen (und damit Bt-Maispollen) sogar über andere Trachtpflanzen auf, die ihrerseits mit Maispollen eingestäubt werden. Bt-Maispollen wurde im Höselpollen von direkt am Bt-Maisfeld positionierten Völkern nachgewiesen, teilweise auch bei Völkern der anderen, weiter entfernten Standorte. Bei zwei Völkern ließ sich der GVO-Anteil im Höselpollen mit Werten von 4,8 % und 5 % quantifizieren, Werte, die auf jeden Fall zur Kennzeichnungspflicht von Höselpollen führen.

#### **Fazit**

Die Anbauversuche mit MON810 Mais in Deutschland der Jahre 2004 und 2005 sollten Daten liefern, unter welchen Bedingungen eine Koexistenz zwischen GVO-Mais und konventionell oder biologisch produziertem Mais möglich sei. Sie wurden zwar an verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Schlaggrößen und unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen durchgeführt. Generell gingen die Autoren jedoch davon aus, dass Isolationsmaßnahmen nur insoweit notwendig seien, als der für die Kennzeichnung von Lebens- und Futtermitteln geltende Schwellenwert von 0,9 % GVO-Anteil in konventionellem Silo- und Körnermais einzuhalten sei, ohne die in der Verordnung 1829/2003 vorhandene Einschränkung „GVO-Anteile, die zufällig und technisch nicht vermeidbar sind“ auch nur mit einem Wort zu erwähnen. Zusätzliche GVO-Einträge etwa

durch kontaminiertes Saatgut und durch gemeinsame Maschinennutzung wurden nur bedingt berücksichtigt.

Durch eine Mittelung der Auskreuzungsergebnisse in allen Windrichtungen im Jahr 2004 werden GVO-Spitzenwerte unsichtbar, die vor Ort durchaus relevant sein können. Dass Windstärke (und Windrichtung) durchaus eine Rolle spielen, zeigen die vor allem in küstennahen Bereichen Mecklenburg-Vorpommerns beobachteten hohen Auskreuzungswerte. Zudem wurden systematisch nur Daten bis zu einem Abstand von 60 m zum Bt-Maisfeld erhoben, obwohl aus der Literatur sattsam bekannt ist, dass der Pollenflug bei Mais über diese Distanz weit hinausreichen kann. Ansonsten lägen die empfohlenen Isolationsabstände in der Maissaatgutproduktion wohl kaum bei 200 m und höher, je nach Hauptwindrichtung, Kategorie und Qualität des Saatguts. Die Empfehlung, im unmittelbar angrenzenden konventionellen Maisbestand die ersten 20 m separat zu beernten, um so den GVO-Anteil in der übrigen Erntepartie unter dem Wert von 0,9 % zu halten, kann wohl kaum als praxistauglich bezeichnet werden, da dies ja die aktive Beteiligung des von der GVO-Kontamination betroffenen (und dadurch geschädigten) Landwirtes verlangen würde. Nur wenige konventionelle Landwirte und kein biologisch wirtschaftender Landwirt werden sich auf eine derartige Empfehlung einlassen.

Die platte Aussage, 20 m Abstand zum nächsten konventionellen Maisfeld reichten aus, um unter der Kennzeichnungsschwelle für GVO zu bleiben, war schon nach den Ergebnissen 2004 nicht haltbar, erst recht erwies sie sich angesichts der Ergebnisse des Versuchsanbaus 2005 als irrelevant. Zum einen wurde 2005 festgestellt, dass der Pollenflug über niedrigere Kulturen wie Weidelgras, wie sie in der Praxis durchaus in der Nachbarschaft von Maisfeldern vorhanden sind, ungebremster erfolgt als über Mais. Die nicht eigentlich überraschende Erkenntnis war aber, dass die meteorologischen Bedingungen wie etwa Temperatur, Windstärke und Windrichtung sehr stark von Jahr zu Jahr und von Standort zu Standort variieren und zu erheblich höheren GVO-Auskreuzungsraten in konventionelle Maisbestände führen können. Folglich mussten die empfohlenen Abstände, die zwischen MON810 Mais und nicht-GVO-Mais einzuhalten seien, deutlich nach oben korrigiert werden. Zumindest in Bayern lautet nun die neuere Lesart, konventionellen Mais erst in einem Abstand von 150 m zu gentechnisch verändertem Mais anzubauen, um die GVO-Auskreuzung auf benachbarte konventionelle Bestände unter dem Wert von 0,9 % zu halten, vereinzelt wurden auch Abstände von 300 m gefordert. In der kleinräumig strukturierten Landwirtschaft Süddeutschlands dürften derartige Abstände in der Praxis erhebliche Probleme bereiten. Aber selbst diese Abstände sichern die Koexistenz zwischen GVO-Mais und konventionellem und biologischem Maisanbau nicht, da diese Abstände auf der irrigen Annahme basieren, ein GVO-Anteil von 0,9 % im Ernteprodukt sei maßgeblich.

Ein Eintrag von GVO-Pollen in den Honig und insbesondere in Pollenprodukte (Höselpollen) ist zu erwarten, zumal Bienen nach Auskunft von Imkern Maispollen gezielt sammeln und für die Aufzucht der Brut verwenden. Im Höselpollen ist mit besonders hohen GVO-Anteilen zu rechnen, die zur Kennzeichnungspflicht dieses Produktes führen würden. Imker wären demnach Leidtragende eines Bt-Mais-Anbaus, zumal mit Bt-Maispollen gefütterte Bienen eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Parasiten zeigten, was sich in geringerer Zahl von Jungbienen bemerkbar machte ([www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/68.doku.html](http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/68.doku.html)).

## 5.3. Auskreuzungs-Studien in anderen Ländern

### 5.3.1. USA

Die in den USA üblichen Isolationsabstände in der Mais-Saatzucht wurden in einer dreijährigen umfangreichen Studie auf insgesamt 366 kommerziellen Feldern, auf denen Hybridsaatgut erzeugt wurde, überprüft (Burriss 2001). Einkreuzungen aus anderen, bis zu 125 m entfernten Mais-Beständen in die jeweiligen Sorten wurden mittels Elektrophorese nachgewiesen. In Entfernungen von 2 bis 200 m zur direkt angrenzenden Reihe männlicher Pflanzen wurden den weiblichen Pflanzen Kolben zur Analyse entnommen.

Die Auskreuzungsraten am Rand der Saatgutproduktionsflächen hingen stark vom Wind ab, die innerhalb der Felder jedoch nicht mehr. Gemittelt über die drei Jahre ergaben sich in Distanzen von 2 bis 10 m zur Reihe männlicher Pflanzen Werte von etwa 2,0 %, dieser Wert fiel in 20 bzw. 35 m auf 1,81 bzw. 1,72 % um bei 200 m 1,11 % zu erreichen. Wurde die Entfernung zum kontaminierenden Maisfeld berücksichtigt, ergaben sich veränderte Auskreuzungsraten, die bei einem 51 – 75 m entfernten kontaminierenden Feld am höchsten waren ( 2,79 % bzw. 1,79 %) und bei 125 m Entfernung auf 0,73 % bzw. 0,55 % zurückgingen (bezogen auf Messpunkte bei 35 m bzw. 200 m innerhalb der Saatgutproduktionsflächen). Zusätzlich spielte die Größe dieser Flächen eine wichtige Rolle, da kleine Flächen unterhalb von 24 ha eine bis auf das Doppelte erhöhte Kontaminationsrate (1,19 % am Messpunkt 200 m) aufwiesen, verglichen mit Saatgutproduktionsflächen von über 72 ha (0,55 % am Messpunkt 200 m).

Burriss (2001) weist darauf hin, dass größere Isolationsdistanzen die Auskreuzung zwar verringern, doch in geringerem Ausmaß als erwartet und dass ihr Beitrag möglicherweise durch andere nicht zu kontrollierende Variable wie etwa die Windstärke und –richtung sowie die feldeigene Pollenwolke überschattet wird. Brauner et al. (2004) betonen, dass die Studie trotz einiger Unzulänglichkeiten (kein Peer Review Prozess, Auskreuzung über die weitestgehende Entfernung (< 325 m?) lässt sich nicht klar nachvollziehen) bedeutsam ist, da sie Auskreuzungsraten im großflächigen Maisanbau widerspiegelt.

### 5.3.2. Großbritannien

In Großbritannien wurden in dreijährigen Freisetzungsversuchen herbizidresistente Mais-, Raps- und Zuckerrübenpflanzen hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Artenvielfalt in und neben den Agrarflächen untersucht (Farm Scale Evaluations genannt). Auf 55 Maisflächen mit Glufosinat-resistentem T25 Mais in England und Schottland wurden an 1.153 Messpunkten auch Daten zur Auskreuzung erhoben (Henry et al. 2003). Angrenzender konventioneller Mais wurde in Distanzen von 2, 10, 20/25, 50 und 150 m durch Kolbenernte beprobt. Die Auskreuzung wurde mittels PCR-Nachweis des Herbizidresistenz-Gens (pat Gen) gezeigt. Die Größe der Felder wurde nicht angegeben.

Generell nahmen die Auskreuzungsraten mit der Entfernung zum T25 Mais ab, innerhalb der ersten 20 m war eine starke Abnahme zu verzeichnen, jenseits dieser Distanz jedoch fiel die Reduktion deutlich geringer aus. An zwei von drei Standorten, an denen Proben in 200 m Entfernung genommen wurden, fanden sich Belege für eine Auskreuzung, die zudem mit 0,42 und 0,14 % relativ hoch waren. In einer separaten Studie wurden an zwei Standorten an der nächst gelegenen Maisfläche Proben gezogen, hier ließ sich Einkreuzung (0,14 %) sogar in einer Entfernung von 650 m zum GVO-Mais nachweisen.

Im Mittel der drei Jahre wurde in 78,2 % der Flächen an Messpunkten 50 m innerhalb der konventionellen Felder Einkreuzung nachgewiesen (Tabelle 4). Von diesen Messpunkten zeigten wiederum vier Fünftel höhere Kontaminationswerte als 0,1 % und gut die Hälfte mehr als 0,1 %. In 150 m Entfernung gezogene Proben lieferten zu 43,2 % Belege für eine Einkreuzung und von diesen wiesen knapp zwei Drittel höhere GVO-Einkreuzungsraten als 0,1 % und ein Drittel solche über 0,3 % auf.

*Tabelle 4: Auskreuzung bei Körnermais (Nachweis über pat Gen)*

a) 50 m innerhalb der konventionellen Maisfläche beprobte Felder

| <b>Jahr</b>     | <b>Beprobte Felder</b> | <b>Felder mit Nachweis d. pat Gens</b> | <b>≥ 0,1 % DNA</b> | <b>≥ 0,3 % DNA</b> |
|-----------------|------------------------|--|--------------------|--------------------|
| 2000            | 9                      | 8 88,8 %                               | 6                  | 4                  |
| 2001            | 20                     | 14 70                                  | 12                 | 9                  |
| 2002            | 26                     | 21 80,7                                | 16                 | 10                 |
| Über alle Jahre | 55                     | 43 78,2 %                              | 34                 | 23                 |

b) 150 m innerhalb der konventionellen Maisfläche beprobte Felder

| <b>Jahr</b>     | <b>Beprobte Felder</b> | <b>Felder mit Nachweis d. pat Gens</b> | <b>≥ 0,1 % DNA</b> | <b>≥ 0,3 % DNA</b> |
|-----------------|------------------------|--|--------------------|--------------------|
| 2000            | 3                      | 3 100 %                                | 2                  | 1                  |
| 2001            | 20                     | 6 30                                   | 4                  | 3                  |
| 2002            | 21                     | 10 47,6                                | 7                  | 2                  |
| Über alle Jahre | 44                     | 19 43,2 %                              | 13                 | 6                  |

(nach Henry et al. 2003, Seite 17)

26 (47,3 %) der insgesamt 55 Flächen wiesen dabei GVO-Einkreuzungsraten über das gesamte Feld von mehr als 1 % auf. Wurden die ersten 80 m der Felder herausgerechnet, verblieben nur noch 2 Felder (3,6 %) mit über 1 % Einkreuzung. Für drei Felder wurde eine starke Korrelation zwischen hoher GVO-Kontamination und der Windrichtung während der Blüte festgestellt. Fälle geringer Einkreuzung trotz in Richtung der konventionellen Felder wehender Winde wurden mit geringer Überlappung der Blühzeiten erklärt. Auch die Form der Felder und die Struktur der Nachbarschaft spielte vermutlich eine Rolle, wie Henry et al. (2003) aus geringen Einkreuzungsraten bei an den Schmalseiten angrenzenden Feldern und vergleichsweise hohen Werten bei Feldern in der Nachbarschaft von Hecken und Wäldern schlossen. Verschiedene Felder zeigten einen bemerkenswerten Anstieg der Einkreuzungsraten in Entfernungen von 100 – 150 m zur GVO-Quelle. Die Autoren erklärten diese „hot spots“ der Einkreuzung mit Effekten der Topographie und aufwärts gerichteten Luftströmungen, wodurch Pollenwolken vermutlich in die Höhe verfrachtet und an weiter entfernten Stellen wieder abgelagert wurden.

Henry et al. (2003) schließen aus ihren Daten, dass eine Isolationsdistanz von 80 m nicht ausreicht, um die GVO-Einkreuzung unter der Schwelle von 0,1 % zu halten, doch sei in den meisten Fällen ein Wert von 0,3 % möglich. Um unter 0,9 % zu bleiben, errechneten sie 24,4 m. Bei der Festlegung von Abstandsregeln sollten Randeffekte berücksichtigt und die Entfernung der ersten, den GVO-Maisflächen benachbarten konventionellen Reihen vor der Ernte diskutiert werden.

### 5.3.3. Spanien

In Spanien, dem einzigen EU-Land mit nennenswertem kommerziellem Anbau von GVO-Mais, wurde Bt-Mais (Bt176 und MON810) im Jahr 2005 auf circa 53.000 Hektar angebaut, vornehmlich in Regionen wie Aragon, Katalonien, Kastilien, Andalusien, Navarra und Extremadura (Ortega Molina 2006). Messeguer et al. (2005) berichteten über Untersuchungen aus dem Jahr 2005 in zwei Regionen mit Bt-Maisanbau, in deren Rahmen in benachbarten konventionellen Maisfeldern Proben von Körnermais gezogen wurden. Wie zu erwarten, waren die GVO-Einkreuzungsraten an den Feldrändern höher als im Feldinnern und hingen zusätzlich von der Hauptwindrichtung, der jeweils spezifischen Lage und der relativen Größe der Felder ab sowie vom Vorhandensein natürlicher oder physikalischer Barrieren, die die Verbreitung der Pollenwolken behinderten. Aus den Auskreuzungsdaten, die von 0 % bis zu 2,29 % variierten, wurde geschlossen, dass in diesem Fall die Überlappung der Blühzeiten eine besonders wichtige Rolle spielte. Distanzen zwischen den betreffenden Flächen wurden allerdings nicht genannt.

Ergebnisse von Koexistenz-Studien der Jahre 2003 bis 2005, vorgestellt auf der Koexistenzkonferenz im April 2006 in Wien (Ortega Molina 2006), bestätigten die Abhängigkeit des GVO-Eintrags in nicht-GVO-Mais von der Windrichtung und der Distanz zur GVO-Pollenquelle. Große GVO-Maisflächen führten zu deutlich höheren Einkreuzungsraten in benachbarte Flächen als kleine. Im Jahr 2003 wurden in Entfernungen von 40 m bzw. 90 m Werte von 0,45 % bzw. 0,2 % gefunden. Einen gewissen Effekt hatte auch eine zeitlich verschobene Aussaat, die zu geringerer Überlappung der Blühzeiten führte. Von 192 im Jahr 2004 in der Extremadura (6 % Anteil GVO-Mais) gezogenen Ernteproben enthielten 8 Proben GVO-Mais mit einem Anteil unter 0,9 %. In einem 2005 durchgeführten Test wurde weißer nicht-GVO-Mais 50 m entfernt von gelbem Bt-Mais angepflanzt, allerdings wurde der GVO-Mais von 4 Reihen weißem Mais umgeben. Basierend auf der Kornfarbe errechnete sich ein durchschnittlicher GVO-Anteil in weißem Mais von 0,14 %. Die im Jahr 2005 ebenfalls untersuchten vier Bio-Maisflächen in der Nachbarschaft von GVO-Mais wiesen GVO-Anteile von 0,05 bis 0,3 % auf. Das spanische Ministerium für Landwirtschaft schließt daraus, ein durchschnittlicher GVO-Anteil von unter 0,9 % lasse sich einhalten, wenn der Abstand zwischen GVO-Mais und nicht-GVO-Mais mehr als 15 m betrage (Ortega Molina 2006).

Andererseits gab es in den vergangenen Jahren verschiedentlich Berichte aus Spanien über gentechnische Verunreinigungen von Biomais, die die genannten Werte erheblich überschritten. So zeigte nach anderen Quellen im Jahr 2005 etwa die Hälfte der gezogenen Proben von Biomais in Aragon eine Kontamination durch MON810 in der Höhe von 0,03 % bis 1,9 % ([www.gmcontaminationregister.org](http://www.gmcontaminationregister.org)). Weitere, auf dieser Internetseite genannten Kontaminationsfälle betreffen sowohl konventionellen als auch biologisch erzeugten Mais mit GVO-Anteilen von 0,07 bis 12,6 %. Nähere Angaben zu Distanzen fehlen hier jedoch.

### 5.3.4. Schweiz

In einer über die Jahre 2003 und 2004 laufenden Schweizer Studie wurde die Pollenübertragung aus gelbem Mais in weißen Mais untersucht. Bannert & Stamp (2005) fanden einzelne Einkreuzungsereignisse in Entfernungen bis zu 4.440 m, die allesamt unter 0,02 % lagen. Bei unmittelbar benachbarten Feldern beobachteten sie innerhalb der ersten 15 m große Unterschiede in der Einkreuzungsrate, was mit wechselnden Windverhältnissen

innerhalb eines Feldes und unterschiedlichen Entwicklungsstadien einzelner Pflanzen erklärt wurde. Jenseits einer Distanz von 20 m lag die Auskreuzungsrate unter 0,9 %.

## **Fazit**

Die zitierten Studien zeigen, nicht überraschend, allgemein eine starke Abhängigkeit der Auskreuzungsraten bei Mais von der Hauptwindrichtung und der zur Blüte herrschenden Windstärke. Auch die Abhängigkeit von der Flächengröße wurde in den Untersuchungen in den USA und Spanien bestätigt, relativ kleine Flächen (24 ha) können doppelt so hohe Kontaminationswerte aufweisen wie große (72 ha).

Die Ergebnisse der US-Studien zu Isolationsabständen in der Maissaatgutproduktion belegen, dass selbst innerhalb eines Feldes, das sich im Abstand von 125 m zur Pollenquelle befindet, signifikante Einkreuzungsraten auftreten. 35 m bzw. 200 m innerhalb der Saatgutproduktionsfläche, d. h. in einer Entfernung von 160 m bzw. 325 m zur kontaminierenden Pollenquelle, wurden 0,73 % bzw. 0,55 % gemessen. Bei der Saatgutproduktion ist folglich ein Isolationsabstand von 200 m zu GVO-Mais keinesfalls ausreichend, um Maissaatgut frei von gentechnischer Verunreinigung zu halten. Auch die im Rahmen der Farm Scale Evaluations in England und Schottland erhobenen Daten zur Auskreuzung von GVO-Mais belegen, dass Auskreuzung über Distanzen von mehr als 200 m stattfindet und dabei Werte von 0,4 % erreichen kann und in Einzelfällen sogar über 650 m zu beobachten war. Bemerkenswert war, dass die GVO-Anteile nicht linear mit der Entfernung abnahmen, sondern in Entfernungen von 100 – 150 m zur Pollenquelle teilweise sogar anstiegen, vermutlich bedingt durch topographische Effekte und Luftströmungen und -wirbel. Eine Isolationsdistanz von 80 m reicht laut Henry et al. (2003) nicht aus, um den GVO-Gehalt in konventionellem Mais unter 0,1 % zu halten, ein Vergleich der verschiedener Studien zeigt, dass auch eine Distanz von 150 m diesen Wert nicht sichert. In Spanien, dem EU-Staat mit kommerziellem Anbau von Bt-Mais, wurden in den vergangenen Jahren in biologisch erzeugtem Mais wiederholt GVO-Anteile von mehr als 0,9 % festgestellt. Eine Koexistenz mit Bt-Mais erweist sich deshalb, entgegen offiziellen Aussagen, als in der Praxis nur bedingt durchführbar.

## **5.4. Studien des Joint Research Centre der EU**

Das Joint Research Centre (JRC) der EU erarbeitete 2002 im Auftrag der EU-Kommission eine Studie über die agronomischen und ökonomischen Aspekte einer Koexistenz von GVO- und nicht-GVO-Kulturpflanzen auf europäischer Ebene. Untersucht wurden die Fälle Raps zur Saatgutproduktion, Körnermais zur Futtermittelproduktion und Kartoffel für die Lebensmittelproduktion (Bock et al. 2002). Die Studie basierte auf der Annahme, alle Kosten für die zu ergreifenden Maßnahmen seien von den Landwirten zu tragen, die keine GVO anbauen. Entsprechende Modellierungen wurden durchgeführt (MAPOD-Modell). Die Autoren kamen zum Fazit, dass Maßnahmen zur Koexistenz betriebs- und pflanzenspezifisch einzusetzen seien und weiter, dass es bei einem breiteren Anbau von GVO extrem schwierig (und teuer) sei, für jeden GVO die Koexistenz sicher zu stellen und insbesondere Verunreinigungen durch GVO im Bereich der technischen Nachweisgrenze von 0,1 % GVO-Anteil zu halten.

Im Juli 2003 veröffentlichte die EU-Kommission Leitlinien für die Erarbeitung einzelstaatlicher Strategien und geeigneter Verfahren für die Koexistenz gentechnisch

veränderter, konventioneller und ökologischer Kulturen (2003/556/EG). Hier wird empfohlen, die Landwirte, die in einer Region eine neue Erzeugungsform einführen, sollten die Verantwortung für die Durchführung (und damit auch die Kosten) der betrieblichen Maßnahmen tragen, die zur Eindämmung des Genflusses erforderlich sind. Die Koexistenz-Maßnahmen sollten jedoch effizient, kostenwirksam und verhältnismäßig sein und regionale und örtliche Gegebenheiten und die jeweilige Anbaukultur berücksichtigen. Sie sollten auch den Unterschieden zwischen Pflanzenarten sowie den Erzeugnissen (Pflanzen- oder Saatgut) Rechnung tragen. In einer neuen, im Januar 2006 veröffentlichten JRC Studie sollte auf derartige Aspekte eingegangen werden (Méssean et al. 2006).

In der neuen Studie wurden die Saatgut- und Pflanzenproduktion der Kulturarten Mais, Zuckerrübe, Baumwolle und Raps behandelt, wobei die Berechnungen von unterschiedlichen Reinheitsgraden des Saatguts und von einem GVO-Anteil im Anbau einer Region von 10 % bzw. 50 % ausgingen. Untersucht wurde, welche Maßnahmen erforderlich seien, um einen zufälligen GVO-Anteil von 0,1 % bzw. 0,9 % in den pflanzlichen Produkten und von 0,1 %, 0,3 % oder 0,5 % im Saatgut einzuhalten. Modellierungen spielten in der Studie eine große Rolle (MAPOD-Modell). Modellregionen für die Saatgutproduktion von Mais bzw. die Körnermaisproduktion waren Pyrénées-Atlantiques (Saatgut) und Poitou-Charentes (Körnermais) in Frankreich. Die Regionen haben durchschnittliche Schlaggrößen zwischen zehn bis 15 Hektar, bei Betriebsgrößen um 100 Hektar. Dabei sollten die Haupteintragspfade für GVO-Kontaminationen - GVO-Beimischungen in zertifiziertem GVO-freiem Saatgut, Auskreuzung aus GVO-Flächen und Vermischung mit GVO bei Aussaat und Ernte – berücksichtigt werden. Die Grundidee war, je nach „Beitrag“ des einen Eintragspfades die anderen möglichen Eintragspfade in ihren Anteilen anzupassen, um den im Einzelfall maximal zulässigen GVO-Anteil nicht zu überschreiten. Die Simulationen wurden auf Einzelfeldebene und auf regionaler Ebene durchgeführt, um einerseits die Effektivität einzelner betrieblicher Maßnahmen zu testen und andererseits regionale Aspekte und die Verteilung der Maisflächen zu berücksichtigen.

Als bedeutendste Maßnahme zur Begrenzung des GVO-Eintrags durch Pollenflug wurde die räumliche und zeitliche Isolation der GVO-Produktionsflächen von den konventionellen Flächen vorgeschlagen. Größere Abstandsflächen spielen hierbei die wichtigste Rolle, allerdings ist die Größe der Flächen zu berücksichtigen. Eine Überlappung der Blüte von GVO- und nicht-GVO-Fläche zu vermeiden, gelingt nach Méssean et al. (2006) eher durch die Wahl entsprechender Sorten als durch eine zeitlich versetzte Maisaussaat. Die Autoren gestehen allerdings ein, dass eine derartige zeitliche Isolation aus klimatischen Gründen eher für südeuropäische Regionen in Frage kommt als für andere Regionen Europas. Als weitere Maßnahme könnten GVO-Mais anbauende Landwirte rund um das GVO-Feld eine Pufferzone aus nicht-GVO-Mais einrichten, die sie gemeinsam mit dem GVO-Mais ernten. Eine derartige Pufferzone würde gleichzeitig als Refugium dienen, um die Entwicklung einer Resistenz auf Seiten des Maisschädlings zu verzögern. Schließlich könnten benachbarte konventionelle Flächen in Teilbereichen geerntet werden, indem die den GVO-Flächen benachbarten Randzonen der konventionell oder biologisch bewirtschafteten Flächen separat geerntet und der GVO-Ernte zugeschlagen werden. Obwohl in diesem Fall die Landwirte, die keinen GVO-Mais anbauen, die Maßnahme durchführen (und deren Kosten tragen) müssten, wurde dieser Aspekt in den Katalog der Möglichkeiten aufgenommen.

Unter Eingabe der verfügbaren meteorologischen Daten für Poitou-Charentes wurden Kombinationen der verschiedenen Einflussfaktoren (Windrichtung, Isolationsabstand, relative Feldgrößen, Überlappung der Blühzeiten und nicht-GVO-Pufferzonen) modelliert und daraus, abhängig von der Hauptwindrichtung, Tabellen erstellt (konventionelle Flächen in

Hauptwindrichtung der GVO-Flächen und umgekehrt). Weitere mögliche Eintragspfade wie GVO-Beimischungen im Saatgut und Vermischungen über den Maschinen- und Transportweg wurden in der ersten Modellierung allerdings nicht berücksichtigt. Aus diesen Tabellen sollte abzulesen sein, welche Maßnahmen im Einzelfall zu ergreifen seien, um bei gegebener Hauptwindrichtung und bekannter Fläche des konventionellen Maisfeldes eine bestimmte GVO-Einkreuzungsrate nicht zu überschreiten. Die von den Autoren durchgeführte Differenzierung hinsichtlich unterschiedlicher Blühzeiten dürfte für mitteleuropäische Verhältnisse irrelevant sein. Deshalb werden im Weiteren nur Werte genannt, bei denen von einer Überlappung der Blühzeiten ausgegangen wurde.

Liegt beispielsweise das GVO-Feld (15 ha) entgegen der Hauptwindrichtung, bedarf es nach der JRC Studie (Méssean et al. 2006, Tabelle 2), keiner weiteren Maßnahmen, wenn eine Einkreuzungsrate zwischen 0,5 % und 0,9 % einzuhalten ist. Soll jedoch der Wert von 0,1 % eingehalten werden und fehlt eine nicht-GVO-Pufferzone, ergeben sich unterschiedliche Abstandsflächen, die je nach Größe der nicht-GVO-Flächen von 20 m bei Feldern größer als 10 ha bis zu 50 m für Flächen kleiner als 5 ha variieren. Da die Windrichtung eine für die Auskreuzungsraten von Mais entscheidende Größe darstellt, ergeben sich deutlich andere Auskreuzungsraten, wenn die während der Maisblüte vorherrschenden Winde den GVO-Pollen in Richtung der nicht-GVO-Fläche treiben. Laut Méssean et al. (2006, Tabelle 3) ist unter diesen Bedingungen selbst für sehr große nicht-GVO-Flächen von über 10 ha ein Isolationsabstand von 20 m erforderlich, um den Auskreuzungswert von 0,9 % einzuhalten. Soll der Wert 0,1 % eingehalten werden, bedarf es für alle Flächengrößen eines Isolationsabstands von 300 m, sofern keine nicht-GVO-Pufferzonen vorhanden sind. Nur im Falle sehr großer Felder über 10 ha kann die Anlage einer nicht-GVO-Pufferzone um den GVO-Mais von 9 – 18 m Breite den erforderlichen Isolationsabstand auf 200 m verringern. Werte unter 0,1 % sind in Feldern unter 5 ha gar nicht und bei größeren nicht-GVO-Feldern nur bei Einhaltung eines Isolationsabstands von 400 m zu erreichen.

In einer weiteren Modellierung wurde versucht, regionale Aspekte wie die Relation und räumliche Verteilung von GVO-Maisflächen zu nicht-GVO-Maisflächen, gemeinsame Maschinennutzung, Abstimmung zwischen den beteiligten Landwirten und künftig eventuell zulässige GVO-Beimischungen im Saatgut einzubeziehen. Sollten sich nicht alle Landwirte innerhalb eines Maisanbaugesbietes auf einen Anbautyp einigen, bedarf es einer Abstimmung bei gemeinsamer Maschinennutzung. Durch einfache Reinigung der Erntemaschinen soll nach Méssean et al. (2006) die Einhaltung eines Einkreuzungswertes in der Körnermaisernte von 0,9 % erreichbar sein, niedrigere Werte sind aber nur bei weiteren Anstrengungen erreichbar (vergl. Kapitel 6.2 ). Ein Wert von 0,1 % lässt sich so allerdings nicht einhalten. Die Autoren weisen darauf hin, dass regional erforderliche Maßnahmen von der Ausgestaltung einer Regelung zur zulässigen GVO-Beimischung im Saatgut abhängen, strenge Vorgaben, wonach beispielsweise GVO-Anteile höher als 0,1 % nicht zulässig sind, würden geringere Isolationsabstände bei der Pflanzenproduktion erlauben, allerdings die Anforderungen an die Saatgutproduktion und deren Kosten erhöhen.

Koexistenz in der Saatgutproduktion sei schwieriger zu erreichen als in der normalen Pflanzenproduktion, da das System der Erzeugung von Hybridsaatgut mit getrennten Reihen männlicher und weiblicher (entfahnter) Pflanzen empfindlicher auf eine Einkreuzung aus benachbarten Beständen reagiert. Sollte eine GVO-Beimischung in konventionellem Saatgut von 0,5 % zulässig sein, wären keine signifikanten Veränderungen in der derzeitigen Form der Saatgutproduktion erforderlich. Um einen Wert von 0,3 % sicherzustellen, müssten allerdings die Isolationsabstände erhöht und teilweise mehr Reihen männlicher Maispflanzen angelegt werden, um die aus GVO-Flächen eingetragene Pollenmenge zu verdünnen. Sorgt

die Hauptwindrichtung für den Eintrag von GVO-Pollen aus Maisproduktionsbeständen in Saatgutproduktionsflächen, lässt sich eine Einkreuzung in konventionelles Maissaatgut von mehr als 0,1 % praktisch nicht verhindern. Nach Méssean et al. (2006, Tabelle 11), wäre bei gleichzeitiger Blühzeit ein Einkreuzungswert von 0,1 % nur im Falle einer großen Saatgutproduktionsfläche von 10 ha und einem Isolationsabstand von 1.000 m einzuhalten.

Méssean et al. (2006) schließen, dass auch unter schwierigsten (worst case) Bedingungen (benachbarte Felder, kleine nicht-GVO-Felder in Windrichtung der GVO-Flächen) mit „einfachen Regeln wie Isolationsabständen“ die Koexistenz zu sichern sei, solange die Maschinen gereinigt und der GVO-Gehalt von Saatgut unter 0,5 % bleibe, wobei sie allerdings vom Wert 0,9 % als Richtschnur ausgehen. Da derartige Vorgaben höhere Kosten verursachen und in manchen Fällen die Entscheidungsfreiheit der Landwirte einschränken könnten, seien flexible Entscheidungssysteme sinnvoll, die die verschiedenen Einflussgrößen berücksichtigen.

## **Fazit**

Die JRC Studie zu Koexistenzmaßnahmen in der Maisproduktion liefert Anhaltspunkte zum Beitrag verschiedener Maßnahmen, die Auskreuzung im Feld zu verringern. Dabei gehen auch diese Autoren von der irrigen Annahme aus, es sei in der Regel lediglich der Wert von 0,9 % GVO-Anteil einzuhalten. Doch selbst hierfür bedarf es erheblicher Anstrengungen, insbesondere, wenn es sich um Einkreuzung in kleinere konventionelle Flächen (< 5 ha) handelt. Um die technische Nachweisgrenze von 0,1 % GVO-Anteil in konventionellem Mais einzuhalten, sind bei konventionellen Flächen dieser Größe in Windrichtung der GVO-Fläche Isolationsabstände von 300 m erforderlich.

Die Studie basiert auf Daten der französischen Region Poitou-Charentes, deren räumliche und klimatische Gegebenheiten nicht unmittelbar auf deutsche Verhältnisse zu übertragen sind. Insbesondere die Differenzierung in unterschiedliche Blühzeiten, die nennenswerte Beiträge zur Reduktion der Auskreuzung liefern soll, stellt nach den Erfahrungen der Anbauversuche in Deutschland keine realistische Option dar. Demzufolge bleiben als begrenzende Maßnahmen noch die räumliche Isolation und die Einrichtung einer Pufferzone aus nicht-GVO-Mais rund um den GVO-Mais auf den Flächen des GVO anbauenden Landwirtes. Ob die Hauptwindrichtung bei der Anbauplanung tatsächlich berücksichtigt werden kann, ist insbesondere in kleinräumiger Landwirtschaft fraglich, da die Schläge nicht unbedingt gemäß der Hauptwindrichtung ausgerichtet sind. Zudem bläst der Wind wie er will, starke Winde können demzufolge während der Maisblüte auch aus anderen Richtungen als der Hauptwindrichtung kommen. Der Vorschlag, die Randzonen benachbarter konventioneller Maisflächen sollten separat geerntet und dem GVO-Mais zugeschlagen werden, wird von den betroffenen konventionell wirtschaftenden Landwirten wohl kaum aufgegriffen, verlangt er doch von ihnen, einen erheblichen Aufwand zu treiben und dabei niedrigere Erlöse in Kauf zu nehmen oder gar auf einen Teil ihrer Ernte zu verzichten. Der Vorschlag zeugt vielmehr von Hilflosigkeit angesichts der massiven Kontaminationsprobleme beim Anbau von GVO-Mais.

Die Probleme verschärfen sich, wenn Koexistenz im Bereich der Saatgutproduktion erreicht werden soll. Demnach lässt sich eine Einkreuzung in konventionelles Maissaatgut von mehr als 0,1 % praktisch nicht verhindern, wenn der Wind GVO-Pollen in Richtung der gleichzeitig blühenden Saatgutproduktionsfläche treibt. Einzuhalten wäre dieser Wert nur im Falle einer Saatgutproduktionsfläche von 10 ha und mehr und einem Isolationsabstand von 1.000 m. Derartige Flächengrößen sind aber in Deutschland nicht die Regel, die Produktion von nicht durch GVO kontaminiertem konventionellem Maissaatgut wäre demzufolge bei einem Anbau

von Bt-Mais nur bei sehr großen Isolationsabständen möglich beziehungsweise in geschlossenen Saatgutvermehrungsgebieten.

Koexistenz mit Schutzgebieten ist ein Aspekt, der in diesem Zusammenhang zumeist vernachlässigt wird. Der Pollen des Windblütlers Mais wird auch auf Flora und Böden nicht-agrarischer Flächen abgelagert, sodass Bt-Toxin-haltiges Material in benachbarte ökologisch wertvolle Gebiete (FFH-Gebiete) gelangen kann. Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass Nichtzielorganismen, insbesondere Schmetterlinge, durch Bt-Toxine gefährdet werden (Mertens 2006). Mobile Insekten können zudem sehr wohl aus Schutzgebieten in Agrarflächen einwandern und dort mit Bt-Toxinen konfrontiert werden. Felke & Langenbruch (2005) schlagen daher vor, zwischen Schutzgebieten mit seltener Lepidopterenfauna und Bt-Maisflächen einen Abstand von 1.000 m einzuhalten, jedoch fehlen bislang Vorschriften, wonach ein Anbau von MON810 Mais in der Nähe von Schutzgebieten verboten ist, beziehungsweise welche Mindestabstände einzuhalten sind.

## 6. GVO-Kontamination im Warenstrom

### 6.1. *Außereuropäische Forschung:*

Es ist überraschend, wie wenig Datenmaterial aus Ländern mit langjährigen Anbauerfahrungen mit gentechnisch veränderten Pflanzen vorliegt. Der zehnjährige Anbau mit gentechnisch verändertem Soja, Mais und Raps in Kanada und den USA liefern keine Daten aus der Praxis, mit welchen Verschleppungen durch Landmaschinen zu rechnen ist: Denn sowohl in Kanada als auch in den USA gelten weder Kennzeichnungsregeln für gentechnisch veränderte Produkte, noch gibt es ein Verzeichnis für Flächen mit GVO-Pflanzen. Gleiches gilt für den Anbau von gentechnisch verändertem Soja in Argentinien und die ersten Jahre des Anbaus dieser Pflanzen ohne rechtliche Grundlage in Brasilien, wo der Anbau erst 2005 legalisiert wurde.

Um der Nachfrage nach nicht-gentechnischen Ernten bei Sojabohnen und Mais nachzukommen, entwickelten große Getreidehandelsunternehmen Vorgaben für Landwirte. Vor allem an der Purdue-University entwickelten Forscher ein HACCP-System für nicht-gentechnische Ernten mit Risikoanalyse, Handreichungen für Landwirte und ein Dokumentationssystem über die gesamte Erzeugungskette hinweg (Maier 2005). Die Benennung der kritischen Punkte bei HACCP-Analyse entspricht den Schwachstellen, die die FAL in der Schweiz nennt (Sandivo et al. 2005).

Kritische Punkte dabei sind:

- Feldauswahl (Durchwuchs und Einkreuzung)
- Saatgutauswahl (gentechnische Beimengungen)
- Aussaat (Rückstände in Sämaschine)
- Untersuchung des Bestandes (nicht als Risiko, sondern als Bestandteil des Programms)

- Ernte (Rückstände im Mähdrescher und den Transportfahrzeugen)
- Handhabung
- Erfassung (Rückstände in Elevator, Transportbändern, Silos, Sumpf, ...)
- Trocknung (Rückstände in Trocknung)
- Lagerung (Rückstände in Silos und Fördereinrichtungen)
- Transport

### 6.1.1. Aussaat

Eine ökonomische Abschätzung der Trennung von herkömmlicher und gentechnischer Erzeugung von der Saatguterzeugung bis in die Hauptlager bieten Bullock et al. (2000). Schon damals wurden in den USA von den großen Maisexporteuren wie DuPont und Cargill erste Verträge mit Landwirten und dem Landhandel abgeschlossen, um für Exporte in die EU und nach Japan die gewünschte nicht-gentechnische Qualität zu liefern. Die Autoren ermitteln in ihrem Papier den Zeitbedarf für die Reinigung von Geräten und Lagerstätten. Der Zeitaufwand für die Reinigung einer Sämaschine hängt von der Gründlichkeit und dem Typ der Maschine ab.

*Tabelle 5: Zeitaufwand für Reinigungen von Sämaschinen nach Bullock et al. (2000)*

|                       | <b>Schnellreinigung</b> | <b>Reinigungsdauer mit Ziel 99 % Reinheit</b> | <b>Reinigungsdauer mit Ziel 99,9 % Reinheit</b> |
|-----------------------|-------------------------|---|---|
| Achtreihiges Sägerät  | 8-10 Minuten            | 15 Minuten                                    | <i>40 Minuten</i>                               |
| Zwölfreihiges Sägerät | 12-15 Minuten           | 25 Minuten                                    | 55 Minuten                                      |

Für eine schnelle Reinigung, ohne besonderen Wert auf die Trennung von gentechnischem und herkömmlicher Saatgut zu legen, setzen Bullock et al. acht bis zehn Minuten für ein achtreihiges Sägerät an, für ein zwölfreihiges 12 bis 15 Minuten. Die Autoren gehen von 100 Prozent sauberem Sojasaatgut aus, um durchschnittliche 99,9 % zu erreichen, kommen schon 40 Minuten Zeitbedarf für ein achtreihiges und 55 Minuten für ein zwölfreihiges Sägerät zusammen. Als Kosten setzen die Autoren nur die Arbeitszeit an. Bei Arbeitsverträgen mit 15 US-Dollar die Stunde kommen sie so für die Aussaat auf Kosten von 15 US-Dollar. Es werden keine Angaben dazu gemacht, ob die Sämaschine dem Farmer gehört oder im Lohn genutzt wird, Kosten für den Stillstand der Maschine werden von ihnen nicht berücksichtigt.

Bei schlechten Witterungsverhältnissen könne die Stunde Zeitverzögerung für die Reinigung weitere Kosten nach sich ziehen, wenn sich dadurch die Aussaat um mehrere Tage verzögere. Hierfür werden jedoch keine Summen genannt.

## 6.1.2. Mähdrescherreinigung

Für die Ernte analysieren Bullock et al. (2000) mehrere Möglichkeiten der Kontamination mit gentechnischem Material. Fakt ist, bei der Ernte bleiben stets Reste im Mähdrescher zurück. Also sollten Landwirte, die Mähdrescher für konventionelle und GVO-Felder einsetzen, diese vor dem Einsatz auf konventionellen Feldern reinigen. Als billigste Lösung schlagen sie vor, flüchtig zu reinigen und dann die erste Tankfüllung zur Spülung zu verwenden. Die meisten Saatgutproduzenten reinigen den Mähdrescher mit zwei Personen zwei Stunden lang. Das Risiko sinkt, wenn zwei Personen vier Stunden lang das Gerät reinigen. Das heißt, wenn nur eine Person reinigt, verlängert sich die Dauer auf vier bis acht Stunden. Um den Aufwand zu reduzieren, empfehlen die Autoren, alle konventionellen und alle gentechnischen Schläge jeweils am Stück zu ernten. Auch bei der Mähdrescherreinigung werden nur Arbeitskosten angesetzt.

Eine Einordnung, welche Bedeutung dem Mähdrescher als mögliche Kontaminationsquelle zukommt, geben Hanna et al. (2002):

*“The combine is a primary source of on-farm grain co-mingling due to its complexity and the difficulty in completely cleaning out the machine.”*

*“Der Mähdrescher ist die primäre Quelle für die Vermischung auf der Farm - bedingt durch seine Komplexität und die Schwierigkeit, die Maschine vollständig zu reinigen.“*

Wird der Mähdrescher nur einige Minuten am Rand des Feldes leer laufen gelassen, verbleiben noch 27 bis 54 kg im Mähdrescher.

*„Two bushels of unwanted grain randomly co-mingled into subsequent product harvested represents an impurity level of 0.1 % in 2,000 bushels. Because final product impurity is cumulative from all sources (seed, planter, pollination, handling, processing) this level can be excessive for some markets.“*

*“Zwei Buschel von unerwünschtem Getreide, das zufällig in nachfolgende Ernteprodukte gelangt, bedeutet eine Kontamination von 0,1 % bei 2.000 Buschel. Da sich die Produktkontamination aus allen Quellen summiert (Saatgut, Sämaschine, Auskreuzung, Handhabung, Verarbeitung), kann diese Kontamination für manche Märkte unangemessen hoch sein.“*

Schon im Jahr 2002 bewerteten US-Forscher den Mähdrescher als kritischen Punkt und rechneten vor, dass bei 54 kg Resten im Mähdrescher bis zu 5,4 Tonnen Erntematerial bis zu 0,1 % verunreinigt werden können. Diese Forschungsergebnisse wurden jedoch erst 2006 von europäischen Forschern rezipiert.

Inzwischen gibt es weitere Forschungen aus den USA. Das Team um Ess et al. (2005) hat konkrete Messungen bei Mähdreschern durchgeführt. Auch für diese Autoren hat die Sauberkeit des Mähdreschers einen direkten und wichtigen Einfluss auf die Qualität und Reinheit der Ernte. Die Forscher untersuchen, mit welchem Aufwand akzeptable Reinheiten im Erntegut erreicht werden. Ihre Messungen bestätigen die Ergebnisse von Hanna et al.: Auch nachdem ein Mähdrescher mehrere Minuten leer gelaufen ist, können darin noch bis zu 54 Kilogramm Körner und anderes Material wie Stroh, Staub u.a. enthalten sein.

Für ihre Messung wurde ein Mähdrescher Case 2388 nach dem Einsatz auf Maisfeldern auf Sojafeldern eingesetzt. Vor dem Dreschen des ersten Sojafeldes nach dem Einsatz auf Maisäckern wurde der Mähdrescher Case 2388 fünf Stunden lang gereinigt.

Nach der ersten Tankfüllung lagen die Fremdbestandteile (Streu, Mais, Staub u.a.) zunächst noch deutlich über 2 %, wenn bereits 5,4 Tonnen Sojabohnen geerntet wurden. Sie nahmen neben Gesamtproben aus jeder Tankfüllung je drei Einzelproben, während der Tank sich allmählich füllte. Bei der ersten Probe des erst wenig gefüllten Tanks, machten Mais und anderes Material wie Stroh und Staub noch 40 % des Gewichts aus.

Auch nach der zweiten Tankfüllung sind noch Spuren von gentechnisch verändertem Mais zu finden. Erst wenn beim zweiten Befüllen sich der Tank zu einem Viertel gefüllt hat, sinken die Verunreinigungswerte unter 1 %. ESS et al. unterstreichen, dass auch eine gründliche Reinigung alleine nicht ausreicht, um Kontaminationen zu vermeiden, auch eine Spülcharge alleine erzielt keine akzeptablen Ergebnisse.

### **Fazit:**

Die Forschungen aus den USA beschreiben Landmaschinen wie Sämaschinen und Mährescher als Risikopunkte bei der Trennung gentechnischer von herkömmlichen Stoffströmen. Als Werte akzeptieren sie jeweils höchstens 0,1 % Verunreinigung mit gentechnisch verändertem Material für die einzelnen Stufen. Der Zeitaufwand für die Reinigung liegt bei Sämaschinen je nach Arbeitsbreite des Geräts zwischen 40 und 55 Minuten, bei Mähreschern bei fünf Stunden. Zusätzlich sei mindestens eine komplette Tankfüllung der gentechnischen Ernte zuzuschlagen. Als Kosten werden lediglich die Arbeitskosten für die Dauer der Reinigung angesetzt.

## **6.2. *Stand der europäischen Forschung zu maschineller Verschleppung:***

In den letzten Jahren haben einige europäische Staaten Gutachten und Studien zum möglichen Nebeneinander von GVO-Anbau und herkömmlichem, ökologischem und konventionellem, Anbau in Auftrag gegeben. Dänemark setzte eine Kommission ein, die sich eng an den Forschungen des Joint Research Centers orientierte (Tolstrup et al. 2003). Österreich ließ Einzelaspekte der Koexistenz untersuchen (Müller 2003). In Großbritannien wurde vor allem ökologische Begleitforschung betrieben und die Frage des Pollenflugs erfasst (Ramsey et al. 2003). Schon 2003 veröffentlichte das Umweltbundesamt eine juristisch orientierte Studie zur Frage, ob Koexistenz zwischen Ökolandbau und Gentechnik möglich sei (Barth et al. 2003). Für das Bundeslandwirtschaftsministerium erstellte das Öko-Institut Freiburg einen Überblick und eine Auswertung über Studien, die das Auskreuzungsverhalten der gängigen Ackerkulturen erfasst (Brauner et al. 2004). In keiner der Studien wird jedoch die maschinelle Verschleppung von gentechnischem Pflanzenmaterial durch landwirtschaftliche Maschinen berücksichtigt. Lediglich in der Schweiz wurde eine komplette Risikoanalyse mit den möglichen Quellen einer Kontamination erstellt. Doch auch hier fehlt die Bewertung der einzelnen Schwachstellen und des technischen und ökonomischen Aufwands, diese zu minimieren. (Sandivo 2005; s. Tabelle 1).

2005 wurde eine neue Verbundforschung in der Europäischen Union zur Frage der Koexistenz gestartet, an der Forschungsinstitute aus ganz Europa, Brasilien und Argentinien beteiligt sind. Unter dem Namen Co-Extra startet eine neue breit angelegte Analyse der Koexistenz. Aus dem nur skizzenhaft vorgestellten Projekt lässt sich nicht erkennen, ob nun erstmals auch eine europäische Forschung zu der Bedeutung von Maschinen als Kontaminationsquelle beachtet werden soll (CO-EXTRA 2005).

Bis zum Frühjahr 2006 diente der Bericht des Joint Research Centers (JRC) als europäische Basis für maschinelle Verschleppungen, auf den sich einige Forschungsinstitutionen in europäischen Staaten beziehen (Bock et al. 2002). Hier wurde modelliert, ob und welche Kostensteigerungen bei landwirtschaftlichen Betrieben zu erwarten sind, wenn 10 oder 50 % gentechnisch veränderte Raps-, Mais- oder Kartoffelpflanzen in der Nachbarschaft angebaut werden.

*Tabelle 6: Übersicht zu maschineller Verschleppung nach Bock et al. 2002*

| <b>Maisanbauende Betriebe</b>         | <b>Geschätzte Verunreinigung</b> | <b>Maschinelle Verschleppung</b>                    |  |
|---------------------------------------|----------------------------------|---|--|
| 60 Hektar Größe, intensiver Maisanbau | 0,05 %                           | eigene Sämaschinen, gemeinsam genutzter Mähdrescher | Für Lagerung und Trocknung weitere 0,2 % |
| Bio-Betrieb mit 60 Hektar             | 0,03 %                           | Aussaat, Ernte, Transport, Lagerung                 |  |
| 100 Hektar Größe, Extensiver Anbau    | 0,05 %                           | Überbetriebliche Maschinennutzung                   | Zentrale Trocknung weitere 0,5 %         |

Bei Mais wurde an Hand von Körnermaisbetrieben in Italien und Frankreich ermittelt, mit welcher Einkreuzungsrate zu rechnen ist und welche ackerbaulichen Maßnahmen die Einkreuzung verringern. Die Kosten für Maßnahmen wie getrennte Mähdrescher oder den Bau von eigenen Lagern für die Trennung wurden jedoch nicht angegeben. Die Modellierung bezieht sich ausschließlich auf Maßnahmen wie Abstände und unterschiedliche Blühzeitpunkte. Die Modelle treffen keine Unterscheidung zwischen den einzelnen gentechnisch veränderten Maistypen und sind nicht spezifisch für den Mais MON810 ermittelt worden.

Teils bleiben die Angaben zu den Betrieben und dem gemeinsamen oder getrennten Einsatz von Maschinen unklar. Die Grundlage der ermittelten Zahlen, einer Mischung aus Expertenmeinung und wissenschaftlichen Daten, wird nirgendwo genannt. So bleibt nicht nachvollziehbar, wie die Autoren zu dem Ergebnis kommen, dass bei komplett eigenem Maschinenpark und dem parallelen Anbau von herkömmlichem neben gentechnisch verändertem Mais auf einem Betrieb der gesamte Eintrag aus Aussaat, Pflege, Ernte und Transport bei 0,01 % liege.

Bei einer Simulation mit einem extensiven Mais-Betrieb aus Italien, der auf den 100 Hektar Land 20 Hektar Mais anbaut, seine Maschinen mit Nachbarn teilt und eine zentrale Trocknung nutzt, geben die Autoren bis zum Transport vom Hof 0,05 % Verunreinigung durch maschinelle Verschleppung an, Hauptkontamination ist hier die gemeinsam genutzte Trocknung mit weiteren 0,5 %.

Insgesamt wird eine überbetriebliche Maschinennutzung als vernachlässigbare Kontaminationsquelle betrachtet mit Werten stets unter 0,1 % angegeben. Lediglich die gemeinsame Trocknung wird als ernstzunehmende Kontaminationsquelle beschrieben.

Erst der neue Bericht des Joint Research Centers vom Januar 2006 nennt ganz andere Zahlen für Verschleppungen durch Mähdrescher (Méssean et al. 2006). Auch hierin werden mittels Modellierung bei Mais, Zuckerrüben und Baumwolle für nun größer gefasste Regionen zwischen vier und zehn Quadratkilometern mögliche Kontaminationsgehalte ermittelt. Variablen sind Blühzeitpunkte, Mantelsaaten, Abstände und unterschiedliche

Verunreinigungsraten im Saatgut (vgl. Kapitel 5.4). Verantwortlich für Maßnahmen, um die Kontamination zu minimieren, sind nun die Anbauer von gentechnisch verändertem Mais. Für die Studie kann angenommen werden, dass sie sich vor allem auf den Mais MON810 bezieht, da die ehemalige Anbauzulassung für den Mais Bt176 ausgelaufen ist.

Bei der Maiserzeugung werden zwei Körnermais-Regionen aus Frankreich als Modell herangezogen. Als Hauptquellen für die Verunreinigung werden Saatgut, Einkreuzung und maschinelle Verschleppung genannt. Die Regionen haben durchschnittliche Schlaggrößen zwischen zehn bis 15 Hektar, bei Betriebsgrößen um 100 Hektar. Eine Besonderheit ist, dass schon heute entlang der Bewässerungsstellen für den Mais gewisse Cluster in der Erzeugung gebildet werden.

Die Angaben zu maschinellen Verschleppungen sind in diesem Bericht detaillierter. 30 % der Betriebe besitzen eigene Sätechnik, 70 % nutzen Sämaschinen gemeinsam. Bei Mähdreschern besitzen 50 % eigene Maschinen, 15 % nutzen sie genossenschaftlich und 35 % über Lohnunternehmer. Für das Modell werden drei verschiedene Betriebe angesetzt.

*Tabelle 7: Betriebsmodelle in Maiserzeugerregion nach Méssean et al. (2006)*

|                    | <b>Anbauweise</b>             | <b>Maschinennutzung</b>                      |
|--------------------|-------------------------------|--|
| <b>Betrieb I</b>   | konventioneller Mais          | Eigenmechanisierung                          |
| <b>Betrieb II</b>  | Gentechnisch veränderter Mais | überbetrieblich mit anschließender Reinigung |
| <b>Betrieb III</b> | Gentechnisch veränderter Mais | überbetrieblich ohne Reinigung               |

Nun werden verschiedene Modelle durchgespielt. Modell A: Bei getrennter Ernte und Transport zwischen Betrieb 1 auf der einen Seite und den Betrieben II und III auf der anderen Seite sei mit keinerlei Verschleppung durch Maschinen zu rechnen. Angenommen wird, dass die erste Ladung des konventionellen Felds als gentechnisch verändert vermarktet werden kann. Modell B: Hier gibt es eine Reinigung des Mähdreschers nach der Ernte von einem GVO-Maisfeld, bevor er zum Einsatz auf einem konventionellen Feld kommt. In diesem Fall gehen die Autoren von einer Verschleppung von 0,1 % aus. Beim Modell C ohne Reinigung des Mähdreschers kommen die Autoren sogar auf durchschnittliche Verunreinigungen der Ernte mit 0,4 %. Anders ausgedrückt, nach dem Einsatz auf einem Feld mit gentechnisch verändertem Mais können in der nachfolgenden Ernte alleine durch die Verschleppung mit dem Mähdrescher 0,4 % Anteil an gentechnisch verändertem Mais auftauchen.

Erstmals wird von europäischen Forschern unter Bezug auf Studien aus den USA festgestellt: „Moreover, according to expert opinion, it would be impossible to get an absolute cleaning“ – „Zudem wäre es nach Expertenmeinung unmöglich, eine absolute Reinigung zu erreichen“ (ebd. S. 32). Mit dieser Aussage unterscheidet sich das Ergebnis deutlich von der ersten Studie des Joint Research Centers. Die Aussage, dass Mähdrescher nicht komplett zu reinigen sind, ist für die europäische Debatte neu und wird auf bei den nationalen Koexistenzregeln in der EU bislang ignoriert. Quelle für diese Aussage ist die oben zitierte Studie von Hanna et al. aus dem Jahr 2002.

Die Forscher des Joint Research Centers kommen bei den möglichen Kontaminationsquellen zu folgendem Ergebnis: Selbst bei einer Reinigung des Mähdreschers und geringfügig belastetem Saatgut mit 0,1 % (technische Nachweisgrenze) können die Betriebe in der Nachbarschaft keine Ernten mehr mit 0,1 % erzeugen.

## **Fazit:**

Es gibt keine eigenständige europäische Forschung zu Verschleppung durch Landmaschinen. Nur der Bericht des Joint Research Centers greift mit mehrjähriger Verzögerung auf Untersuchungen aus den USA zurück, ohne die aktuellen Ergebnisse zu nennen.

Die private Forschung von Saatgutfirmen, die unter dem Namen „Erprobungsanbau“ 2004 und 2005 durchgeführt wurde, hat entgegen der Ankündigungen keine Ergebnisse zu der Bedeutung von Landmaschinen bei der Kontamination veröffentlicht.

### **6.2.1. Übertragbarkeit von Segregationssystemen im Maisanbau:**

Im oben vorgestellten Bericht von Bock et al. (2002) werden auch bestehende Trennungssysteme im Ackerbau auf ihre Übertragbarkeit für die Koexistenz hin untersucht. Reinheitsvorgaben im Endprodukt und Anbaumaßnahmen, um diese zu erreichen, werden analysiert. Darin vergleicht Philp (2002) unter anderem Vorgaben für die Saatgutproduktion, nicht-gentechnisch verändertes Soja und Wachsmais mit den Standards für herkömmliche Landwirtschaft, die neben einem GVO-Anbau bestehen kann.

Bei der Saatguterzeugung haben Züchter und Landwirte jahrzehntelange Erfahrungen, wie Durchmischungen vermieden werden können. Weltweit werden die Standards durch rechtliche Regelungen gestützt. Wenn die Vorgaben nicht erfüllt werden, haben Landwirte mit der Aberkennung ihrer Bestände und des erzeugten Saatguts zu rechnen. Allerdings werden auf der letzten Stufe der Vermehrung für das Z-Saatgut keine Grenzwerte wie bei der Koexistenz mit GVO-Anbau verlangt. Lediglich bei der Basissaatguterzeugung wird mit ähnlich scharfen Grenzwerten gearbeitet wie bei der Gentechnik-Gesetzgebung: 99,5 % für Basismaissaatgut. In der Regel werden landwirtschaftliche Betriebe mit Basissaatgutvermehrung von besonders sorgfältigen und erfahrenen Betriebsleitern geführt. Im Gegensatz zu gentechnisch verändertem Mais erzielen Landwirte deutliche Aufpreise bei der Saatgutproduktion und müssen mit Einkommenseinbußen rechnen, wenn ihre Partien nicht anerkannt werden. In Deutschland spielt die Saatgutvermehrung von Mais nur im Südwesten eine nennenswerte Rolle.

Einen Eindruck über die Organisation von getrennten Stoffströmen entlang der gesamten landwirtschaftlichen Prozesskette gibt die Trennung des herkömmlichen von gentechnisch verändertem Soja in Brasilien. Bei Soja ist aufgrund seiner hohen Selbstbefruchtungsrate kaum mit Einkreuzung aus Nachbarnfeldern zu rechnen. Quellen für gentechnische Verunreinigung können nur Saatgut oder maschinelle Verschleppung sein. Für Mais (und Raps) hält Philps die Einhaltung eines Grenzwertes unter einem Prozent für deutlich problematischer als bei Soja, da hier die Wahrscheinlichkeit für eine Einkreuzung steigt. Abschließend weist er darauf hin, dass Soja auf größeren Feldern angebaut, in großen Mengen verarbeitet und transportiert wird, während die Einheiten bei Raps und Mais kleiner seien, so dass das Vermischungspotenzial höher liege.

Vor allem in Frankreich wird Stärkemais angebaut, dessen Stärke einen besonders hohen Gehalt an Amylopektin aufweist, statt 75 % hat dieser Mais 99 % Amylopektin in der Stärke, was Vorteile bei der Verarbeitung hat. Die Trennung wird von den Abnehmern verlangt, die für die besondere Qualität einen Aufpreis bezahlen. So werden Vorgaben zu Felddauswahl, Saatgut und Produktion gemacht. In Frankreichs Südwesten werden bis zu 30.000 Hektar mit dem Stärkemais bebaut, ein kleiner Anteil der gesamten französischen Maisanbaufläche von 1,5 Millionen Hektar. Für den Stärkemais liegt der Grenzwert für Beimengungen von normalem Mais bei vier %. Es gibt billige Tests, um die Reinheit zu überprüfen. Die Abnehmer fordern häufig den konzentrierten Anbau, um die Einkreuzung zu verhindern, auch

der Erntetermin des Mais wird vorgegeben, um die Trocknungsanlagen für den Stärkemais zu reinigen. Philips Fazit lautet, dass auch hier die Übertragbarkeit für die Koexistenz begrenzt sei, da die Grenzwerte im Gentechnikbereich deutlich schärfer seien, die Maßnahmen für die Trennung des Anbaus und der Verarbeitung von Stärkemais weniger streng und die Tests zur Überprüfung der Reinheit einfach und billig seien.

Philp folgert daraus, dass die bestehenden Segregationssysteme im Ackerbau nicht auf die Koexistenz für herkömmlichen und GVO-Mais übertragbar seien.

### 6.2.2. Aufwand für die Reinigung der Landmaschinen bei Koexistenz zwischen der Maislinie Mon810 und herkömmlichen Anbausystemen:

Erst 2006 gab es eine erste Studie, die die Forschungen aus den USA auf die Situation in der deutschen Landwirtschaft überträgt. Experteninterviews mit Dienstleistern in der Landwirtschaft untermauern die Zahlen aus den USA (Schimpf 2006). Vor allem teure Spezialmaschinen wie Maislegegeräte für die Aussaat und Mähdrescher für die Ernte setzen viele Landwirte überbetrieblich ein, um kosteneffizient zu arbeiten. Mittels Maschinengemeinschaften, über Maschinenringe oder Lohnunternehmer können sie so schlagkräftige Maschinen einsetzen. Die befragten Lohnunternehmer und Geschäftsführer der Maschinenringe unterstreichen, dass es alleine technisch nicht möglich ist, einen Mähdrescher komplett zu reinigen:

*„... dass der Mähdrescher 100 % sauber wäre, das gibt es nicht, es gibt vielleicht nur 98 oder 99 %. Man braucht zwei bis drei Stunden. Da müssen ja alle Siebe raus. Der Korntank und in die letzten Ritzen und Ecken, mit dem Staubsauger. Also, 100 % geht nicht.“ (Herr Thomas)*

*„Hundert Prozent gibt es nur bei einer neuen Maschine, es gibt Verschleppungen, da bin ich überzeugt davon, und auf einem Acker können sie eine Maschine ja nicht so reinigen, dass da nichts mehr darin ist. Das ist nach meiner Erfahrung einfach nicht möglich. Und auf dem Acker sowieso nicht.“ (Herr Reiter)*

Mähdrescher werden nur wenige Wochen im Jahr eingesetzt, das führt zu hohen Kosten je Stunde: Ein Stillstand während der Ernte muss bezahlt werden. Im Schnitt kommen in Regionen mit mittleren bis größeren Schlägen Kosten von fünf Euro je Minute Mähdreschereinsatz zustande. Diese Kosten fallen unabhängig davon an, ob der Mähdrescher gerade gewartet, gereinigt oder beim Dreschen eingesetzt wird.

Hinzu kommt, dass für eine gründliche Reinigung ein Kompressor notwendig sei. Nur neue sehr große Mähdrescher haben die entsprechende Ausstattung. Die Dienstleister weisen darauf hin, dass sie die Reinigung des Mähdreschers nicht auf ihren Betriebsstätten durchführen wollen, da sie kein gentechnisches Material auf ihrem Gelände wünschen.

Die Annahme, dass es etablierte Trennungssysteme mit ausreichender Dokumentation im Ackerbau gebe, weisen sie zurück. Keiner der Befragten praktiziert ein solches System und alle äußern deutliche Zweifel an der Umsetzbarkeit:

*„Es muss ja nur einmal ein Tag nicht gemacht werden, darüber müssen wir diskutieren. Wir müssen ja nicht sagen, es muss 99 % gemacht werden, sondern es muss eben zu hundert Prozent gemacht werden. Da sehe ich das Problem, denn ansonsten dürften die*

*ganzen Skandale, die wir gerade wieder beim Fleisch haben, gar nicht passieren. Da redet man auch über Rückverfolgbarkeit.“ (Geschäftsführer Herr Richard)*

Ein Befragter aus einer spezialisierten Körnermais-Region ist selbst bei der Aussaat skeptisch, ob ausreichend Zeit für eine gründliche Reinigung bleibt.

*„Wenn das Wetter schön ist, muss man säen. ... Wenn wir Mais drillen, wir haben Tage dabei, an denen wir mit 6-oder 8-reihigem Sägerät 60 bis 70 Hektar säen. ... Da dürfen Sie mir glauben, da kann keiner mehr das Gerät reinigen, von einem Acker zum anderen.“ (Lohnunternehmer Herr Thomas<sup>1</sup>)*

Die Experten beurteilen die Machbarkeit einer vollständigen Mähdrescherreinigung für technisch unmöglich, organisatorisch kaum zu bewerkstelligen und als dokumentarische Herausforderung. Zusätzlich verweisen sie auf ungeklärte Informations- und Haftungsfragen für die Dienstleister: Wer informiert den Dienstleister zu welchem Zeitpunkt, ob ein gentechnisch veränderter Maisbestand vorliegt? Und wie ist eine Beweisführung zu gestalten, wenn in der Ernte eine gentechnische Verunreinigung aufgefunden wird? Wann muss der Dienstleister haften, wann der Nachbar und wann der Saatgutlieferant?

### 6.2.3. Kosten der Maschinenreinigung

Bislang fehlen in der europäischen Debatte Zahlen für den Aufwand und die dadurch entstehenden Kosten, gemeinsam genutzte Landmaschinen zu reinigen. Schimpf zeigt in ihrer Studie eine Dimension der Kosten für die Maschinenreinigung auf. Aus den Angaben der Literatur und der Dienstleister werden im Folgenden der Aufwand und mögliche Kosten für Arbeitszeit und Maschinenstillstand zusammengestellt (Schimpf 2006):

*„Der Reinigungsaufwand für Sämaschinen wird in der Literatur zwischen zehn und 55 Minuten angegeben. Die befragten Experten geben 15 Minuten bis zwei Stunden an. Je nach Sämaschine sind hier Unterschiede anzunehmen. Während die US-amerikanischen Forscher nur die Arbeitszeit als Kosten ansetzen, fordern Interviewpartner, auch den Stillstand der Sägeräte vor allem bei der Maisaussaat anzurechnen. Die Sämaschine wird mit 67,5 bis 120 Euro je Stunde und die Arbeitskraft mit elf Euro je Stunde angesetzt. Bei einer 15 minütigen Reinigung kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Verunreinigung bei 0,1 % oder weniger liegt. Je nach Anzahl der Reihen muss zum Beispiel bei einer achtreihigen Sämaschine von einer Verunreinigung in der Größenordnung um 1 % gerechnet werden. ....*

*Für die Reinigung des Mähdreschers werden in der Literatur zwei Personen mit je 15 Minuten mit anschließender Spülcharge genannt, ebenso wie zwei Personen mit je zwei Stunden Reinigungszeit. Die aktuellere Forschung fordert jedoch nach einer fünfständigen Reinigung immer noch eine Spülcharge.“*

Für die geringen Mengen an gentechnisch verändertem Mais hat sich bislang kein Marktpreis in Deutschland entwickelt. Zur Vermeidung von Haftungsfällen wird er von einem Landhändler aufgekauft und eingelagert.

Der Mehraufwand für den getrennten Abtransport der Spülcharge hängt von der Ausstattung des Betriebs, Entfernung zur Lagerstätte bzw. Trocknung ab. Hier können sehr unterschiedliche Kosten entstehen. Allein für die Spülcharge wird der Ertrag von 0,62 Hektar Körnermais benötigt.

---

<sup>1</sup> Namen anonymisiert

Tabelle 8: Spanne der Kosten für Reinigung der Maschinen nach Schimpf (2006)

|   | Minimalaufwand | Höchstaufwand | Arbeitskosten<br>von – bis                               | Maschinenkosten<br>von – bis              |
|---|----------------|---------------|--|---|
| Sämaschine<br>Reinigen                      | 0,25 Stunden   | 2 Stunden     | 3,6 – 22 Euro  | 16,87 – 135 Euro                          |
| Mähdrescher<br>reinigen                     | 0,5 Stunden    | 5 Stunden     | 5,5 – 55 Euro  | 180 – 1800                                |
| Getrennter<br>Abtransport<br>der Spülcharge |                |               | abhängig von<br>Entfernung<br>zwischen Feld<br>und Lager | nur bei zusätzlichem<br>Transportfahrzeug |
| <i>Summe</i>                                |                |               | <b>9,1 – 77 Euro</b>                                     | <b>196,87 – 1935 Euro</b>                 |

*„Nicht bezifferbar sind Zeitverzögerungen durch die Reinigung, zum Beispiel wenn aufgrund der mehrstündigen Reinigung andere Bestände nicht mehr vor einer Schlechtwetterphase geerntet werden können. Hier können Verluste durch erhöhte Trocknungskosten oder Qualitätsminderungen entstehen. ... Wenn ein Hektar Lohndrusch bei Körnermais in der Hauptanbauregion in Baden 140 Euro kostet (Hugger 2005), steigen die Kosten für das Dreschen durch Schnellreinigen um 150 %. Eine gründliche Reinigung steigert die Kosten des Druschs um das zwölfwache.*

*...Berücksichtigt werden muss weiterhin, dass nach den Berechnungen von Ess et al (2005) auch nach fünfständiger Reinigung und einer Spülcharge in der darauffolgenden Füllung des Korntanks immer noch gentechnisches Material gefunden werden kann. Nur mit Mischung der Ernten von Schlägen ab drei oder mehr Hektar scheint eine gewisse Sicherheit gegeben, dass die Verunreinigung in der Ernte unter dem Wert 0,1 % liegt, den die Abnehmer verlangen.“*

Die Annahme, dass mit einer flüchtigen Reinigung des Mähdreschers am Feldrand, den Vorgaben des Gentechnikgesetzes im Paragraph 16,3 c „Einträge in andere Grundstücke bei Aussaat und Ernte zu verhindern“ ausreichen könnte, wird durch Untersuchungen aus den USA und deutsche Fachleute widerlegt. Die Reinigung eines Mähdreschers nach dem Einsatz auf einem Feld mit gentechnisch veränderten Mais steigert die Erntekosten um das anderthalb bis zwölfwache.

## 7. Referenzen

- Bannert, M. & Stamp, P. 2005. Cross fertilization in maize – results of a Swiss study. [www.coexistence.ethz.ch](http://www.coexistence.ethz.ch).
- Barth, R., Brauner, R., Hermann, A., Hermanowski, R., Nowack, K., Schmidt, H. & Tappeser, B. 2003. Grüne Gentechnik und ökologische Landwirtschaft. UBA-Texte 01/03, Berlin.
- Bock, A.K., Lheureux, K., Libeau-Dulos, M., Nilsagård, H. & Rodriguez-Cerezo, E. 2002. Scenarios for co-existence of genetically modified, conventional and organic crops in European agriculture. <http://lifesciences.jrc.es/pages/agrofood.html>.
- Brauner, R., Moch, K. & Christ, H. 2004. Aufbereitung des Wissensstandes zu Auskreuzungsdistanzen. Ökoinstitut e.V. Freiburg.
- Brunet, Y., Foueillassar, X., Audran, A., Garrigou, D., Dayau, S. & Tardieu, L. 2003. Evidence for long-range transport of viable maize pollen. [www.agrsci.dk/gmcc\\_03/abs\\_1htm#1](http://www.agrsci.dk/gmcc_03/abs_1htm#1).
- Bullock, D., Desquilbet, M., Nitsi, E. 2000. The economics of Non-GMO Segregation and Identity Preservation. Paper for the American Agricultural Economics Association Annual Meeting in Tampa, Florida
- Burris, J.S. 2001. Adventitious pollen intrusion into hybrid maize seed production fields. Association of Official Seed Certifying Agencies. [http://www.amseed.com/govt\\_statementsDetail.asp?id=69](http://www.amseed.com/govt_statementsDetail.asp?id=69).
- CO-EXTRA (2005) GM and non-GM supply chains: their CO-EXistence and TRAceability. [www.coextra.org](http://www.coextra.org).
- Commission of the European Communities 2006. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament – Report on the implementation of national measures on the coexistence of genetically modified crops with conventional and organic farming. COM (2006)104.
- DEFRA 2006. Consultation on proposals for managing the coexistence of GM, conventional and organic crops. [www.defra.gov.uk](http://www.defra.gov.uk).
- Eastham, K. & Sweet, J. 2002. Genetically modified organisms (GMOs): The significance of gene flow through pollen transfer. Environmental issue report No. 28, European Environment Agency. [http://reports.eea.eu.int/environmental\\_issue\\_report\\_2002\\_28/en](http://reports.eea.eu.int/environmental_issue_report_2002_28/en).
- Eder, J. 2006. Bericht zum Erprobungsanbau mit gentechnisch verändertem Mais in Bayern 2005. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.
- Emberlin, J. & Treu, R. 2000. GM pollen risk matrix. A scientifically based framework to assess the likelihood of GN contamination. Commissioned by the Soil Association.
- EU-Kommission 2006: Anhang zur Kommunikation der Kommission an den Rat und das Parlament. Bericht über die Durchführung der einzelstaatlichen Maßnahmen für die Koexistenz gentechnisch veränderter, konventioneller und ökologischer Kulturen 9.3. 2006
- Ess, D. R., Fleck, N. A., Maier, D. E. 2005. Where grain hides in a Combine. Purdue Extensions, GQ-49-w; [www.grainquality.org](http://www.grainquality.org).
- Feil, B. & Schmid, J.E. 2001. Pollenflug bei Mais, Weizen und Roggen. Internutrition Zürich. <http://www.internutrition.ch/technol/environm/pollenflug.html>.
- Felke, M. & Langenbruch, G.A. 2005. Auswirkungen des Pollens von transgenem Bt-Mais auf ausgewählte Schmetterlingslarven. BfN-Skripten 157.
- Girsch, L., Hartmann, J., Zimmermann, H. & Hohegger, R. 2005. Bericht über das Monitoring einer möglichen Verunreinigung mit zugelassenen und nicht zugelassenen gentechnisch veränderten Organismen (GVO) gemäß GVO-Überwachungs- und Monitoringplan bei Saatgut in der Saison 2004-2005. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Wien.
- Girsch, L., Kramberger, I., Felder, H., Hohegger, R., Mechtler, K., Ratzenböck, A. & Taferner, J. 2004. Die Produktion von Saatgut in abgegrenzten Erzeugungsprozessen zur Vermeidung einer Verunreinigung mit gentechnisch veränderten Organismen im Kontext mit der Koexistenz von konventioneller Landwirtschaft mit oder ohne GVO mit ökologischer Landwirtschaft. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Wien.
- Hanna, H. M., Darren, H. J., Graeme, R. Q. (2002) Field equipment clean-out for identity-preserved grain production. <http://www.extension.iastate.edu/grain/resources/publications/grainproduction.htm>

- Henry, C., Morgan, D., Weekes, R., Daniels, R. & Boffey, C. 2003. Farm scale evaluations of GM crops: monitoring gene flow from GM crops to non-GM equivalent crops in the vicinity. Part I: Forage maize. [www.defra.gov.uk/environment/gm/research/pdf/epg\\_1.5.138.pdf](http://www.defra.gov.uk/environment/gm/research/pdf/epg_1.5.138.pdf).
- Hofmann, F., Schlechtriemen, Wosniok, W. & Foth, M. 2005. GVO-Pollenmonitoring. Technische und biologische Pollenakkumulatoren und PCR-Screening für ein Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen. BfN-Skripten 139.
- Hugger, H. (2005) Trocknung – der Kostenfaktor im Körnermaisbau. In: Zeitschrift Mais, Ausgabe 03, 76 - 79
- Lasok, K.P.E. & Haynes R. 2005. In the matter of co-existence, traceability and labelling of GMOs. [www.foeurope.org/GMOs/gmofree/Coexistence\\_Lasok\\_Advice.pdf](http://www.foeurope.org/GMOs/gmofree/Coexistence_Lasok_Advice.pdf).
- Maier, D. 2005. Grainsafe – On-Farm Quality Assurance Program, Post-Harvest Education & Research Center, Purdue University. [www.grainquality.org](http://www.grainquality.org).
- Meier-Bethke, S. & Schiemann, J. 2003. Effect of varying distances and intervening maize fields on outcrossing rates of transgenic maize. [www.agrsci.dk/gmcc\\_03/abs\\_1htm#1](http://www.agrsci.dk/gmcc_03/abs_1htm#1).
- Mellon, M. & Rissler, J. 2004. Gone to seed. Transgenic contaminants in the traditional seeds supply. [www.ucsusa.org/food\\_and\\_environment/biotechnology/seed\\_release.html](http://www.ucsusa.org/food_and_environment/biotechnology/seed_release.html).
- Mertens, M. 2006. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse hinsichtlich ökologischer und gesundheitlicher Risiken seit der EU-rechtlichen Zulassung der gentechnisch veränderten Maislinie MON810 im Jahr 1998. Gutachten im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen.
- Méssean, A., Angevin, F., Gomez-Barbero, M., Menrad, K. & Rodriguez-Cerezo, E. 2006. New case studies on the coexistence of GM and non-GM crops in European agriculture. Joint Research Centre. <http://www.jrc.es>.
- Messeguer, J., Penas, G., Ballester, J., Serra, J., Salvia, J., Bas, M. & Mele, E. 2005. Pollen mediated gene flow in maize in real situations of co-existence. GMCC-05 – Montpellier, Proceedings 83-87.
- Miller, J. 2006. Bericht zum Erprobungsanbau 2005. Sitzung der Landtagsausschüsse für Umwelt und Verbraucherschutz sowie Landwirtschaft und Forsten, 28.06.06, Freising.
- Miller, J. 2005. Bericht zum Erprobungsanbau 2004. Sitzung der Ausschüsse für Landwirtschaft und Forsten sowie für Umwelt und Verbraucherschutz des Bayerischen Landtags, 23.02.05, München.
- Moch, K. 2005. GMO detection methods still limited. Biotech Mailout November 2005, 12-13.
- Müller, W. (2003) Concepts for Coexistence, im Auftrag des Bundesministeriums für Frauen und Gesundheit, Wien, September 2003, [www.bmgf.gv.at/cms/site/detail.htm?thema=CH0255&doc=CMS1087903299788](http://www.bmgf.gv.at/cms/site/detail.htm?thema=CH0255&doc=CMS1087903299788).
- Neuroth, B. 1997. Kompendium der für Freisetzen relevanten Pflanzen; hier: Solanaceae, Poaceae, Leguminosae. Umweltbundesamt Berlin, Texte 62/97.
- Niebur, W. 1993. Corn. In: Traditional crop breeding practices.: An historical review to serve as a baseline for assessing the role of modern biotechnology. OECD Paris, 113-121.
- OECD 2003. Consensus document on the biology of *Zea mays* subsp. *mays* (maize). [www.oilis.oecd.org/oilis/2003doc.nsf/LiukTo/env-jm-mono\(2003\)11](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2003doc.nsf/LiukTo/env-jm-mono(2003)11).
- Ortega Molina, J.J. 2006. The Spanish experience with co-existence after eight years of cultivation of GM maize. [http://europa.eu.int/comm/agriculture/events/vienna2006/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/agriculture/events/vienna2006/index_en.htm).
- Philp, A. 2002. Existing segregation systems, in: BOCK et al. 2002. Scenario for co-existence of genetically modified, conventional and organic crops in European agriculture, Joint research Center, May 2002, [http://www.jrc.cec.eu.int/download/GMCrops\\_coexistence.pdf](http://www.jrc.cec.eu.int/download/GMCrops_coexistence.pdf).
- Ramsey, G., Thompson, C., Squire, G. (2003) Quantifying landscape-scale gene flow in oilseed rape. Final Report of DEFRA Project RG0216: An experimental and mathematical study of the local and regional scale movement of an oilseed rape transgene.
- Sandivo, Oliver, Widmer, F., Winzler, M., Streit, B., Szerencsits, E., Bigler, F., 2005. Koexistenz verschiedener landwirtschaftlicher Anbausysteme mit und ohne Gentechnik. Schriftenreihe der FAL 55. Agroscope FAL Reckenholz
- Schimpf, M. 2006: Exemplarische Analyse zu maschineller Verschleppung von gentechnisch verändertem Pflanzenmaterial beim überbetrieblichen Maschineneinsatz. Diplomarbeit an der Universität Kassel. Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau
- Squire, G.R., Crawford, J.W., Ramsay, G., Thompson, C.E. & Bown, J. 1999. Gene flow at the landscape level. In: Gene flow and agriculture. Relevance for transgenic crops. British Crop Protection Council, Symposium Proceedings No. 72, 57-64.

- Treu, R. & Emberlin, J. 2000. Pollen dispersal in the crops maize (*Zea mays*), oilseed rape (*Brassica napus ssp oleifera*), potatoes (*Solanum tuberosum*), sugar beet (*Beta vulgaris ssp vulgaris*) and wheat (*Triticum aestivum*). A report for the Soil Association.
- Tolstrup, K., Anderson, S. B.; Boelt, B. (2003) Farm management consequences of separation distances between GM and non-GM crops – analyses of a case study area. [www.agrski.dk/gmcc-03/co\\_exist\\_rapport.pdf](http://www.agrski.dk/gmcc-03/co_exist_rapport.pdf).
- Weber, W.E., Bringezu, T., Broer, I., Holz, F. & Eder, J. 2005. Koexistenz von gentechnisch verändertem und konventionellem Mais. Mais 1 + 2, 2005.
- Weighardt, F. 2006. European GMO labelling thresholds impractical and unscientific. Nature Biotechnology 24, 23-25.