

Ökologische Studien zum Anbau gentechnisch veränderter Kulturen in Deutschland

Dr. Markus Schorling

Studie im Auftrag der Berlin-Brandenburgische Akademie
der Wissenschaften
10117 Berlin

Hamburg
Januar 2008

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1. Einleitung..... | 4 |
| 2. Labor- und Feldversuche | 4 |
| 3. Mais..... | 6 |
| 3.1. Versuche zu Nichtzielarthropoden | 6 |
| 3.1.1. Laufkäfer..... | 8 |
| 3.1.2. Spinnen | 8 |
| 3.1.3. Blattläuse..... | 9 |
| 3.1.4. Blattlausgegensepieler | 10 |
| 3.1.5. Schmetterlinge..... | 10 |
| 3.1.6. Bienen | 11 |
| 3.1.7. Maiszünsler | 12 |
| 3.1.8. weitere Arthropoden | 12 |
| 3.1.9. Versuche zu anderen Tiergruppen | 14 |
| 3.1.10. Monitoring..... | 14 |
| 3.1.11. Koexistenzversuche/Erprobungsanbau..... | 17 |
| 4. Raps | 18 |
| 5. Kartoffel..... | 22 |
| 6. Zusammenfassung..... | 24 |
| 7. Fazit..... | 25 |
| 8. Literatur | 25 |

Abkürzungen

| | |
|-------------|---|
| BBA..... | Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft |
| BLT..... | Bayerische Landesanstalt für Tierzucht |
| BMBF..... | Bundesministerium für Bildung und Forschung |
| BMELV..... | Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz |
| DLR..... | Dienstleistungszentrum ländlicher Raum |
| FAL..... | Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft |
| LBP..... | Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau |
| LfL..... | Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft |
| LfU..... | Bayerisches Landesamt für Umweltschutz |
| LWG..... | Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau |
| MPI..... | Max-Planck-Institut |
| RWTH..... | Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule |
| SRU..... | Sachverständigenrat für Umweltfragen |
| StMUGV..... | Bayerisches Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz |
| UBA..... | Umweltbundesamt |
| ZALF..... | Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V. |

1. Einleitung

Im Jahr 1996 begann der kommerzielle Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP), vor allem in den USA aber auch in China. Im Jahr 2006 wurden weltweit bereits rund 100 Millionen ha GVP angebaut. Dabei handelte es sich ganz überwiegend um zwei agronomische Eigenschaften, die Herbizidtoleranz und die Insektenresistenz.

Zurzeit besteht in Deutschland die einzige Option gentechnisch veränderte Pflanzen anzubauen, in der Verwendung von insektenresistemem Mais (Bt-Mais) mit insektizider Wirkung gegen den Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*). Hierzu liegt eine Reihe von ökologischen Studien vor, die neben Laborversuchen, vor allem die Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen im Feld und im Feldsaum untersucht haben und untersuchen.

Mit der Ausweitung des Maisanbaus, vor allem bei einer regionalen Konzentration, aber auch mit sich ändernden Klimabedingungen, wird der Befall durch den Maiszünsler und zukünftig auch durch den Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera*), zunehmen. Hierin liegt die verstärkte Notwendigkeit für diese Untersuchungen in Deutschland begründet.

Der Fokus richtet sich bei diesem Gutachten auf ökologische Untersuchungen in Deutschland. Dabei wird ein Schwerpunkt auf Feldversuche gesetzt, aber auch Laborversuche zu diesem Thema sollen genannt werden. Daher soll zunächst auf das „Für und Wieder“ von Labor- bzw. Feldversuchen eingegangen werden, um etwas über die Aussagekraft der Untersuchungen auszusagen.

Da, wie oben beschrieben, in Deutschland die einzige Option gentechnisch veränderte Kulturen anzubauen in der Verwendung von Bt-Mais (Cry1Ab) liegt, ist der Fokus von ökologischen Untersuchungen, und damit auch das vorliegende Gutachten, auf dieses transgene Eigenschaft gerichtet. Studien zu anderen Kulturen werden aber auch genannt.

2. Labor- und Feldversuche

Ausgehend von der Frage, welche Auswirkungen der Anbau gentechnisch veränderter Kulturen auf die ökologische Situation nach sich ziehen könnte, liegt es nahe, Feldversuche durchzuführen. Dabei werden nahezu alle Faktoren in der Untersuchung berücksichtigt, die letztendlich in der Praxis relevant werden können. Allerdings kann gerade durch diese unabschätzbare und nicht zu kontrollierende Anzahl von Faktoren der wesentliche Faktor, in diesem Fall die ökologische Auswirkung einer gentechnisch veränderten Kultur, oftmals nur schwer „herausgerechnet“ werden. Für die Ausarbeitung von Fragestellungen bei Feldversuchen können Laborexperimente, die nach LÖVEI & ARPAIA (2005) nur einen Bruchteil der komplexen ökologischen Zusammenhänge erfassen, dienlich sein, indem man sich anhand der gewonnenen Ergebnisse im Labor auf bestimmte Fragestellungen im Feld konzentriert. Bezüglich der Aussagekraft von Laborexperimenten ist allerdings auch zu

bedenken, dass einige Bedingungen, die im Labor geschaffen werden können („worst-case-szenarien“) im Feld nicht unbedingt vorkommen. So sind z. B. Ergebnisse zu Fütterungsversuchen von Schmetterlingslarven mit Bt-Pollen im Labor diesbezüglich zu bewerten. Verschiedene Schmetterlinge kommen z. T. selten in großen Maisschlägen bzw. der Ackerbegleitflora vor oder können in den Saum ausweichen. Außerdem fällt nicht unbedingt der Blühzeitpunkt mit dem Auftreten von Schmetterlingslarven zusammen. Allerdings ist wiederum zu berücksichtigen, dass Bt-Pollen in dem an ein angrenzendes Bt-Feld liegenden Saum vorkommen kann und somit eine „über die Grenzen des Feldes“ hinausreichende Beeinträchtigung vorliegen kann.

Unterschiede bei Feldversuchen bestehen u. a. im Versuchsdesign oder der Größe der Versuchsflächen. Für großflächig angelegte Feldversuche (Feld-Feld-Vergleiche) spricht, dass Beeinflussungen der Varianten untereinander reduziert werden. Bei kleinflächigen Parzellenversuchen könnte z. B. eine höhere Sterblichkeit eines Taxon in der einen Parzelle, durch Immigration von der anliegenden Vergleichsparzelle, kompensiert werden. KENNEDY (1994) beschreibt diesbezüglich Aktivitätsradien von Carabiden. So können z. B. Laufkäfer ein etwa zehn Hektar großes Feld an zwei Tagen überqueren. Neben der beschriebenen Beeinflussung der Varianten untereinander müssen bei Freilanduntersuchungen auch Randeffekte ausgeschlossen werden.

Die von der britischen Regierung in Auftrag gegebene Farm-Scale Evaluation beschreibt weitere Vorteile großangelegter Feld-Feld-Vergleiche (ROTHERY et al., 2002; PERRY et al., 2003). Diese Untersuchungen mit gleichzeitigem Anbau einer gentechnisch veränderten Sorte und einer Kontrollvariante, zeigten einerseits mögliche Unterschiede in der Handhabung beider Sorten auf, andererseits mögliche Unterschiede im Auftreten von Arthropoden im direkten Vergleich (Null Hypothese). Dabei wurden die Varianten nebeneinander auf einer Fläche angebaut (two-tailed, half-field design), um mögliche Einflüsse durch z. B. einen differierenden Bodentyp oder unterschiedliches angrenzendes Habitat zu minimieren.

Bei Feldversuchen können zusätzlich, neben den Auswirkungen, die innerhalb einer Wachstumsperiode auftreten, auch längerfristige Auswirkungen, die z. B. erst nach einem Jahr eintreten, am Ort des Eingriffs studiert werden.

Nachteilig wirkt sich allerdings das Anlegen großflächiger Feldversuche auf eine statistische Auswertung aus. Hierfür wird entweder eine möglichst große Anzahl parallel durchgeführter Feldstudien, oder ein ausreichend großer Probenumfang, also echte Wiederholungen, verlangt. Dadurch erhöht sich der Aufwand enorm. Auch das Ausrichten der Probepunkte anhand eines Rasters, was aus „statistischer Sicht“ von Vorteil wäre, würde den zeitlichen Aufwand extrem erhöhen. Stattdessen haben sich im Feld Linienbonituren bewährt. Nach FREIER et al. (1999) kann bei Feldstudien, in denen Maßnahmen, Intensitäten bzw.

Konzeptionen des Pflanzenschutzes auf kurz- und langfristige ökologische Auswirkungen bewertet werden, niemals die gesamte Arthropodengesellschaft, sondern nur eine Auswahl von Bioindikatoren berücksichtigt werden. Diese Spezialisierung ermöglicht es den Probenumfang zu erhöhen, um der bei ökologischen Untersuchungen unter Feldbedingungen auftretenden hohen Streuung (BROWN, 1998) entgegenzuwirken.

3. Mais

Der Maiszünsler, ein Schmetterling (Ordnung: Lepidoptera) der zur Familie der Zünsler (Pyralidae) gehört, ist der bedeutendste Maisschädling in Deutschland. Zusätzlich zu mechanischen, biologischen oder chemischen Bekämpfungsvarianten besteht die Möglichkeit dem Schädling durch den Anbau von Bt-Mais zu begegnen. Bedingt durch verschiedene Faktoren (z. B. Ausweitung des Maisanbaus, ändernde Klimabedingungen) könnte der Befall durch den Maiszünsler zunehmen. Ebenso besteht die Gefahr, dass zukünftig auch der Maiswurzelbohrer in Deutschland ernstzunehmende Schäden im Mais verursacht.

Neben dem Maiszünsler bzw. dem Maiswurzelbohrer als Zielorganismen lebt eine Vielzahl von Arten direkt oder indirekt vom Mais. Wird Bt-Mais angebaut, könnte sich das auf einzelne Arten über die Nahrungsketten, aber auch auf das Ökosystem und das Gleichgewicht zwischen den Arten auswirken. Ein Großteil der im Folgenden beschriebenen Forschungsprojekte beschäftigt sich damit, ob und wie das in gentechnisch verändertem Mais produzierte Bt-Toxin sich auf diese Tierarten auswirken könnte.

3.1. Versuche zu Nichtzielarthropoden

In den Jahren 2001 – 2004 wurden innerhalb des BMBF-Verbundprojektes „Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais (Cry1Ab)“ sowie in einem Vorläuferprojekt der RWTH Aachen (Lehrstuhl für Biologie V) und dem Institut für biologischen Pflanzenschutz der BBA in Darmstadt in den Jahren 1999 – 2002 verschiedene Teilprojekte zu diesem Thema bearbeitet:

BMBF- Verbundprojekt: Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004 (im Folgenden „**Verbund 1**“ genannt)

- Vorläuferprojekt (1999-2002): Ökologische Auswirkungen von insektenresistentem Bt-Mais auf verschiedene Insekten und den Maiszünsler, RWTH Aachen
- Herstellung von standardisiertem Bt-Toxin, DLR Rheinpfalz
- Auswirkungen auf Blüten besuchende Insekten und räuberische Spinnen, LBP Freising
- Auswirkungen auf Blattläuse und deren Gegenspieler, Uni Göttingen

- Auswirkungen auf Arthropoden (Gliederfüßer), RWTH Aachen
- Auswirkung auf Trauermückenlarven, BBA Braunschweig
- Auswirkungen auf Schmetterlinge und deren Gegenspieler, MPI Jena
- Auswirkungen auf Schlupfwespen, BBA Darmstadt
- Auswirkungen auf die Honigbiene, Uni Jena
- Resistenzentwicklung des Maiszünslers, BBA Darmstadt
- Übertragung von Genen auf Magen-Darm-Organismen bei Rindern, TU München / BLT Grub
- Abbau von Bt-Toxin im Boden und Wirkung auf Mikroorganismen, FAL Braunschweig
- Beweglichkeit von Bt-Toxin im Boden, Uni Trier

In einem weiteren BMBF-Verbundprojekt „Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung transgener Maissorten mit neuen Bt-Genen“ (Laufzeit 2005 – 2008) werden Auswirkungen des Bt-Toxins Cry3Bb1, das die Pflanze gegen den Maiswurzelbohrer schützt, untersucht:

BMBF-Verbundprojekt: Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung transgener Maissorten mit neuen Bt-Genen 2005-2008 (im Folgenden „**Verbund 2**“ genannt)

- Auswirkungen des Anbaus von Diabrotica-resistentem Bt-Mais auf das Mais-Ökosystem I (Boden), RWTH Aachen
- Auswirkungen des Anbaus von Diabrotica-resistentem Bt-Mais auf das Mais-Ökosystem II, RWTH Aachen
- Untersuchungen zur Aktivierung von Bt-Proteinen im Maiswurzelbohrer, BBA Darmstadt
- Untersuchungen zu Nebenwirkungen von Bt-Mais (Cry3Bb1) auf Nicht-Zielorganismen, BBA Darmstadt
- Untersuchungen zum Einfluss von Bt-Mais (Cry3Bb1) auf im Boden lebende Nicht-Zielorganismen, BBA Braunschweig
- Erprobung einer Nematodentests, ibn e.V. Regensburg
- Zucht und Charakterisierung des Maiswurzelbohrers (*Diabrotica v. virgifera*)
- Resistenzentwicklung des Maiswurzelbohrers gegenüber Bt-Mais
- Abbau des Bt-Toxins und Auswirkungen auf die Bodenmikroorganismen, FAL Braunschweig
- Herstellung eines Bt-Toxin-Standards (Cry3Bb1) und Entwicklung von Nachweismethoden, DLR Neustadt
- Verbleib des Bt-Toxins (Cry3Bb1) im Boden, Uni Göttingen
- Methoden zur statistischen Auswertung eines Bt-Mais-Freilandversuchs (Cry3Bb1)

Aber auch weitere Studien beschäftigen sich mit den Auswirkungen des Anbaus von Bt-Mais (hauptsächlich Cry1ab) auf Nicht-Zielorganismen und werden in den folgenden Punkten beschrieben.

3.1.1. Laufkäfer

Auswirkungen von Bt-Maispflanzen auf Laufkäfer waren in den dreijährigen Untersuchungen der RWTH Aachen des Verbundes 1 nicht sichtbar. Bei diesen Untersuchungen wurden die Laufkäfer mittels Bodenfallenfängen im Feld erfasst (SCHUPHAN, 2005).

Ebenso konnten nach SCHORLING (2006) bei fünfjährigen Erhebungen durch Bodenfallenfängen keine signifikanten Unterschiede in der Diversität und Abundanz von Laufkäfern festgestellt werden. Dabei wurden die erhobenen Daten zusätzlich zur klassischen, statistischen Auswertung einer Korrespondenzanalyse unterzogen (FREIER et al., 2004).

Bei den z. Z. laufenden Freiland- und Laboruntersuchungen (2005 - 2008) des Instituts für Umweltforschung (Biologie V) der RWTH Aachen innerhalb des Verbundes 2 sind bislang keine Auswirkungen des Bt-Proteins (Cry3Bb1) auf epigäische (oberirdische) Raub-Arthropoden zu erkennen (BIOSICHERHEIT, 2007b).

Innerhalb desselben Verbundes untersucht das Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland der BBA in Braunschweig die Auswirkungen des Cry3Bb1-Proteins auf räuberische Käfer und deren Larven, die sich von den "Primärzersettern" (z. B. Dipteren-Larven, Springschwänze, Milben, Regenwürmer) ernähren. Ergebnisse liegen noch nicht gesichert vor (BIOSICHERHEIT, 2007i). Da auch der Maiswurzelbohrer, gegen den das Cry3Bb1-Toxin wirkt, ein Käfer ist, wird bei diesen Untersuchungen vermutet, dass auch räuberische Käfer und vor allem deren im Boden jagende Larven durch die Aufnahme von Bt-Protein bzw. Bt-haltiger Beutetiere beeinträchtigt werden.

3.1.2. Spinnen

Auswirkungen von Bt-Maispflanzen auf die Abundanz von Spinnen konnten innerhalb des Vorläuferprojektes zum Verbund 1 nicht erkannt werden (BIOSICHERHEIT, 2002a). Auch in den folgenden, dreijährigen Untersuchungen der RWTH Aachen waren keine Auswirkungen des Anbaus von Bt-Mais sichtbar. Bei diesen Untersuchungen wurden zusätzlich zu Bonituren im Labor die Spinnen mittels Bodenfallenfängen im Feld erfasst (SCHUPHAN, 2005).

Auch nach SCHORLING (2006) konnten bei fünfjährigen Erhebungen durch Bodenfallenfängen keine signifikanten Unterschiede in der Diversität und Abundanz von Spinnen festgestellt werden. Ebenso wie die Daten der Laufkäferfänge wurden die Daten der Spinnenfänge zusätzlich zur klassischen, statistischen Auswertung einer Korrespondenzanalyse unterzogen (FREIER et al., 2004; VOLKMAR et al., 2004).

Das Institut für Pflanzenschutz der LfL in Freising hat innerhalb des Verbundprojektes 1 mittels verschiedener Methoden ebenfalls das Vorkommen von Spinnen in Maisfeldern erfasst. Im Mittel der dreijährigen Untersuchung konnte kein Einfluss von Bt-Mais auf die Spinnenpopulationen ausgemacht werden. Andere (Umwelt-)Faktoren scheinen einen größeren Einfluss auf die Abundanz von Spinnenpopulationen auszuüben. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Menge des Pollens in Spinnennetzen deutlich mit Entfernung zum Maisfeld abnahm. Dies ist z. B. insofern wichtig, da Radnetzspinnen bei der Erneuerung des Netzes das alte Netz auffressen und somit die im Netz befindlichen Partikel wie z. B. Pollenkörner aufnehmen. Allerdings zeigten zeitgleiche Laborversuche an drei Radnetzspinnenarten keine negativen Effekte durch Aufnahme von Bt-Toxin, Bt-Maispollen und/oder von Bienen mit Bt-Maispollentracht (Lang, 2004; LANG & LUDY, 2006).

3.1.3. Blattläuse

Innerhalb des Vorläuferprojektes zum Verbund 1 wurden im Labor Maispflanzen der Versuchsfelder u. a. auf Unterschiede im Besatz von Blattläusen untersucht. Dabei wurden Bt-Mais und die isogene Vergleichslinie mit und ohne Einsatz von chemischen Insektiziden verglichen. Dabei bevorzugten Blattläuse keine der drei Mais-Varianten. Zudem waren keine eindeutigen Effekte zu erkennen, die auf das Anbauverfahren (Einsatz von Pflanzenschutzmitteln) zurückzuführen sind. Kleinere Unterschiede im Auftreten der beiden häufigsten Getreideblattlausarten (*Metopolophium dirhodum* und *Rhopalosiphum padi*) auf den beiden Mais-Varianten waren statistisch nicht abzusichern (Bonitur alle zwei Wochen) (BIOSICHERHEIT, 2002a).

Ebenso konnten in den folgenden, dreijährigen Untersuchungen der RWTH Aachen keine Unterschiede im Auftreten von Blattläusen festgestellt werden (SCHUPHAN, 2005). Im Verbund 2 geht die RWTH Aachen ähnlichen Fragestellungen wie im Verbund 1 nach. Hierbei wird allerdings Mais mit dem Cry3Bb1-Toxin untersucht. Unterschiede im Auftreten von Blattläusen zwischen der transgenen und der isogenen Sorte konnten bislang nicht festgestellt werden (BIOSICHERHEIT, 2007c).

Innerhalb des Verbundes 1 wurde in den Jahren 2001 bis 2003 am Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Abteilung Agrarentomologie der Georg-August-Universität Göttingen der Getreideblattlausbefall von sieben verschiedenen Maissorten im Rahmen eines groß angelegten Feldversuches ermittelt. Ebenso wurden Untersuchungen zu Entwicklungsstadien von Blattläusen im Labor durchgeführt. Dabei ließen sich jeweils keine Unterschiede in der Abundanz oder Populationsentwicklung der Getreideblattläuse bei Bt-Maissorten und den zugehörigen isogenen Sorten feststellen (VIDAL, 2004).

3.1.4. Blattlausgegenspieler

Auswirkungen des Anbaus von Bt-Mais auf die Artenvielfalt der Blattlausgegenspieler konnten innerhalb des Vorläuferprojektes zum Verbund 1 nicht erkannt werden (BIOSICHERHEIT, 2002a), ebenso in den folgenden, dreijährigen Untersuchungen (SCHUPHAN, 2005).

Anhand von Zeltversuchen im Maisfeld sollte innerhalb des Verbundprojektes 1 durch die Georg-August-Universität Göttingen ein möglicher Einfluss der Bt-Maissorte auf die Parasitierungsleistung von Blattlausparasitoiden sowie die Zusammensetzung der Schlupfwespenpopulationen (Parasitoide und Hyperparasitoide) untersucht werden. Ein Einfluss der transgenen Maislinien auf die Parasitierungsleistung der Parasitoide konnte nicht aufgezeigt werden, ebenso waren keine Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Schlupfwespenpopulationen zu erkennen (VIDAL, 2004).

3.1.5. Schmetterlinge

Innerhalb des Vorläuferprojektes der RWTH Aachen (Lehrstuhl für Biologie V) und dem Institut für biologischen Pflanzenschutz der BBA in Darmstadt wurde in Biotests eine mögliche Toxizität bei Larven verschiedener Schmetterlingsarten durch Fütterungsversuche überprüft. Das Bt-Toxin für diese Versuche wurde gentechnisch in *E.coli*-Bakterien hergestellt. Dabei wurde festgestellt, dass Pollen der transgenen Maislinie Bt-176 bei Kohlmotten- (*Plutella xylostella*)- und Kohlweißlingslarven (*Pieris rapae*) die Sterblichkeit erhöhte und Fraß und Wachstum reduzierte. Die Larven einer Erdeulenart (*Agrotis segetum*) wurden nicht merklich geschädigt (BIOSICHERHEIT, 2002a).

In den folgenden, dreijährigen Untersuchungen der RWTH Aachen, die im Freiland stattgefunden haben, konnten keine Unterschiede im Auftreten von Schmetterlingen in der Ackerbegleitflora der Bt-Variante und der isogenen Kontrolle nachgewiesen werden. Dagegen wurde in jedem Jahr ein deutlicher Insektizideffekt, d. h. eine Verringerung der Häufigkeit von Schmetterlingslarven auf ihren Futterpflanzen in den mit Insektizid behandelten Parzellen, beobachtet. Während der drei Versuchsjahre konnten auf Gelbsef (*Sinapis alba*) und Gänsefuß (*Chenopodium album*) elf Arten nachgewiesen werden. Bis auf die Kohlmotte und den Kleinen Kohlweißling kamen alle Arten nur in sehr geringen Mengen vor (SCHUPHAN, 2005).

Die LfL in Freising hat innerhalb des Verbundprojektes „Monitoring der Umweltwirkung des Bt- Gens“ gefördert durch das StMUGV bei Fütterungsversuchen im Labor mit Pollen von Bt-Mais (Bt176) an Schmetterlingsraupen deutlich negative Effekte auf die Raupen des Schwalbenschwanzes (*Papilio machaon*) festgestellt (LANG & VOJTECH, 2006; LANG et al, 2005a; LANG et al, 2005b).

Weiterführend zum Verbund 1 hat die BBA Darmstadt in den Jahren 2001 – 2003 die Wirkung von Bt-Pollen auf verschiedene Schmetterlinge überprüft. Nachdem im Freiland

Schmetterlinge (Tag- und Nachtfalter) kartiert wurden, um potenziell gefährdete Arten zu finden, wurden Fütterungsversuche mit Bt176 und Mon810 Pollen zur Untersuchung der Sterblichkeit durchgeführt. Anhand der Ergebnisse kann keine allgemeine Aussage über das Gefährdungspotenzial von Bt176 abgegeben werden. Sowohl Sterblichkeit als auch subletale Effekte der untersuchten Schmetterlingsarten variierten, je nach Art, stark. Der Anbau von Mon810 wird bezüglich des Schmetterlingsschutzes im Vergleich zu Bt176 Mais als weniger problematisch angesehen. So weist Mon810 im Pollen einen sehr geringen Bt-Toxin-Gehalt auf. Da der Pollen mit Futterpflanzen in der Umgebung von transgenen Maisfeldern aufgenommen werden kann, muss für die Larven der kartierten Schmetterlingsarten gegenüber Maispollen eine hohe Expositionswahrscheinlichkeit angenommen werden (FELKE & LANGENBRUCH, 2005).

Die Abteilung Biochemie der Pflanzen und Molekularbiologie des MPI für Chemische Ökologie in Jena hat innerhalb des Verbundes 1 die Abgabe von volatilen Stoffen der unterschiedlichen Maissorten gemessen. Die Fragestellung dieser Untersuchung liegt darin begründet, da Maispflanzen, nach Fraßschäden durch Schmetterlingslarven, flüchtige Stoffe (Duftstoffe, volatile Stoffe) abgeben (indirekte Verteidigung), die Gegenspieler der Schmetterlinge anlocken. Ziel des Projektes war es, zu prüfen, ob die indirekte Verteidigung durch das Bt-Toxin beeinflusst wird. Dabei kam heraus, dass weder im Feld noch im Labor zwischen transgem und nicht transgem Mais qualitative Unterschiede in der Duftstoffabgabe bestehen. Allerdings wurden bei Mon810 und dessen Vergleichssorte signifikante Unterschiede in der abgegebenen Menge gefunden. Es konnte aber gezeigt werden, dass dieser Unterschied nicht durch das eingebrachte Bt-Gen verursacht wird, sondern auf einem Sorteneffekt beruht, und dass Unterschiede zwischen konventionellen Sorten in Zusammensetzung und Menge der abgegebenen Duftstoffe den gefundenen Unterschied zwischen Mon810 und dessen Vergleichslinie bei weitem übertreffen (DEGENHARDT, 2004).

3.1.6. Bienen

Am Institut für Ernährung und Umwelt der Universität Jena wurde innerhalb des Verbundes 1 die Wirkung von Bt-Maispollen auf Toxizität für Adulte und Larven der Honigbiene (*Apis*) sowie an Kleinstvölkern im Labor und Freiland geprüft. Generell konnte eine chronisch toxische Wirkung von Bt-Mais der Sorten Bt176 und Mon810 auf gesunde Honigbienenenvölker nicht nachgewiesen werden. Berücksichtigt man die extremen Versuchsbedingungen im Labor (Dauer von sechs Wochen, erhöhter Bt-Toxingehalt), so könne eine toxische Wirkung auf gesunde Bienen unter natürlichen Bedingungen mit großer Sicherheit ausgeschlossen werden. Dieses Ergebnis sei zusätzlich dadurch untermauert, dass Honigbienen selbst in den Agrarräumen mit großen Maisschlägen nur wenig Maispollen (weniger als drei Prozent) sammeln, wenn andere Pflanzen als Pollenquellen zur Verfügung stehen (KAATZ, 2005).

3.1.7. Maiszünsler

Im Vorläuferprojekt des Verbundes 1 wurden Maiszünslerlarven gesammelt und im Labor gezüchtet. Es wurde getestet, ob diese auf die verschiedenen Bt-Varianten (Bt176 und Mon 810) sowie ein konventionelles Bt-Präparat unterschiedlich reagieren. Es wurden keine Hinweise gefunden, dass Zünsler auf die Bt-Varianten unterschiedlich reagieren (BIOSICHERHEIT, 2002a).

Die BBA in Darmstadt führte innerhalb des Verbundes 1 Untersuchungen zur frühzeitigen Entdeckung einer Resistenzentwicklung des Maiszünslers durch. Dabei wurden über drei Jahre Maiszünslerlarven in Bt-Maisfeldern gesammelt und auf Bt-Empfindlichkeit bzw. Resistenz (bis zur 3. Generation) überprüft. Dabei wurden keine resistenten Tiere gefunden (KAISER-ALEXNAT & WAGNER, 2007, KAISER-ALEXNAT et al., 2005).

3.1.8. weitere Arthropoden

Bei allen Studien war die Frage wichtig, ob die verschiedenen Tierarten in einem Bt-Maisfeld direkt, also durch Aufnahme von Pflanzenmaterial (herbivor), oder indirekt, durch z. B. den Fraß von herbivoren Tieren, mit dem Bt-Toxin in Kontakt kommen. So wurde z. B. an der RWTH Aachen mittels eines ELISA-Tests nachgewiesen, dass Zikaden das Cry1Ab-Toxin mit der Nahrung aufnehmen. Dabei wurden aber keine Auswirkungen vom Bt-Mais auf die Abundanz von Zikaden, im Besonderen auf die in Maisbeständen am häufigsten anzutreffende Zikadenart *Zyginidia scutellaris* (Maisblatt-Zikade), sichtbar (SCHUPHAN, 2005).

Am Institut für biologischen Pflanzenschutz der BBA in Darmstadt wurden durch Fraßversuche im Labor die Auswirkungen von Bt-Mais als Nahrung für spezielle Schlupfwespen (*Trichogramma*) untersucht (Verbund 1). Schlupfwespen sind als natürliche Gegenspieler zahlreicher Schädlinge, vor allem von schädlichen Schmetterlingsarten (z. B. Maiszünsler) von Bedeutung. Neben der direkten Toxizität auf die erwachsenen Schlupfwespen waren bei diesen Untersuchungen die Wirkungen auf die Eiablage, das Suchverhalten (Wirtsfindung), sowie Lebens- und Entwicklungsdauer der Nachkommen von Interesse. Dabei war auch nach sieben Generationen kein Einfluss des Bt-Pollens auf die genannten Fragestellungen zu beobachten (BIOSICHERHEIT, 2005a). Freilanduntersuchungen wurden aufgrund dieser Ergebnisse nicht durchgeführt.

Am Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland der BBA in Braunschweig wurde der Frage nachgegangen, inwieweit die im Boden lebenden Zersetzer (saprophage Dipteren), insbesondere Trauermückenlarven, durch das Bt-Toxin geschädigt werden, und ob daraus folgernd eine Reaktion auf die Lebensgemeinschaft im Boden und damit eine Veränderung der Bodenfruchtbarkeit durch die Störung der Stoffkreisläufe gegeben sei (Verbund 1). Im Laufe der dreijährigen Untersuchungen fanden sich in der Bt-Variante zunächst die größte Artenvielfalt, die höchste Schlupfrate und die höchste

Zersetzungslleistung. In den Folgejahren setzte sich die Bevorzugung der Bt-Variante jedoch nicht fort. Im Labor konnte bei Fütterung der Trauermückenart *Lycoriella castanescens* mit Maisstreu von Bt-Mon810 sowie von seiner isogenen Ausgangssorte mit Insektizidbehandlung eine längere Zeitspanne bis zur Verpuppung beobachtet werden als bei Fütterung mit Maisstreu der anderen Maisvarianten. Bei Versuchen, in denen mit Mon810 Bt-Maisstreu aufgezogene Trauermückenlarven an Larven räuberischer Käferarten verfüttert wurden, konnte der Effekt der Entwicklungsverzögerung ebenfalls nachgewiesen werden. Bt176 zeigte diesen Effekt nicht (BÜCHS et al, 2004).

Im Verbund 2 geht das Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland der BBA Braunschweig ähnlichen Fragestellungen nach. Hierbei werden aber Auswirkungen des Bt-Toxins Cry3Bb1 untersucht. Erste Laborergebnisse zeigen, dass die Fütterung der Trauermückenlarven weder mit Bt-Maisstreu noch mit Bt-Maiswurzeln deren Verpuppungs- und Schlupfraten verminderte. Die Dauer der Puppenruhe war in allen Maisvarianten fast identisch. Allerdings war mit Fütterung von Bt-Maisstreu, im Vergleich zur Fütterung zweier konventioneller Maissorten, die Larvalentwicklung signifikant verkürzt (BIOSICHERHEIT, 2007i).

Die LfL in Freising hat innerhalb des Verbundprojektes „Monitoring der Umweltwirkung des Bt- Gens“ gefördert durch das StMUGV bei den untersuchten mikrobiellen Parametern (Biomasse und Enzymaktivität) zwischen Bt-Mais und dem konventionellen Mais keine Unterschiede beobachtet. Auch bei Untersuchungen zur Bodenfauna (Regenwürmer, Springschwänze, Nematoden) gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen Bt- und konventionellem Mais. In dem Vorläuferprojekt des Verbundes 1 konnte ebenfalls kein Einfluss der Bt-Variante auf das Vorkommen von Springschwänzen festgestellt werden (Vorläuferprojekt, LANG et al, 2005a LANG et al, 2005b).

Ebenfalls konnten bei z. Z. laufenden Freiland- und Laboruntersuchungen (2005 -2008) des Instituts für Umweltforschung (Biologie V) der RWTH Aachen innerhalb des Verbundes 2 keine Auswirkungen des Bt-Proteins (Cry3Bb1) auf im Boden lebende Organismen, die am Abbau der Maispflanze beteiligt sind (u. a. Hornmilben, Raubmilben und Springschwänze), festgestellt werden (BIOSICHERHEIT, 2007b). Ergebnisse zu Arthropoden der Krautschicht (hauptsächliches Augenmerk auf Käfer, Wanzen und Zikaden) und deren Gegenspieler (z. B. Spinnen) liegen noch nicht vor (BIOSICHERHEIT, 2007c).

Bei bodenmikrobiologischen Auswirkungen des Cry3Bb1-Proteins des Instituts für Agrarökologie der FAL in Braunschweig (Verbund 2) konnten keine Unterschiede der Bakteriengemeinschaften in Rhizosphären auf die Maissorte zurückgeführt werden. Auch deuten die Untersuchungen darauf hin, dass das Cry3Bb1-Protein instabil ist und sich nach der Ernte in den verbleibenden Pflanzenresten schnell zersetzt und sehr schnell im Boden abgebaut wird (BIOSICHERHEIT, 2007a).

Im Teilprojekt des Verbundes 2 untersucht das Institut für biologischen Pflanzenschutz der BBA in Darmstadt mögliche Nebenwirkungen des Pollens von Bt-Mais (Cry3Bb1) auf Blattkäfer (Chrysomelidae) im Labor. Hierbei liegt die Vermutung nahe, dass neben dem Maiswurzelbohrer auch andere Blattkäferarten geschädigt werden könnten. Erste Ergebnisse zeigen, dass nach Fütterung hoher Dosen isogenen bzw. transgenen Maispollens (ca. 750 Pollenkörner pro Larve) kein Effekt auf die Sterblichkeit, die Gewichtszunahme bzw. die Verpuppungsrate im Vergleich zu Kontrollen bei den untersuchten Blattkäferarten festgestellt werden konnte (BIOSICHERHEIT, 2007h).

3.1.9. Versuche zu anderen Tiergruppen

Der Lehrstuhl für Physiologie der TU München und die BLT untersuchten innerhalb des Verbundes 1 die Auswirkungen von Bt-Mais auf höhere Wirbeltiere am Beispiel des Rindes. Im Untersuchungszeitraum (61 Tage) wurde ein deutlicher Abbau pflanzlicher und transgener DNA im Verlauf der Silierung festgestellt. Die DNA-Fragmente waren kleiner als ein funktionsfähiges Gen. Die Menge des Bt-Proteins nahm nach zwei Tagen rapide ab. Nach zwei Monaten Silierungsdauer wurde nur noch etwa ein Viertel der ursprünglichen Ausgangsmenge gemessen. Die DNA des Bt-Maises wurde im Magen-Darm-Trakt der Rinder abgebaut. Es konnten nur pflanzliche DNA-Fragmente aus Chloroplasten nachgewiesen werden, die in Pflanzenzellen vielfach auftreten, nicht aber das Bt-Gen oder das gentechnisch eingeführte Ampicillinresistenz-Gen, die in der DNA des Zellkerns integriert sind. In den Verdauungssäften, nicht aber in den Gewebezellen des Magen-Darm-Trakts wurden Abbauprodukte des Bt-Proteins nachgewiesen. Auch war kein horizontaler Gentransfer von pflanzlicher DNA auf Bakterien des Rindes nachweisbar und es wurden keine Unterschiede in der Zusammensetzung der Bakterienpopulationen im Rinderpannen zwischen den isogen und transgen gefütterten Tieren gefunden (ALBRECHT, 2005).

Bei aktuell laufenden Untersuchungen des Instituts für integrierten Pflanzenschutz der BBA in Kleinmachnow innerhalb des Verbundes 2 werden im Rahmen eines Monitorings der Auswirkungen von Bt-Mais (Cry1Ab) u. a. Vogelbeobachtungen durchgeführt. Bislang gab es keine Hinweise dafür, dass die räumliche Verteilung der Vögel auf den Untersuchungsflächen durch die angebauten Maissorten beeinflusst wurde (BIOSICHERHEIT, 2007g).

3.1.10. Monitoring

Gentechnisch veränderte Pflanzen stehen auch nach ihrer Zulassung unter Beobachtung. Mit dem anbaubegleitenden Monitoring soll rechtzeitig festgestellt werden können, ob sich gv-Pflanzen negativ auf die Umwelt auswirken. Das anbaubegleitende Monitoring ist eine gesetzlich vorgegebene Pflichtaufgabe.

Viele der genannten Studien geben Empfehlungen für ein Monitoring gentechnisch veränderter Kulturen. Dabei werden neben ausgewählten Indikatoren auch geeignete Methoden für ein Monitoring genannt (KAATZ, 2005; MEIER & HILBECK, 2005; SCHORLING, 2006; SCHUPHAN, 2005; VIDAL, 2004).

Weitere Studien wurden innerhalb des Forschungsverbundes „Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem“ in den Jahren 2001 – 2004 durchgeführt:

Konzept und Methoden zum anbaubegleitenden Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen. Länder- und Kulturarten-übergreifende Fragestellungen

Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit der BBA in Braunschweig. Siehe:

Wilhelm, R., Beißner, L., Schiemann, J. (2002): Gestaltung des Monitorings der Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem. *Gesunde Pflanzen* 54 (6), 194-206.

Beißner, L., Wilhelm, R., Schiemann, J. (2004): Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem. Posterpräsentation auf dem Statusseminar „Sicherheitsforschung und Monitoring“ 2004 in Berlin am 16. Juni 2004. <http://www.biosicherheit.de/pdf/statusseminar2004/poster69.pdf>.

Konzept für ein anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen am Beispiel Brandenburg

ZALF in Müncheberg. Siehe:

ZALF (2004): Analyse der landwirtschaftlichen Nutzung und ihrer Entwicklungsoptionen in Brandenburg als Grundlage von Konzepten für anbaubegleitendes Monitoring - Entwicklung von Monitoringkonzepten in Beziehung zu regionalspezifischen Wechselwirkungen zwischen agronomischen, ökologischen und betrieblichen Parametern am Beispiel ausgewählter Agrarlandschaften Brandenburgs. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: „Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem“ - Schlussbericht. 36 S.

<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb05/494297824.pdf>.

Die Bedeutung von Landschaftsstrukturen für die Entwicklung eines anbaubegleitenden Monitoring

Büro für Landschaftsökologie und Umweltstudien (BLaU-Umweltstudien) in Göttingen. Siehe: BLAU (2004): Evaluierung standörtlicher, zönotischer und landschaftsstruktureller Komponenten zur Entwicklung eines anbaubegleitenden Monitorings. Veröffentlichung der

Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: „Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem“ - Schlussbericht. 53 S. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb06/506977498.pdf>.

Biomonitoring - Neue Methoden zum Nachweis transgener DNA in Boden- und Pflanzenproben

Fachbereich Biologie, Arbeitsgruppe Genetik der Universität Oldenburg. Siehe:

Vries, J. (2004): Entwicklung eines Biomonitoring- Verfahrens zum Nachweis transgener DNA. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: „Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem“ - Schlussbericht. 32 S. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb05/493570764.pdf>.

Auswirkungen auf assoziierte Mikroorganismen: Weiterentwicklung molekularer Methoden der Strukturanalyse von Pilzgemeinschaften für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem

Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit der BBA in Braunschweig. Siehe:

Biosicherheit (2004b): Die Strukturanalyse von Pilzgemeinschaften im Rahmen des anbaubegleitenden Monitoring.

<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/73.doku.html>.

Nahezu zeitgleich (ab 2000) wurden in Bayern Projekte zum Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Organismen vom StMUGV und dem UBA gefördert:

Umweltmonitoring möglicher Auswirkungen des landwirtschaftlichen Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen auf die einheimische Flora

LfU in Augsburg (2000 - 2004).

Entwicklung eines Konzeptes für die Untersuchung des Einflusses von GVPs auf die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft in Nichtzielökosystemen

LfU in Augsburg (2001 - 2004).

Prüfung der Raumrepräsentativität von Pollensammlern für ein Langzeitmonitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen GVP

Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Freising – Weihenstephan der TU München (2001 - 2004).

Persistenz und Ausbreitung gentechnisch veränderter Kulturpflanzen und potenziell kreuzungskompatibler Wildpflanzen

Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW), Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Freising – Weihenstephan der TU München (2000 – 2004).

Persistenz und Ausbreitung von transgenem Raps unter praxisnahen Bedingungen. Teilprojekt: Bestimmung von Halbwertszeiten transgener Kulturpflanzen in der Umwelt

Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung, Freising – Weihenstephan der TU München (2000 – 2006).

Gentechnik bei Reben und begleitende Sicherheitsforschung

LWG in Veitshöchheim (2001 – 2003)

Alle Projekte sind zusammenfassend im Tagungsband des Abschlussseminars zu den bayerischen Projekten „Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Organismen“ vom 21.11.2005 in Augsburg dokumentiert. Siehe:

http://www.biosicherheit.de/pdf/projekte/bayern-projekte_seminar.pdf.

3.1.11. Koexistenzversuche/Erprobungsanbau

Bei einem verstärkten Anbau gentechnisch veränderte Organismen als Nahrungs- Futter- oder Energiepflanzen bestünde die Gefahr der unerwünschten Ausbreitung gentechnisch veränderten Materials in Böden, Organismen und Pflanzenpopulationen (SRU, 2007) Mit diesem Hintergrund werden in einem seit 2004 in Deutschland durchgeführten Erprobungsanbau mit Bt-Mais unter Praxisbedingungen Ergebnisse zur Koexistenz verschiedener Anbausysteme unter Berücksichtigung unterschiedlicher Agrarstrukturen erarbeitet. Die Ergebnisse der Jahre 2004 und 2005 waren recht unterschiedlich. So wurden im zweiten Untersuchungsjahr auch in größeren Entfernungen (über 20 Meter) GVO-Einträge von Bt-Mais gemessen, die den für die Kennzeichnung maßgebenden Schwellenwert von 0,9 % überschritten. Als Empfehlung für die Praxis wird ein Abstand zwischen Bt-Mais und konventionellem Mais von 50 Metern mit einer beliebigen anderen Feldfrucht vorgeschlagen. Zusätzlich sollte ein Streifen von 25 Meter des konventionellen Mais zusammen mit Bt-Mais verwertet und entsprechend gekennzeichnet werden. Der Erprobungsanbau berücksichtigt jedoch nur mögliche GVO-Einträge durch Pollenflug. Weitere Aspekte, wie etwa mögliche Vermischungen während und nach der Ernte, bei Transport, Lagerung und Verarbeitung, sollen im Weiteren untersucht werden (TRANSGEN, 2007). Das BMELV hat die begonnenen Versuche zur Koexistenz verschiedener landwirtschaftlicher Systeme mit und ohne Gentechnik fortgesetzt. Anhand dieser ersten Ergebnisse war eine Ableitung von verlässlichen Mindestabständen noch nicht gegeben

(BIOSICHERHEIT, 2006a). In der im Kabinett am 8. August 2007 gebilligten Novelle des Gentechnikrechts wird für GV-Mais ein Mindestabstand gegenüber konventionellen Maiskulturen von 150 Metern und gegenüber ökologischen Maiskulturen von 300 Metern in der Verordnung zur Guten fachlichen Praxis festgesetzt. (BMELV, 2007). Für weitere Kulturen liegen Daten für Anbauempfehlungen vor (BIOSICHERHEIT, 2007f), die aber noch nicht gesetzlich verankert sind. Gerade bei der Kultur Raps wurden/werden Untersuchungen bzgl. der Koexistenz durchgeführt, die im folgenden Kapitel dargestellt werden.

4. Raps

Das Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit der BBA in Braunschweig hat in den Jahren 1999 - 2002 Untersuchungen zur Auskreuzung beim großflächigen Anbau von unterschiedlichem herbizidresistenten Raps durchgeführt (DIETZ-PFEILSTETTER & ZWERTGER, 1999).

Dabei kam heraus, dass mit zunehmender Entfernung die Einkreuzung der Transgene in alle Richtungen stark abnahm. In 50 Meter Entfernung von den transgenen Pflanzen lag die Einkreuzungshäufigkeit unabhängig von der Windrichtung im Mittel unter 0,1 Prozent. Durch eine zehn Meter breite Freifläche zwischen den unterschiedlichen Rapsflächen wurde die Einkreuzung in die Mantelsaat insbesondere am inneren Feldrand deutlich reduziert.

Nach der Ernte trat Ausfallraps im praxisüblichen Umfang auf, wobei doppelt herbizidresistenter Ausfallraps fast ausschließlich in direkter Nachbarschaft der beiden transgenen Linien zu finden war. Durch nicht-wendende Bodenbearbeitung wurde doppelresistenter Ausfallraps vernichtet (BIOSICHERHEIT, 2003).

Am Institut für integrierten Pflanzenschutz der BBA in Kleinmachnow wurde in den Jahren 1998 – 2000 unter praxisnahen Bedingungen das Ausmaß einer Pollenverbreitung von transgenem herbizidtolerantem Raps sowohl über den Wind als auch über Insekten festgestellt. Dabei wurden Wildbienen, z. B. Erdhummeln und Sandbienenarten als wichtigste Pollenüberträger des Rapses auf verwandte Pflanzenarten ausgemacht. Die Rapspollenmenge nimmt in starker Abhängigkeit von Temperatur und Niederschlag in der Luft mit zunehmender Entfernung vom Feld rasch ab und beträgt in einem Abstand von zehn Metern nur noch ca. vier bis fünf Prozent. Unter Freilandbedingungen konnte nur eine deutliche Auskreuzung des Transgens auf Sareptasenf nachgewiesen werden. Die aus der Auskreuzung von transgenem Raps auf Sareptasenf hervorgegangenen Nachkommen waren zum Teil fruchtbar (BIOSICHERHEIT, 2002b, SAURE et al., 1999).

In weiteren Studien des Instituts für integrierten Pflanzenschutz der BBA in Kleinmachnow und des Instituts für Agrarökologie der FAL in Braunschweig in den Jahren 2001 – 2004 wurde zum einen untersucht, welchen Anteil die DNA von transgenem Pollen an der Gesamt-DNA des gesammelten Pollens und damit am Futter von Bienenlarven besitzt und

ob eine Mantelsaat aus konventionellem Raps diesen Anteil verringert und zum anderen, ob es bei der Verdauung von Rapspollen in Bienen zu einem Gentransfer von Raps-DNA, insbesondere transgener DNA auf Mikroorganismen des Magen-Darmtraktes der Bienen kommt. Dabei kam heraus, dass alle untersuchten Bienenarten transgenen Rapspollen aus den Versuchspartzen gesammelt und an ihre Brut verfüttert haben. Während bei der Honigbiene (*Apis*) und der Erdhummel (*Bombus terrestris*) die Anteile etwa drei Prozent betragen, wurde von den Mauerbienen (*Osmia rufa*) bis zu elf Prozent transgener Pollen gesammelt. Zudem zeigten die Untersuchungen, dass die Barrierefunktion einer Mantelsaat aus konventionellem Raps nicht ausreicht, um eine Pollenausbreitung in angrenzende Kulturflächen zu verhindern. Auch in einer Entfernung von 100 Metern enthalten über 30 Prozent der Brutzellen der Mauerbiene transgene Rapspollen, was bedeutet, dass transgene Pollen auch in entferntere Kulturflächen getragen werden. Der Anteil transgener Pollen am Larvenfutter erreichte in 25 Metern 1,6 Prozent, in 100 Metern 0,8 Prozent (SICK et al., 2004).

Die FAL konnte bei diesen Untersuchungen keinen Transfer von Glufosinat-Resistenzgenen aus Pollen von GVO-Raps auf Darmbakterien unter Freilandbedingungen nachweisen und sieht dies damit auch als ein sehr unwahrscheinliches Ereignis an. Allerdings sei das genetische Potenzial zur Aufnahme von DNA aus der Umwelt bei Darmbakterien vorhanden und sollte im Zusammenhang mit der Sicherheitsbewertung beim Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen berücksichtigt werden. Allerdings seien die ökologischen Konsequenzen eines horizontalen Gentransfers von herbizidtolerantem Raps nicht signifikant, da ein erheblicher Anteil der Bakterien in der Umwelt bereits natürlich resistent gegenüber Glufosinat sei (TEBBE, 2004).

Weitere Studien zu transgenem Raps:

Abbauverhalten von Phosphinothricin in sensitiven und transgenen Mais- und Rapszellen sowie in ganzen Pflanzen

Bayerische Landesanstalt für Ernährung und Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, München (1997 - 2000), siehe:

Ruhland M., Engelhardt G., Pawlizki K.H. (2000) Verbleib und Metabolismus von Glufosinat in transgenen, BASTA-resistenten Raps- und Maiszellen. Gesunde Pflanzen 52, 248-253.

Entwicklung eines standardisierten Verfahrens zum begleitenden Monitoring von Auswirkungen von transgenen Kulturpflanzen auf die mikrobielle Rhizosphärengemeinschaft

Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie, Abteilung Angewandte Mikrobiologie und Biosafety, Schmallenberg (2001 - 2005).siehe:

Biosicherheit (2006b): Untersuchung Pflanzen-assoziiierter mikrobieller Lebensgemeinschaften. <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/12.doku.html>. (16.01.2008).

Untersuchungen zur natürlichen Ausbreitung eines künstlich eingefügten Gens innerhalb der Gattung Brassica

Freie Universität Berlin, Institut für Angewandte Genetik (1989 - 1993), siehe:

Hoffmann, T., Golz, C., Schieder O. (1994) Foreign DNA sequences are rechieved by a wild-type strain of *Aspergillus niger* after co-culture with transgenic higher plants. *Current Genetics* 27, 70-76.

Morphologische und molekulargenetische Charakterisierung verwilderter Kruziferenpflanzen von Ruderalstandorten – Grundlage für die Abschätzung des Ausbreitungspotentials von Transgenen aus Kulturpflanzen.

BBA, Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und Biologische Sicherheit, Braunschweig (2001 - 2004), siehe:

Schönfeld, J., Zwerger, P., Dietz-Pfeilstetter, A. (2004): Das Ausbreitungsverhalten von verwilderten Rapspflanzen. Posterpräsentation auf dem Statusseminar „Sicherheitsforschung und Monitoring“ 2004 in Berlin am 16. Juni 2004. <http://www.biosicherheit.de/pdf/statusseminar2004/poster05.pdf>.

Befallsverhalten von Hybriden des Rapses gegenüber phytopathogenen Pilzen

Max-Planck-Institut (MPI) für Züchtungsforschung, Arbeitsgruppe Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Köln (2001 - 2004), siehe:

Anonymus (2004): Befallsverhalten transgener Hybride von Raps gegenüber phytopathogenen Pilzen. 5 S.

<http://www.biosicherheit.de/pdf/statusseminar2004/poster24.pdf>. (16.01.2008).

Biosicherheit (2005b): Wie verhalten sich Kreuzungsnachkommen von Sommerraps und Sommerrüben gegenüber pflanzlichen Krankheitserregern?

<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/24.doku.html>. (16.01.2008).

Genotypische Variation der Überdauerungsneigung von gentechnisch verändertem und konventionell gezüchtetem Raps und Möglichkeiten der Beeinflussung durch pflanzenbauliche Maßnahmen.

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (2001 - 2004), siehe:

Biosicherheit (2004a): Die Überdauerungsneigung von gentechnisch verändertem und konventionell gezüchtetem Raps.

<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/6.doku.html>. (16.01.2008).

Verbund GenEERA Modellierung zum Ausbreitungsverhalten von Raps im Landschaftsmaßstab (2001 – 2004):

GenEERA I – Generische Erfassung und Extrapolation der Raps- Ausbreitung, Modellbildung, Fernerkundung und Geographisches Informationssystem und Gesamt-Koordination des Verbundes. Siehe:

Breckling B., Middelhoff, U., Borgmann, P., Menzel, G., Brauner, R., Born, A., Laue, H., Schmidt, G., Schröder, W., Wurbs, A., Glemnitz, M. (2003): Biologische Risikoforschung zu gentechnisch veränderten Pflanzen in der Landwirtschaft: Das Beispiel Raps in Norddeutschland, GfÖ Arbeitskreis in der Ökologie 2003: Gene, Bits und Ökosysteme, P.Lang Verlag Frankfurt/M, S. 19- 45.

http://www.biosicherheit.de/pdf/projekte/74p_breckling_etal_final.pdf.

GenEERA II – Generische Erfassung und Extrapolation der Raps- Ausbreitung, Geostatistisches Up- scaling und Regionalstudie Niedersachsen. Siehe:

Schröder, W., Schmidt, G. (2004): Generische Erfassung und Extrapolation der Raps- Ausbreitung, Geostatistisches Up- scaling und Regionalstudie Niedersachsen. Posterpräsentation auf dem Statusseminar „Sicherheitsforschung und Monitoring“ 2004 in Berlin am 16. Juni 2004.

http://www.biosicherheit.de/pdf/statusseminar2004/poster74_vechta.pdf.

GenEERA III – Generische Erfassung und Extrapolation der Raps- Ausbreitung, Regionalstudie Schleswig- Holstein. Siehe:

Middelhoff, U., Windhorst, W., Reiche, E.W., Rinker, A., Tillmann, J. (2004): Generische Erfassung und Extrapolation der Raps- Ausbreitung, Regionalstudie Schleswig- Holstein. Posterpräsentation auf dem Statusseminar „Sicherheitsforschung und Monitoring“ 2004 in Berlin am 16. Juni 2004.

<http://www.biosicherheit.de/pdf/statusseminar2004/poster146.pdf>.

GenEERA IV – Generische Erfassung und Extrapolation der Raps- Ausbreitung, Regionalstudie Nordost-Deutschland. Siehe:

Funke, B., Glemnitz, M., Wurbs, A. (2004): Generische Erfassung und Extrapolation der Raps- Ausbreitung, Regionalstudie Nordost-Deutschland. Posterpräsentation auf dem Statusseminar „Sicherheitsforschung und Monitoring“ 2004 in Berlin am 16. Juni 2004.

http://www.biosicherheit.de/pdf/statusseminar2004/poster74_zalf.pdf.

5. Kartoffel

Zeaxanthin-Kartoffel

Die Zeaxanthin-Kartoffel reichert aufgrund einer gentechnischen Veränderung in ihren Knollen das Carotinoid Zeaxanthin an, welches vor der Altersblindheit schützen soll. Ursprünglich angedacht als "functional food", Lebensmittel mit gesundheitsfördernder Wirkung, dient die Kartoffel nun als Modellpflanze für die Sicherheitsforschung.

Fruktan-Kartoffel

Durch eine gentechnische Veränderung bildet die Fruktan-Kartoffel in ihren Knollen Fruktan, einen Ballaststoff, dem gesundheitsfördernde Wirkung nachgesagt wird. Eine Markteinführung dieser Kartoffel wird heute nicht mehr angestrebt. Ebenso dient diese Kartoffel nun als Modellpflanze für die Sicherheitsforschung.

Einfluss der Freisetzung von transgenen Kartoffeln auf die Funktionalität der Bodenmikroflora, und Evaluierung der Verbreitung von Samen

Lehrstuhl für Bodenökologie, Oberschleissheim der TU München (2005 – 2008), siehe:

Biosicherheit (2007d): Einfluss der Zeaxanthin-Kartoffel auf das Bodenleben und die Bodenqualität. <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/155.doku.html>. (22.01.2008).

Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit der BBA Braunschweig (2005 - 2008), siehe:

Biosicherheit (2007e): Einfluss der Zeaxanthin-Kartoffel auf das Bodenleben – Vielfalt der Bakterien und Pilze im Wurzelraum.

<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/156.doku.html>. (22.01.2008).

Auswirkungen einer transgenen Fruktan- Expression in Kartoffeln auf phänotypische und pflanzenschutzrelevante Eigenschaften im Vergleich mit dem Wildtyp und weiteren konventionellen Sorten

Institut für Integrierten Pflanzenschutz, BBA in Kleinmachnow (2001 - 2004), siehe:

Roppel, P., Hommel, B. (2004): Auswirkungen auf phänotypische und pflanzenschutzrelevante Eigenschaften von Fructan-Kartoffeln im Vergleich mit der Ausgangssorte und konventionellen Sorten. Präsentation auf dem Statusseminar „Sicherheitsforschung und Monitoring“ 2004 in Berlin am 16. Juni 2004.

<http://www.biosicherheit.de/pdf/statusseminar2004/poster01.pdf>.

Untersuchung der Auswirkungen transgener Kartoffellinien mit verändertem Kohlenhydratmetabolismus auf die Mikroflora der Rhizosphäre und Phyllospäre und Etablierung von einfachen Verfahren zur Identifizierung transgener Kartoffellinien

Institut für Primärproduktion und Mikrobielle Ökologie des ZALF in Müncheberg (2001 - 2004), siehe:

Ulrich (2004): Untersuchung der Auswirkungen transgener Kartoffellinien mit verändertem Kohlenhydratmetabolismus auf die Mikroflora der Rhizosphäre und Phyllospäre und Etablierung von einfachen Verfahren zur Identifizierung transgener Kartoffellinien. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: Im Kohlenhydratmetabolismus gentechnisch veränderte Kartoffeln im Freisetzungsversuch – Schlussbericht. 40 S. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb05/489122701.pdf>.

Untersuchungen zur Stresstoleranz und Überdauerungsfähigkeit der Fruktan bildenden Kartoffeln und Klärung des Einflusses der Nahrungsqualität auf die Fitness des Kartoffelkäfers

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der Justus-Liebig Universität Giessen (2001 - 2004), siehe:

Honermeier, B. (2004): Untersuchungen zur Stresstoleranz und Überdauerungsfähigkeit der fruktanbildenden Kartoffeln und Klärung des Einflusses der Nahrungsqualität auf die Fitness des Kartoffelkäfers. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: Im Kohlenhydratmetabolismus gentechnisch veränderte Kartoffeln im Freisetzungsversuch – Schlussbericht. 43 S.

<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb06/510807682.pdf>.

Einfluss der Nahrungsqualität von Kartoffelpflanzen auf die Fitness des Fraßschädling *Leptinotarsa decemlineata* Say (Kartoffelkäfer) gemessen anhand seiner Immunabwehr und Reproduktion

Institut für Allgemeine und Spezielle Zoologie – Arbeitsgruppe: Zelluläre Erkennungs- und Abwehrprozesse (ZEAP) der Justus-Liebig Universität Giessen (2001 - 2004), siehe:

Trenczek, T., Schmidtberg, H. (2004): Einfluss der Nahrungsqualität von Kartoffelpflanzen auf die Fitness des Fraßschädling *Leptinotarsa decemlineata* Say (Kartoffelkäfer) gemessen anhand seiner Immunabwehr und Reproduktion. Posterpräsentation auf dem Statusseminar „Sicherheitsforschung und Monitoring“ 2004 in Berlin am 16. Juni 2004.

<http://www.biosicherheit.de/pdf/statusseminar2004/poster80.pdf>.

Untersuchungen zur Expression des Transgens unter Freilandbedingungen und zum Einfluss von Trockenstress auf die relative Fitness der transgenen Kartoffeln

MPI für Molekulare Pflanzenphysiologie in Potsdam (2001 - 2004), siehe:

MPI (2004): Untersuchungen zur Expression des Transgens unter Freilandbedingungen und zum Einfluss von Trockenstress auf die relative Fitness der transgenen Kartoffeln. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: Im Kohlenhydratmetabolismus gentechnisch veränderte Kartoffeln im Freisetzungsversuch – Schlussbericht. 47 S. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb06/507496884.pdf>.

Sicherheitsbewertung von Rekombinationsereignissen bei Kartoffelviren in nicht transgenen und transgenen Pflanzen

Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz der Universität Hannover (2001 - 2004), siehe:

Maiss, E. (2004): Sicherheitsbewertung von Rekombinationsereignissen bei Kartoffelviren in nicht transgenen und transgenen Pflanzen. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: Im Kohlenhydratmetabolismus gentechnisch veränderte Kartoffeln im Freisetzungsversuch – Schlussbericht. 78 S. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb06/510570496.pdf>.

6. Zusammenfassung

Ab dem Jahr 1999 werden verstärkt Untersuchungen zu möglichen Auswirkungen des Anbaus gentechnisch veränderter Kulturen, insbesondere Bt-Mais, in Deutschland durchgeführt.

Bei vielen der o. g. Projekte wurden durch verschiedenste Methoden wie z. B. Bonituren im Feld und im Labor (Ganzpflanzenentnahme) die Gesamtheit der im Feld vorkommenden Arthropoden erfasst und mögliche Auswirkungen des Bt-Mais auf Diversität und Abundanz dieser Arthropoden untersucht. Durch gleichzeitige Laboruntersuchungen wurden Fragestellungen zu bestimmten Tierarten gezielt bearbeitet. Zusammenfassend geht aus den o. g. Untersuchungen hervor, dass außer einer negativen Beeinflussung unterschiedlicher Schmetterlingslarven oder der Trauermückenart *Lycoriella castanescens* (BÜCHS et al, 2004) bei Fütterungsversuchen im Labor, keine negativen Auswirkungen auf Diversität und Abundanz von Nicht-Zielorganismen durch den Anbau von Bt-Mais ausgehen. Es konnten weder Effekte des Bt-Mais bei Arthropoden festgestellt werden, die direkt mit dem Bt-Toxin in Kontakt kommen (Herbivore), oder bei Arthropoden, die über andere trophische Beziehungen (z. B. Karnivore) das Bt-Toxin aufnehmen.

Als zusammenfassendes Ergebnis der Untersuchungen zur Koexistenz von Bt-Mais wird davon ausgegangen, dass, bei Einhaltung geprüfter Anbaumaßnahmen, ein Überschreiten des Schwellenwertes durch Auskreuzung ausgeschlossen werden kann. Problematischer gestaltet sich der Anbau von transgenem Raps, da hierbei, neben einem weiteren Pollenflug,

z. B. auch Ausfallraps, Auskreuzung oder Vermischung bei Transport und Lagerung Faktoren darstellen, die schwerer zu kontrollieren sind.

7. Fazit

In den vergangenen Jahren wurde eine Vielzahl von Untersuchungen durchgeführt, die sich mit den ökologischen Auswirkungen des Anbaus gentechnisch veränderter Kulturen beschäftigen. Dabei wurde ein relativ breites Spektrum an Fragestellungen bearbeitet. Verglichen mit der Anzahl an Untersuchungen, z. B. zu bestimmten Pflanzenschutzmitteln oder gar konventionellen Sorten, ist die Anzahl an Untersuchungen sehr hoch. Allerdings ist fraglich, ob dieser Vergleich überhaupt gezogen werden kann, da von einer gentechnisch veränderten Pflanze andere Auswirkungen ausgehen als von einer konventionell gezüchteten Pflanze oder einer Pflanzenschutzmaßnahme (Vergleich Bt-Mais mit einem Insektizid).

Anzumerken ist auch, dass die Untersuchungen auf einzelnen Feldern oder Parzellen stattgefunden haben. Ergebnisse zu groß angelegten Feldversuchen, vergleichbar der FSE-Studie in Großbritannien, fehlen. Auch können Auswirkungen eines kommerziellen Anbaus transgener Pflanzen in Deutschland noch nicht bestimmt werden, da ein kommerzieller Anbau erst seit kurzer Zeit und auf relativ kleinen Flächen stattfindet (nur Bt-Mais).

In einer amerikanischen Studie (MARVIER et al., 2007) wurden 42 Einzelstudien zu den Auswirkungen von Bt-Pflanzen (Baumwolle: Cry1Ac, Mais: Cry1Ab, Cry3Bb) auf Nicht-Zielorganismen ausgewertet. Hiermit (so hieß es) würden genügend Daten vorliegen, um empirisch abgesicherte Schlussfolgerungen zu ziehen. Das Ergebnis der Auswertung aller Studien besagt, dass das Bt-Toxin der transgenen Pflanzen eine Wirkung auf Nicht-Zielorganismen hat. Diese sei jedoch weitaus geringer als bei der Anwendung von Insektiziden. Alle Varianten des Bt-Toxins wirken "zielgenauer" und spezifischer als chemische Insektizide.

8. Literatur

Albrecht, C. (2005): Carry over von Bt- Mais- Genen in Mikroorganismen des Magen- Darm-Traktes und Verbreitung durch Ausscheidungsvorgänge am Beispiel des Rindes. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: Sicherheitsforschung und Monitoring-Methoden zum Anbau von Bt-Mais - Schlussbericht. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb05/503851760.pdf>. 30 S.

Biosicherheit (2002a): Ökologische Auswirkungen von insektenresistentem Bt-Mais auf verschiedene Insekten und den Maiszünsler. <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/112.doku.html>. (09.01.2008).

- Biosicherheit (2002b): Transgener herbizidtoleranter Raps - Pollenausbreitung durch Wind und Blüten besuchende Insekten.
<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/3.doku.html>. (16.01.2008).
- Biosicherheit (2003): Untersuchungen zur Auskreuzung beim großflächigen Anbau von unterschiedlichem herbizidresistenten Raps.
<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/108.doku.html>. (16.01.2008).
- Biosicherheit (2005a): Toxizität von Bt-Mais für Schlupfwespen.
<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/15.doku.html> (25.01.2008).
- Biosicherheit (2006a): BMELV-Forschungsprogramm Koexistenz 2006.
<http://www.biosicherheit.de/de/fokus/koexistenz/501.doku.html> (19.12.2007).
- Biosicherheit (2007a): Abbau des Bt-Toxins und Auswirkungen auf die Bodenmikroorganismen.
<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/159.doku.html>. (14.01.2008).
- Biosicherheit (2007b): Auswirkungen des Anbaus von Diabrotica-resistentem Bt-Mais auf das Maisökosystem I (Boden).
<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/183.doku.html>. (14.01.2008).
- Biosicherheit (2007c): Auswirkungen des Anbaus von Diabrotica-resistentem Bt-Mais auf das Maisökosystem II. <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/193.doku.html>. (14.01.2008).
- Biosicherheit (2007f): Informationssystem Koexistenz.
<http://www.biosicherheit.de/de/fokus/koexistenz/db/> (20.12.2007).
- Biosicherheit (2007g): Monitoring der Auswirkungen von Bt-Mais (Cry1Ab) auf Nicht-Zielorganismen. <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/151.doku.html>. (22.01.2008).
- Biosicherheit (2007h): Untersuchungen zu Nebenwirkungen von Bt-Mais (Cry3Bb1) auf Nicht-Zielorganismen.
<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/182.doku.html>. (14.01.2008).
- Biosicherheit (2007i): Untersuchungen zum Einfluss von Bt-Mais (Cry 3Bb1) auf im Boden lebende Nicht-Ziel-Organismen und deren Prädatoren.
<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/184.doku.html>. (14.01.2008).
- Büchs, W., Prescher, S., Müller, A. (2004): Entwicklungsverzögerungen bei Zersettern und ihren Räubern nach Aufnahme von MON 810 Bt-Maisstreu – Folgen für das Ökosystem? Posterpräsentation auf dem Statusseminar 2004 des BMBF-Verbundprojektes: Sicherheitsforschung und Monitoring-Methoden zum Anbau von Bt-Mais <http://www.biosicherheit.de/pdf/statusseminar2004/poster14.pdf>.

- BMELV (2007): Das Gentechnikrecht wird novelliert.
http://www.bmelv.de/cln_045/nn_750598/DE/04-Landwirtschaft/Gentechnik/NovellierungGentechnikrecht.html__nnn=true (19.11.2007).
- Brown, K. C. (1998): The value of field studies with pesticides and non-target arthropods. Proc. Int. Conf. Brighton 2, 575-582.
- Degenhardt, J. (2004): Auswirkungen von Bt-Endotoxin auf die tritrophische Interaktion zwischen Mais, Nichtziel-Lepidopteren und deren Parasitoiden. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: Sicherheitsforschung und Monitoring-Methoden zum Anbau von Bt-Mais - Schlussbericht. 41 S.
<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb05/503519804.pdf>.
- Dietz- Pfeilstetter, A., Zwerger, P. (1999): Untersuchungen zur Auskreuzung von Herbizidresistenzgenen beim großflächigen Anbau von Rapspflanzen mit unterschiedlichen Herbizidresistenzen. Proceedings zum BMBF- Statusseminar, Braunschweig, 1999, S. 21-26.
<http://www.biosicherheit.de/pdf/proceedings99/08Dietz.pdf>.
- Felke, M., Langenbruch, G.-A. (2005): Auswirkungen des Pollens von transgenem Bt-Mais auf ausgewählte Schmetterlingslarven. BfN-Skripten 157, 143 S.
- Freier, B., Schorling, M., Traugott, M., Juen, A., Volkmar, C. (2004): Results of a 4year plant survey and pitfall trapping in Bt maize and conventional maize fields regarding the occurrence of selected arthropod taxa. IOBC/wprs Bull. 27, 79-84.
- Freier, B., Volkmar, C., Kreuter, T., Triltsch, H., Stark, A., Forster, R. (1999): Nützlinge als Bioindikatoren für die ökologischen Auswirkungen des Pflanzenschutzes – Methoden und die Probleme bei der Interpretation der Daten aus Feldstudien. Anz. Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umwelt 72, 5-11.
- Kaatz, H.-H. (2005): Auswirkungen von BT-Maispollen auf die Honigbiene - Methodenentwicklung zu Wirkungsprüfung und Monitoring. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: Sicherheitsforschung und Monitoring-Methoden zum Anbau von Bt-Mais – Schlussbericht. 48 S.
<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb07/541693832.pdf>.
- Kaiser-Alexnat R., Wagner W. (2007): Untersuchungen zur frühzeitigen Entdeckung einer Resistenzentwicklung des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*) gegenüber dem B.t.- Mais-Toxin Cry1Ab und zur Aufklärung möglicher Resistenzmechanismen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 59 (12), 302- 309.
- Kaiser-Alexnat, R., Meise, T., Langenbruch, G.-A., Hommel, B., Huber, J. (2005): Untersuchungen zur frühzeitigen Entdeckung einer Resistenzentwicklung des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*) gegenüber dem B.t.-Mais-Toxin Cry1Ab. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 57 (7), S. 144–151.

- http://www.biosicherheit.de/pdf/projekte/13p_maiszuensler_in_bt-maisfeldern.pdf.
- Kennedy, P. J. (1994): The distribution and movement of ground beetles in relation to set-aside arable land. *Carabid Beetles: Ecology Evolution*, 439-444.
- Lang, A. (2004): Effekte von Bt-Mais auf flugfähige Blütenbesucher und Prädatoren höherer Straten. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: Sicherheitsforschung und Monitoring-Methoden zum Anbau von Bt-Mais - Schlussbericht. 89 S.
<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb05/487199863.pdf>.
- Lang, A., Arndt, M., Bauchhenß, J., Beck, R. (2005a): Effekte von Bt-Mais auf Nichtzielorganismen. Vortrag auf dem Abschlussseminar zu den bayerischen Projekten: Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Organismen am 21.11.2005.
- Lang A., Arndt M., Beck R., Bauchhenß J. (2005b): Monitoring der Umweltwirkungen des Bt-Gens, LfL Schriftenreihe 7, 115 S.
- Lang A., Ludy C. (2006): A 3- year field- scale monitoring of foliage- dwelling spiders (Araneae) in transgenic Bt maize fields and adjacent field margins, *Biological Control* 38, 314- 324.
- Lang A., Vojtech E. (2006): The effects of pollen consumption of transgenic Bt maize on the common swallowtail, *Papilio machaon* L. (Lepidoptera, Papilionidae), *Basic and Applied Ecology* 7, 296-306.
- Lövei, G. L., Arpaia, S. (2005): The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. *Entomol. Experiment. Appl.* 114, 1-14.
- Marvier, M., McCreedy, C., Regetz, J., Kareiva, P. (2007): Meta-Analysis of Effects of Bt Cotton and Maize on Nontarget Invertebrates. *Science* 316 (5830), S. 1475 – 1477.
- Meier, M. S., Hilbeck, A. (2005): Faunistische Indikatoren für das Monitoring der Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen (GVO) – Verfahren zur Beurteilung und Auswahl. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 29, 137 S.
- Perry, J. N., Rothery, P., Clark, S. J., Heard, M. S., Hawes, C. (2003): Design, analysis and statistical power of the Farm-Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *J. Appl. Ecol.* 40, 17-31.
- Rothery, P., Clark, S. J., Perry, J. N. (2002): Design and Analysis of Farm-Scale Evaluations of Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops. *Proceedings of the XXIst International Biometric Conference, Freiburg, July 21-26, 2002*, 351-364.
- Saure, C., Kühne, S., Hommel, B. (1999): Untersuchungen zum Pollentransfer von transgenem Raps auf verwandte Kreuzblütler durch Wind und Insekten. *Proceedings zum BMBF- Statusseminar, Braunschweig, 1999*, S. 111-119.
<http://www.biosicherheit.de/pdf/proceedings99/22Kuehne.pdf>.

- Schorling, M. (2006): Ökologische und phytomedizinische Untersuchungen zum Anbau von Bt-Mais im Maiszünsler-Befallsgebiet Oderbruch. 143 S.
<http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2006/626/>.
- Sick, M., Kühne, S., Hommel, B. (2004): Untersuchungen zum transgenen Polleneintrag von Bienen in ihre Brutzellen. Posterpräsentation auf dem Statusseminar „Sicherheitsforschung und Monitoring“ 2004 in Berlin am 16. Juni 2004.
<http://www.biosicherheit.de/pdf/statusseminar2004/poster07.pdf>.
- SRU (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten Hausdruck.
http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/sonderg/SG_Biomasse_2007_Hausdruck.pdf (18.10.2007).
- Schuphan, I. (2005): Effekte des Anbaus von Bt-Mais auf die epigäische und die Krautschichtfauna verschiedener trophischer Bezüge. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: Sicherheitsforschung und Monitoring-Methoden zum Anbau von Bt-Mais – Schlussbericht, 80 S.
<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb05/50076073X.pdf>.
- Tebbe, C. (2004): Gentransfer in Luft und Boden - Lassen sich Transgene einsperren? Präsentation auf dem Statusseminar „Sicherheitsforschung und Monitoring“ 2004 in Berlin am 16. Juni 2004.
http://www.gmo-safety.eu/pdf/statusseminar2004/vortrag_tebbe.pdf.
- Transgen (2007): Anbau Bt-Mais 2007 - Regeln der Guten fachliche Praxis.
<http://www.transgen.de/anbau/deutschland/560.doku.html> (20.12.2007).
- Vidal, S. (2004): Untersuchungen zu Kaskadeneffekten einer Bt- Toxin- Expression in Maispflanzen auf Pflanze- Herbivor- Parasitoid- Systeme am Beispiel von Blattläusen und ihren Parasitoidenkomplexen. Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Verbundprojekt: Sicherheitsforschung und Monitoring-Methoden zum Anbau von Bt-Mais - Schlussbericht. 32 S.
<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb05/487370945.pdf>.
- Volkmar, C., Traugott, M., Juen, A., Schorling, M., Freier, B. (2004): Spider communities in Bt maize and conventional maize fields. IOBC/wprs Bull. 27, 165-170.