



Gift im Gen-Mais

Aktuelle Forschung macht Risiken
des in Deutschland
angebauten Bt-Mais deutlich

Vorversion

GREENPEACE

Gift im Gen-Mais

Inhalt

- Einleitung
 1. Der Kreislauf des Giftes in der Umwelt
 2. Auswirkungen auf Bodenorganismen
 3. Auswirkungen auf Bienen, Schmetterlinge und andere Lebewesen
 4. Qualität: mangelhaft
 5. Gen-Mais: ökologisch und wirtschaftlich unsinnig
- Zusammenfassung und Forderungen
- Quellen

Einleitung

Der in Europa angebaute gentechnisch veränderte Mais MON810 ist ein problematisches Produkt:

- Durch die Genmanipulation kommt es zu ungeplanten und ungewollten Veränderungen im Erbgut und im Stoffwechsel der Pflanzen.
- Über Pollenflug und Vermischungen kommt es zur Kontamination von Ernte und Lebensmitteln.
- Der Mais bildet Gift gegen Insekten, das sonst nur in Bakterien vorkommt, jetzt aber zum festen Bestandteil von Futter- und Lebensmitteln wird und sich auf dem Acker anreichern kann.

Bt-Mais wurde in den USA entwickelt um vor allem den Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) zu bekämpfen. Dieser Nachtfalter legt seine Eier auf Maisblättern ab. Die Raupen bohren sich dann in die Blätter und Stängel, wandern dort bis zum Herbst im Stängel nach unten und überwintern im untersten Stängelrest oder im obersten Bereich der Wurzel. Bei befallenen Maispflanzen bricht durch die Bohrtunnel häufig der Stängel ab. Während der Maiszünsler zwischen 1910 und 1920 nach Nordamerika verschleppt wurde und sich da sehr schnell als Schädling ausbreitete, kommt er in Europa natürlicherweise auf einer Vielzahl von Pflanzen vor. Nur eine von zwei europäischen Maiszünslerassen befällt tatsächlich Mais. Diese Rasse ist nur teilweise in Europa verbreitet und kommt zum Beispiel in Norddeutschland oder Großbritannien nicht vor. Sie wandert allerdings langsam weiter nach Norden und ist z.B. auch in Regionen in Brandenburg zu finden. In der konventionellen Landwirtschaft kann der Maiszünsler meist durch einfaches Pflügen bekämpft werden.

Im Herbst 2006 läuft die Zulassung für den Gen-Mais MON810 in der EU aus, der Mais muss von den Behörden erneut geprüft werden. Aus diesem Anlass hat Greenpeace aktuelle Forschungsergebnisse aus Deutschland und anderen Ländern zusammengestellt, die das Ausmaß der offenen Fragen und möglichen Risiken deutlich machen.

In Deutschland wurden insbesondere die Forschungsarbeiten des Projekts "Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ausgewertet, die in den letzten Jahren durchgeführt und erst zum Teil veröffentlicht wurden. Diese Studien wurden an MON810 und einer weiteren Gen-Mais Variante (Bt 176) durchgeführt, deren Anbau inzwischen weitgehend gestoppt wurde

Bereits im April 2006 wurde ein Bericht der EU-Kommission öffentlich gemacht, aus dem

hervorgeht, dass in den letzten Jahren die Sicherheitsprobleme bei Gen-Saaten immer deutlicher geworden sind (European Communities 2005).

Die aktuellen Daten bestätigen dieses Bild. Aus der Fülle der jetzt vorliegenden Hinweise wird deutlich, dass die Probleme mit dem Gen-Mais noch komplexer sind, als ursprünglich angenommen. Es verdichtet sich ein Gesamtbild, das ausgehend von kleinsten Bodenlebewesen über geschützte Arten wie Schmetterlinge und nützliche Insekten wie Bienen bis hin zu einer möglichen Gesundheitsgefährdung von Mensch und Tier reicht.

Aus den vorliegenden Erkenntnissen und offenen Fragen wird deutlicher denn je, dass die Freigabe des Gen-Mais für den kommerziellen Anbau verfrüht erfolgt ist und mit dem in der EU gesetzlich verankerten Prinzip der Vorsorge nicht vereinbar ist. Die EU-Zulassung des Gen-Maises muss deswegen zurückgenommen werden.

1. Der Kreislauf des Giftes in der Umwelt

Ursprünglich kommt das Gift des *Bacillus thuringiensis* nur in Boden-Bakterien vor. Schon seit längerer Zeit ist bekannt, dass dieses Gift zur Bekämpfung von Schädlingen in der Landwirtschaft eingesetzt werden kann. Es gilt sogar als so ungefährlich, dass sein Einsatz in der ökologischen Landwirtschaft erlaubt ist. Doch durch den Einbau des Giftes in die Maispflanzen mit Hilfe der Genmanipulation, werden seine Eigenschaften grundlegend verändert:

1. In der Natur liegt das Gift in äußerst niedrigen Konzentrationen vor. Wird es bei Schädlingsbefall gesprüht, dann erfolgt das nur kurzzeitig und selektiv.
2. Das Gift wirkt in natürlicher Form nur auf bestimmte Insekten. Es liegt in einer nichtwirksamen Form (Protoxin) vor und muss im Darm von Insekten erst in eine aktive Form umgewandelt werden.

Dagegen führt die Gentechnik zu weitgehend veränderten Eigenschaften des Giftes:

1. In relativ hoher Konzentration wird es über die gesamte Wachstumsperiode in den Pflanzen gebildet und gelangt über Wurzeln, Pflanzenteile und Pollen in die Umwelt.
2. Im Boden wird das Gift an Bodenpartikel gebunden und kann über Monate überdauern, reichert sich in der Nahrungskette an und wird sogar über den Darm von Nutztieren wieder ausgeschieden.
3. Das Gift liegt nicht in der nichtwirksamen Form vor, sondern in der aktiven Variante. Dadurch verändert sich auch das Spektrum der möglicherweise empfindlichen Organismen.
4. Auch wenn die Gift-Proteine alle mit demselben Namen Cry1Ab bezeichnet werden, so unterscheiden sie sich grundlegend von dem natürlichen Protein und auch untereinander.

Durch den Anbau des Gen-Maises bildet sich so ein völlig neuer Kreislauf der Verteilung und der Anreicherung des Bt-Giftes in der Umwelt und der Nahrungskette. Dies wird durch aktuelle Forschungsergebnisse bestätigt.

Auswirkungen von Bt-Pflanzen im Boden sind erst seit Mitte/Ende der 90er Jahre untersucht worden, d.h. erst nachdem Bt-Mais in den USA bereits angebaut wurde, und auch erst nachdem Bt176 und MON810 in der EU zum Anbau zugelassen wurden.

Viele der Studien, die seit Ende der 90er Jahre zum Thema "Bt-Pflanzen und Boden" veröffentlicht wurden, zeigen unerwartete Auswirkungen und Hinweise auf negative Umwelt-Effekte. Diese ersten Ergebnisse zeigen auch, dass die meisten Bereiche noch gar nicht erforscht sind – und sich beinahe überall, wo geforscht wird, auch Hinweise auf negative Auswirkungen zeigen.

Wie das Gift in die Umwelt gelangt

Bt-Toxine können auf verschiedenen Wegen in den Boden eingetragen werden: als lebendes

Pflanzenmaterial (Wurzel) (Jehle 2005), abgestorbene Feinwurzeln und Wurzelausscheidungen (Saxena et al. 1999, Saxena & Stotzky 2000) während der Wachstumsperiode, Pollen (Losey 1999), der in den Boden gewaschen wird, Ernterückstände (Wurzel, Stengel, Blätter) nach der Ernte (Tapp & Stotzky 1998, Stotzky 2000) (Zwahlen et al. 2003b) (Baumgarte & Tebbe 2005), Bt-Toxin im Kot von Bodenorganismen (Wandeler et al. 2002, Saxena & Stotzky 2001), Bt-Toxin in Tierexcrementen und Gülle (Einspanier et al. 2004).

Während in den letzten Jahren eine Reihe von (sehr uneinheitlichen) Studie zum Überdauern von Bt-Toxinen im Boden durchgeführt wurden, gibt es so gut wie keine Studien, die die Menge und Art des eingetragenen Bt-Toxins in und über die Wachstumsperiode hinaus untersuchen. So ist auch 2005 zum Beispiel noch unbekannt, wieviel Gift über die Wurzeln tatsächlich ausgeschieden wird:

"Nach unserem Kenntnisstand ist es nicht bekannt, wieviel Cry1Ab-Protein in der Rhizosphäre von Bt-Mais unter landwirtschaftlichen Bedingungen gebildet wird, und wieviel dieses Proteins nach der Ernte im Boden verbleibt" (Baumgarte & Tebbe 2005).

Offensichtlich werden im direkten Umfeld der Wurzeln relativ hohe Toxinwerte gefunden. Ein Teil des Toxins findet sich auch Monate nach der Ernte noch im Boden, hohe Werte werden in verbleibenden Pflanzenresten gefunden:

"Der Cry1Ab-Gehalt war in der Erde (bulk soil) von MON810-Feldern in allen Fällen niedriger als in der Erde direkt in Wurzelbereich, wo der Bt-Gehalt von 0,1 bis 10 ng/g Boden schwankten. [...] Cry1Ab-Protein wurde außerdem mit Gehalten von 0,21 ng/g Erde sieben Monate nach der Ernte, d.h. im April des folgenden Jahres, gefunden. Zu diesem Zeitpunkt wurden allerdings höhere Werte in den Blätter- und Wurzelresten (21ng/g bzw. 183 ng/g) gefunden. Der Bt-Gehalt in Wurzelresten entspricht 12% des Bt-Gehalts in intakten Wurzeln" (Baumgarte & Tebbe 2005).

Obwohl bekannt ist, dass Wurzeln Bt-Gift enthalten und in den Boden abgeben können, wird dies in der Risikoabschätzung von Bt-Mais zum Teil vollkommen vernachlässigt. So wird z.B. im dem zur Zeit zur Bearbeitung vorliegenden EU-Zulassungsantrag für den Bt-Mais 1507 der Bt-Gehalt von verschiedenen Pflanzenteilen angegeben, aber nicht der von Wurzeln. Trotzdem hat sich die Europäische Zulassungsbehörde EFSA bereits für den kommerziellen Anbau dieser Gen-Mais Varianten ausgesprochen.

Der Weg des Giftes über die Wurzeln, Pollen und Pflanzenteile ist nicht der einzige Eintragspfad in die Umwelt. Erste Untersuchungen zum Abbau von Bt-Protein im Darm von Kühen zeigen, dass "bemerkenswerte" Mengen von Bt-Gift im Magendarmtrakt gefunden wurde und dass das Gift auch noch im Kot der Tiere vorlag (Einspanier et al. 2004).

Wie lange bleibt das Gift im Boden?

Eine Reihe von Studien beschäftigen sich mit der Verweildauer, Aktivität und dem Abbau von Bt-Toxinen im Boden, aber aufgrund unterschiedlicher Fragestellungen (Nachweisdauer des ganzen oder teilweise abgebauten Toxins, Aktivität gegen Zielorganismen etc.) und sehr unterschiedlichen Methoden (Laborversuche, Verwendung von isolierten, bakteriellen Cry1Ab, getrocknete und pulverisierte Blätter, Original-Ernterückstände) lassen sich die Ergebnisse nur bedingt vergleichen.

Feldversuche und Monitoring belegen aber in jedem Fall, dass das Gift auch noch mehrere Monate nach der Ernte in Pflanzenresten und im Boden nachgewiesen werden kann und aktiv ist. Frühere Studien, in denen die Ergebnisse unrealistischer Laborstudien hochgerechnet wurden, sind damit widerlegt.

Unterschiedliche Bodentypen beeinflussen die Persistenz von Bt-Toxinen im Boden. Besonders lange kann das Toxin in tonhaltigen Böden gefunden werden Nach Dolezel et al. (2005) hängt die Verweildauer von Bt-Toxinen im Boden von folgenden Faktoren ab:

- die Menge des vorhandenen Toxins,
- die Rate, mit dem es von Insektenlarven aufgenommen und deaktiviert wird,
- die Rate, mit der es durch Mikroorganismen abgebaut wird und
- die Rate abiotischer Inaktivierung (Saxena et al. 2004).

Saxena et al. (2002a) konnte Bt-Toxin von Bt-Mais-Wurzelausscheidungen und von verrottendem

Bt-Mais-Pflanzenmaterial im Boden noch nach 350 Tagen (dem längsten untersuchten Zeitraum) nachweisen. In anderen Studien konnte isoliertes Bt-Toxin noch nach 234 Tagen (als der Versuch abgebrochen wurde) nachgewiesen werden (Tapp & Stotzky 1995, Palm et al. 1996, Koskella & Stotzky 1997, Tapp & Stotzky 1998).

Auch damit sind frühere Studien widerlegt. Sims & Holden (1996) hatten aus Laborstudien berechnet, dass 90% des Toxins nach 41 Tagen abgebaut sein sollte, und schlossen daraus, dass das Cry1Ab-Toxin in Bt-Mais-Pflanzenmaterial unter Feldbedingungen instabil sei und unter Anbaubedingungen schnell abgebaut würde. Obwohl sich Antragssteller und Zulassungsbehörden häufig immer noch auf diese Studie (Sims & Holden 1996) stützen, ist sie vielmehr ein Beispiel für unrealistische Studien, die der Risikoabschätzungen von Bt-Mais zugrundegelegt werden. So benutzen Sims & Holden (1996) z.B. für ihre Laborstudie eine konstante Temperatur von 24-27°C, die für die Bodentemperatur in europäischen Maisanbaugebieten vollkommen unrealistisch ist.

Zwahlen et al. (2003a) verzeichneten dagegen im Feldversuch Bodentemperaturen von 8.5°C. Wie Zwahlen et al. (2003b) ausführen, hängt der Abbau von Bt-Toxinen zu einem signifikanten Ausmaß von mikrobiellen Aktivitäten ab (Palm et al. 1996, Koskella & Stotzky 1997), die bei kühleren Temperaturen reduziert sind. "Daher muss erwartet werden, dass der Abbau in gemäßigten Zonen substantiell anders ist, als der der in Laborversuchen mit konstant hohen Temperaturen beobachtet wurde." (Zwahlen et al. 2003b). Zwahlen et al. (2003a) haben in einer Vergleichsstudie ebenfalls belegt, dass Bt-Pflanzenmaterial unter (vergleichbaren) Feld- und Laborbedingungen im Feld langsamer abgebaut wird und länger toxisch wirksam war

Diese Tendenz wird auch durch eine der neuesten Studien zu diesem Thema im Rahmen des BMBF-Projekts "Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004" in Deutschland bestätigt. Baumgarte & Tebbe (2005) beobachtete dabei, dass Oberflächenwurzeln von MON810-Mais sieben Monate nach der Ernte und damit kurz vor der folgenden Maissaat noch 12% des Bt-Toxingehalts von frischen Wurzeln aufwies. Dieser Wert fiel dann erst in den folgenden 2 Monaten stark ab.

Wie reichert sich das Gift im Boden an?

Bt-Toxine binden sich an oberflächenaktive Bodenpartikel und sind dadurch vor biologischem Abbau geschützt (Saxena & Stotzky 2001a, Saxena & Stotzky 2000). Die vollständige Bindung ist bereits innerhalb einer halben Stunde erreicht (Schröder 2005). Einmal gebunden, lösen sich die Bt-Toxine nicht so leicht wieder ab (Lee et al. 2003 S.34).

Saxena & Stotzky (2002) beobachteten, dass Erde mit Bt-Pflanzenmaterial nach 120 bis 180 Tagen je nach Zusammensetzung der Bodenminerale unterschiedlich toxisch war. Bt-Toxine binden besser an Bodenpartikel mit einer höheren Kationenaustauschkapazität und einer ausgeprägteren Oberflächenstruktur.

Lee et al. (2003) bestätigen diese Ergebnisse. Sie zeigen, dass der Großteil der Bt-Gifte (88-98%) sehr fest an Tonpartikel gebunden sind und dass auch bei größerer Menge Cry1Ab-Protein kein Sättigungseffekt auftrat. Sie fanden keine strukturellen Veränderungen des gebundenen Toxins, aber eine anhaltende toxische Aktivität. Nach 45 Tagen war die Toxizität von gebundenen Bt-Proteinen sogar höher als die von ungebundenen.

Es ist also klar, dass sich das Bt Toxin in verschiedenen Bodentypen und auch in Abhängigkeit von klimatischen Gegebenheiten unterschiedlich stark anreichert und unterschiedliche biologische Aktivitäten entwickeln kann. Diese Einflussfaktoren sind bis jetzt jedoch völlig unzureichend untersucht worden. Dies wird auch durch aktuelle Studien aus Deutschland deutlich. In einer Studie über drei Jahre an drei Standorten (bei Halle und im Rheinland) zeigten alle Böden eine ähnliche mineralogische Zusammensetzung mit hohen Tonmineralegehalten. Doch der Untergrund und das Klima waren verschieden, so dass nach Angaben der Wissenschaftler "wichtige Bodeneigenschaften differieren" (Schröder 2005). Sie fanden heraus, dass die Beweglichkeit des Bt-Toxins Cry1Ab auf den einzelnen Standorten der Freisetzung stark unterschiedlich war (Schröder 2005).

"Grundsätzlich lassen sich im Hinblick auf die bodenchemischen Parameter folgende zusammenfassende Aussagen treffen: Je höher der Gehalt an organischer Substanz ist, besonders in den Oberböden, desto geringer ist die Bindung des Bt-Toxins. Erklärung: Die

organische Substanz verschließt kleine Poren zwischen den Bodenpartikeln, so dass das Bt-Toxin nicht in den Zwischenräumen gebunden werden kann. [...] Je größer die Oberfläche der Bodenpartikel ist, desto mehr Bt-Toxin wird an den Bodenpartikeln gebunden" (Schröder 2005). Schröder (2005) schließt daraus, dass "diese Erkenntnis bei der Verwertung unserer Ergebnisse im Hinblick auf ein Monitoringverfahren bei der Freisetzung von gentechnisch-veränderten Pflanzen berücksichtigt werden muss."

Generell muss man derzeit davon ausgehen, dass sich das Gift im Boden anreichert und über die Jahre akkumulieren kann (Hopkins & Gregorich 2003, Lang & Arnd 2005). Großer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der Auswirkungen dieser Gifanreicherung im Boden: "Im zweiten Anbaujahr lagen an beiden Standorten alle gemessenen [Boden-]Bt-Werte deutlich über denen von 2002. Dabei betrug die Zunahme der Toxingehalte je nach Standort das fünf- bis siebenfache des Vorjahrs. Selbst in Bodenproben, die im April 2003, d.h. vor der nächsten Aussaat entnommen wurden, konnte noch etwas nachgewiesen werden" (Tebbe 2005).

Der Kreislauf über die Nahrungskette

Auch wenn das Bt-Gift von Insekten und anderen Tieren aufgenommen wurde, ist es damit noch nicht aus dem Kreislauf verschwunden.

In einigen Fällen konnte das Bt-Gift in Tieren gefunden werden, die von Bt-Maispflanzen gefressen hatten, ohne dass es ihnen akut schadete. Werden diese Tiere gefressen, dann nehmen auch ihre Fressfeinde das Gift auf.

In Milben findet sogar eine so starke Anreicherung des Giftes statt, dass diese mehr Gift enthalten als die Bt-Maispflanzen selbst. In Studien mit der Milbe *Tetranychus urticae* reichten die Bt-Gehalte im Tier von Werten, die denen der Bt-Maisblätter entsprachen (Dutton et al. 2002) zu Werten, die dreimal höher waren als in den Blättern (Obrist et al. 2005). Im Vergleich mit anderen pflanzenfressenden Insekten (Tripsen, Blattläuse und Heuschrecken) wurden in Milben der höchste Bt-Gehalt gefunden (Dutton et al. 2004b). Diese Werte waren bis zu 33fach höher als die in Zikaden, die sich von dem gleichen Pflanzengewebe ernähren (Dolezel et al. 2005).

Wir müssen also nicht nur von der Weitergabe von Bt-Toxin durch (nicht betroffene) Milben ausgehen, sondern auch von einer Anreicherung in der Milben, wodurch Raubinsekten deutlich höheren Bt-Leveln als denen der Bt-Pflanze ausgesetzt werden können.

Bei anderen Tieren konnte das Bt-Gift nicht nur im Magen sondern auch im Kot gefunden werden (z.B. bei Regenwürmern, Blattläusen, Spinnen und Kellerasseln; Saxena & Stotzky 2001a, Raps et al. 2001, Harwood et al. 2005, Wandeler et al. 2002). Dieser Kot macht Teil des Bodens aus, so dass das Bt-Gift so wieder von weiteren Organismen aufgenommen werden kann

Bt-Gift aus Maispflanzen widersteht sogar der Verdauung im Wiederkäuermagen und wird mit dem Kot wieder ausgeschieden (Einspanier et al. 2004). So kann es mit dem tierischen Dung auch wieder auf die Felder und Weiden gelangen.

2. Effekte auf Bodenorganismen

Grundsätzlich sind Effekte von Bt-Toxinen auf alle Bestandteile des Boden-Ökosystems möglich. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Bt-Toxin auf verschiedenen Wegen in den Boden gelangt (lebende und abgestorbene Wurzeln, Wurzelexudat, abgestorbene Stängel und Blätter, Pollen, Kot und Gülle) und damit zu unterschiedlichen Zeitpunkten in unterschiedlichen Formen und Konzentrationen vorliegt, über die es aber bis dato nur wenig Informationen gibt.

Auswirkungen von Bt-Pflanzen auf Nicht-Zielorganismen im Boden sind bis Ende der 90er Jahre überhaupt nicht studiert worden. Anscheinend bestand keinerlei Vorstellung davon, dass Bt-Toxin auch in den Wurzeln gebildet würde, dass im Boden von landwirtschaftlichen Nutzflächen auch Organismen vorkommen, und dass in der landwirtschaftlichen Praxis (im Gegensatz zum wissenschaftlichen Versuch) Bt-Pflanzenmaterial im Boden bleibt. Der Mangel an diesbezüglichen Studien wird wiederholt kritisiert.

Auswirkungen auf Mikroorganismen

Die Wichtigkeit von Bodenmikroorganismen ist unübersehbar, da sie für etwa 90% des Kohlenstoffumsatzes im Boden verantwortlich sind. In einem Gramm Ackerboden leben über 10^9 Bodenmikroorganismen, dies entspricht bei einer Bodentiefe von 10cm 10^{17} Bodenmikroorganismen pro Hektar. Mikroorganismen sind auch direkt mit bestimmten Insektengruppen verbunden. Insekten wie z.B. Trauermückenlarven zersetzen verrottendes Pflanzenmaterial, das die Mikroorganismen vorkompostiert haben.

Verschiedene Studien beschreiben Effekte von Bt-Mais auf Bodenmikroorganismen, die abhängig von der Bodenart unterschiedlich stark auftreten können. Es gibt schon seit einigen Jahren "einige Hinweise auf anti-bakterielle Wirkung von Bt-Toxinen" (Escher et al. 2000, Zalunin et al. 2003 zitiert in Lang 2005).

Castaldini et al. (2005) fanden Unterschiede in den Bakteriengemeinschaften der Rhizosphäre von drei Maissorten im Gewächshaus (Bt176, Bt11 und Mais ohne Bt). Über vier Monate beeinflussten Ernterückstände Bakterienpopulationen, Bodenatmung und Mykorrhizasymbiose. (Castaldini et al. 2005).

Auch Baumgarte & Tebbe (2005) beobachteten, dass vor allem das Alter der Pflanzen und Feldunterschiede beim Anbau von MON810 über drei Jahre einen Einfluss auf die Bakteriengemeinschaften hatte. In zwei der drei Jahre fanden sie jedoch auch strukturelle Veränderungen der Bakteriengemeinschaften in der Rhizosphäre (dem Wurzelgeflecht) des Bt-Maises. Baumgarte & Tebbe (2005) ziehen aus ihren Beobachtungen die Schlussfolgerung, dass Mais mit und ohne Bt-Gift zu verschiedenen Bakteriengemeinschaften in der Rhizosphäre führt.

Auswirkungen auf die Mykorrhiza

Mykorrhiza ist eine Symbiose von Pilzen und Pflanzen, in der ein Pilz mit dem Feinwurzelsystem einer Pflanze in Kontakt ist. Durch die Mykorrhizapilze kann die Maispflanze besser Nährstoffe und Wasser aus dem Boden aufnehmen. Außerdem bietet die Mykorrhiza einen gewissen Schutz vor Krankheiten und ermöglicht es der Pflanze bei Trockenheit besser zu wachsen. Mykorrhiza von Nutzpflanzen ist ein wichtiger ökologischer Parameter und sollte Teil jeder Risikoabschätzung sein. Doch in den aktuellen Bt-Mais-Zulassungsanträgen gibt es keine Berücksichtigung der Mykorrhizakolonisation.

Zwei Studien zeigen, dass Bt-Maispflanzen eine geringere Besiedlung der Wurzeln mit Mykorrhiza haben. Dadurch hat der Bt-Mais nicht nur den Symbiosepartner und dessen Beitrag zur Pflanzenernährung verloren, sondern ist vermutlich auch anfälliger gegen Schadinsekten, denn ohne Mykorrhizabesiedlung lockt Bt-Mais weniger natürliche Feinde der Schädlinge an.

Turrini et al. (2004) waren die ersten, die die Mykorrhiza-Besiedlung von Bt-Pflanzen studiert haben. Demnach schafften es die Pilze nicht, funktionsfähige Strukturen an den Wurzeln von Bt176 auszubilden.

Castaldini et al. (2005) führten eine zweite Studie zu diesem Thema durch und fanden ebenfalls eine signifikant geringere Mykorrhiza-Kolonisation von Bt-Mais-Wurzeln. Im Labor zeigte sich eine signifikant geringere Mykorrhiza-Kolonisierung in Bt176-Wurzeln, nicht aber in Bt11-Mais. Eine gesunde Mykorrhiza macht Nutzpflanzen attraktiver für natürliche Feinde von Blattläusen, die Mais als Schädling befallen können (Guerrieri et al. 2004 zitiert in Dolezel et al. 2005). Durch eine verringerte Mykorrhiza-Kolonisation wie sie Turrini et al. (2004) und Castaldini et al. (2005) beschrieben, wird also eine Bt-Mais-Pflanze anfälliger für Schadinsekten, da weniger natürliche Feinde die Maispflanze besuchen (Dolezel et al. 2005 S.37). Es gibt bis heute aber keine Studie, die diesen Aspekt der erhöhten Anfälligkeit für Schadinsekten betrachtet.

Trauermücken

Trauermücken (Sciariden) sind 2-3 mm grosse Mücken, die sich genau wie ihre 1mm grossen Larven von abgestorbenen Pflanzenteilen ernähren. Sie leben in der oberen Bodenschicht, wo sie mit Raten von bis zu 6.000 Individuen pro m^2 schlüpfen. Als Zersetzer von Pflanzenresten im Boden spielen sie eine wichtige Rolle in der Bodenökologie und für die Bodenfruchtbarkeit.

Eine aktuelle Studie aus Deutschland (Büchs 2005) zeigt, dass der Bt-Mais MON810

Trauermücken schädigt. Ihre Mortalität ist erhöht und die Verpuppungsrate geringer. Ausserdem kann das Bt-Gift den Käfern schaden, die die Larven fressen (Langenbruch et al. 2006).

Larven von *Lycoriella castanescens*, die MON810-Maisstroh fraßen, brauchten wesentlich länger bis sie sich verpuppten als Larven in normalem Maisstroh (Büchs et al. 2004, Büchs 2005). Für die Larven ist die Zeitdauer bis zur Verpuppung besonders wichtig, da sie in dieser Zeit keinen harten Chitinpanzer haben und sich nur sehr wenig bewegen können. Je länger die Zeit bis zum Verpuppen ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Larven von Parasiten oder Krankheiten befallen werden.

Larven, die ausschliesslich MON810-Streu gefressen hatten, wurden häufiger von anderen Insekten gefressen, da die Larvalperiode länger dauert (Langenbruch et al. 2006). Insofern ist die Zeitdauer bis zur Verpuppung ein sehr wichtiger Parameter zur Abschätzung von negativen Effekten auf diese für die Zersetzung und Bodenfruchtbarkeit besonders wichtigen Bodeninsekten. Vor allem wenn Bt-Mais mehrjährig am gleichen Standort angebaut wird, kann es so zu Verschiebungen in der Lebensgemeinschaft der Zersetzer kommen und letztlich das Funktionieren der Kompostierung und Bodenbildung beeinflussen (Langenbruch et al. 2006).

Die Auswirkungen auf die Population der Trauermückenlarven zeigen sich erst nach längerer Zeit. Da sich Trauermückenlarven davon ernähren, dass sie Pflanzenreste im Boden zersetzen, sind im Freiland negative Effekte nicht unbedingt im ersten Jahr des Bt-Maisanbaus zu verzeichnen, sondern können erst dann auftreten, wenn das Bt-Pflanzenmaterial auch tatsächlich im Boden vorliegt. Dies zeigte sich in einer 3-Jahres-Studie. Während im ersten Jahr sogar erhöhte Artenzahlen, Schlupfdichten und Zersetzungsleistungen bei MON810 Mais festgestellt wurden, kehrte sich dieser Trend ab dem zweiten Jahr um. Im dritte Jahr war die Zersetzungsleistung bei MON810 deutlich geringer als im Vergleichsfeld. Dieser Rückgang fiel mit einem Anstieg des Bt-Toxingehaltes der Streu um mehr als das 2,5fache zusammen (Langenbruch et al. 2006).

Wie schwierig es ist, die Auswirkungen des Gen-Maises auf Organismen wie Trauermückenlarven zu erforschen, zeigt sich auch darin, dass offensichtlich die Dosis des Bt-Toxins allein nicht wesentlich ist. Möglicherweise hat das - angebliche gleiche - Bt-Gift Cry1Ab in den unterschiedlichen Maisvarianten wie Bt176 und MON810 unterschiedliche biologische Qualitäten.

Bei Fressversuchen mit Maispollen zeigte sich die Entwicklungsverzögerung der Trauermücke *Lycoriella castanescens* nur bei MON810 aber nicht bei Bt176, obwohl in der verwendeten Bt176-Sorte Valmont der Bt-Gehalt mit 2962 ng/g Pollen um das 30fache höher liegt als bei der MON810-Sorte Novelis (97 ng/g).

Die negativen Auswirkungen von Bt-Mais auf Trauermückenlarven kann auf zwei Wegen die weitere Nahrungskette beeinflussen.

Zum einen hat die veränderte Lebensdauer der Larven auch Auswirkungen auf die Raubinsekten (Predatoren), die sich von diesen Larven ernähren. Zunächst können die Raubinsekten mehr Nahrung finden, wenn die Trauermückenlarven länger bis zur Verpuppung brauchen. Langfristig können sich diese Effekte jedoch umkehren, wodurch es zu einer grundlegenden Störung der Bodenfruchtbarkeit kommen kann (Langenbruch et al. 2006). Zu solchen Effekten von mehrjährigem Bt-Anbau auf Nahrungsketten im Boden gibt es jedoch keine Studien.

Zum anderen pflanzt sich der negative Effekt auch direkt in der Nahrungskette fort. Als die Larven von zwei räuberischen Käferarten (*Atheta coriaria* und *Poecilius cupreus*), die sich typischerweise von Trauermückenlarven ernähren, mit Trauermückenlarven gefüttert wurden, die ihrerseits mit MON810-Mais aufgezogen worden waren, konnte der Effekt der Entwicklungsverzögerung bei den Käferlarven ebenfalls nachgewiesen werden (Büchs 2005).

Nematoden

Nematoden (Fadenwürmer) sind nach Bakterien und Pilzen die zahlreichste Organismengruppe im Boden. Sie haben nur eine geringe Mobilität, sind relativ stressanfällig und umfassen Arten mit einer Vielzahl verschiedener Ernährungsformen. Da es pflanzenfressende und zersetzende, aber auch parasitischen und insektenfressende Nematoden gibt, können sie sowohl direkt als auch indirekt durch Bt-Gifte geschädigt werden (Manachini et al. 2004).

Aus verschiedenen Studien sind negative Effekte des Bt-Giftes für Nematoden bekannt (Quellen

in Lang & Arndt 2005 S.62). Dennoch wird den Interaktionen zwischen Bt-Pflanzen und Nematoden wenig Interesse entgegen gebracht.

Bereits Anfang der 90er Jahre haben verschiedene Untersuchungen gezeigt, dass die Toxine von verschiedenen *Bacillus thuringiensis*-Stämme negative Effekte auf die Eier und Larven von Nematoden haben (Meadows et al. 1990; Bottjer et al. 1985 in Manachini et al. 2004). Bei einer längeren Persistenz bzw. einer möglichen Anreicherung von Bt-Toxinen im Boden (Tapp & Stotzky 1998), die über Erntereste und Wurzelexudate dorthin gelangen (Saxena et al. 1999), ist ein Gefährdungspotential für die Nematodenfauna nicht auszuschließen (Lang & Arndt 2005).

Probleme bei der Untersuchung von negativen Effekten auf Nematoden liegen darin, dass durch die große Diversität der Ernährungsweise der Nematoden die Gesamtzahl der Nematoden wenig aussagekräftig ist, sondern dass die Anzahl der Nematoden in den verschiedenen Ernährungsgruppen gemessen werden muss.

Nur wenige Studien wurden bisher mit einzelnen Nematodenarten durchgeführt, aber diese Laborstudien zeigen negative Effekte. Wurzelanhangserde von MON810 und Bt176 hat deutliche Effekte auf Wachstum und Reproduktionsrate der Nematode *Caenorhabditis elegans* (Lang & Arndt 2005). Auch im Freiland zeigte *C. elegans* eine mögliche Empfindlichkeit gegenüber dem Bt-Gift, insbesondere in der Wurzelanhangserde der MON810-Sorte Novelis (Manachini & Lozzia 2003).

Im Freiland zeigten sich Unterschiede in der Zusammensetzung der Nematodenpopulationen. In einem Bt176-Feld wurden einige bakterienfressende Nematodenarten nicht gefunden, allerdings traten dort einige pilzfressende Nematoden auf, die im Kontrollfeld nicht vorkamen – ohne dass es allerdings einen Unterschied in der Gesamtzahl der Hauptnematodengruppen gab (Manachini & Lozzia 2002). Die Wissenschaftler erklären, dass "die Abnahme der bakterienfressenden Nematoden im Bt-Maisfeld durch einen direkten Effekt des Bt-Toxins auf die Nematoden verursacht sein könnte, oder durch einen indirekten Effekt auf einer anderen Ebene des Nahrungsnetzes (Bakterien, Pilze, Fressfeinde)."

Regenwürmer

Regenwürmer sind als wichtige und nützliche Organismen in landwirtschaftlichen Flächen anerkannt, aber dennoch bleiben sie in der Risikoabschätzung von Bt-Mais fast vollständig unberücksichtigt. Regenwürmer zersetzen Pflanzenmaterial, tragen durch ihre Tunnel massiv zur Bodenbewegung bei, bilden in ihren Tunnelwänden sauerstoffhaltige Nischen, die tief in den ansonsten sauerstoffarmen Boden reichen und tragen durch ihren Kot zur Bodenfruchtbarkeit bei.

Dennoch gibt es nur wenige Studien (Ahl Goy et al. 1995, Saxena & Stotzky 2001a, Zwahlen et al. 2003a, Lang & Arndt 2005, Vercesi et al. 2006) mit drei verschiedenen Regenwurmarten (*Eisenia fetida*, *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea caliginosa*), von denen jedoch nur die Art, die in der neusten Studie vom Juni 2006 (Vercesi et al. 2006) untersucht wurde, für Ackerflächen relevant ist. In drei der Studien (Ahl Goy et al. 1995, Saxena & Stotzky 2001a, Lang & Arndt 2005) wurde vor allem die absolute Mortalitätsrate bzw. die Anzahl der Tiere untersucht.

Selbst in Studien (Ahl Goy et al. 1995), in denen kein akuter Effekt von Bt-Mais festgestellt wurde, konnte das Cry1Ab-Toxin im Darm und dem Kot der Regenwürmer gefunden werden. Allerdings gibt es keine weiteren Studien zu der Frage, wie sich das Bt-Gift über den Kot der Regenwürmer und die durch sie verursachten Bodenbewegungen verteilt.

Zwahlen et al. (2003a) berichten, dass die Sterberate und das Wachstum von juvenilen und adulten *L. terrestris* im großen Ganzen über 160 Tage nicht durch die Fütterung mit Bt-Mais beeinflusst wurde. Allerdings zeigte sich bei der letzten Messung nach 200 Tagen ein signifikant geringeres Gewicht der adulten Regenwürmer, die mit Bt-Maisstroh gefüttert worden waren. Diese Studie gibt damit einen wichtigen Hinweis auf mögliche langfristige oder chronische Effekte von Bt-Mais auf Regenwürmer, auch wenn es sich bei *L. terrestris*, um eine Regenwurmart handelt, die nur selten in großer Zahl in landwirtschaftlichen Böden gefunden wird (Vercesi et al. 2006).

Vercesi et al. (2006) untersuchten erstmalig verschiedene Parameter eines vollständigen Regenwurmlebens (wie z.B. Überlebensrate, Schlupfrate, Vermehrung, Wachstum). Sie verwendeten eine Art (*A. caliginosa*), die vermutlich die am weitest verbreitete Art in

landwirtschaftlichen Böden der gemäßigten Klimazone ist, sowie die MON810-Sorte Monumental (Vercesi et al. 2006). Zwar zeigten die meisten untersuchten Parameter keine negativen Effekte des Bt-Mais, aber es gelang nur einer signifikant geringeren Anzahl von Regenwürmern aus ihrem Kokkon zu schlüpfen. Dies ist ein negativer Effekt, der die Populationszahlen dieses Regenwurms in einem Bt-Maisfeld signifikant verringern kann und damit auch Auswirkungen auf andere Bodenorganismen hat, die von den vielfältigen Interaktionen des Regenwurms abhängen.

3. Effekte auf Bienen, Schmetterlinge und andere Lebewesen

Die bestehenden Labor-, Freiland- und Monitoringstudien sind unzureichend, um Effekte auf Nicht-Zielorganismen auszuschließen. Vor allem indirekte und Langzeit-Effekte sind wenig untersucht.

Dennoch geben ein Großteil der Studien einzelne negative Effekte an, die in der Regel bis dato nicht durch weitere Studien untersucht, geschweige denn widerlegt wären. Zusammengefasst führt dies zu einer "erstaunlichen Fallzahl" (Lövei & Arpaia 2005) negativer Effekte.

Nur in den wenigsten Fällen erfolgt vorangehend eine Kartierung der im (europäischen) Agrarraum vorkommenden Arten, und auf Basis davon eine Auswahl der Testorganismen. Eine Kartierung der Schmetterlingsfauna z.B. führte zu einer Liste von 79 Arten mit unterschiedlichen Häufigkeiten und unterschiedlichem Gefährdungsgrad (Lang 2005). In einer Kartierung von Bienen und Wespen an einem MON810-Feld fanden sich 200 Arten, von denen sich 39 Arten auf der Roten Liste befinden (Gathmann 2005).

Von vielen Nicht-Zielorganismengruppen sind nur wenige oder gar keine Arten überhaupt untersucht worden, und davon wiederum der überwiegendste Teil mit nordamerikanischen Arten. Erst in den letzten Jahren – Jahre nach der Anbauzulassung von MON810 und Bt176 in der EU – sind erstmals auch Studien mit europäischen Arten (v.a. in Deutschland) durchgeführt worden.

Die US-Landwirtschaft und Agrarlandschaften sind grundlegend anders als die in den verschiedenen Kulturräumen in Europa – aber dennoch wird die US-Ökologie bei der Risikobewertung in Europa zugrunde gelegt.

Lang (2005, S. 49-50) gibt einen sehr guten Überblick zu den wissenschaftlich begutachteten und publizierten Freiland-Studien. Im Jahr 2005 hat sich diese Situation nicht grundlegend geändert, auch wenn einige weitere Studien veröffentlicht wurden, die in der Regel negative Effekte zeigen.

"Diese Arbeiten sind recht divers hinsichtlich der untersuchten Tiergruppen, des Untersuchungszeitraumes, der verwendeten Maissorten, der Feldgrößen, des Stichprobenumfangs, der verwendeten Nachweismethoden, der geographischen Lage und anderes mehr, was einen direkten Vergleich dieser Studien erschwert (Orr & Landis 1997, Pilcher et al. 1997a, Lozzia 1999, Manachini 2000, Wold et al. 2001, Bourguet et al. 2002, Hassel & Shepard 2002, Jansinski & Easley 2003, Kiss et al. 2003, Musser & Shelton 2003, Dively & Rose 2003, Mayne et al. 1997, Rathinasabapathi 2000, Volkmar & Freier 2003). Ein Großteil dieser Studien stammt aus den USA (47%), jeweils 13% (=2 Publikationen) aus Frankreich, Italien, Spanien, und nur je eine aus Ungarn sowie Deutschland (Volkmar & Freier 2003). Sechs Arbeiten (40%) umfassen nur eine Untersuchungsperiode von einem Jahr, acht Studien gingen über zwei Jahre (53%) und nur eine Arbeit aus Spanien lief drei Jahre. Hauptsächlich wurden Blattläuse fressende Raubarthropoden untersucht, wie z.B. Marienkäfer, Florfliegen, parasitische Wespen und räuberische Wanzen." (Lang 2005)

Inzwischen weiß man aber, dass in dem Phloem, das von den Blattläusen aufgenommen wird, kein Bt-Toxin enthalten ist und deshalb auch keine direkten Effekte auf Blattläuse und auf Organismen, die sich von Blattläusen ernähren, zu erwarten sind. Die gesamte Ausrichtung dieser Studien erscheint somit grundsätzlich fraglich, abgesehen davon, dass es nur wenige Untersuchungen zu Europa gibt und keine echten Langzeitversuche durchgeführt wurden.

Schmetterlinge

Der Grossteil der Studien zu Effekten von Bt-Toxin auf Schmetterlinge und Schmetterlingslarven sind Studien mit dem Monarchfalter in den USA. Erste Studien in Europa mit europäischen Schmetterlingen identifizieren Schmetterlinge, die in/am Maisfeld vorkommen, darunter eine Anzahl Rote-Liste-Arten, und zeigen dass andere Arten wie Tagpfauenauge und Schwalbenschwanz bereits durch geringe Mengen Bt-Toxin lethal und/oder sublethal geschädigt werden können (Felke & Langenbruch 2003, 2004, 2005).

Wichtige Langzeitstudien, wie das Monitoring von Schmetterlingslarven in und an Bt-Maisfeldern sind aus Geldmangel bisher nicht (oder nur unzureichend) durchgeführt worden.

"Nach dem derzeitigen Kenntnisstand ist es nicht möglich vorherzusagen, ob einzelne Schmetterlingsarten auf Artebene durch den Anbau von transgenem Bt-Mais gefährdet sein können. Zumindest auf Populationsebene sind negative Effekte allerdings nicht auszuschließen. Einheimische Schmetterlinge sind durch eine ganze Reihe anthropogener Einflüsse bedroht. Die größte Bedrohung geht aber von Habitatszerstörung aus. Der Anbau von Bt-Mais-Sorten stellt eine zusätzliche Gefahrenquelle dar, deren Auswirkungen auf zahlreiche Arten noch nicht geklärt ist. [...]"

Ein negativer Effekt des Pollen von Bt-Mais auf Schmetterlingslarven dürfte [...] v.a. dort zu erwarten sein, wo ein relative großes Maisfeld an ein wesentlich kleineres Schmetterlingshabitat wie z.B. eine Hecke oder einen Randstreifen angrenzt. [...]"

Vor allem Populationen solcher Arten müssen in ihrem Bestand als potenziell gefährdet werden, deren Larvalhabitate hauptsächlich Wiesen oder andere Bereiche der Agrarlandschaft sind und die als regional gefährdet eingeschätzt werden. Insbesondere bei nur lückenhaft verbreiteten Arten kann die Schädigung einzelner Populationen Einfluss auf den Gesamtbestand einer bestimmten Region haben." (Felke & Langenbruch 2005)

In den USA wurde bisher vor allem der Monarchfalter (*Danaus plexippus*) untersucht. Dass die Raupen des Monarchfalters vom Anbau des Bt-Mais und seines Pollen betroffen sein kann, wurde inzwischen mehrfach gezeigt, seit dem dies Ende der 90er Jahre eher zufällig entdeckt wurde (Losey 1999). "Interessanterweise handelte es sich hierbei um die Maishybride N4640 der Linie Bt11. Von dieser Linie ist bekannt, dass der Pollen weitaus weniger Pollen enthält als der Pollen der Linie Bt176." (Felke & Langenbruch 2005)

Inzwischen ist auch festgestellt worden, dass zwar nicht immer unbedingt akute Toxizität von Bt-Pollen für den Monarchfalter festgestellt werden kann, dass sich aber in langfristigen Versuchen deutlich negative Effekte auf die Raupen des Schmetterlings zeigen. (Dively et al. 2004). Auch in diesem Versuch handelte es sich mit MON810 und Bt11 um Bt-Mais der im Pollen weitaus geringere Bt-Konzentrationen hat als Bt176. Vor der Studie von Dively war man deswegen davon ausgegangen, dass man bei MON810 kaum mit Auswirkungen auf Schmetterlingsraupen zu rechnen habe.

Studien mit europäischen Schmetterlingen

In einer Studie in Deutschland (Felke & Langenbruch 2005) wurden 26 tag- und 53 nachtaktive Schmetterlingsarten in der unmittelbaren Nähe eines Bt-Maisfeldes bestimmt. Nach Angaben der Wissenschaftler kann für 33 der aufgelisteten Arten das Gefährdungsrisiko zur Zeit nicht sicher abgeschätzt werden, da die Empfindlichkeit der Larven gegenüber dem Cry1Ab-Toxin nicht bekannt ist. Bei all diesen Arten handelt es sich um Eulenfalter, eine Familie der Nachtfalter. Für 16 weitere Arten wird ein minimales Gefährdungsrisiko angenommen, da es sich um häufig anzutreffende Spezies mit großräumiger Verbreitung handelt. Für 23 Arten wird ein leicht erhöhtes Gefährdungsrisiko angenommen, da es sich nicht um flächendeckend verbreitete Arten handelt und somit die Populationsdichten deutlich geringer sind als in der Gruppe der zuvor genannten 16 Arten. Für 5 Schmetterlingsarten, die in vielen Gebieten nur lückenhaft vorkommen, wird ein hohes Gefährdungspotential angenommen. Es handelt sich hierbei um Arten, deren Populationen im Rückgang begriffen oder sogar, zumindest in bestimmten Bundesländern, in ihrem Bestand bedroht sind (Felke & Langenbruch 2005).

Im Labor-Versuch mit sieben in Deutschland einheimischen Schmetterlingsarten zeigten sich die

Raupen von sechs Arten gegenüber dem Bt-Gift in Pollen von Bt176-Mais empfindlich. Wenn dieser Pollen auf ihren Futterpflanzen lag, nahmen sie weniger Nahrung auf und zeigten eine geringere Gewichtszunahme sowie eine erhöhte Sterblichkeitsrate (Felke & Langenbruch 2005).

In einem weiteren Teil des Versuchs wurden die Empfindlichkeiten der einzelnen Schmetterlingsarten genauer ermittelt und dabei große Unterschiede festgestellt. Hierfür wurden die sogenannten LD₅₀-Werte bestimmt, d.h. die Menge an Bt-Toxin bei deren *einmaligen* Verzehr die Hälfte aller Raupen sterben. Drei der Arten (Tagpfauenauge, Kleiner Fuchs und Kleiner Kohlweisling) waren genauso empfindlich wie der Maiszünsler, den der Bt-Mais abtöten soll. Die Kohlmotte war sogar noch empfindlicher (Felke & Langenbruch 2005).

Art		LD ₅₀ [Anzahl Pollenkörner]
Kohlmotte	<i>Plutella xylostella</i>	8
Maiszünsler	<i>Ostrinia nubilalis</i>	32
Kleiner Fuchs	<i>Aglais urticae</i>	32
Tagpfauenauge	<i>Inachis io</i>	37
Kleiner Kohlweisling	<i>Pieris rapae</i>	39

Tabelle 1: LD₅₀-Wert für MON810-Pollen für in Deutschland heimische Schmetterlinge. Der LD₅₀-Wert bezeichnet diejenige Menge, bei deren einmaliger Gabe 50% der Versuchstiere sterben (nach Felke & Langenbruch 2005).

Schon unterhalb der LD₅₀ Grenze sind u.a. bei Tagpfauenauge und Kohlmotte deutliche Entwicklungsstörungen messbar (Felke et al. 2002). Beobachtung der Raupen zeigte darüber hinaus, dass sie nach dem Verzehr von Bt-Pollen lethargisch wurden und auf der Blattoberseite blieben, statt von der Unterseite zu fressen. Solche Verhaltensänderungen können dazu führen, dass sich die Raupen schlechter vor Fressfeinden verstecken (Felke et al. 2002). Selbst geringfügige, nicht-tödliche Effekte des Bt-Pollen können bedeuten, dass das Gewicht der Schmetterlingspuppen oder der geschlüpften Schmetterlinge geringer ist und dass diese deshalb weniger Eier legen oder früher sterben (Dolezel et al. 2005 S.16).

Dabei muss auch berücksichtigt werden, dass Schmetterlingsraupen im Laborversuch in der Regel unter optimalen Bedingungen gehalten werden, d.h. die Raupen sind keinen weiteren Stressfaktoren ausgesetzt, wie sie in Agrarräumen auftreten können (Effekte von Agrochemikalien, Parasiten, Wetterbedingungen, suboptimale Ernährung durch Mangel an spezifischen Nahrungspflanzen etc). Im Freiland dagegen ist Bt-Mais ein zusätzlicher Stressfaktor für eh schon bedrohte Schmetterlingsarten.

Die Befunde im Labor scheinen sich zumindest auch teilweise auf das Freiland übertragen zu lassen: "M. Felke und G.A. Langenbruch haben neben ihren Laborexperimenten auch Freilandexperimente mit Larven des Tagpfauenauges und Bt176-Mais durchgeführt. Diese unveröffentlichten Arbeiten zeigten, dass auch unter Freilandbedingungen der Pollenflug von Bt176-Mais negative Effekte auf Tagpfauenaugen-Raupen hat." (Lang & Arndt 2005)

Felke & Langenbruch (2005) berechneten anhand ihrer LD₅₀-Werte exemplarisch den Abstand vom Feldrand in dem Schmetterlingsraupen geschädigt werden können: "Wenn man eine Sicherheitsschwelle um den Faktor 100 einrechnet, so würde dies für die Kohlmotte (*Plutella xylostella*) bedeuten, dass die Larven maximal einer Pollenmenge von 0,08 Pollenkörnern ausgesetzt werden dürften. In einer Entfernung von 32 Metern zum Rand eines blühenden Maisfeldes wurden pro Quadratzentimeter durchschnittlich 3 bis 5 Pollenkörner gezählt. Der Maximalwert lag hier bei 34. Dies bedeutet, dass negative Effekte auf Arten, die ähnlich empfindlich reagieren wie die Kohlmotte, in einem Umkreis von 32 Metern von Bt176-Maisfeldern nicht auszuschließen sind. Dies trifft auch auf neonate Larven von Tagpfauenauge und Kleiner Fuchs zu." (Felke & Langenbruch 2005). Es gibt jedoch keine EU-Vorschriften, dass bei Bt-Mais ein Sicherheitsabstand zu den Lebensräumen von Schmetterlingen oder anderen geschützten

Tierarten eingehalten werden müsste.

Blattläuse

Der Effekt von Bt-Mais auf Blattläuse ist mehrfach untersucht worden, aber es konnte kein Effekt festgestellt werden (Manachini et al. 1999, Vidal 2005). Das Fehlen eines solchen Effekts wird häufig als Beleg für fehlende negative Effekte auf Nicht-Zielorganismen im allgemeinen benutzt. In einer späteren Studie (Raps et al. 2001) wurde jedoch belegt, dass in dem Phloem, von dem sich die Blattläuse ernähren, gar kein Bt-Toxin enthalten ist.

An Blattläusen wurden ebenfalls Studien zu Effekten auf Fressfeinde von Maisschädlingen wie *Chrysoperla carnae* (Manachini et al. 1999) untersucht, ohne dass negative Effekte auf die Entwicklungsdauer oder die Sterberate von *C. carnae* zu verzeichnen wären (Vidal 2005) – was nicht weiter erstaunlich ist, da im Phloem, dem Nahrungsmedium der Blattläuse, eben kein Bt-Toxin enthalten ist.

Bienen

Für Zulassungsanträge werden in der Regel Fütterungsversuche mit Bienenlarven unter unrealistischen Bedingungen durchgeführt, die nicht den Anforderungen wissenschaftlicher Arbeiten genügen. So wurden für den Zulassungsantrag von 1507-Mais Bienenlarven einmalig direkt mit Bt-Maispollen gefüttert und dann ihre akute Mortalität gemessen. In den wenigen wissenschaftlichen Studien, die mit Bienen und Bt-Mais durchgeführt wurden, wurden keine Effekte gefunden, was vor allem mit Eigenschaften der Bienen-Ernährung erklärt wird.

Im Freilandversuch kommen Kaatz et al. (2005) jedoch zu einem differenzierten Ergebnis. Während generell eine chronisch toxische Wirkung von Bt-Mais (Bt176 und MON810) auf **gesunde** Honigbienenvölker nicht nachgewiesen werden konnte, zeigt sich ein signifikanter negativer Effekt, bei Bienen, die durch andere Einflüsse geschwächt sind.

"Im ersten Jahr waren die Bienenvölker zufällig mit Parasiten (Mikrosporidien) befallen. Dieser Befall führte bei den Bt-gefütterten Völkern ebenso wie bei den Völkern, die mit Pollen ohne Bt-Toxin gefüttert wurden, zu einer Abnahme der Zahl an Bienen und in deren Folge zu einer verringerten Brutaufzucht. Der Versuch wurde daher frühzeitig abgebrochen. Dieser Effekt war bei den Bt-gefütterten Völkern wesentlich stärker. (Die signifikanten Unterschiede sprechen für eine Wechselwirkung von Toxin und Pathogen auf die Epithelzellen des Darms der Honigbiene. Der zugrunde liegende Wirkungsmechanismus ist unbekannt.)" (Kaatz 2005)

Diese Beobachtung zeigt zwei wichtige Forschungsprobleme auf: Zum einen werden Studien – und vor allem Laborstudien – mit gesunden Versuchsorganismen ohne weitere äussere Einflüsse durchgeführt. Dies mag aus wissenschaftlichen Gründen des Versuchsdesigns richtig sein, aber es vernachlässigt die Tatsache, dass im Anbau von GV-Pflanzen die Nicht-Zielorganismen genau solchen, möglicherweise kumulativen Faktoren ausgesetzt sind.

Doch selbst, wenn solche zusätzlichen Faktoren untersucht werden sollten, dann ist dies abhängig davon, ob die jeweiligen Organismen und ihre Krankheitserreger im Labor gezüchtet und gehalten werden können. Im Rahmen der Bienenstudie von Kaatz (2005) war es zum Beispiel nicht möglich, den Parasitenbefall unter kontrollierten Bedingungen zu wiederholen und zu studieren, dass sich die Parasiten nicht züchten ließen.

Spinnen

Bis heute sind lediglich eine Handvoll Studien veröffentlicht worden, die sich mit möglichen Auswirkungen von Bt-Mais auf Spinnen beschäftigen. (Details zu den Studien finden sich bei Lang 2005.) Radnetzspinnen erscheinen durch mehrere Faktoren potentiell durch die Effekte von Bt-Mais gefährdet. Sie nehmen das Bt-Gift entweder als Pollen direkt auf (z.B. durch Netzrecycling)

oder indirekte durch Beutetiere (Lang 2005). Ein Langzeitstudie zeigt Hinweise auf negative Effekte von Bt-Pollen auf Radnetzspinnen (Lang 2005, Ludy & Lang 2006). Nach Angabe der Autoren handelt es sich dabei möglicherweise um indirekte Effekte, die durch reduzierte Anzahl oder schlechtere Nahrungsqualität der Beutetiere verursacht wurden. Ähnliche Effekte wurden bereits für indirekte Effekte von Bt-Mais auf Florfliegen beschrieben (Hilbeck et al. 1998, Dutton et al. 2003a).

Spinnen im Maisfeld sind häufiger als anscheinend erwartet. Lang (2005) stellte in einer Spinnenkartierung zur Beginn einer Freilandstudie im Feld und am Feldrand 50 Arten fest, von denen zwei auf der Roten Liste stehen.

Nach Aussagen von Ludy & Lang (2006) könnte die mögliche Exposition von Radnetzspinnen von Maispollen sehr hoch, aber auch sehr variabel sein. Dabei ist die Exposition im Maisfeld deutlich höher als am Rand mit Werten von bis zu 6.900 Pollenkörnern in einem Netz.

Im Laborversuch nahmen 65% der Netzspinnen Bt-Toxin über Pollen im Netz auf (Volkmar & Freier 2003), wenn auch nur in geringen Mengen. Bei einem Monitoring (Lang 2005) wurde in mehr als 7% aller Spinnen, die im Bt-Maisfeld gefangen wurden, das Cry1Ab-Toxin nachgewiesen. Dies weist auf eine langfristige Exposition hin.

Ludy & Lang (2006) stellen zwar fest, dass in ihrem Versuch das Bt-Toxin auf die getesteten Radnetzspinnen keinen (großen) negativen Effekt zu haben scheint, aber sie geben zu berücksichtigen, "dass der Stichprobenumfang teilweise relativ gering war und dadurch möglicherweise vorhandene Bt-Effekte statistisch nicht abgesichert werden konnten" (Ludy & Lang 2006).

Unter bestimmten Bedingungen hatte der Bt-Mais sogar positive Effekte auf Spinnen: Im Jahr 2003 wurden in Bt176-Maisfeldern eine erhöhte Anzahl von Spinnen gemessen (Lang 2005). Allerdings liegt der Grund für diesen Effekt in einer unbeabsichtigten Veränderung des Stoffwechsels der Gen-Maispflanzen (Saxena & Stotzky 2001b, Magg et al. 2001, Hassel & Shepard 2002). Aus ungeklärten Gründen blieben beim Bt-Mais bei Trockenheit die Blätter länger grün (Lang 2005).

Dieser Effekt, der also auf den ersten Blick positiv wirkt, gibt weiteren Anlass für Fragen: Offensichtlich wird, dass der Stoffwechsel der Pflanzen wesentlich stärker verändert ist als eigentlich beabsichtigt wurde. Weitere Hinweise darauf sind auch ein erhöhter Anteil an Holzfasern (Lignin, siehe unten).

Nützliche Insekten

Die Schlupfwespe *Trichogramma brassicae* ist ein natürlicher Feind des Maiszünslers. Sie legt ihre Eier in die Larven des Maiszünslers und wird deswegen auch gezielt in der biologischen Schädlingsbekämpfung eingesetzt.

Natürlich vorkommende Schlupfwespen sind durch den Anbau von Bt-Mais bedroht. Wenn sie ihre Eier in Maiszünslarven auf Bt-Mais legen, dann schlüpfen wesentlich weniger Tiere als in normalen Feldern (Manachini & Lozzia 2004b) .

Zudem findet die Schlupfwespe in Bt-Feldern weniger Beute. Es wird befürchtet, dass natürliche Feinde des Maiszünslers wie die Schlupfwespe in Regionen mit intensivem Bt-Maisanbau (regional) ausgerottet werden könnten. Spezialisierte natürliche Feinde können sogar stärker bedroht sein als die Schädlinge selber, da sie sich nur auf Feldern vermehren können, auf denen der Schädling vorkommt. Der regionale Verlust von spezialisierten natürlichen Feinden könnte dazu führen, dass auf anderen Maisfeldern der Schädlingsbefall steigt (Sisterson & Tabashnik 2005).

Den Schlupfwespen droht auch noch von anderer Seite Gefahr, denn sie legen ihre Eier nicht nur in Maiszünslarven, sondern fressen auch selber Maispollen. Durch ihre geringe Körpergröße wird befürchtet, dass sie durch das Bt-Gift besonders gefährdet sein könnten. Dies hat sich allerdings bisher noch nicht bestätigt. Im Laborversuch konnten keine negativen Effekte von Bt-Pollen auf die Lebensdauer der Weibchen oder ihrer lebenslangen Eiablageleistungen festgestellt werden (Langenbruch et al. 2006).

Ein weiterer Feind des Maiszünslers ist die Florfliege (*Chrysoperla carnae*). Fressen deren Larven

Maiszünslerraupen, die vom Bt-Mais gefressen haben, wird ihre Entwicklung erheblich gestört (Hilbeck et al. 1998a, Hilbeck et al. 1998b). Dies ist ein weiteres Beispiel dafür, dass sich das Gift des Bt-Maises auf mehrere Ebenen der Nahrungskette auswirken kann.

4. Qualität: mangelhaft

Genauer Giftgehalt unbekannt

Die Bt-Konzentrationen verschiedener Pflanzenteile, desselben Pflanzenteils zu verschiedenen Zeitpunkten in der Saison und von verschiedenen Sorten mit der gleichen gentechnischen Veränderung sind unterschiedlich. Sogar unterschiedliche Teile eines Blatts können unterschiedlich viel Bt-Gift enthalten, ohne dass es umfassende Studien zu diesem Thema gibt.

Gleichzeitig werden häufig Bt-Pflanzenmaterialien in Studien benutzt, ohne dass der Bt-Gehalt bestimmt worden wäre. Dadurch sind diese Studien nicht vergleichbar, bzw. bleibt unklar, ob sie realistische Bedingungen beschreiben.

Obwohl bekannt ist, dass die Toxin-Expression in Bt-Mais stark schwankt (Felke & Langenbruch 2005), wurden (und werden) in EU-Zulassungsanträgen die Bt-Konzentrationen in verschiedenen Pflanzengeweben in der Regel nicht detailliert angegeben.

Daten zur Bt-Toxinausscheidung aus Wurzeln oder Bt-Gehalte in der Wurzelanhangserde von Bt-Mais werden für Zulassungsanträge nicht erhoben, obwohl diese Daten zur Risikoabschätzung für Bodenorganismen wichtig sind.

Nicht untersucht werden auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten, in die das Bt-Gen eingebaut wird, obwohl belegt ist, dass die Konzentration des Giftes von Sorte zu Sorte schwanken kann (Nugyen 2004).

Giftgehalt abhängig von Sorte, Wachstum, Umwelt und Klima

Die Bt-Bildung schwankt sowohl saisonal als auch zwischen Pflanzenteilen und kann durch Umweltfaktoren beeinflusst werden. Die Schwankungen sind in unterschiedlichen Pflanzenteilen unterschiedlich stark ausgeprägt. Daten aus anderen klimatischen Regionen oder mit anderen Sorten sind damit nicht für eine Umweltverträglichkeitsprüfung übertragbar. Die Schwankungen der Bt-Bildung sind seit mehr als 10 Jahren bekannt, aber die Gründe dafür werden nicht systematisch untersucht. Es gibt erste Hinweise, dass höhere Temperaturen die Bt-Bildung verringern oder ganz ausschalten und/oder dass die Bt-Bildung mit der Photosyntheseaktivität der Pflanzenteile korreliert.

Grundsätzlich zeigen eine Reihe von Studien, dass junge und alte Bt-Maispflanzen unterschiedlich viel Bt-Toxin bilden (Fearing et al. 1997, Dutton et al. 2004a). Eine aktuelle Studie aus Deutschland belegt diese Schwankungen. Nach Angaben von Jehle (2005) "schwanken die Toxingehalte sowohl saisonal als auch zwischen den Pflanzenteilen". Die gemessenen Toxingehalte "unterschieden sich z.T. erheblich von jenen, die aus entsprechenden Versuchen in den Vereinigten Staaten bekannt sind, konnten aber in der Tendenz bestätigt werden. Dieser Befund unterstreicht die Bedeutung dieser Untersuchungen unter den hiesigen klimatischen Bedingungen und mit hiesigen Sorten." (Jehle 2005).

Grundsätzlich scheinen jüngere Blätter mehr Bt-Gift zu bilden als ältere, aber auch innerhalb eines Blatts gibt es Unterschiede (Abel & Adamczyk 2004). Bei MON810 wird das Bt-Toxin in früheren Stadien des Pflanzenwachses in den Blättern stärker ausgeprägt (Jehle 2005). Bei einer Bestimmung von Bt-Gehalten verschiedener Blätter von Bt11-Pflanzen fanden Dutton et al. (2005) dass die jüngsten Blätter die grössten Schwankungen aufwiesen, mit dem höchsten Wert in der Blattspitze und geringeren Werten in der Wachstumsregion des Blattes (nahe des Stengels). Im Gegensatz dazu waren die Bt-Gehalte in älteren Blättern wesentlich konstanter.

Ähnliche Ergebnisse fanden Dutton et al. (2004a) auch bei MON810 unter verschiedenen Bedingungen im Gewächshaus und im Freiland. Junge Pflanzen enthielten dabei etwa doppelt so

viel Bt-Toxin wie die älteren.

Innerhalb einer Pflanze ist der Bt-Gehalt in verschiedenen Pflanzenteilen unterschiedlich. Bei MON810 ist der Bt-Gehalt in den Blättern am höchsten und in den Kolben am geringsten (Jehle 2005). In MON810-Blättern ist der Bt-Gehalt etwa vier- bis siebenmal höher als in Wurzeln (Mendelsohn 2003, Nguyen 2004, Baumgarte & Tebbe 2005). In Bt176-Pflanzen dagegen werden hohe Bt-Gehalte vor allem in Pollen und Blättern gefunden (Fearing et al. 1997).

Sowohl in Bt176 als auch MON810 sind die Bt-Gehalte in den Kolben sehr gering (Jehle 2005). Fütterungsversuche zur Studie möglicher negativer Effekte auf Säugetiere und Vögel werden in der Regel mit Kolben bzw. Körnern gemacht. Da die Bt-Gehalte in Maiskolben deutlich geringer sind als in Blättern, lassen sich solche Studien nicht auf Tiere übertragen, die auch andere Pflanzenteile fressen.

Burns & Abel (2003) entdeckten, dass weniger Stickstoff die Bt-Gehalte in Blattgewebe verringerte und dass ausreichende Stickstoffmengen im frühen Wachstum der Pflanzen essentiell sind für die Bt-Bildung der Pflanze. Auch Dutton et al. (2004a) fanden heraus, dass doppelt so hohe Bt-Gehalte junger MON810-Pflanzen mit höheren Stickstoffwerten einhergingen. Sie vermuten aber, dass Temperaturunterschiede entweder die Bt-Bildung verringern oder sogar ganz verhindern. Ein solches gene silencing unter extremen Bedingungen und vor allem unter Hitzestress, wird bereits seit längerem für verschiedene GV-Pflanzen diskutiert.

Abel & Adamczyk (2004) untersuchten den Bt-Gehalt an verschiedenen Stellen eines Maisblatts und fanden signifikant weniger Bt-Gift in den weisslich-gelben Blattteilen als in den grünen. Ihre Ergebnisse zeigen, dass Blatteile mit wenig Chlorophyll und weniger Photosyntheseaktivität weniger Bt-Gift bilden (Abel & Adamczyk 2004). Da die Photosyntheseaktivität einer Pflanze durch verschiedene Umweltfaktoren wie Temperatur, Wasser und Licht beeinflusst wird, hätten diese Faktoren dann auch Einfluss auf die Bt-Bildung, so dass gemessene Bt-Werte nicht für den Anbau unter verschiedenen Umwelt- und Klimabedingungen verallgemeinert werden können.

Hinweise auf die Auswirkungen von Umweltfaktoren und klimatischen Bedingungen auf die Bt-Bildung liefern auch Messungen in denen unterschiedliche Bt-Gehalte in verschiedenen Jahren oder im selben Jahr an verschiedenen Standorten festgestellt werden. Selbst an Standorten innerhalb von Deutschland können die Unterschiede im Bt-Gehalt fast 50% betragen (Jehle 2005).

Im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts „Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004“ wurden Proben von MON810- und Bt176-Mais der verschiedenen beteiligten Teilprojekte ausgewertet. An zwei verschiedenen Standorten in Deutschland (in Bonn und Halle) zeigten sich deutliche Unterschiede. "Die Toxinmengen lagen an dem einen Standort in fast allen Entwicklungsstadien während der drei Versuchsjahre ungefähr 6-49 % über denen des anderen Standorts." (Jehle 2005).

Im Vergleich von zwei aufeinanderfolgenden Jahren können die Unterschiede noch höher sein, wie zwei Beispiele aus dem Gesamtprojekt zeigen. Büchs (2005) fanden Bt-Toxingehalte von MON810-Maisstreu, die 2,5mal so hoch waren wie im Vorjahr. Solche Unterschiede können erheblichen Einfluss haben auf Studien zu Nicht-Zielorganismen oder zu Fragen von Bt-Persistenz im Boden.

Neben solchen Schwankungen bildet ein Teil der Bt-Pflanzen gar kein Bt-Gift. Nach Firmenangaben von Monsanto bilden bis zu 2% der Bt-Pflanzen in einem Feld kein Toxin (N. Müllender; Monsanto Agrar Deutschland GmbH; Pers. Kommunikation in Magg et al. 2001). Jehle (2005) fand in Deutschland sogar in 9% der Pflanzen kein Bt-Toxin. In 32% der Bt-Pflanzen konnte es in den Wurzeln von Bt176 nicht nachgewiesen werden (Jehle 2005). Die Ursachen dafür, dass manche Bt-Pflanzen kein Bt-Gift bilden, sind bisher nicht näher untersucht worden.

Pollen: Giftgehalt höher als erwartet

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass die Bt-Gehalte in Pollen von Bt176-Pflanzen deutlich höher sind als in Pollen von Bt11- oder MON810 Pflanzen (Felke & Langenbruch 2005). Allerdings kann die Bt-Toxinbildung zwischen den einzelnen Sorten sehr unterschiedlich sein (Nguyen 2004).

Der Bt-Gehalt in MON810-Pollen wird in der Regel als sehr niedrig angegeben (z.B. 0,09 µg/g

Pollen, Stanley-Horn et al. 2001). Werte die in Deutschland im Freiland gemessen wurden sind jedoch deutlich höher. Nguyen et al. (2001) fanden Bt-Gehalte in Pollen, die mit 0,32-6,6 µg/g fast so hoch lagen wie der Bt-Gehalt von Bt176 Pollen (7,1 µg/g, Stanley-Horn et al. 2002). Die starken Schwankungen der Bt-Giftbildung im Pollen von MON810-Mais könnten sowohl auf abiotische Faktoren, als auch auf Unterschiede zwischen verschiedenen Maissorten zurückzuführen sein. Felke & Langenbruch (2005) schließen daraus: "Weitere Biotests mit Pollen von MON810-Mais sollten demnach unbedingt noch folgen. Hierbei sollte geklärt werden, ob die verschiedenen MON810-Sorten unterschiedlich hohe Toxin-Konzentrationen im Pollen zeigen und ob es zwischen sortengleichen Pflanzen individuelle Unterschiede in der Toxinexpression gibt."

Gift ist nicht gleich Gift

Auswirkungen von einem Bt-Mais lassen sich nicht ohne weiteres auf einen anderen Bt-Mais übertragen, da die Bt-Bildung in Bt-Mais-Sorten verschieden reguliert wird. Außerdem unterscheiden sich die Bt-Toxine (Cry1Ab) in den verschiedenen Bt-Pflanzen. Geringere (absolute) Bt-Gehalte können nicht mit geringerer Wirkung gleichgesetzt werden.

Verschiedene Bt-Maispflanzen (MON810, Bt176, Bt11 etc.) verwenden verschiedene Promotoren, um die Bildung von Bt-Proteinen in den Pflanzenzellen zu ermöglichen. Es ist bekannt, dass verschiedene Promotoren Bt-Bildung in den verschiedenen Pflanzengeweben (z.B. Pollen, Wurzeln oder Phloem) unterschiedlich stark anregen (Dutton et al. 2003b), aber es gibt keine Sicherheitsforschung zu diesem Thema.

Darüber hinaus sind die Bt-Toxine der verschiedenen Bt-Maispflanzen nicht identisch, auch wenn sie alle als Cry1Ab bezeichnet werden. Zuerst einmal unterscheidet sich das natürliche Bt-Gift, das in dem Bakterium *Bacillus thuringiensis* gebildet wird, grundlegend vom Bt-Gift aller Bt-Pflanzen. Das natürliche Bt-Protein ist deutlich größer und erst wenn es im Darm von Insekten durch Enzyme abgebaut wird, kann es seine toxische Wirkung entfalten. Allerdings haben nicht alle Insekten das passende Enzym.

Das natürliche Bt-Protein, wie es im biologischen Landbau verwendet wird, ist also in erster Linie nicht giftig, sondern wird erst zum Gift, wenn es durch ein Insekt aufgenommen wird. Im Darm des Insekts wird das Protein in ein Gift verwandelt. Bt-Gifte in Bt-Pflanzen liegen dagegen in einer verkürzten Form vor und sind toxisch, ohne dass sie erst im Insekt aktiviert werden müssen. Deswegen sind die Bt-Sprays des biologischen Landbaus nicht mit gentechnisch veränderten Bt-Pflanzen vergleichbar.

Darüber hinaus sind die Bt-Gifte verschiedener Bt-Pflanzen nicht identisch. Das Protein des Bt-Gifts in MON810 z.B. ist größer als das in Bt176 (92 kDa, bzw. 65 kDa, Nguyen 2004).

In der Regel wird davon ausgegangen, dass die Bt-Gifte verschiedener Bt-Pflanzen identisch sind, und dass lediglich die Bt-Giftmenge relevant sein könne für mögliche Effekte auch auf andere Insekten.

Es gibt allerdings Anzeichen, dass diese verschiedenen Bt-Gifte auch verschiedene Effekte haben könnten und dass ein geringerer Bt-Gehalt nicht ohne weiteres mit geringerem Effekt gleichgesetzt werden kann. Bereits bei früheren Monarchfalter-Studien wurden negative langfristige Effekte mit MON810- und Bt11-Pollen festgestellt, obwohl sie geringe Bt-Gehalte in Pollen aufwiesen als Bt176 (Dively et al. 2004).

Eine neuere Studie macht dies noch deutlicher. Im Vergleich von MON810 und Bt176 hatte MON810-Pollen einen negativen Effekt auf die Trauermücke *Lycoriella castanescens*. Dieser Effekt konnte jedoch bei Bt176-Pollen nicht festgestellt werden, obwohl der Bt-Gehalt in Bt176-Pollen um das 30fache höher lag (Büchs 2005). Die Wissenschaftler schließen daraus, "dass bei verschiedenen Bt-Mais-Sorten offenbar kein Zusammenhang zwischen der beobachteten Wirkung und dem absoluten Toxin-Gehalt besteht."

Gestörter Stoffwechsel

Bt-Mais weist einen wesentlich höheren Ligningehalt (Holzanteil) auf als normaler Mais. Dies ist vermutlich eine ungewollte Folge der gentechnischen Veränderung, die zwar bekannt und gemessen (Saxena & Stotzky 2001b) aber nicht erklärt ist. Unstrittig ist, dass die höheren

Ligningehalte Auswirkungen auf die Umwelt haben und die Eignung von Bt-Mais als Futter- und Lebensmittel beeinflussen (Poerschmann et al. 2005).

Sowohl bei MON810 und Bt176 finden sich deutlich höhere Ligningehalte in den Stengeln, während die Werte in den Blättern nicht deutlich höher sind als in Vergleichspflanzen (Poerschmann et al. 2005). Dieser unerwartete und unbeabsichtigte Effekt der gentechnischen Veränderung könnte erklären, warum die Stengel von Bt-Mais härter sind und warum Erntereste von Bt-Mais im Boden deutlich langsamer zersetzt werden (Poerschmann et al. 2005).

Die erhöhten Ligninanteile führen auch zu einer Veränderung der Bodenökologie. Durch den höheren Ligningehalt wird das Bt-Pflanzenmaterial langsamer abgebaut und das Bt-Gift wird zusätzlich durch die Bindung an Lignin in den Pflanzenresten vor dem Abbau geschützt (Poerschmann and Kopinke, 2001; Stotzky, 2000; Saxena et al. 2002b). Die höheren Ligningehalte könnten auch ein Grund dafür sein, wieso der Nährwert der Pflanzen für Kleinstlebewesen wie Trauermückenlarven reduziert ist.

Wie Poerschmann et al. (2005) ausführen sind Untersuchungen der Ligninzusammensetzung von gentechnisch verändertem Mais nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern unerlässlich.

Die erhöhten Holzanteile sind nicht der einzige ungewollte Unterschied zum normalen Mais. So zeigte sich in weiteren Untersuchungen, dass die Blätter der Gen-Mais-Pflanzen länger grün sind, als bei den Vergleichspflanzen (Lang 2005). Ähnliche pleiotrope Effekte von Bt-Mais sind auch von anderen Wissenschaftlern beschrieben worden (Saxena & Stotzky 2001b, Magg et al. 2001, Hassel & Shepard 2002, Lumbierres et al. 2004, in Lang 2005).

Auch der Stickstoffgehalt der Blätter scheint erhöht zu sein (Escher et al. 2000).

Im Rahmen der EU-Zulassung wird Bt-Mais als "substantiell gleichwertig" mit normalem Mais angesehen, das heißt es wird davon ausgegangen, dass es außer dem zusätzlichen Bt-Gift keine Unterschiede zu anderem Mais gäbe. Aufgrund dieser Einschätzung können weitere Schritte der (gesundheitlichen) Risikobewertung ausgelassen werden. Die vorliegenden Beispiele eines veränderten Stoffwechsels belegen jedoch, dass Bt-Mais nicht substantiell gleichwertig mit normalem Mais ist.

MON810 wurde durch mit Hilfe einer so genannten Gen-Kanone geschaffen. Dabei werden Pflanzenzellen mit Metallpartikeln bombardiert, um so das zusätzliche Gen-Konstrukt (Transgen) in die Pflanze einzuschleusen. Der Einbau der Transgene ist dabei rein zufällig und kann nicht gesteuert werden. Offensichtlich werden dabei nicht nur die normalen Maisgene gestört, sondern auch die Transgene selber verändert. Die DNA-Sequenz des Transgens, das tatsächlich in MON810 vorhanden ist, weicht deutlich von derjenigen ab, die im EU-Zulassungsantrag beschrieben wurde (Hernandez et al. 2003).

5. Gen-Mais: ökologisch und wirtschaftlich unsinnig

Gen-Mais anfälliger für Schädlinge

In den letzten Jahren wurden immer mehr Mechanismen gefunden, mit denen sich Pflanzen natürlicherweise gegen Schädlinge wehren können. Im Mais gibt es einen indirekten Mechanismus der pflanzlichen Abwehr gegen Schmetterlinge wie den Maiszünsler. Nach Fraßschäden durch die Raupen produziert die Maispflanze Duftstoffe, mit denen natürliche Feinde des Maiszünslers wie z.B. Schlupfwespen angelockt werden (Degenhardt 2005).

"Jede Maissorte hat ein typisches Duft-Grundmuster und jede Pflanze eine individuelle Ausprägung dieses Musters, das sie im Laufe ihres Lebens erwirbt und ständigen Veränderungen unterworfen ist. Eine junge Maispflanze gibt noch keine Duftstoffe ab, erst in der wachstumsintensiven Phase bildet sie Duftmuster aus, je nachdem wie der Standort beschaffen ist und in welchem Maße sie von Schädlingen und Krankheitserregern befallen wird. Auch im Tagesablauf gibt es Unterschiede in der Duftstoffabgabe. Pflanzen, die sich äußerlich kaum unterscheiden, ein ähnliches Gewicht haben und von etwa gleich viel Schmetterlingslarven befallen sind, können dennoch sehr unterschiedliche Mengen

Duftstoffe ausschütten. Vielleicht gibt es aber auch Pilzbefall, Wurzelschädlinge oder andere Faktoren, die den Dufthaushalt beeinflussen." (Degenhardt 2005)

Verschiedene Mais-Sorten weisen dadurch eine unterschiedliche natürliche Anfälligkeit gegenüber Schädlingen wie dem Maiszünsler auf. Offensichtlich sind die (nordamerikanischen) Ausgangsorten, die für die gentechnische Veränderung benutzt wurden, anfälliger für Schädlinge. So zeigt sich, dass MON810 über weniger Stoffe verfügen, um sich gegen Schädlinge zu wehren.

Beim Bt-Mais MON810 und dessen unveränderten Vergleichssorte wurden signifikante Unterschiede in der abgegebenen Menge an Abwehrstoffen gefunden. Es konnte gezeigt werden, dass dieser Unterschied nicht durch das eingebrachte Bt-Gen verursacht wird, sondern auf einem Sorteneffekt beruht (Degenhardt 2005). Der Gen-Mais MON810 hat also in dem Bereich, in dem er ein Problem lösen soll, eine schlechtere Ausgangslage als andere Sorten. Damit wiederholt die Gentechnik die Probleme der Grünen Revolution, in dem einige wenige Sorten eine Vielzahl besser angepasste Sorten verdrängen.

Auch die geringere Ausbildung der Mykorrhiza im Wurzelbereich kann dazu führen, dass die Pflanzen anfälliger gegenüber Schädlingen werden. Die Mykorrhizasymbiose macht Nutzpflanzen u.a. auch attraktiver für die natürlichen Feinde von Blattläusen (Guerrieri et al. 2004, zitiert in Dolezel et al. 2005). Durch eine verringerte Mykorrhizakolonisation (Turrini et al. 2004, Castaldini et al. 2005, s.o.) kann eine Bt-Maispflanze anfälliger für Schadinsekten werden, da weniger natürliche Feinde die Maispflanze besuchen (Dolezel et al. 2005 S.37).

Bei den EU-Zulassungsverfahren wird derzeit nicht untersucht, ob diese natürlichen Abwehrmechanismen durch die Genmanipulation verändert werden, oder ob die Ausgangspflanzen womöglich von Anfang an besonders empfindlich gegenüber bestimmten Schädlingen sind.

Bt-Mais: Einfach überflüssig

In einer Ausgaben des *ForschungsReport* (1/2006), der Veröffentlichung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) zum Schwerpunkt Gentechnik und Sicherheitsforschung, wird der Maiszünslerbefall in Deutschland wie folgt beschrieben:

"In Deutschland wird auf 1,7 Mio. Hektar Mais angebaut, davon liegen rund 350.000 ha in den Befallsgebieten des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*) des einzigen Maisschädlings, der in Deutschland alljährlich auf größeren Flächen bekämpft wird. Die Maiszünslerbekämpfung erfolgt überwiegend präventiv durch Häckseln/Schlägeln der Stoppeln und sauberes Pflügen nach der Maisernte. Dadurch werden die in den Stoppeln verbleibenden Altlarven abgetötet und es fehlt ihnen geeignetes Verpuppungsmaterial an der Bodenoberfläche. Die Ausbringung von Insektiziden (jährlich auf rund 35.000 ha) ist aufwändig, da sie aufgrund der Höhe der Pflanzen mit Stelzenschleppern erfolgen muss. Auf ca. 14.000 ha pro Jahr werden als biologische Methode auch *Trichogramma*-Schlupfwespen gegen die Eier der Schädlinge eingesetzt." (Langenbruch et al. 2006)

Das heißt, dass nur ein Fünftel der deutschen Maisanbaufläche vom Maiszünsler befallen wird und dass er nur auf 10% dieser Fläche mit einem Insektizid bekämpft wird. Dies bedeutet, dass nur ein Fünfzigstel der deutschen Maisanbaufläche mit einem Insektizid gegen Maiszünsler behandelt wird.

Das Hauptargument für den Anbau von Bt-Mais ist in der Regel, dass Bauern keine Pestizide mehr gegen den Maiszünsler sprühen müssten und dass so der Pestizideinsatz verringert würde. Für Deutschland ist dieses Argument nicht zutreffend, da sowie so nur minimal Pestizide gegen den Maiszünsler eingesetzt werden. Schlimmer noch: Auf jedem Acker, auf dem sowieso kein Pestizid gesprüht worden wäre, wird durch den Bt-Maisanbau zusätzlich und großflächig Bt-Gift in die Umwelt gebracht. Die Giftmenge, die in den Boden gelangt und die neben dem Maiszünsler andere Organismen schädigt, steigt also faktisch an.

Mit der präventive Behandlung gegen Maiszünsler durch mechanische Feldbearbeitung wie Häckseln des Maisstrohs und sauberes, tiefes Unterpflügen können 80%, bzw. 98% der Maiszünslerpopulationen dezimiert werden. (Hurle et al. 1996, Langenbruch 2003, in Schorling 2006 S.14)

Bei akutem Maiszünslerbefall können außerdem entweder Schlupfwespen ausgebracht werden oder Bt-Sprays gesprüht werden. "Mit Bt-Sprays werden nur die Angehörigen einer bestimmten Insektengruppe in einem bestimmten Entwicklungsstadium in einem kurzen Zeitraum (ca. eine Woche) nach dem Ausbringen geschädigt. Damit zählen die Produkte zu den umweltfreundlichsten Präparaten im Pflanzenschutz." (Langenbruch et al. 2006)

Die Menge Bt-Gifts, das durch Bt-Pflanzen auf den Acker ausgebracht wird, ist dagegen erheblich höher als die Menge, die durch Sprays auf den Acker gelangt (Szekacs et al. 2005).

Maiszünslerbefall in Europa

Bt-Mais wurde in den USA entwickelt. Im Bezug auf verschiedene Faktoren ist die Situation des Maiszünslerbefalls in Deutschland und in Europa deutlich anders als in den USA. Diese Faktoren werden aber bei der Frage, ob Bt-Mais in Deutschland notwendig und/oder sicher sei, in der Regel nicht ausreichend betrachtet.

Ostrinia nubilalis (Maiszünsler) ist ein in Europa heimischer Schmetterling (Lepidoptera), der in zwei Varianten vorkommt und nicht nur den Mais besiedelt. (Liebe 2004, in Schorling 2006).

In den USA dagegen wurde *O. nubilalis* zwischen 1910 und 1920 als Schädling eingeschleppt, wo er sich seitdem als Schädling ausbreitet. In heißen Regionen kann der Maiszünsler – oder European Corn Borer, ECB, wie er in den USA heißt – auch zwei oder drei Generationen im Jahr haben.

In Deutschland (und dem Grossteil der EU) hat *O. nubilalis* dagegen nur eine Generation pro Jahr, d.h. die Larven überwintern in Stengel und Wurzelresten auf dem Feld und können in der Regel präventiv durch Häckseln und Unterpflügen der Erntereste bekämpft werden. Maiszünslerbefall ist zudem zyklisch, d.h. in manchen Jahren tritt hoher Befall auf, in anderen Jahren keiner oder nur geringer. Der Einsatz von Pestiziden gegen Maiszünsler ist in Deutschland nur gering (s.o.)

O. nubilalis hat in Europa andere Insekten als natürliche Feinde. Schlupfwespen (*Trichogramma* s.o.) legen ihre Eier in Maiszünslerlarven, und reduzieren somit die Stärke des Befalls. Maispflanzen tragen aktiv zu dieser Schädlingsbekämpfung bei, in dem sie bei Maiszünslerbefall einen Duftstoff aussenden der Schlupfwespen anlockt. (Degenhardt 2005). *Trichogramma* wird in Deutschland auch gezielt zur biologischen Schädlingsbekämpfung eingesetzt – wenn auch nur auf einem sehr geringen Flächenanteil. Bei nordamerikanischen Sorten ist jedoch im Rahmen der Züchtung anscheinend die Bildung dieses Duftstoffs verloren gegangen, während er von Tetosine (der Vorform von Mais) und von europäischen Arten als Anlockungssignal z.B. bei Schädlingsbefall mit Maiswurzelbohrer gebildet wird (Rasmann et al. 2005).

Für MON810 bedeutet dies, das vermutlich eine konventionelle Maissorte gentechnisch verändert wurde, die eine schlechtere Interaktion mit natürlich vorkommenden und/oder gezielt eingesetzten Nützlingen hat und somit erst einmal anfälliger für genau den Maiszünslerbefall ist, den sie zu bekämpfen versucht.

Neben Unterschieden in den ökologischen Interaktionen des Maiszünslers unterscheiden sich auch die Formen europäischer und nordamerikanischen Landwirtschaft signifikant. In Deutschland ist der landwirtschaftlichen Kulturraum deutlich kleinräumiger und Feldränder, Hecken und Knicks sind wichtiger Naturraum im landwirtschaftlichen Raum. Ähnliche Strukturen fehlen häufig im großflächigen nordamerikanischen Maisanbau. Effekte auf Nicht-Zielorganismen müssen unter Bedingungen bestimmte werden, die den Strukturen (und Organismen) des jeweiligen Anbaubiets entsprechen.

Dies ist zum Beispiel wichtig für die Frage, ob Bt-Maispollen negative Effekte auf Schmetterlinge und Schmetterlingspopulationen hat. Ablagerung von Pollen an Feldrändern ist sehr variabel und hängt von verschiedenen Umweltparametern ab. (Dolezel et al. 2005 S.16) Entsprechend ist zu befürchten, dass auch die Folgen für die Umwelt in Europa gravierender sind als in den USA.

Zusammenfassung und Forderung

Die vorliegende Dokumentation zeigt eine Fülle von Auswirkungen des Bt-Mais auf die Umwelt. Dazu kommt die mögliche Gesundheitsgefährdung von Mensch und Tier. Die Fülle und die Komplexität der bereits bekannten Effekte lassen es unmöglich erscheinen, dass alle relevanten Risiken in Zulassungsverfahren und Anbauversuchen tatsächlich abgeklärt werden können.

Offensichtlich ist derzeit vor allem das Ausmaß des Nichtwissens:

- Weder die Anzahl der Gensequenzen noch der Ort, wo die neuen Gene in die Pflanzen eingebaut werden, kann gezielt gesteuert werden.
- Die Wechselwirkungen mit anderen Genen und dem Stoffwechsel der Pflanzen sind nicht vorhersagbar.
- Die ökosystemaren Effekte sind zu vielschichtig und können deswegen wissenschaftlich nur unzureichend abgeschätzt werden.
- Auswirkungen auf die Gesundheit können nicht ausgeschlossen werden.
- Pollenflug und Verunreinigung der Ernte führen zur Kontamination von Lebensmitteln und Saatgut.

Die Europäische Rahmengesetzgebung (Richtlinie 2001/18 und Verordnung 1829/ 2003) räumt dem Prinzip der Vorsorge einen hohen Stellenwert ein. Art 4(1) der Richtlinie 2001/18 lautet :

„Die Mitgliedstaaten tragen im Einklang mit dem Vorsorgeprinzip dafür Sorge, dass alle geeigneten Maßnahmen getroffen werden, damit die absichtliche Freisetzung oder das Inverkehrbringen von GVO keine schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt hat.“

Angesichts der vielen bereits bekannten Effekte und der faktischen Unmöglichkeit, alle relevanten Risiken umfassend zu untersuchen, sind die Voraussetzungen für eine EU-Marktzulassung des Gen-Maises nicht gegeben. Der Anbau der Pflanzen und ihre Verwendung in Futtermitteln dient zwar den wirtschaftlichen Interessen einiger weniger Konzerne, ist aber im Hinblick auf die möglichen Langzeitfolgen nicht zu verantworten.

Quellen

- Abel, C.A. & Adamczyk, J.J. 2004. Relative concentration of Cry1A in maize leaves and cotton bolls with diverse chlorophyll content and corresponding larval development of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and Southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on maize whorl leaf profiles. *Journal of Economic Entomology* 97(5): 1737-1744.
- Ahl Goy, P., Warren, G., White, J., Pivalle, L., Fearing, P.L. & Vlachos, D. 1995. Interaction of insect tolerant maize with organisms in the ecosystem. *Mitteilungen des Biologischen Bundesamts für Forst- und Landwirtschaft* 309: 50-53.
- Baumgarte, S. & Tebbe, C.C. 2005. Field studies on the environmental fate of the Cry1Ab Bt-toxin produced by transgenic maize (MON810) and its effect on bacterial communities in the maize rhizosphere. *Molecular Ecology* 14(8): 2539-2551.
- BMBF 2005. Ökosystem Maisfeld. Ergebnisse des Projektverbund Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004. <http://www.biosicherheit.de/de/mais/zuensler/317.dok.u.html>
- Bootjer, K.P., Bone, L.W. & Gills, S.S. 1985. Nematoda: susceptibility of the eggs to *Bacillus thuringiensis* toxins. *Experimental Parasitology* 60: 239-244.
- Bourguet, D., Chaufaux, J., Micoud, A., Naibo, B., Bombarde, F., Marque, G., Eychenne, N. & Pagliari, C. 2002. *Ostrinia nubilalis* parasitism and the field abundance of non-target insects in transgenic *Bacillus thuringiensis* corn (*Zea mays*). *Environmental Biosafety Research* 1: 49-60.
- Büchs, W. 2005. Auswirkungen von Bt-Mais auf Trauermückenlarven als Zersetzer. Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004. <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/14.doku.html>
- Büchs, W., Prescher, S., Müller, A. & Larink, O. 2004. Effects of Bt-maize on decomposition capacity, reproduction success and survival of saprophagous Diptera larvae and their predators. Präsentationsposter, Statusseminar 16.6.2004, Berlin. Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004. <http://www.biosicherheit.de/pdf/statusseminar2004/poster14.pdf>
- Burns, H.A. & Abel, C.A. 2003. Nitrogen fertility effects on Bt d-endotoxin and nitrogen concentrations of maize during early growth. *Agronomy Journal* 95: 207-211.
- Castaldini, M., Turrini, A., Sbrana, C., Benedetti, A., Marchionni, M., Mocali, S., Fabiani, A., Landi, S., Santomassimo, F., Pietrangeli, B. et al. 2005. Impact of Bt corn on rhizospheric and soil eubacterial communities and on beneficial mycorrhizal symbiosis in experimental microcosms. *Applied and Environmental Microbiology* 71(11): 6719-6729.
- Degenhardt, J. 2005. Auswirkungen von Bt-Mais auf Schmetterlinge und deren Gegenspieler. Sicherheitsforschung und Monitoring von Bt-Mais 2001-2004. <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/23.doku.html>
- Dively, G.P. & Rose, R. 2003. Effects of Bt transgenic and conventional insecticide control on the non-target natural enemy community in sweet corn. In: Van Driesche, R.G. Proceedings of the First International Symposium on Biological Control of Arthropods, Honolulu, USA, January 14-18, 2002. USDA Forest Service, Morgantown, WVA, USA.
- Dively, G.P., Rose, R., Sears, M.K., Hellmich, R.L., Stanley-Horn, D.E., Calvin, D.D., Russo, J.M. & Anderson, P.L. 2004. Effects on monarch butterfly larvae (Lepidoptera: Danaidae) after continuous exposure to Cry1Ab-expressing corn during anthesis. *Environmental Entomology* 33(4): 1116-1125.
- Dolezel, M., Heissenberger, A. & Gaugitsch, H. 2005. Ecological effects of genetically modified maize with insect resistance and/or herbicide tolerance. Forschungsberichte der Sektion IV. Band 6/2005. Bundesministerium für Gesundheit und Frauen, Sektion IV, Vienna, Austria.
- Dutton, A., Romeis, J. & Bigler, F. 2005. Effects of Bt maize expressing Cry1Ab and Bt spray on *Spodoptera littoralis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 114(3): 161-169.
- Dutton, A., D'Alessandro, M., Romeis, J. & Bigler, F. 2004a. Assessing expression of Bt-toxin (Cry1Ab) in transgenic maize under different environmental conditions. IOCB/WPRS Working Group "GMOs in Integrated Production" 27(3): 49-55.
- Dutton, A., Obrist, L.B., D'Alessandro, M., Diener, L., Müller, M., Romeis, J. & Bigler, F. 2004b. Tracking Bt-toxin in transgenic maize to assess the risk on non-target arthropods. IOCB/WPRS Working Group "GMOs in Integrated Production" 27(3): 57-63.
- Dutton, A., Klein, H., Romeis, J. & Bigler, F. 2003a. Prey-mediated effects of *Bacillus thuringiensis* spray on the predator *Chrysoperla carnea* in maize. *Biological Control* 26: 209-215.
- Dutton, A., Romeis, J. & Bigler, F. 2003b. Assessing the risks of insect resistant transgenic plants on entomophagous arthropods: Bt-maize expressing Cry1Ab as a case study. *BioControl* 48: 611-636.
- Dutton, A., Klein, H. & Romeis, J. 2002. Uptake of Bt-toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for the predator *Chrysoperla carnea*. *Environmental Entomology* 27: 441-447.
- Einspanier, R., Lutz, B., Rief, S., Berezina, O., Zverlov, V., Schwarz, W. & Mayer, J. 2004. Tracing residual recombinant feed molecules during digestion and rumen bacterial diversity in cattle fed transgene maize. *European Food Research and Technology* 218(3): 269-173.
- Escher, N., Käch, B. & Nentwig, W. 2000. Decomposition of transgenic *Bacillus thuringiensis* maize by microorganisms and woodlice *Porcellio scaber* (Crustacea, Isopoda). *Basic and Applied Ecology* 1: 161-169.
- European Communities - Measures affecting the approval and marketing of Biotech products

- (DS291, DS292, DS293). Comments by the European Communities on the scientific and technical advice to the panel. 28 January 2005.
- Fearing, P.L., Brown, D., Vlachos, D., Meghji, M. & Privalle, L.S. 1997. Quantitative analysis of CryIA(b) expression in Bt maize plants, tissues, and silage and stability of expression over successive generations. *Molecular Breeding* 3: 169-176.
- Felke, M. & Langenbruch, G.-A. 2005. Auswirkungen des Pollen von transgenem Bt-Mais auf ausgewählte Schmetterlingslarven. BfN-Skripten. No. 157. Bundesamt für Naturschutz.
- Felke, M. & Langenbruch, G.-A. 2004. Untersuchungen zu subletalen Effekten geringer Pollenmenge der transgenen Maislinie Bt176 auf Raupen des Tagpfauenauges (*Inachis io*) und der Kohlmotte (*Plutella xylostella*). *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 396.
- Felke, M. & Langenbruch, G.-A. 2003. Wirkung von Bt-Mais-Pollen auf Raupen des Tagpfauenauges im Laborversuch. *Gesunde Pflanze* 55(1): 1-4.
- Felke, M., Lorenz, N. & Langenbruch, G.-A. 2002. Laboratory studies on the effects of pollen from Bt-maize on larvae of some butterfly species. *Journal of Applied Entomology* 126(6): 320-325.
- Gathmann, A. 2005. Effekte des Anbaus von Bt-mais auf die epigäische und Krautschichtfauna verschiedener trophischer Bezüge. BMBF-Verbundprojekt: Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004. <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/32.doku.html>
- Harwood, J.D., Wallin, W.G. & Obrycki, J.J. 2005. Uptake of Bt endotoxins by nontarget herbivores and higher order arthropod predators: molecular evidence from a transgenic corn agroecosystem. *Molecular Ecology* 14(9): 2815-2823.
- Hassel, R.J. & Shepard, B.M. 2002. Insect populations on *Bacillus thuringiensis* transgenic sweet corn. *Journal of Economic Entomology* 37: 285-292.
- Hernandez, M., Pla, M., Esteve, T., Prat, S., Puigdomènech, P. & Ferrando, A. 2003. A Specific Real-Time Quantitative PCR Detection System for Event MON810 in Maize YieldGard Based on the 3'-Transgene Integration Sequence. *Transgenic Research* 12(2): 179-189.
- Hopkins, D.W. & Gregorich, E.G. 2003. Detection and decay of the Bt endotoxin in soil from a field trial with genetically modified maize. *European Journal of Soil Science* 54(4): 793-800.
- Jansinski, J. & Eisle, J. 2003. Select nontarget arthropod abundance in transgenic and non transgenic fieldcrops in Ohio. *Environmental Entomology* 32: 407-411.
- Jehle, J.A. 2005. Toxinproduktion und Qualitätskontrolle von rekombinanten Cry1Ab in heterologen Expressionssystemen (Abschlußbericht) BMBF-Verbundprojekt: Sicherheitsforschung und Monitoringmethoden zum Anbau von Bt-Mais, und <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/31.doku.html>
- Kaatz, H.-H. 2005. Auswirkungen von Bt-Maispollen auf die Honigbiene. BMBF-Verbundprojekt: Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais. <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/68.doku.html>
- Kiss, J., Szentkiralyi, F., Toth, F., Szenasi, A., Kadar, F., Arpas, K., Szekeres, D. & Edwards, C.R. 2003. Bt-corn: impact on non-targets and adjusting to local IPM systems. In: Lelley, T., Balázs, E. & Tepfer, M. Ecological impact of GMO dissemination in agroecosystems. OECD Workshop, September 27-28, 2002, Grossrussbach, Austria. 157-172.
- Koskella, J. & Stotzky, G. 1997. Microbial utilization of free and clay-bound insecticidal toxins from *Bacillus thuringiensis* and their retention of insecticidal activity after incubation with microbes. *Applied and Environmental Microbiology* 63(9): 3561-3568.
- Lang, A. 2005. Effekte von Mais auf flugfähige Blütenbesucher und Prädatoren höherer Straten (Schlussbericht). Sicherheitsforschung und Monitoring-Methoden zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004, und <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/68.doku.html>
- Lang, A. & Arndt, N. 2005. Monitoring der Umweltwirkungen des Bt-Gens. Schriftenreihe. No. 2005/7. Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München.
- Langenbruch, G.-A., Hassan, S.A., Büchs, W., Bürgermeister, W., Freier, B. & Hommel, B. 2006. Biologische Sicherheitsforschung mit Bt-Mais. *ForschungsReport* 1/2006: 8-12.
- Lee, L., Saxena, D. & Stotzky, G. 2003. Activity of free and clay-bound insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* against the mosquito *Culex pipiens*. *Applied and Environmental Microbiology* 69(7): 4111-4115.
- Liebe, D. 2004. Molekulargenetische Untersuchungen zur Abgrenzung von Populationen des Maiszünslers *Ostrinia nubilalis* Hübner als eine Voraussetzung für das Insektenresistenzmanagement (IRM) von *Bacillus thuringiensis*-Mais (Bt-Mais) (Dissertation). Justus-Liebig-Universität Giessen.
- Losey, J.E. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214-214.
- Lövei, G.L. & Arpaia, S. 2005. The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 114(1): 1-14.
- Lozzia, G.C. 1999. Biodiversity and structure of ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) in Bt corn and its effects on non-target insects. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura Ser II*, 3: 37-58.
- Ludy, C. & Lang, A. 2006. Bt maize pollen exposure and impact on the garden spider, *Araneus diadematus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 118(2): 145-156.
- Lumbierres, B., Albajes, R. & Pons, X. 2004. Transgenic Bt maize and *Rhopalosiphum padi* (Hom., Aphididae) performance. *Ecological Entomology* 29 (3): 309-317.

- Magg, T., Melchinger, A.E., Klein, D. & Bohn, M. 2001. Comparison of Bt maize hybrids with their non-transgenic counterparts and commercial varieties for resistance to European corn borer and for agronomic traits. *Plant Breeding* 120: 397-403.
- Manachini, B., Landi, S., Fiore, M.C., Festa, M. & Arpaia, S. 2004. First investigations on the effects of Bt-transgenic *Brassica napus* L. on the trophic structure of the nematofauna. *IOCB/WPRS Bulletin* 27(3): 103-108.
- Manachini, B. & Lozzia, G.C. 2003. Biodiversity and structure of nematofauna in Bt corn (Präsentation). Biodiversity Implications of Genetically Modified Plants 7-13 September 2003, Ascona, Switzerland.
- Manachini, B. & Lozzia, G.C. 2002. First investigations into the effects of Bt corn crop on Nematofauna. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura* 34(1): 85-96.
- Manachini, B. 2000. Ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) and plant dwelling non-target arthropods in isogenic and transgenic corn crops. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura* 32(2): 181-198.
- Manachini, B., Agosti, M. & Rigamonti, I.E. 1999. Environmental impact of Bt-corn on non target entomofauna: Synthesis of field and laboratory studies. *Proceedings of the XI Symposium for Pesticide Chemistry*: 873-882.
- Mayne, M.B., Coleman, J.R. & Blumwald, E. 1997. Differential response to drought and abscisic acid of two cDNAs corresponding to genes expressed during drought conditioning in jackpine seedlings. *New Forests* 13: 165-176.
- Mendelsohn, M. 2003. Are Bt crops safe? *Nature Biotechnology* 21: 1003-1009.
- Musser, F.R. & Shelton, A.M. 2003. Bt sweet corn and selective insecticides: Impacts on pests and predators. *Journal of Economic Entomology* 96(1): 71-80.
- Nguyen, H.T. 2004. Sicherheitsforschung und Monitoringmethoden zum Anbau von Bt-Mais: Expression, Nachweis und Wirkung von rekombinantem Cry1Ab in heterologen Expressionssystemen (Dissertation). Georg-August-Universität Göttingen.
- Nguyen, H.T., Berlinghof, M. & Jehle, J.A. 2002. Expressionsmonitoring von Cry1Ab verschiedener Maislinien an zwei Freisetzungstandorten in Deutschland. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 390: 542-543.
- Obrist, L.B., Dutton, A., Albajes, R. & Bigler, F. 2005. Exposure of arthropd predators to Cry1Ab toxin in Bt maize fields on Spain. Meeting on Ecological Impact of GMOs 1-3 June 2005.
- Orr, D.B. & Landis, D.A. 1997. Oviposition of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) and impact of natural enemy populations in transgenic versus isogenic corn. *Journal of Economic Entomology* 90 (4): 905-909.
- Palm, C.J., Donegan, K.K., Harris, D. & Seidler, R.J. 1994. Quantification in soil of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* delta-endotoxin from transgenic plants. *Molecular Ecology* 3(2): 145-151.
- Pilcher, C.D., Obrycki, J.J., Rice, M.E. & Lewis, L.C. 1997a. Preimaginal development, survival, field abundance of insect predators on transgenic *Bacillus thuringiensis* corn. *Environmental Entomology* 26(2): 446-454.
- Poerschmann, J., Gathmann, A., Augustin, J., Langer, U. & Gorecki, T. 2005. Molecular composition of leaves and stems of genetically modified Bt and near-isogenic non-Bt maize - Characterization of lignin patterns. *Journal of Environmental Quality* 34: 1508-1518.
- Poerschmann, J. & Kopinke, F. 2001. Sorption of very hydrophobic organic compounds (VHOCs) on dissolved humic organic matter (DOM). 2. Measurement of sorption and application of a Flory-Huggins concept to interpret the data. *Environmental Science & Technology* 35: 1142-1148.
- Raps, A., Kehr, J., Gugerli, P., Moar, W.J., Bigler, F. & Hilbeck, A. 2001. Immunological analysis of phloem sap of *Bacillus thuringiensis* corn and of the nontarget herbivore *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) for the presence of Cry1Ab. *Molecular Ecology* 10(2): 525-533.
- Rasmann, S., Köllner, T.G., Degenhardt, J., Hiltbold, I., Toepfer, S., Kuhlmann, U., Gershenson, J. & Turlings, T.C.J. 2005. Recruitment of entomopathogenic nematodes by insect-damaged maize roots. *Nature* 434: 732-737.
- Rathinasabapathi, B. 2000. Metabolic engineering for stress tolerance: Installing osmoprotectant synthesis pathways. *Annals of Botany* 86: 709-716.
- Saxena, D., Stewart, C.N., Altosaar, I., Shu, Q. & Stotzky, G. 2004. Larvicidal Cry proteins from *Bacillus thuringiensis* are released in root exudates of transgenic *B. thuringiensis* corn, potato, and rice but not of *B. thuringiensis* canola, cotton, and tobacco. *Plant Physiology and Biochemistry* 42: 383-387.
- Saxena, D. & Stotzky, G. 2002. Bt toxin is not taken up from soil or hydroponic culture by corn, carrot, radish, or turnip. *Plant and Soil* 239: 165-172.
- Saxena, D., Flores, S. & Stotzky, G. 2002a. Vertical movement in soil of insecticidal Cry1Ab protein from *Bacillus thuringiensis*. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 111-120.
- Saxena, D., Flowers, S.A. & Stotzky, G. 2002b. Bt toxin is released in root exudates from 12 transgenic hybrids representing three transformation events. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 133-137.
- Saxena, D. & Stotzky, G. 2001a. *Bacillus thuringiensis* (Bt) toxin released from root exudates and biomass of Bt corn has no apparent effect on earthworms, nematodes, protozoa, bacteria, and fungi in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 1225-1230.
- Saxena, D. & Stotzky, G. 2001b. Bt corn has a higher lignin content than non-Bt corn. *American Journal of Botany* 88(9): 1704-1706.
- Saxena, D. & Stotzky, G. 2000. Insecticidal toxin from *Bacillus thuringiensis* is released from roots of

- transgenic Bt corn in vitro and in situ. *FEMS Microbiology Ecology* 33: 35-39.
- Saxena, D., Flowers, S.A. & Stotzky, G. 1999. Transgenic Plants: Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn. *Nature* 402: 480.
- Schorling, M. 2006. Ökologische und phytomedizinische Untersuchungen zum Anbau von Bt-Mais im Maiszünsler-Befallsgebiet Oderbruch (Dissertation). Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Potsdam.
- Schröder, D. 2005. Quantifizierung der Beweglichkeit von Bt-Toxin in Böden (Schlussbericht) Sicherheitsforschung und Monitoringmethoden zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004, und http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/9_5.doku.html
- Sims, S.R. & Holden, L.R. 1996. Insect bioassay for determining soil degradation of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* CryIA(b) protein in corn tissue. *Environmental Entomology* 25(3): 659-664.
- Sisterson, M.S. & Tabashnik, B.E. 2005. Simulated effects of transgenic bt crops on specialist parasitoids of target pests. *Environmental Entomology* 34(4): 733-742.
- Stanley-Horn, D.E., Dively, G.P., Hellmich, R.L., Mattila, H.R., Sears, M.K., Rose, R., Hansen Jesse, L.C., Losey, J.E., Obrycki, J.J. & Lewis, L.C. 2001. Assessing the impact of Cry1Ab-expressing corn pollen on monarch butterfly larvae in field studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98(21): 11931-11936.
- Stotzky, G. 2000. Persistence and biological activity in soil of insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis* and bacterial DNA bound on clays and humic acids. *Journal of Environmental Quality* 29: 691-705.
- Tapp, H. & Stotzky, G. 1998. Persistence of the insecticidal toxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 30: 471-478.
- Tebbe, C.C. 2005. Abbau von Bt-Mais und Auswirkungen auf die mikrobielle Aktivität (Abschlussbericht). Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004, und http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/2_1.doku.html
- Turrini, A., Sbrana, C., Nuti, M.P., Pietrangeli, B.M. & Giovannetti, M. 2004. Development of a model system to assess the impact of genetically modified corn and aubergine plants on arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil* 266: 69-75.
- Vercesi, M.L., Krogh, P.H. & Holmstrup, M. 2006. Can *Bacillus thuringiensis* (Bt) corn residues and Bt-corn plants affect life history traits in the earthworm *Aporrectodea caliginosa*? *Applied Soil Ecology* 32: 180-187.
- Szekacs, A., Juracsek, J., Polgar, L.A. & Darvas, B. 2005. Levels of expressed Cry1Ab toxin in genetically modified corn DK-440-BTY (YIELDGARD) and stubble. *FEBS* 272 (s1) L3-005.
- Vidal, S. 2005. Untersuchungen zu Kaskadeneffekten einer Bt-Expression von Maispflanzen auf Pflanze-Herbivore-Parasitoid-Systeme am Beispiel von Blattläusen und ihren Parasitoidkomplexen (endbericht). Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais 2001-2004, und <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/17.doku.html>
- Volkmar, C. & Freier, B. 2003. Spider communities in Bt maize and not genetically modified maize fields. *Journal of Plant Diseases and Protection - Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 110(6): 572-582.
- Wandeler, H., Bahylova, J. & Nentwig, W. 2002. Consumption of two Bt and six non-Bt corn varieties by the woodlouse *Porcellio scaber*. *Basic and Applied Ecology* 3(4): 357-365.
- Wold, S.J., Burkness, E.C., Hutchison, W.D. & Venette, R.C. 2001. In-field monitoring of beneficial insect populations in transgenic corn expressing a *Bacillus thuringiensis* toxin. *Journal of Entomological Science* 36(765): 775.
- Zwahlen, C., Hilbeck, A., Howald, R. & Nentwig, W. 2003a. Effects of transgenic Bt corn litter on the earthworm *Lumbricus terrestris*. *Molecular Ecology* 12: 1077-1086.
- Zwahlen, C., Hilbeck, A. & Nentwig, W. 2003b. Degradation of the Cry1Ab protein within transgenic *Bacillus thuringiensis* corn tissue in the field. *Molecular Ecology* 12(3): 765-775.

Herausgeber: Greenpeace e.V., Große Elbstraße 39, 22767 Hamburg, Tel. 040/30618-0, Fax: 040/30618-100; V.i.s.d.P.: Christoph Then; Politische Vertretung Berlin, Marienstraße 19-20, 10117 Berlin; Email: mail@greenpeace.de, Internet: www.greenpeace.de; Autoren: Antje Lorch, Christoph Then; Titelgestaltung: Ulrike Hemme, Hamburg; Fotos Titel: Bernhard Nimtsch/Greenpeace, Martin Langer/Greenpeace, Thomas Stephan/BLE, Bonn; Druck: einfach-digital print, Virchowstr. 12, 22767 Hamburg; Auflage 500 Exemplare, 07/2006. Gedruckt auf 100%-Recyclingpapier.

Zur Deckung der Herstellungskosten bitten wir um eine Spende: Postbank Hamburg, BLZ 200 100 20, Konto-Nr. 97 338-207

Der in Europa angebaute gentechnisch veränderte BT-Mais „MON810“ birgt mehrfache Probleme in sich:

- > Durch die Genmanipulation kommt es zu ungeplanten und ungewollten Veränderungen im Erbgut und im Stoffwechsel der Pflanzen.
- > Über Pollenflug und Vermischung kommt es zu Kontamination von Ernte und Lebensmitteln.
- > Der Mais bildet ein Gift gegen Insekten, das sonst nur in Bakterien vorkommt, jetzt aber zum festen Bestandteil von Futter- und Lebensmitteln wird, und sich in der Umwelt anreichern kann.

Obwohl der Mais bereits vor etwa 10 Jahren zugelassen wurde, sind seine Effekte auf die Umwelt, Menschen und Tiere weitgehend unerforscht. Im Herbst 2006 läuft die Zulassung des BT-Mais „MON810“ in der EU aus, er muss von den Behörden erneut geprüft werden.

Aus diesem Anlass hat Greenpeace aktuelle Forschungsergebnisse aus Deutschland und anderen Ländern zusammengestellt, die das Ausmaß der offenen Fragen und Risiken deutlich machen.

Aus den vorliegenden Erkenntnissen zeigt sich, dass der kommerzielle Anbau des Gen-Mais verboten werden muss, weil er mit dem in der EU gesetzlich verankerten Prinzip der Vorsorge nicht vereinbar ist.

Greenpeace Österreich / Zentral- & Osteuropa, Siebenbrunnengasse 44, A-1050 Wien;
E-Mail: office@greenpeace.at

Greenpeace Schweiz, Heinrichstraße 147, CH-8005 Zürich;
E-Mail: gp@greenpeace.ch

Greenpeace Luxemburg, 34 Avenue de la Gare, L-4130 Esch/Alzette;
E-Mail: greenpeace@pt.lu

Greenpeace e.V., 22745 Hamburg Tel. 040/306 18 - 0, Fax 040/306 18 - 100
E-Mail: mail@greenpeace.de, Politische Vertretung Berlin, Marienstr. 19-20, 10117 Berlin
Tel. 030/30 88 99-0, Fax 030/30 88 99-30 Internet: www.greenpeace.de