

Vorsicht „Giftmischer“: Gentechnisch veränderte Pflanzen in Futter- und Lebensmitteln

Ein Testbiotech Report von Christoph Then

Stand: April 2011
im Auftrag von Ulrike Höfken, MdB

**Vorsicht „Giftmischer“:
Gentechnisch veränderte Pflanzen in Futter- und Lebensmitteln**

Ein Testbiotech Report von Christoph Then

Stand: April 2011

im Auftrag von Ulrike Höfken, MdB

Mitarbeit: Andreas Bauer-Panskus, Sylvia Hamberger

Schlussredaktion: Maren Borgerding

Layout: Claudia Radig-Willy

Impressum

Testbiotech e.V.

Frohschammerstr. 14

80807 München

Tel.: +49 (0) 89 358 992 76

Fax: +49 (0) 89 359 66 22

info@testbiotech.org

www.testbiotech.org

Geschäftsführer: Dr. Christoph Then

Eingetragen als gemeinnützig beim

Finanzamt München 2008

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1. Einleitung	7
1.1 Exkurs: Züchtung versus Gentechnik	8
2. Zugelassene gentechnisch veränderte Pflanzen	10
2.1 Globale Übersicht	10
2.2 Übersicht über die Zulassungen in der EU	11
3. Herbizidtolerante Pflanzen	12
3.1 Rückstände von Glyphosat in herbizidtoleranten Pflanzen	13
3.2 Neubewertung der Giftigkeit von Glyphosat-Mischungen durch die Behörden	15
3.3 Risiken für die Verbraucher	17
3.4 Folgen des Anbaus für Landwirte und Menschen in den Anbauregionen	21
4. Insektengiftproduzierende Pflanzen	24
4.1 Wirkungsweise und Risiken der Bt-Toxine und Risiken für die Verbraucher	24
4.2 Fütterungsversuche und Untersuchungen an Zellkulturen	26
5. Gen-Kombinationen in Stacked Events	28
5.1 Gentechnisch veränderte Maispflanzen und Stacked Events	29
5.2 Überblick über Kombinationen von Bt-Toxinen in Stacked Events	31
5.3 Ausblick auf die weitere Entwicklung bei Stacked Events	34
5.4 Risiken von Stacked Events	35
6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen	38
6.1 Zusammenspiel mit der Bewertung von Pestiziden	39
6.2 Bewertung von Wechselwirkungen und akkumulierten Effekten	39
6.3 Überwachung der Auswirkungen bereits zugelassener Pflanzen	40
6.4 Empfehlungen	42
Quellen	43

Zusammenfassung

Im Mittelpunkt dieses Berichts stehen gentechnisch veränderte Pflanzen, die entweder Unkrautvernichtungsmittel (Herbizide) tolerieren oder Insektengifte produzieren oder beide Eigenschaften in sich vereinen. Seit etwa 20 Jahren bestimmen diese gentechnisch veränderten Pflanzen das Geschäft mit der Agrogentechnik, bei den von der Europäischen Lebensmittelbehörde EFSA bewerteten Anträgen machen sie fast 100 Prozent aus. Sie werden überwiegend als Futter-Pflanzen eingesetzt.

Vor allem bei gentechnisch veränderten Pflanzen, die eine Toleranz gegenüber Breitbandherbiziden aufweisen, kam es in den letzten Jahren zu einer starken Ausweitung der Anbauflächen, insbesondere in den USA, Argentinien, Brasilien und Paraguay. Hauptbestandteil der Spritzmittel, bekannt vor allem unter dem Markennamen *Roundup* oder *Roundup Ready*, ist Glyphosat oder N-(Phosphonomethyl)Glycin. Durch den flächendeckenden Einsatz von Glyphosat-Herbiziden entwickelten sich Resistenzen bei immer mehr Unkrautarten. In der Folge stieg auch der Spritzmittelaufwand.

Für Verbraucher ist diese Entwicklung wegen der Glyphosat-Rückstände in Futter- und Lebensmitteln relevant. 1996 empfahl die FAO, den zulässigen Glyphosat-Grenzwert bei Sojabohnen auf extrem hohe 20 mg/kg anzuheben. Dieser Rückstandshöchstgehalt kommt auch in der EU zur Anwendung. Neuere Untersuchungen legen aber den Verdacht nahe, dass Glyphosat und seine Abbauprodukte schon in weitaus geringeren Mengen gesundheitliche Risiken bergen. Gefährdet sind demnach u.a. das menschliche Fortpflanzungssystem, das Nervensystem sowie die Entwicklung von Embryonen.

Die Situation wird dadurch verschärft, dass den auf dem Markt erhältlichen Glyphosat-Produkten (wie *Roundup*) zum Teil große Mengen sogenannter POE-Tallowamine als Benetzungsmittel zugesetzt werden. Sie sollen das Eindringen des Glyphosats in die Pflanze erleichtern. Die Gefährlichkeit der POE-Tallowamine wurde vor einem Jahr von den deutschen Behörden neu bewertet. Es besteht die Befürchtung, dass diese Stoffe in gesundheitsgefährdenden Konzentrationen auch in tierische Produkte übergehen und so erhebliche Risiken für die Verbraucher entstehen können. Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) legte deswegen im Juni 2010 erstmals toxikologische Grenzwerte für POE-Tallowamine fest und untersagte die Verwendung von Futtermitteln, bei deren Anbau in Deutschland Spritzmittel mit diesen Zusatzstoffen eingesetzt wurden. Trotzdem wurden Landwirte, Futtermittelhersteller und Verbraucher nicht vor möglichen Rückständen in importierten Futtermitteln, insbesondere vor herbizidresistenten Sojabohnen gewarnt.

Seit 1996 landen jedes Jahr Millionen Tonnen gentechnisch veränderte Soja in Europa und Deutschland, hauptsächlich für Futtermittel. Die überwiegende Anzahl von Nutztieren wird derzeit nicht nach den Standards der „ohne-Gentechnik“-Kennzeichnung oder nach den Regeln des ökologischen Landbaus gefüttert. Deswegen muss man davon ausgehen, dass die meisten Verbraucher zu Produkten von Tieren greifen, die mit gentechnisch veränderten Sojabohnen gefüttert wurden. Es gibt bislang jedoch keine ausreichenden Untersuchungen darüber, wie stark Pflanzen und tierische Produkte und damit unsere Nahrungsmittel mit Rückständen von Glyphosat belastet sind. Aussagekräftige Zahlen zu Rückständen von POE-Tallowaminen fehlen völlig. Für das weltweit am häufigsten eingesetzte Herbizid und seine gesundheitsgefährdenden Begleitstoffe sind noch nicht einmal geeignete, einfache und zugleich kostengünstige Nachweisverfahren verfügbar.

Auch bei Pflanzen, die gentechnisch so verändert wurden, dass sie in ihrem Gewebe Insektizide produzieren, gibt es erhebliche Risiken. In der EU sind inzwischen zehn verschiedene Toxine aus dem Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* (sogenannte Bt-Toxine) bei gentechnisch veränderten Pflanzen zugelassen. Durch nachträgliche Kreuzung entstehen Pflanzen mit einer Kombination aus verschiedenen Bt-Toxinen und mit weiteren Eigenschaften (sogenannte *Stacked Events*). Der vorliegende Bericht gibt einen systematischen Überblick über Bt-Toxine und ihre Verwendung in den *Stacked Events*, die in der EU bereits zugelassen sind oder demnächst zugelassen werden sollen.

Die Insektengifte der gentechnisch veränderten Pflanzen sind im Vergleich zu natürlicherweise in Bodenbakterien vorkommenden Bt-Toxinen erheblich modifiziert. Ihre Wirkungsweise ist im Detail nicht vollständig aufgeklärt und ihre Wechselwirkungen sind nicht ausreichend untersucht. Auch die Frage, wieviel Insektengift unter wechselnden Umweltbedingungen in den Pflanzen produziert wird, kann nicht beantwortet werden.

Durch Kreuzung kombiniert man außerdem insektengiftproduzierende mit herbizidtoleranten Pflanzen. Auch hier wurden gesundheitsgefährdende Synergie-Effekte nicht überprüft. 2010 befürwortete die Europäische Lebensmittelbehörde EFSA die Zulassung des gentechnisch veränderten Mais „SmartStax“. Dieser gentechnisch veränderte Mais produziert sechs verschiedene Insektengifte und toleriert zwei Herbizide (Glyphosat und Glufosinat). Vor der Zulassung hat die Lebensmittelbehörde EFSA keine Fütterungsstudien zur Untersuchung von Gesundheitsrisiken verlangt.

Der Anbau und die Verwertung von herbizidtoleranten und insektengiftproduzierenden Pflanzen führen zu einer nie da gewesenen großflächigen und permanenten Exposition der Umwelt mit bestimmten Herbiziden und Insektiziden. Diese Stoffe, ihre Abbauprodukte und Beistoffe und die sich daraus ergebenden „Giftcocktails“ sind zu einem festen Bestandteil der Nahrungskette geworden. Fahrlässigkeiten oder Fehleinschätzungen bei der Bewertung der damit einhergehenden Risiken führen zu einer kaum einzugrenzenden Gefährdung von Mensch und Umwelt. Anlass zur Sorge geben u.a. Untersuchungen an Frauen in Kanada, in deren Blut Rückstände von Herbiziden und Insektengifte gefunden wurden, die über gentechnisch veränderte Pflanzen in die Nahrungskette gelangt sein können. Zum Teil fand man diese Stoffe sogar im Blut von im Mutterleib heranwachsenden Föten. Bisher gibt es keine funktionierenden Systeme zur Überwachung gesundheitlicher Auswirkungen nach einer Marktzulassung von gentechnisch veränderten Pflanzen, obwohl diese in der EU gesetzlich vorgeschrieben sind.

Vor diesem Hintergrund empfiehlt der Bericht unter anderem folgende Maßnahmen in Bezug auf herbizidtolerante und insektengiftproduzierende Pflanzen:

- › Verbraucher, Landwirte und Futtermittelhersteller müssen über eine mögliche Gesundheitsgefährdung durch Herbizidrückstände in Futtermitteln umfassend informiert werden. Lassen sich die Bedenken bezüglich der gesundheitlichen Risiken von gentechnisch veränderter Soja und anderen Produkten mit entsprechenden Rückstandsbelastungen nicht ausräumen, muss ihr Import vorsorglich ausgesetzt werden.
- › Anträge auf Neu- oder Wiederzulassungen von Pflanzen, die Bt-Toxine produzieren, sollten bis auf Weiteres nicht bewilligt werden. Bereits zugelassene insektengiftproduzierende Pflanzen müssen neu bewertet werden.

- › Die Risikobewertung von gentechnisch veränderten Pflanzen und die Bewertung von Pestiziden muss wesentlich stärker miteinander verzahnt werden. Als Vorbedingung für die Zulassung von Pestiziden und die Festsetzung von Rückstandhöchstgehalten müssen evaluierte, einfache und kostengünstige Nachweisverfahren für Rückstände zur Verfügung stehen. Die Hersteller der Pestizide sollten an den Kosten der Rückstandsuntersuchungen beteiligt werden. Die Glyphosat-Grenzwerte müssen deutlich abgesenkt werden. Der Einsatz von POE-Tallowaminen als Benetzungsmittel in Pestiziden muss verboten werden.

Weiterhin gelten folgende allgemeine Empfehlungen für den Umgang mit gentechnisch veränderten Pflanzen:

- › Die vergleichende Risikoabschätzung sollte durch ein Prüfverfahren ersetzt werden, das spezifisch auf die Risiken und technischen Besonderheiten von gentechnisch veränderten Pflanzen ausgerichtet ist.
- › Die Europäische Kommission muss Vorschläge unterbreiten, wie in Zukunft gesundheitliche Risiken nach einer Marktzulassung gentechnisch veränderter Pflanzen festgestellt werden können. Dabei müssen auch Produkte berücksichtigt werden, die von mit gentechnisch veränderten Pflanzen gefütterten Tieren stammen. Solange kein funktionierendes Monitoring etabliert ist, sind die rechtlichen Voraussetzungen für eine Inverkehrbringung von Produkten aus gentechnisch veränderten Pflanzen nicht gegeben.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen können drastische Eingriffe in die Märkte bedeuten. Sie ergeben sich aus bisherigen Versäumnissen in der Risikobewertung und im Risikomanagement. Wird jetzt nicht gehandelt, würden zukünftige Korrekturen noch erheblich massivere Konsequenzen nach sich ziehen. Beispielsweise könnten größere Engpässe bei der Beschaffung von gentechnisch nicht veränderten Rohstoffen entstehen. Ein „Weiter so“ kommt aus Sicht des Schutzes der Umwelt, der Verbraucher, Landwirte und Lebensmittelmärkte nicht in Frage.

1. Einleitung

2002 wurde die Europäische Lebensmittelbehörde EFSA als EU-weite Prüf- und Zulassungsbehörde gegründet. Seit 2003 veröffentlicht die EFSA Prüfberichte über gentechnisch veränderte Pflanzen (GV-Pflanzen).¹ Bis Ende April 2011 waren in der Europäischen Union 36 verschiedene Varianten (*Events*)² von gentechnisch veränderten Pflanzen für die Verwendung in Lebens- und Futtermitteln zugelassen und weitere 9 durch die EFSA bewertet. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um Pflanzen, die entweder die technischen Merkmale (*Traits*)³ der *Herbizidtoleranz* (HT) oder der *Insektenresistenz* (IR) oder eine Kombination dieser Merkmale aufweisen. Pflanzen, in denen mehrere dieser technischen Merkmale kombiniert sind, werden als *Stacked Events* bezeichnet, was auf Deutsch in etwa mit „gestapelte Gene“ übersetzt werden kann. Diese werden vor allem durch konventionelle Kreuzung verschiedener gentechnisch veränderter Pflanzen erzeugt.

Herbizidtolerante Pflanzen können mit Unkrautvernichtungsmitteln behandelt werden, ohne dass diese daran zugrunde gehen. Dabei werden oft Totalherbizide (oder Breitbandherbizide) verwendet, die ein möglichst großes Spektrum von Pflanzen abtöten sollen, so dass auf dem Acker nur die transgenen Pflanzen überleben, die gegen das Spritzmittel resistent gemacht wurden. Derzeit werden beim Anbau von HT-Pflanzen vor allem zwei Wirkstoffe eingesetzt: Glyphosat, das insbesondere Hauptbestandteil des unter dem Markennamen *Roundup* oder *Roundup Ready* vertriebenen Herbizids ist, sowie Glufosinat, das u.a. in Herbiziden der Marke *Liberty* enthalten ist. Glyphosat wird vor allem in transgenem Mais, Raps, Baumwolle und Soja eingesetzt und kommt hauptsächlich in Nord- und Südamerika auf großen Flächen zum Einsatz. Glufosinat wird eher bei Raps und teilweise auch bei Mais und Soja eingesetzt, hat jedoch im Vergleich zu Glyphosat bisher eine geringere Marktbedeutung.

Insektenresistente Pflanzen produzieren ein Insektengift, das spezifisch gegen bestimmte Gruppen von Insekten wirken soll, die vor allem in Monokulturen als Schädlinge auftreten. Dazu zählen zum Beispiel die Raupen bestimmter Käfer oder Schmetterlinge, die Mais oder Baumwolle anfressen. Da Insektenresistenz auch auf andere Art erreicht werden kann, zum Beispiel durch eine Züchtung, die die natürlichen Abwehrstoffe der Pflanzen stärkt, sollten diese Pflanzen eher insektengiftproduzierende Pflanzen (IGP) genannt werden, um eine klare Unterscheidung zu ermöglichen.

Die Insektengifte, die in den Pflanzen produziert werden, stammen ursprünglich aus verschiedenen Stämmen des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis*, und werden deswegen als Bt-Gifte bezeichnet.⁴

-
- 1 In diesem Bericht wird der Begriff „gentechnisch modifizierte Pflanze“ oder „gentechnisch modifizierter Organismus“ (GMO) vermieden, weil de facto die Pflanzen (Organismen) nicht nur modifiziert (in bestimmten Eigenschaften abgewandelt), sondern in ihrem Erbgut und ihren Eigenschaften technisch verändert, bzw. manipuliert wurden.
 - 2 *Event* werden die jeweiligen Pflanzen und Pflanzenzellen genannt, in die die zusätzlichen Gene ursprünglich eingeführt wurden und dann dazu verwendet wurden, entsprechendes Saatgut zu produzieren. Jeder dieser *Events* (zu deutsch etwa Varianten) wie MON810 oder NK603 muss vor seiner Marktzulassung auf Risiken geprüft werden.
 - 3 Mit *Traits* werden die technischen Merkmale von Pflanzen bezeichnet, die durch den gentechnischen Eingriff beabsichtigt sind, also zum Beispiel Herbizidtoleranz oder Insektengiftproduktion.
 - 4 Da die Bodenbakterien ursprünglich eine große Fülle (einige hundert) verschiedener Bt-Gifte produzieren, werden diese Gifte in weitere Untergruppen unterteilt. Sie liegen dort in Kristallform vor und sind gegenüber bestimmten Organismen unterschiedlich wirksam. Daher werden sie mit Cry (für englisch *Crystal*) abgekürzt und mit weiteren Zahlen und Buchstaben genauer klassifiziert. Dabei werden die ersten Buchstaben klein geschrieben, wenn das Gen bezeichnet wird, das aus den Bakterien isoliert wurde (z.B. cry1Ab), groß geschrieben werden sie, wenn das Eiweißgift (Protein, Toxin) bezeichnet wird, das auf der Grundlage dieses Gens produziert wird (z.B. Cry1Ab).

Diese Insektengifte werden in allen Teilen der Pflanze und über die gesamte Vegetationsperiode gebildet. Im Vergleich zu den natürlichen in Bodenbakterien vorkommenden Bt-Giften sind die in den gentechnisch veränderten Pflanzen produzierten Gifte bereits voraktiviert. Ihre Struktur ist teilweise verändert. Es gibt verschiedene Hinweise darauf, dass sich dadurch auch ihre Wirksamkeit verändert. Das erschwert die Risikoabschätzung (siehe Kapitel 4).

Bei der Bewertung dieser Pflanzen sind verschiedene Risiken zu berücksichtigen: Zum einen bedingt der Eingriff in das Genom der Pflanzen, bei dem die natürliche Genregulation umgangen wird, spezifische Risiken, die in der Pflanzenzucht nicht auftreten. Zum anderen müssen bei den Pflanzen, die ein Insektengift produzieren oder ein Herbizid tolerieren, indirekte Risiken, wie die Nebenwirkungen des Insektengiftes oder die Rückstände der Herbizide und mögliche Kombinationseffekte, berücksichtigt werden (siehe Exkurs: Züchtung versus Gentechnik).

Diese Risiken sind für Mensch und Natur gleichermaßen bedeutsam: Im Falle der IGP-Pflanzen werden zum ersten Mal in der Geschichte des Planeten massenhaft Pflanzen angebaut und als Nahrungs- und Futtermittel konsumiert, die in allen ihren Bestandteilen Giftstoffe enthalten, die normalerweise in der Pflanzenwelt und der Nahrungskette nicht vorkommen. Außerdem wurden weltweit noch nie so große Flächen mit Totalherbiziden und insbesondere mit Glyphosat behandelt.

Dieser Bericht gibt eine aktuelle Übersicht über die HR- und IGP-Pflanzen, die von der EFSA bisher bewertet wurden und die bereits in der EU zugelassen sind. Im Zentrum des Berichts stehen dabei die spezifischen Risiken, die sich aus den Eigenschaften der Herbizidtoleranz oder Insektengiftproduktion bzw. aus der Kombination dieser Merkmale für die Verbraucher ergeben.

Wie aktuell das Problem ist, zeigen unter anderem Untersuchungen aus Kanada, bei denen im Blut von Frauen Rückstände von Glufosinat und Glyphosat in niedrigen Konzentrationen gefunden wurden. Sogar im fötalem Blut schwangerer Frauen entdeckte man Rückstände von Glufosinat. Diese Spritzmittel kommen auch bei gentechnisch veränderten Pflanzen zum Einsatz. Sogar in gentechnisch verändertem Mais produzierte Insektizide (Cry1Ab) konnte im Blut werdender Mütter und ihrer heranwachsenden Föten identifiziert werden (Aris & Leblanc 2011).

Die Untersuchung aus Kanada ist weltweit eine der ersten, bei der nach diesen Rückständen im Blut von schwangeren Frauen gesucht wurde. Auch wenn die Ergebnisse von Aris & Leblanc (2011) durch weitere Untersuchungen überprüft werden müssen, um zum Beispiel die Übertragungswege und die Höhe der Belastung unter Berücksichtigung der Ernährungsgewohnheiten zu bestimmen, sollten der Staat und Landwirte bereits jetzt nach dem Vorsorgeprinzip verfahren, um die Verbraucher so gut wie möglich zu schützen.

1.1 Exkurs: Züchtung versus Gentechnik

Bei insektengiftproduzierenden und herbizidtoleranten Pflanzen wird durch den Eingriff in das Erbgut der Pflanzen ein zusätzlicher Stoffwechselweg eingefügt. Dadurch kommt es zur Bildung neuer Inhaltsstoffe. Durch die Methode des Gentransfers, durch die neu eingeführte genetische Information und die dadurch bedingten zusätzlichen Stoffwechselwege kann auch die Aktivität pflanzeigener Gene und der gesamte Stoffwechsel der Pflanzen ungewollt verändert werden. Wie verschiedene Untersuchungen zei-

gen, ist der gentechnische Eingriff in seinen Auswirkungen nicht auf einzelne Genabschnitte beschränkt, sondern kann viele andere Gene in ihrer Aktivität beeinflussen (Batista et al., 2008, Jiao et al., 2010).

Verschiedene Experten verweisen darauf, dass bei der Mutations- oder Kreuzungszucht die Zahl der in ihrer Aktivität veränderten Gene höher als bei der Gentechnik ist (siehe z.B. Batista et al., 2008, ILSI, 2008). Tatsächlich sind Veränderungen der Genaktivität im Rahmen der Züchtung nichts Ungewöhnliches. Pflanzen reagieren natürlicherweise auch auf Umwelteinflüsse mit einer Veränderung ihrer Genaktivität. Auch bei Fortpflanzung und Wachstum wird die Aktivität vieler Gene gleichzeitig verändert. Die Anzahl der dabei veränderten Gene ist aber nicht relevant, da die einzelnen DNA-Abschnitte in ihrer Gesamtheit über die natürliche Genregulation gesteuert werden. Die Synchronisierung der jeweiligen Genaktivität erfolgt damit über ein komplexes System, das jeweils auf die aktuellen Gegebenheiten reagiert und eine Anpassung der Pflanzen ermöglicht.

Im Gegensatz zur Mutations- oder Kreuzungszucht werden bei der Gentechnik die Mechanismen der natürlichen Genregulation nicht genutzt, sie müssen vielmehr umgangen werden. Im Vordergrund steht nicht das System der Genregulation, sondern die Wirkung einzelner Komponenten, die nach Baukastenart hinzugefügt werden. Die Aktivität der eingebauten Gene wird u.a. über sogenannte Promotoren herbeigeführt, die nicht der allgemeinen Genregulation in den Pflanzen unterliegen und die die Aktivität der zusätzlichen Gene steuern.

Da der gentechnologische Einbau der Gene in die Pflanzen keineswegs gezielt, sondern nach dem Zufallsprinzip erfolgt, muss zudem mit unbeabsichtigten Auswirkungen der Position und sogenannten pleiotropen Effekten (ein Gen beeinflusst gleichzeitig mehrere Merkmale) gerechnet werden.

Der Unterschied zwischen Züchtung und Gentechnik ist sowohl für die Abklärung gesundheitlicher Risiken als auch für die Beurteilung der Folgen eines Eintrags der Gene in Ökosysteme und in den Genpool von Wild- und Ackerpflanzen erheblich. Grundsätzlich möglich sind eine Schwächung der Pflanzen (erhöhte Krankheitsanfälligkeit, geringerer Ertrag), geringere Toleranz gegenüber Stressoren (wie klimatische Einflüsse), aber auch höhere Fitness (zum Beispiel die Ausbildung einer höheren Anzahl von Pollen und Samen) oder die Bildung ungewollter (antinutritiver, immunogener oder toxischer) Inhaltsstoffe. Es ist dabei möglich, dass sich unbeabsichtigte Reaktionen gentechnisch veränderter Pflanzen erst unter dem Einfluss bestimmter Umweltbedingungen oder erst nach einigen Generationen zeigen. So gibt es eine ganze Reihe von Publikationen über unerwartete Reaktionen von gentechnisch veränderten Pflanzen auf wechselnde Umweltbedingungen, z.B. bei Petunien (Meyer et al., 1992), Baumwolle und Mais (siehe Übersicht bei Then & Lorch, 2008), Kartoffeln (Matthews et al., 2005), Weizen (Zeller et al., 2010) und Soja (Gertz et al., 1999). Bei der Untersuchung von Zeller et al. (2010) wies gentechnisch veränderter Weizen im Freiland einen wesentlich geringeren Ertrag und eine höhere Belastung mit dem extrem giftigen Mutterkorn-Pilz auf. Beide Veränderungen traten unter Gewächshausbedingungen nicht auf.

In der EU werden diese Risiken nicht systematisch geprüft. In den Richtlinien der zuständigen Lebensmittelbehörde EFSA wird davon ausgegangen, dass die Risiken der gentechnisch veränderten Pflanzen für Mensch und Umwelt grundsätzlich mit denen von konventionellen Pflanzen vergleichbar sind. So wird auf wichtige Untersuchungen verzichtet, entscheidende Daten werden nicht erhoben.

2. Zugelassene gentechnisch veränderte Pflanzen

2.1 Globale Übersicht

Die Merkmale Herbizidtoleranz und Insektengiftproduktion dominieren weltweit den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen (siehe Abb. 1). Diese *Traits* werden vor allem bei Baumwolle, Soja, Mais und Zuckerrüben eingesetzt (siehe Abb. 2). Der Einsatz von Pflanzen, in denen diese technischen Merkmale kombiniert werden, nimmt weiter zu, während andere Eigenschaften eine untergeordnete Rolle spielen.

Abbildung 1: Übersicht über die häufigsten technischen Merkmale gentechnisch veränderter Pflanzen (Insektenresistenz und Herbizidtoleranz) sowie den Anteil der Pflanzen mit kombinierten Eigenschaften (*Stacked Events*), Quelle: Stein & Rodríguez-Cerezo, 2009

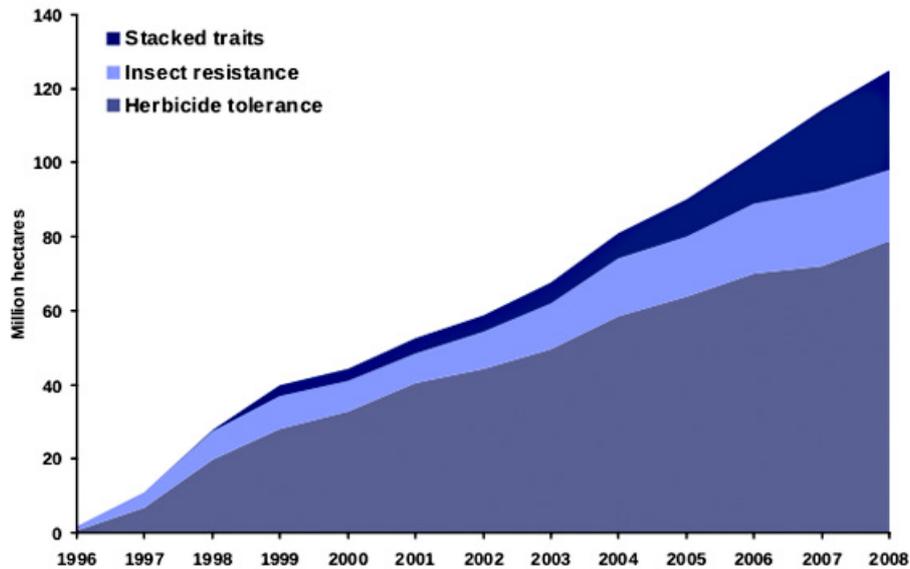
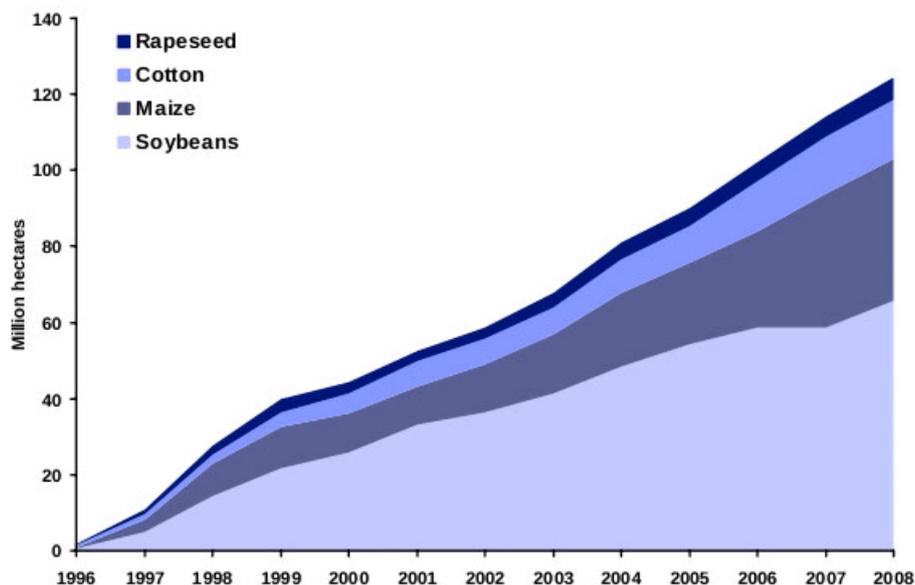


Abbildung 2: Übersicht über die wichtigsten Pflanzenarten, die weltweit in der Agro-Gentechnik zum Einsatz kommen: Raps, Baumwolle, Mais und Soja; Quelle: Stein & Rodríguez-Cerezo, 2009



2.2 Übersicht über die Zulassungen in der EU

In der Europäischen Union wurden bis Ende Februar 2011 für Futter- und Lebensmittel 36 *Events* gentechnisch veränderter Pflanzen zugelassen.⁵ Die meisten Pflanzen sind für den Import und die Verarbeitung in Lebens- und Futtermitteln vorgesehen. Zwei Zulassungen erstrecken sich auch auf den kommerziellen Anbau in der EU (der MON810-Mais von Monsanto und die Amflora-Kartoffel von BASF).

Von den bereits zugelassenen *Events* entfallen 22 auf Mais, 6 auf Baumwolle (aus Baumwollsaatgut werden Öle und Mehle für Futter- und Lebensmittel genutzt), je 3 auf Soja und Raps, je eines auf Kartoffeln und Zuckerrüben (Abb. 3).

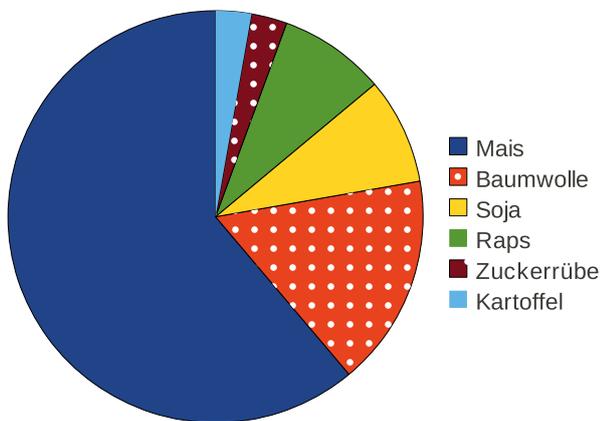


Abbildung 3: Übersicht über in der EU zugelassene gentechnisch veränderte Pflanzenarten, Quelle: www.ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm

Die zugelassenen 36 Varianten kann man bezüglich ihrer technischen Merkmale in 4 Gruppen unterteilen: 7 *Events* produzieren Insektengifte (Mais und Baumwolle), 12 *Events* tolerieren Unkrautvernichtungsmittel (Soja, Raps, Baumwolle und Mais), 16 *Events* sind eine Kombination zwischen insektengiftproduzierenden und herbizidtoleranten Pflanzen (Mais und Baumwolle). Dazu kommt eine Kartoffel, die Stärke produziert und eine Rapsvariante, die herbizidtolerant ist und gleichzeitig unfruchtbaren Pollen produziert (Abb.4).

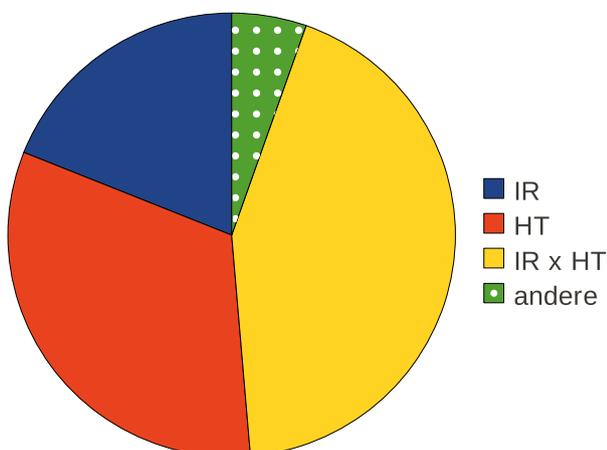


Abbildung 4: Übersicht über in der EU zugelassene Varianten von gentechnisch veränderten Pflanzen, Verteilung in Bezug auf verschiedene technische Eigenschaften (*Traits*), Quelle: www.ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm

⁵ www.ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm

Fünf der zugelassenen Pflanzen enthalten zudem Antibiotikaresistenz-Markergene: das *Event* MON863 sowie 3 weitere mit MON863 hergestellte Gen-Kombinationen (*Stacked Events*). Auch die BASF-Kartoffel Amflora enthält ein Antibiotikaresistenz-Markergen.

Zusätzlich zu den bereits zugelassenen Pflanzen hat die EFSA bis Ende April 2011 weitere 9 positive Bewertungen für gentechnisch veränderten Mais abgegeben. Davon erstrecken sich 3 auf den Anbau: der NK603-Mais von Monsanto, Bt 11-Mais von Syngenta und DAS 1507-Mais von Dow AgroSciences und Pioneer. 8 der Pflanzen produzieren Insektengifte, alle 9 tolerieren mindestens ein Spritzmittel.

3. **Herbizidtolerante Pflanzen**

Weltweit werden vor allem gentechnisch veränderte Pflanzen angebaut, die das Herbizid Glyphosat (unter dem Handelsnamen *Roundup* bekannt) tolerieren. Das Unkrautvernichtungsmittel wurde 1970 von Monsanto entwickelt. Glyphosat wirkt über die Blätter und hemmt einen lebenswichtigen Stoffwechselprozess in den Pflanzen, woran diese zugrunde gehen. Der Einsatz von Glyphosat auf landwirtschaftlichen Nutzflächen war vor 1996 nur beschränkt möglich, da es sich um ein sogenanntes Totalherbizid handelt, das gegen Unkräuter und Nutzpflanzen gleichermaßen wirksam ist. Trotzdem gibt es auch ohne den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen zahlreiche zugelassene Einsatzmöglichkeiten für Glyphosat: im Obstbau, im Heimgarten, beim Anbau von Weihnachtsbäumen, auf industriell genutzten Flächen usw. Zum Teil wird Glyphosat noch kurz vor der Ernte gespritzt, um beispielsweise die Abreifung von Weizen oder Raps zu beschleunigen. Dieses Verfahren nennt man Sikkation.⁶ Die Rückstandshöchstgehalte werden jeweils spezifisch für die verschiedenen Anwendungsgebiete erlassen, in Abhängigkeit von den zu erwartenden Rückständen (siehe Richtlinie 93/58/EEC). Insgesamt soll die Belastung der Verbraucher jedoch nicht über 0,3 mg pro kg Körpergewicht steigen (European Commission Peer Review Programme, 1998).

Glyphosat ist derzeit das weltweit am häufigsten eingesetzte Herbizid (PAN AP, 2009; Grube, 2011). Ein wichtiger Grund dafür ist der Anbau gentechnisch veränderter, herbizidtoleranter Pflanzen. 1996 gelang es Monsanto, ein bakterielles Gen per Gentechnik in Pflanzen einzubauen, so dass diese ein bestimmtes Enzym, das sogenannte EPSPS (5-Enolpyruvylshikimat-3-phosphat- Synthase) produzieren. Dieses Enzym ermöglicht es den Pflanzen, die Gift-Dusche zu überleben. Seit 1996 werden gentechnisch veränderte Sojabohnen kommerziell angebaut. Zum Einsatz kommt die Technologie inzwischen bei Soja, Mais, Raps, Zuckerrüben, Baumwolle und Alfalfa.

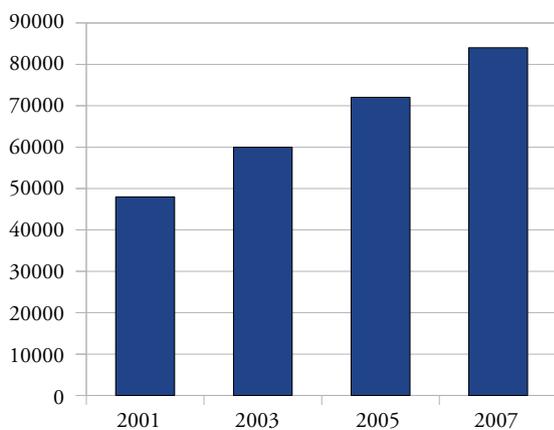
Nach Yamada et al. (2009) wurden weltweit im Jahr 2008 glyphosattolerante Sojabohnen auf etwa 66 Millionen Hektar, HT-Mais auf 37 Millionen Hektar und HT-Baumwolle auf etwa 16 Millionen Hektar angepflanzt. Allein in Argentinien wurden auf 47 Millionen Hektar mit *Roundup-Ready*-Sojabohnen angebaut. Im Jahr 2008 wurden in den transgenen Sojakulturen Argentiniens etwa 200 Millionen Liter Glyphosat ausgebracht (Trigona, 2009, Valente 2009, zitiert nach PAN AP, 2009).

Die US-amerikanische Umweltbehörde EPA hat Zahlen zum Einsatz von Glyphosat bis zum Jahr

6 Siehe zum Beispiel: www.Roundup-ultramax.de/cgi-bin/Laminat_Vorernte_Indikationen_220507_1.pdf

2007 veröffentlicht (Grube et al., 2011), die einen kontinuierlichen Anstieg der Verbrauchsmengen zeigen: Demnach hat sich die Menge des in der Landwirtschaft ausgebrachten Glyphosats in den Jahren 2001 bis 2007 fast verdoppelt (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Eingesetzte Menge Glyphosat (aktiver Bestandteil) in der Landwirtschaft der USA von 2001–2007 (umgerechnet in Tonnen). Quelle: Grube et al., 2011



Neben gentechnisch veränderten Pflanzen, die tolerant gegenüber Glyphosat sind, werden auch Pflanzen (u.a. der Firma Bayer) angebaut, die gegen Glufosinat (Handelsname u.a. *Liberty*) resistent gemacht wurden. Auch dabei wird ein Enzym aus Bakterien (das sogenannte Pat-Gen) in die Pflanzen eingeschleust. Zum Einsatz kommt die Technologie bei Soja, Raps, Baumwolle, Mais und Reis. Der Anbau dieser Pflanzen hat allerdings nicht die Verbreitung gefunden, wie der Anbau von glyphosat-toleranten Pflanzen. Nach Angaben des Bundeslandwirtschaftsministeriums wird das reproduktionstoxische Totalherbizid Glufosinat spätestens im Jahr 2017 im Rahmen der Novellierung der EU-Pestizidrichtlinie in Europa verboten (BMELV, 2009). In einer Stellungnahme zu Glufosinat kommt auch das Pestizid-Panel der EFSA zu dem Ergebnis, dass Glufosinat schädlich für Mensch, Tiere und Umwelt ist (EFSA, 2005). Es bleibt abzuwarten, wie sich der Einsatz von glufosinatresistenten Pflanzen vor dem Hintergrund dieser Bewertungen entwickeln wird.

Im Folgenden konzentrieren sich die Ausführungen auf glyphosatresistente Pflanzen, die derzeit den größten Anteil bei den herbizidtoleranten Pflanzen ausmachen.

3.1 Rückstände von Glyphosat in herbizidtoleranten Pflanzen

Rückstände von Glyphosat treten in den herbizidtoleranten Pflanzen regelmäßig auf, da das Herbizid direkt auf die Pflanzen ausgebracht wird. Die Pflanzen nehmen das Gift vor allem über die Blätter auf. Es verteilt sich über das gesamte Gewebe bis in die Wurzeln (FAO, 2005). Beim Abbau des Toxins in den Pflanzen entsteht hauptsächlich der Metabolit AMPA (*aminomethylphosphonic acid*), der toxikologisch ähnlich zu bewerten ist wie Glyphosat selbst. Die Rückstände in der Soja werden nur langsam abgebaut, manche Stoffwechselprodukte (wie das in bestimmten herbizidtoleranten Sojabohnen gebil-

dete *N-acetyl-glyphosate*) überstehen sogar die Verarbeitung nach der Ernte und Temperaturen, wie sie beim Backen, Kochen und Pasteurisieren entstehen (EFSA, 2009a).

In Deutschland werden Untersuchungen auf Rückstände von Glyphosat oder dem Glyphosat-Abbauprodukt AMPA bisher nur in sehr begrenztem Umfang durchgeführt. Laut den vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit veröffentlichten Zahlen wurden 2007 und 2008 insgesamt jeweils etwa 18.000 Proben auf Pestizidrückstände untersucht. Dabei wurden 2007 nur 43 Proben und 2008 nur 35 Proben auf Glyphosatrückstände überprüft, das entspricht etwa 0,2 Prozent aller Proben. In 30 Proben wurde zudem nach dem Metaboliten AMPA gesucht.⁷ In keinem Fall wurden dabei Rückstände von Glyphosat oder AMPA gefunden. Allerdings wurden 2007 und 2008 auch nur jeweils drei Sojabohnen-Proben in die Untersuchung miteinbezogen. Im Vordergrund der Analysen standen vielmehr Obst und Gemüse, die meist weniger belastet sind. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes lagen keine Zahlen über Rückstandsuntersuchungen aus den Jahren 2009 und 2010 vor.

Nach Auskunft von Fachleuten ist die Untersuchung auf Glyphosat und AMPA relativ kompliziert und aufwändig. In einer aktuellen Studie von Greenpeace werden die Kosten für eine Glyphosat-Einzeluntersuchung mit 170,00 € angegeben, während andere Pestizide in günstigeren Multi-Verfahren erfasst werden können.⁸ So ergibt sich die paradoxe Situation, dass ausgerechnet die Rückstände des Herbizids, welches weltweit am meisten angewendet wird und in gentechnisch veränderten Sojabohnen regelmäßig zu erwarten ist, fast nicht kontrolliert werden. Auch eine Anfrage der Grünen im hessischen Landtag (18/1703), die nach Glyphosat-Kontrollen von importierten Waren fragte und die im Januar 2010 beantwortet wurde, brachte ein ernüchterndes Ergebnis. Es gibt demnach in Hessen keine Untersuchungen der zuständigen Landesbehörde auf Glyphosat. Das Hessische Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz schreibt:

„Gemäß den Angaben des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit wurden im Jahr 2008 im Rahmen amtlicher Kontrollen in der Bundesrepublik Deutschland keine Rückstände von Glyphosat in Lebensmitteln nachgewiesen (BVL: Nationale Berichterstattung Pflanzenschutzmittelrückstände 2008). Daher richtet sich das Hauptaugenmerk der hessischen Überwachungsbehörden nicht auf diesen Wirkstoff, zumal dieser nur mit einer vor allem zeitaufwendigen Einzelmethode zu bestimmen ist.“

Die EFSA legte 2008 auf der Basis der Untersuchung der EU-Mitgliedsländer Zahlen zu Glyphosat-Rückständen vor (EFSA, 2008a). Der Bericht der EFSA erwähnt 646 Proben, die auf Glyphosat untersucht wurden. Auch hier wurden vor allem Obst und Gemüse untersucht, die Behörden wurden in 38 Fällen fündig. Dass Rückstände von Glyphosat (bzw. AMPA) in gentechnisch veränderter Soja regelmäßig und zum Teil in beträchtlicher Menge gefunden werden, geht unter anderem aus Untersuchungen der FAO (2005) hervor. Nach Angabe der FAO wurden in vielen der untersuchten Proben relativ große Rückstandsmengen gefunden, sie reichten bis zu 17 mg/kg. Die Auswertung relativ alter Daten aus dem Jahr 1998 (European Commission Peer Review Programme) zeigt, dass Rückstände von Glyphosat in gentechnisch

7 www.bvl.bund.de/DE/01_Lebensmittel/01_Aufgaben/02_AmtlicheLebensmittelueberwachung/09_PSMRueckstaende/01_nb_psm/nbpsm_2008/lm_nbpsm_Bericht_2008_tabellen_basepage.html?nn=1399970 und www.bvl.bund.de/DE/01_Lebensmittel/01_Aufgaben/02_AmtlicheLebensmittelueberwachung/09_PSMRueckstaende/01_nb_psm/nbpsm_2007/lm_nbpsm_Bericht_2007_tabellen_basepage.html?nn=1399970

8 www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/chemie/studie_chemie2010_archiv.pdf

veränderten Sojabohnen regelmäßig nachweisbar waren. Sie lagen damals unter 10 mg/kg, heute dürfte die Belastung aufgrund des erhöhten Spritzmittelaufwandes erheblich höher liegen. Die Belastung der Nahrungskette durch Rückstände aus gentechnisch veränderten Sojabohnen fällt aufgrund der großen Mengen der importierten Soja ganz besonders ins Gewicht. Am höchsten belastet sind jedoch Gräser, Stroh, Heu und grüne Teile von Pflanzen, die direkt mit dem Gift besprüht wurden. Hier werden vereinzelt Werte von über 200 mg/kg Gift pro Pflanzenmaterial gemessen. Sehr hohe Rückstände finden sich in Waldpilzen, was sich in einem extrem hohen Grenzwert in der EU von 50 mg/kg widerspiegelt. Es folgen nach den derzeit vorliegenden (und zum Teil sehr alten Zahlen) mit Werten von etwa 5–20 mg/kg Gift pro pflanzliches Material Getreide wie Roggen, Gerste, Hafer, Weizen, Hülsenfrüchte wie (gentechnisch veränderte) Soja, Linsen und Raps, Senfsaat, Tee und vom Boden geerntete Oliven. Mit Belastungen bis zu etwa 5 mg/kg muss bei Erbsen und Bohnen, bei (gentechnisch verändertem) Mais und bei Zuckerrüben sowie bei tierischen Produkte (insbesondere bei Nieren) gerechnet werden. Weniger belastet sind Kartoffeln und Früchte (European Commission Peer Review Programme, 1998 und 2000).

Dabei sind die Rückstände hinsichtlich ihrer Giftigkeit unterschiedlich zu bewerten: Beispielsweise gilt Glyphosat-Trimesium, das u.a. in Herbiziden der Marke *Touchdown* (Syngenta) verwendet wird, als wesentlich giftiger als das Glyphosat in *Roundup* (European Commission Peer Review Programme 2002). Zudem sind die Formulierungen und die Zusätze wie POE-Tallowamine (siehe unten) von Fall zu Fall unterschiedlich wirksam.

Die Behörden in der EU gehen bislang davon aus, dass von diesen Rückständen keine gesundheitliche Gefährdung ausgeht. Bei den Verbrauchern werde, so die Ansicht der EU-Behörden, die höchste als unbedenklich geltende Belastung von von 0,3 mg Glyphosat pro kg Körpergewicht trotz der hohen Grenzwerte von 20 mg/kg bei Soja und der Belastung durch Rückstände in anderen Lebensmitteln wie Weizen, Roggen, Pilzen und Tee nicht erreicht (European Commission Peer Review Programme, 1998). Derzeit läuft ein Prozess der Neubewertung von Glyphosat-Rückständen durch die EU (European Commission Peer Review Programme, 2002), bei dem allerdings seit einiger Zeit Stillstand herrscht und für die Verbraucher keine Fortschritte erzielt wurden. Die zuständige Arbeitsgruppe schlägt sogar vor, die Rückstandshöchstmengen für Tee, Weizen und Roggen zu erhöhen (European Commission Peer Review Programme, 2000).

3.2 Neubewertung der Giftigkeit von Glyphosat-Mischungen durch die Behörden

Es gibt vor allem zwei Gründe, warum eine neue Einschätzung der Risiken beim Einsatz von Glyphosatmischungen dringend erforderlich ist:

Verschiedene aktuelle Studien geben Hinweise darauf, dass das gesundheitliche Risiko von Glyphosat und AMPA unterschätzt wird. Entsprechende Untersuchungsergebnisse wurden unter anderem 2009 vom Pestizid Aktions-Netzwerk PAN (PAN AP, 2009; siehe auch Antoniou, 2010) zusammengestellt (siehe auch Kapitel 4.3 und 4.4).

Das gesundheitliche Risiko ist wesentlich höher, wenn die Glyphosat-Mischungen bestimmte Zusatzstoffe (Benetzungsmittel) enthalten, damit die Pflanze das Gift leichter aufnehmen kann. Insbesondere

geht es um POE-Tallowamine (polyethoxylierte Alkylamine, Englisch POEA, *polyoxyethylene alkylamine*), die den Glyphosatmischungen in hohen Anteilen zugesetzt werden. POE-Tallowamine gelten als wesentlich giftiger als Glyphosat selbst. Zudem verstärken die Tallowamine die Giftigkeit von Glyphosat. Unter anderem besteht der Verdacht, dass die POE-Tallowamine allein und in Kombination mit Glyphosat Krebs auslösen können. Entsprechende Untersuchungsergebnisse und Bewertungen finden sich u.a. bei PAN AP, 2009.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse haben die zuständigen deutschen Behörden im Juni 2010 bereits erste Maßnahmen eingeleitet und den Einsatz von Glyphosatmischungen als Spritzmittel beschränkt: Werden Glyphosat-Anwendungen mit POE-Tallowaminen eingesetzt, darf das Mäh- und Erntegut nicht als Lebens- und Futtermittel verwendet werden. In der Mitteilung vom 1. Juni 2010 schreibt das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL):⁹

„In den vergangenen zwei Jahren häuften sich Berichte über toxikologische Effekte bei Glyphosat-haltigen Pflanzenschutzmitteln. Dabei erhärtete sich schnell der Verdacht, dass diese Effekte nicht auf den Wirkstoff Glyphosat, sondern auf einen Beistoff, die POE-Tallowamine (polyethoxylierte Alkylamine), zurückzuführen sind. Im Rahmen des Zulassungsverfahrens für Pflanzenschutzmittel nach § 15 des Pflanzenschutzgesetzes wurde und wird den Hinweisen über das Gefährdungspotenzial von POE-Tallowaminen in Glyphosat-haltigen Pflanzenschutzmitteln nachgegangen.“

Auf der Grundlage der von den Antragstellern vorgelegten Informationen aus Studien und aus publizierten Daten hat das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) im Frühjahr 2010 eine Bewertung vorgelegt und die toxikologischen Grenzwerte ADI, ARfD und AOEL¹⁰ in Höhe von je 0,1 mg/kg Körpergewicht (KGW) abgeleitet. Aufgrund fehlender Angaben zum Rückstandsverhalten von POE-Tallowaminen hat das BfR die mit der Nahrung aufgenommenen Rückstandsmengen abgeschätzt. Das BfR geht dabei davon aus, dass in Lebens- und Futtermitteln die Rückstände von POE-Tallowaminen im selben Verhältnis zu Glyphosat stehen wie im Pflanzenschutzmittel. Die Aufnahme der so ermittelten Mengen stellt für den Verbraucher kein akutes oder längerfristiges Risiko dar. Aufgrund fehlender Daten zum Verhalten von POE-Tallowaminen in landwirtschaftlichen Nutztieren können jedoch die Rückstände in Lebensmitteln tierischer Herkunft nicht ausreichend abgeschätzt werden. Bei der angegebenen akuten Referenzdosis von 0,1 mg/kg KGW wären beispielsweise nicht mehr als 0,8 mg/kg Milch für den Verbraucher vertretbar. Die von den Tieren mit dem Futter theoretisch aufnehmbare Rückstandsmenge entspricht jedoch 13 mg/kg KGW, ohne dass Informationen zum möglichen Übergang in die Milch vorliegen. Damit ist für Erzeugnisse tierischer Herkunft keine realistische Expositionsabschätzung möglich.

Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit hat vor diesem Hintergrund für alle Glyphosat-haltigen Pflanzenschutzmittel, die POE-Tallowamine enthalten, die Auflagen VV 207 (Im Behandlungsjahr anfallendes Erntegut/Mähgut nicht verfüttern.) bzw. VV 208 (Im Behandlungsjahr anfallendes Erntegut/Mähgut der ersten Nutzung nach der Behandlung nicht verfüttern.) vergeben. Bei gelisteten Zusatzstoffen auf POE-Tallowamin-Basis ist ein analoges Vorgehen in Vorbereitung.“

Aus dem Schreiben des BVL geht hervor, dass die Giftigkeit der POE-Tallowamine bei der Zulassung

⁹ Zu finden unter: www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/05_Fachmeldungen/2010/psm_anwendungsbestimmungen_tallowamin-Mittel.html

¹⁰ ADI: Acceptable Daily Intake, ARfD: Akute Referenzdosis, AOEL: Acceptable Operator Exposure Level

der Glyphosat-Mischungen bislang nicht ausreichend berücksichtigt wurde. Die Behörden befürchten, dass POE-Tallowamine über Futtermittel auf tierische Produkte übergehen und so zu einer Gesundheitsgefährdung der Verbraucher führen.

In Deutschland werden die Landwirte auf der Grundlage des Schreibens des BVL zusätzlich von den Landesbehörden vor dem Einsatz von Produkten gewarnt, die POE-Tallowamine enthalten. Laut einem Schreiben des Regierungspräsidiums Stuttgart vom Juli 2010 sind davon folgende Marken betroffen: Durano, Clinic, Glyphogan, ETNA, Bartec, Glyfos, Plantaclean 360, *Roundup* TURBO, *Roundup* UltraMAX.¹¹

Nach Auskunft der Regierung von Hessen (Antwort auf die Anfrage der Grünen im hessischen Landtag, 18/1703, Januar 2010) sollen POE-Tallowamine zukünftig sogar ganz aus den Glyphosatzubereitungen entfernt werden:

„Hinsichtlich des Beistoffes Tallowamin führt das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) intensive Gespräche mit den betroffenen Antragstellern. Diese sind aufgefordert, Tallowamin innerhalb von zwei Jahren zu ersetzen (2010).“

3.3 Risiken für die Verbraucher

Aus der Anordnung des BVL ergeben sich weitreichende Fragen nach einer Gefährdung der Gesundheit der Verbraucher durch gentechnisch veränderte Sojabohnen: Glyphosattolerante Sojabohnen werden seit 1996 nach Europa importiert und vor allem als Futtermittel eingesetzt. In der EU wurden in den Jahren 2010 und 2011 schätzungsweise 13 Millionen Tonnen Sojabohnen und 23 Millionen Tonnen Sojamehl importiert.¹² Ein großer Teil davon ist glyphosattolerante Soja aus den USA, Argentinien und Brasilien. Produkte von Tieren, die mit diesen Sojabohnen gefüttert werden, müssen nicht mit einem Gentechnik-Label gekennzeichnet werden. Nur bei Produkten aus kontrolliert ökologischer Erzeugung oder Lebensmitteln mit der „ohne-Gentechnik“-Kennzeichnung kommen diese Futtermittel garantiert nicht zum Einsatz.

Das Glyphosat wird über das Tierfutter aufgenommen und nach den zurzeit vorliegenden Untersuchungen zu großen Teilen rasch wieder ausgeschieden. Mit Rückständen ist insbesondere in der Niere, zum Teil auch in Leber und in Eiern zu rechnen (European Commission Peer Review Programme, 1998). Aktuelle Zahlen über die tatsächliche Belastung von Nahrungsmitteln fehlen aber. Die Untersuchungen, die im Rahmen des derzeit laufenden EU-Prozesses der Neubewertung von Glyphosat vorgelegt wurden, stammen aus dem im Zeitraum von 1987–1994, wurden also noch vor Einführung der gentechnisch veränderten Sojabohnen durchgeführt (European Commission Peer Review Programme, 1998). Sie wurden an Ziegen, Schweinen, Rindern und Hühnern durchgeführt.

Beim großflächigen Anbau von transgener herbizidtoleranter Soja kommt es mittelfristig zu einer Zunahme von Unkräutern, die weniger empfindlich auf Glyphosat reagieren oder völlig resistent sind. In der Praxis führt das dazu, dass inzwischen nicht nur einmal, sondern mehrmals und damit auch

¹¹ Schreiben aus dem Regierungspräsidium in Stuttgart, www.landwirtschaft-mlr.badenwuerttemberg.de/servlet/PB/show/1309589_11/RPS-Glyphosat-Aktuell.pdf

¹² www.agricommodityprices.com/futures_prices.php?id=304

zu späteren Zeitpunkten gespritzt wird. In den USA werden die Landwirte darüber informiert, nur spezielle Glyphosat-Mischungen zu bestimmte Zeiträumen zu verwenden.¹³ Ob diese Ratschläge beim Anbau der Soja in Nord- und Südamerika eingehalten werden und in welchem Umfang Rückstände von Glyphosat und POE-Tallowaminen tatsächlich auftreten, ließe sich nur durch umfangreiche Rückstandskontrollen überprüfen. Genau diese umfassenden Kontrollen fehlen aber in der EU. Da beispielsweise in Deutschland bis zu 80 % der Eiweißfuttermittel importiert werden, kann eine Gefährdung der Verbrauchern durch kontinuierliche Aufnahme von Rückständen über tierische Produkte wie Eier, Milch und Fleisch nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Vor diesem Hintergrund müssen die Untersuchungsergebnisse von Aris & Leblanc (2011), die Glyphosat im Blut von Frauen nachweisen konnten sowie von Curwin et al. (2007), die Glyphosat im menschlichen Urin fanden (unabhängig davon, ob Landwirte oder Stadtbewohner untersucht wurden) ernst genommen werden. Es stellt sich die Frage, warum bisher die Belastung von Verbrauchern mit entsprechenden Spritzmittelrückständen nicht umfassend untersucht wurde.

Dringlich sind diese Fragen insbesondere in Bezug auf Rückstände von POE-Tallowaminen, die giftiger sind als das Glyphosat selbst. Zum Zeitpunkt der Abfassung des vorliegenden Berichtes war es nicht möglich, aussagekräftige Zahlen über POE-Tallowamin-Rückstände in herbizidtoleranter Soja oder in tierischen Produkten in Erfahrung zu bringen. Allem Anschein nach fehlen diese Daten bisher. Unklar scheint auch, inwieweit sich die Stoffe in tierischem Gewebe anreichern können.

Weder in den USA noch in Argentinien oder in Brasilien gibt es ein Beimischungsverbot von POE-Tallowaminen. In welchen Konzentrationen diese jeweils zugesetzt werden, ist oft unklar. Die in Deutschland eingesetzten Mischungen, deren Verwendung durch das BVL beschränkt wurde, haben jedenfalls einen hohen Anteil an Tallowaminen: Das Herbizid *Roundup* TURBO, vertrieben von Spiess-Urania, enthält beispielsweise laut Sicherheitsdatenblatt 21 Prozent POE-Tallowamine.¹⁴ Die nachstehende Tabelle zeigt den POE-Tallowamin-Anteil von einigen der oben genannten Produkte.

Tabelle 1: Überblick Anteile von POE Tallowaminen in Glyphosatmischungen (Quelle: Hersteller)

Mittelname	Hersteller/Vertrieb	Anteil (%) ethoxylierte Tallowamine
Durano	Monsanto	15,5
Clinic	Monsanto	10,8
Glyphogan	Feinchemie Schwebda GmbH	15,5
Glyfos	Cheminove	9
Plantaclean 360	Plantan GmbH	15,5
<i>Roundup</i> TURBO	Monsanto/Spiess-Urania	21
<i>Roundup</i> ULTRA Max	Monsanto/Spiess-Urania	7,5

13 Siehe zum Beispiel: bulletin.ipm.illinois.edu/article.php?id=1384

14 images.raiffeisen.com/Raicom/sdb/401410800004/sdb_Roundup_turbo_d2010.pdf

Insgesamt ist nicht davon auszugehen, dass bei der in die EU importierten Ware die vom BVL festgesetzten Regeln für den Anbau bzw. die empfohlenen Grenzwerte zuverlässig eingehalten werden. Deswegen ist ein Warnhinweis des BVL gegenüber Futtermittelhändlern, Landwirten und Verbrauchern solange geboten, bis Daten die Unbedenklichkeit der importierten Soja belegen. Das BVL hat es aber bisher unterlassen, über eine mögliche Gesundheitsgefährdung durch die Verfütterung von transgenen Sojabohnen zu informieren und sich lediglich darauf beschränkt, Auflagen für die Anwender von Glyphosat in Deutschland zu machen.

Nicht nur in Europa werden Herbizide, die Glyphosat enthalten, zurzeit erneut geprüft. Auch die US-Umweltbehörde EPA arbeitet derzeit an einer Neubewertung der Toxizität von Glyphosat und POE-Tallowaminen.¹⁵ Der Prozess wurde im Juni 2009 gestartet. Erstmals will die EPA auch umfassende Daten zur Toxizität von POE-Tallowaminen und Studien über mögliche Auswirkungen von Glyphosat auf das Immunsystem und das Nervensystem zusammenstellen. Auch eine umfassende Bewertung der Umweltrisiken soll vorgenommen werden.

Tatsächlich ist eine grundlegende Neubewertung der Risiken für Mensch und Umwelt dringend notwendig. Dabei ist es unerheblich, ob die Glyphosat-Belastung aus gentechnisch veränderter Soja stammt oder an anderer Stelle in die Nahrungskette gelangt ist. In immer mehr wissenschaftlichen Publikationen wird auf erhebliche gesundheitliche Risiken selbst bei niedrigen Dosierungen von Glyphosat (und Glyphosat-Mischungen) hingewiesen. Besonderen Grund zur Sorge geben dabei die Publikationen, die nahelegen, dass glyphosathaltige Herbizide auch ähnlich wie Hormone als sogenannte Endocrine Disruptors wirken können. Trifft das zu, können schon geringe Mengen zu schweren Gesundheitsschäden führen. Diese Risiken betreffen die Verbraucher ebenso wie Menschen, die bei der Anwendung der Spritzmittel hohen Dosen von Glyphosat-Mischungen ausgesetzt sind.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über Publikationen, in denen zumeist über Effekte an Zellen berichtet wird, die durch zum Teil niedrige Glyphosat-Konzentrationen (bzw. Glyphosat-Formulierungen) ausgelöst wurden. Die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen reichen dabei von Schäden am Erbgut, Schädigung der Embryonenentwicklung, Fruchtbarkeitsstörungen, Schäden des Immunsystems, der Leber, des Nervensystems bis zur Auslösung von Krebs. In vielen Fällen wurden dabei Wechselwirkungen mit POE-Tallowaminen beobachtet.¹⁶

15 www.epa.gov/oppsrrd1/registration_review/glyphosate/index.htm

16 Die Auswertung der Studien in Tabelle 2 stammen zum größten Teil aus der Monographie des Pestizid Aktions-Netzwerk (PAN AP, 2009). Zudem siehe auch www.epi-gen.de/themen/oekologie/Roundup-neue-studien-zur-wirkung-auf-embryonen-fische-und-ratten.

Tabelle 2: Überblick über wissenschaftliche Publikationen, in denen negative Auswirkungen geringer Konzentrationen von Glyphosat und Mischungen von Glyphosat berichtet wird.

Publikation	beobachtete Effekte	Konzentration (Glyphosat allein oder Mischung mit Hilfsstoffen)
Axelrad et al., 2003	Störung der Entwicklung von Nervenzellen (vom Menschen), wenn diese vorher Diazinon ausgesetzt wurden	10 µM* (<i>Roundup</i>), 0,5 nM* Getestet wurde Glyphosat
Benanchour et al., 2007	Störung der hormonellen Wirkung bei embryonalen und plazentaren Zellen (vom Menschen) und bei Zellen vom Hoden (von Pferden)	0,01% <i>Roundup</i> zeigte bereits eine deutliche Wirkung. Glyphosat zeigte synergistische Wirkung mit Hilfsstoffen der <i>Roundup</i> -Formulierung
Benanchour & Seralini, 2009	Zelltod bei embryonalen und plazentaren Zellen vom Menschen	1000 mal geringere Konzentration als zur landwirtschaftlichen Anwendung empfohlen wird POE-Tallowamine waren am schädlichsten, gefolgt von <i>Roundup</i> , AMPA und Glyphosat. Es wurden auch Synergien zwischen AMPA und POEA beobachtet
Bolognesi et al., 1997	Schäden an DNA bei Lymphozyten vom Menschen	Getestet wurden <i>Roundup</i> und Glyphosat, wobei <i>Roundup</i> deutlichere Schäden auslöste
Gasnier et al., 2009	Schäden an Leberzellen (vom Menschen), Schädigung der DNA Störung der Hormonregulation (Leberzellen vom Menschen)	5 mg/kg (entspricht 120 nM*) (<i>Roundup</i>) 0,5 ppm (Androgene) bzw. 2 mg/l (Östrogene) Getestet wurde <i>Roundup</i>
Guilherme et al., 2010	Genotoxizität bei Fischen	58 bis 116 µg/l, <i>Roundup</i>
Hokanson et al., 2007	Störung der Genregulation in Brustkrebszellen vom Menschen, synergistische Effekte mit Östrogenen	Getestet wurde ein handelsübliches Glyphosat Präparat
Lin & Garry, 2000	Stimulation des Wachstums von Brustkrebszellen (vom Menschen)	Getestet wurden <i>Roundup</i> und Glyphosat.
Lioi et al., 1998	Schädigung DNA an Lymphozyten vom Menschen	Glyphosat
Malatesta et al., 2008	Schäden an Leberzellen, Mitochondrien und Zellkernen (bei Ratten)	1–10 mM* (<i>Roundup</i>)
Mañas et al., 2009a	Schäden an Leberzellen (vom Menschen)	3–7,5 mM* (Glyphosat)
Mañas et al., 2009b	Schäden an der DNA von Leberzellen und Lymphozyten (vom Menschen)	Lymphozyten: 1,8 mM* Leberzellen: 2,5–7,5 mM (AMPA)
Marc et al., 2002, 2003, 2004	Verzögerung bei Zellteilung von Seeigel-Embryonen (Die Entwicklung der Seeigel-Embryonen gilt als Modell für die Embryonalentwicklung bei Säugetieren/ Menschen.)	8 mM* Die Effekte wurden durch <i>Roundup</i> ausgelöst, Glyphosat allein zeigte keine Wirkung, es gab aber synergistische Wirkung mit der <i>Roundup</i> -Mischung.
Marc et al., 2005	Hemmung der RNA-Transkription in Seeigelembryonen	25 mal geringere Dosis als zur Sprühanwendung empfohlen (Glyphosat)
Martinez et al., 2007	Zellvitalität wird herabgesetzt (Blutzellen vom Menschen) Verdacht auf Krebsauslösung bei Lymphzellen	(Glyphosat und <i>Roundup</i>)

Publikation	beobachtete Effekte	Konzentration (Glyphosat allein oder Mischung mit Hilfsstoffen)
Monroy et al., 2005	Schäden des Erbgutes an normalen Zellen und an Krebszellen vom Menschen	4-6,5 mM* (Glyphosat)
Reyes et al., 2006	Zellvitalität wird herabgesetzt (Blutzellen vom Menschen) Verdacht auf Krebsauslösung bei Lymphzellen	(Glyphosat und <i>Roundup</i>)
Richard et al., 2005	Störung der Östrogenbildung	100 mal geringere Konzentration als zur Anwendung in der Landwirtschaft empfohlen <i>Roundup</i> löste stärkere Schäden aus als Glyphosat
Romano et al., 2009	Störung der Pubertät bei Ratten	5 mg/ kg (<i>Roundup</i>)
Walsh et al., 2000	Störung der Regulation der Steroid-Produktion (Mäusezellen)	(<i>Roundup</i>)

*mM: Millimolar, nM: Nanomolar, µM: Mikromolar

3.4 Folgen des Anbaus für Landwirte und Menschen in den Anbauregionen

Die besorgniserregenden gesundheitlichen und ökologischen Folgen des Anbaus von gentechnisch veränderten herbizidtoleranten Pflanzen sind insbesondere eine Konsequenz der Zunahme von resistenten Unkräutern. Ursprünglich waren Glyphosat-Resistenzen nur bei bestimmten Gräsern in Australien bekannt. Im Jahr 2000 wurden in den USA erstmals Resistenzen bei Unkräutern beschrieben, die vermutlich auf den Anbau von herbizidtoleranten Pflanzen zurückgehen.¹⁷ 2009 waren 16 verschiedene Arten in 14 verschiedenen Ländern bekannt, die meisten davon in Anbauregionen der gentechnisch veränderten Pflanzen (Service, 2007; Dinelli et al., 2008, Benbrook, 2009), aktuell werden 21 resistente Arten gezählt.¹⁸

In Folge der Resistenzbildung setzen die Landwirte zusätzliche Spritzmittel ein und erhöhen die Dosierungen von Glyphosat (Bonny, 2009). Die FAO stellte schon 2005 fest, dass die eingesetzten Herbizidmengen über den gültigen Bestimmungen liegen (FAO, 2005).

Während in den ersten drei Jahren des Anbaus von gentechnisch veränderten Pflanzen in den USA rund 1,2–2,3 Prozent Spritzmittel eingespart wurden, hat sich der Trend längst in das Gegenteil verkehrt: Im Jahr 2007 stieg in den USA der Spritzmittelverbrauch um 20 Prozent und im Jahr 2008 um 27 Prozent an. Zum größten Teil wurde dieser Anstieg durch den Anbau von herbizidtoleranter Soja verursacht (Benbrook, 2009). Zudem werden vermehrt zusätzliche Spritzmittel wie 2,4 D¹⁹ und Dicamba eingesetzt, um resistente Unkräuter zu bekämpfen.²⁰

Die steigenden Mengen an Spritzmitteln, die beim Anbau von herbizidresistenten Pflanzen zum Einsatz kommen, belasten Mensch und Umwelt in erheblichem Umfang.

17 Weitere Informationen auf: www.weedscience.org

18 www.weedscience.org/Summary/UspeciesMOA.asp?lstMOAID=12&FmHRACGroup=Go

19 2,4 D war Bestandteil des berüchtigten Entlaubungsmittel „Agent Orange“ im Vietnam-Krieg und gilt als krebserregend und hormonstörend.

20 ohioline.osu.edu/b789/b789_99.html

Die US-Umweltbehörde EPA zeigt in ihrer Aufstellung von Unfällen, die sich bei der Anwendung von Glyphosat ereignet haben, dass bei höheren Dosierungen insbesondere Schäden an Haut und Nervensystem zu erwarten sind. Bisher gibt es noch keine ausreichenden Studien, in der die Auswirkungen von Glyphosat auf das Nervensystem überprüft wurden. Die EPA verlangt jetzt erstmals derartige Studien im Rahmen der Glyphosat-Neubewertung.²¹

Epidemiologische Studien haben einen Zusammenhang zwischen der Anwendung von Glyphosat und verschiedenen Bluterkrankungen hergestellt (PAN AP, 2009). Zudem besteht der Verdacht, dass durch den Einsatz glyphosathaltiger Herbizide auch Erkrankungen des Nervensystems ausgelöst werden (Anadón et al., 2008; Astiz et al., 2009).

Verschiedene Beobachter (Valente, 2009; Trigona, 2009; Ho, 2009; zitiert nach PAN AP, 2009) berichten von erhöhten Krebsraten, Geburtsschäden, Neugeborenensterblichkeit, Immunerkrankungen, Nierenschäden sowie Haut- und Atemproblemen bei Menschen, die in der Nähe von Sojafeldern leben. Paganelli et al., 2010, vermuten auf der Grundlage von experimentellen Untersuchungen an Amphibien und Hühnerembryos einen Zusammenhang zwischen der Anwendung von Glyphosat und Geburtsfehlern beim Menschen, wie sie in Argentinien beobachtet wurden (siehe auch Antoniou et al., 2010).

Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) bezweifelt die Schlussfolgerungen von Paganelli et al. in einer Stellungnahme vom Oktober 2010.²² Gesundheitliche Risiken seien nicht eindeutig nachgewiesen, da zwischen den Dosierungen, die Paganelli et al. eingesetzt hätten und den in der Praxis auftretenden Belastungen erhebliche Unterschiede bestünden. Allerdings warnt das BVL vor dem zunehmenden Einsatz von Glyphosat in einigen Ländern und betont abermals die Risiken von POE-Tallowaminen:

„These figures might change quickly if higher application rates are authorized in other states, especially in view of the massive use of Glyphosate in genetically modified crops and/or direct overspray scenarios. Therefore, we appreciate the claims raised by the authors on the need for a comprehensive understanding of the effects of the world-wide massively employed PPP with glyphosate on human health and on non target organisms.

We currently do not support the national authorizations of glyphosate-based PPP with a specific class of co-formulants, the polyethoxylated alkylamines (POEA). As also shown in the here commented paper of Paganelli et al. (2010), similar effects were observed in embryos exposed to ‚Roundup Classic‘ or injected with glyphosate alone, although not all effects could be elicited and some response were weaker when glyphosate was injected into the embryos. This could be a result of the different exposure design or derive from a minor toxicity of the tested active substance compared to the more toxic product with co-formulants. The presence of co-formulants from the class of the polyethoxylated alkylamines has been identified to drive the acute toxicity of glyphosate formulations for several aquatic species.

In the process of national registrations, Germany currently requires additional tests on the potential long term toxicity of PPP formulated with Glyphosate and POEA for aquatic organisms (tests with invertebrates,

21 www.epa.gov/oppsrrd1/registration_review/glyphosate/index.htm

22 BVL, 19.10.2010, Glyphosate – Comments from Germany on the paper by Paganelli, A. et al. (2010): „Glyphosate-based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling“, 19.10.2010

fish screening assay for the detection of possible endocrine disrupting properties and an extended amphibian metamorphosis assay with Xenopus laevis). Given the massive utilisation of Glyphosate-based herbicides, we do hope that the results of the required tests will address some of the concerns raised on the safe use of these products.“

Der Anbau glyphosattoleranter Pflanzen und die dabei ausgebrachten Komplementärherbizide betreffen Böden, Gewässer sowie Flora und Fauna. Insbesondere Fische, Amphibien und Insekten sind gefährdet. Zudem sind durch die Ausweitung des Anbaus in Südamerika nicht nur die biologische Vielfalt auf und um die Äcker, sondern auch ökologisch besonders wichtige Lebensräume wie Regenwälder und Savannen bedroht. Eine Übersicht der Folgen für die Umwelt bieten etwa das Pestizid Aktions-Netzwerk PAN AP (2009) und Antoniou et al. (2010). Konsequenzen wurden bisher allerdings nur in wenigen Fällen gezogen. So wurde 2011 in Argentinien in der Provinz Santa Fé der Einsatz von Glyphosat im Umfeld städtischer Gebiete verboten.²³

Auch wenn glyphosattolerante Pflanzen bisher noch nicht für den Anbau in der EU zugelassen sind, spielen sie in Europa eine Rolle. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat sich bereits positiv zum Anbau von glyphosattolerantem Mais NK603 der Firma Monsanto geäußert (EFSA, 2009b). Damit besteht die Möglichkeit, dass in den nächsten Jahren erstmals auch in der EU glyphosattolerante Pflanzen kommerziell angebaut werden dürfen.

23 www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-163087-2011-02-26.html

4. Insektengiftproduzierende Pflanzen

Gentechnisch veränderte Pflanzen, die ein Insektengift produzieren, werden vor allem im Mais- und Baumwollanbau eingesetzt. Für die Entwicklung insektengiftproduzierender Pflanzen werden Gene aus Bodenbakterien (*Bacillus thuringiensis*, abgekürzt *Bt*) isoliert, gentechnisch verändert und dann in das Genom von Pflanzen übertragen. In den heute zugelassenen gentechnisch veränderten Pflanzen produzieren diese dann in allen Teilen sogenannte Bt-Toxine. Über den Anbau dieser gentechnisch veränderten Pflanzen gelangen die Bt-Toxine auf verschiedenen Wegen (Pollen, Pflanzenteile und Wurzeln) in die Umwelt und in die Nahrungskette.

Natürlicherweise kommt in Bodenbakterien (*Bacillus thuringiensis*) eine große Anzahl von unterschiedlichen Bt-Giften vor (Schnepf et al., 1998). Man hat über 200 verschiedene Cry-Toxine identifiziert, die in weitere Untergruppen unterteilt werden können und dabei nach ihrer Wirksamkeit für bestimmte Insektengruppen klassifiziert werden: Cry1 und Cry2 werden gegen Raupen von Schmetterlingen (*Lepidoptera*) wie den Maiszünsler und den Baumwollkapselwurm eingesetzt. Cry3-Toxine sind gegenüber Käferlarven wirksam. Dieses Gift wird unter anderem gegen den Wurzelbohrer im Maisanbau eingesetzt.

Die Struktur der Bt-Toxine, die in der Pflanze produziert werden, unterscheidet sich jedoch in ihrem Aufbau von der Struktur der Bt-Toxine herkömmlicher Bakterien (Hilbeck & Schmidt, 2006). Da die genaue Wirkung des Bt-Giftes über seine spezifische Struktur definiert wird, müssen Änderungen an der Struktur der Eiweiße bei der Risikobewertung besonders berücksichtigt werden.

In Europa darf der umstrittene Mais MON810 (Markenname *YieldGard*) der Firma Monsanto angebaut werden, mehrere Länder haben aber einen Anbaustopp verhängt. MON810 erhielt im Jahr 1998 die Anbauzulassung für den europäischen Markt. Diese Zulassung ist nach EU-Recht bereits im April 2007 ausgelaufen, der US-Konzern Monsanto hat deswegen einen Antrag auf Wiederzulassung gestellt. Im Juni 2009 legte die EFSA ihren Bericht zu diesem Antrag vor, in dem die Behörde den Anbau erneut befürwortete (EFSA, 2009c).

4.1 Wirkungsweise und Risiken der Bt-Toxine und Risiken für die Verbraucher

Aufgrund ihrer komplexen Wirkungsweise geht man davon aus, dass Bt-Toxine nur unter bestimmten Bedingungen zur vollen Wirkung kommen. Das Bt-Toxin Cry1Ab, das in abgewandelter Form auch im MON810-Mais gebildet wird (Cry1Ab), soll beispielsweise selektiv gegen Schmetterlingsraupen (*Lepidoptera*) wirksam sein, weil nur diese über Mechanismen im Darm verfügen, das Gift zu aktivieren. Diese werden, insoweit sie als Schädlinge (wie die Raupen des Maiszünslers) auftreten, als „Zielorganismen“ bezeichnet.

Dagegen gelten die sogenannten „Nicht-Zielorganismen“ als nicht gefährdet, wenn bei ihnen die Voraussetzungen für den speziellen Wirkungsmechanismus, wie er bei den „Zielorganismen“ beobachtet wird, nicht vorliegen. So gesehen gehören die Wirbeltiere (inkl. Menschen) und viele andere Tiergruppen zur Gruppe der „Nicht-Zielorganismen“. Sie können laut der gängigen Wirkungstheorie das Bt-Gift in ihrem Körper nicht aktivieren und gelten deshalb als nicht gefährdet. Die Wirkungsweise der Bt-Toxine ist aber noch nicht vollständig geklärt. Pigott & Ellar (2007) weisen auf Widersprüche zwischen den verschiedenen Wirkungstheorien hin. In mehreren Publikationen wird immer wieder

auch von Auswirkungen auf Organismen berichtet, die eigentlich nicht auf das Toxin reagieren sollten (siehe Übersicht bei Vogel, 2009). Die Unklarheiten bezüglich der Wirkung der Bt-Toxine sind auch für die Sicherheit der Verbraucher relevant: Es gibt eine Reihe von gefährlichen Krankheitserregern wie Staphylokokken und Antraxbakterien, die Giftstoffe produzieren, die in ihrer Wirkungsweise denen von *Bacillus thuringiensis* ähnlich sind (Soberon et al., 2009; Schnepf et al., 1998).

Aus folgenden Gründen muss die behauptete Selektivität der Bt-Toxine deshalb kritisch hinterfragt werden:

- a. Der Wirkmechanismus wird zwar grundsätzlich verstanden, ist aber nicht in allen Details aufgeklärt. Es gibt eine Fülle von Enzymen, Rezeptoren und biologischen Prozessen, die für die Wirksamkeit verantwortlich sind. Die spezifischen Wirkmechanismen sind bei den einzelnen Toxinen verschieden. Der Wissensstand über die jeweiligen Toxine ist sehr unterschiedlich. Dennoch gilt inzwischen als gesichert, dass Bt-Toxine ihre Wirkung auf mehr als nur eine Weise entfalten können (Soberon et al., 2009).
- b. Die Struktur der von den Pflanzen produzierten Bt-Proteine ist im Vergleich zu denen der natürlichen Toxine deutlich verändert. So wird in den Pflanzen der erste Schritt der Giftaktivierung schon per Gentechnik vorgenommen: Die Gifte liegen dort bereits in gelöster und aktivierter Form vor. Verschiedene Publikationen zeigen, dass tatsächlich schon kleine Veränderungen an der Struktur der Toxine, deren Wirksamkeit ganz wesentlich erhöhen können (Pardo-Lopez, et al., 2009, Pigott et al., 2008). Thomas & Ellar (1983) zeigen, dass es schon reichen kann, ein bestimmtes Cry-Toxin in Lösung zu bringen, damit es auch für Säugetiere giftig ist.
- c. Entscheidend sind auch Wechselwirkungen mit anderen Faktoren. Bekannt ist, dass die Giftwirkung durch die Kombination von Bt-Toxinen verstärkt werden kann – ein Mechanismus, der bei gentechnisch veränderten Pflanzen genutzt wird, um diese noch effektiver gegenüber Schädlingen zu machen. Durch Kombination mit bestimmten Ko-Faktoren können die Gifte aber auch bei Organismen wirken, bei denen sie sonst unwirksam sind (siehe Then, 2010c).

Weitere Unsicherheiten in der Risikobewertung der Bt-Pflanzen betreffen die Höhe der Giftstoffkonzentration in den Pflanzen. Offensichtlich hängt die Giftkonzentration auch von Umwelteinflüssen ab (Übersicht siehe Then & Lorch, 2008). Es gibt bisher weder ausreichend definierte bzw. einheitliche Messverfahren, um die Giftkonzentration in den Pflanzen so zu messen, dass die Ergebnisse verschiedener Publikationen zuverlässig miteinander verglichen werden können, noch liegen systematische Untersuchungen über Umwelteinflüsse vor, die für die schwankenden Giftkonzentrationen verantwortlich sind. Es gibt auch keine Höchstmengenbegrenzung für den Bt-Gehalt in Nutzpflanzen.

4.2 Fütterungsversuche und Untersuchungen an Zellkulturen

Dass Bt-Toxine auch auf Säugetierzellen wirken können, zeigen Untersuchungen von Ito et al. (2004) und Huffmann et al. (2004). Ito et al. (2004) zeigten toxische Effekte von Cry-Toxinen bei menschlichen Krebszellen. Huffmann et al. (2004) arbeiteten mit Fadenwürmern (*C. elegans*). Dabei identifizierten sie Reaktionen, wie sie auch für Säugetierzellen typisch sind (siehe auch Then, 2010c). Soweit bekannt, wurden bisher keine Untersuchungen veröffentlicht, bei denen die Wirkung von Cry-Toxinen auf menschliche Zellen systematisch untersucht wurde. Vor diesem Hintergrund geben die Untersuchungsergebnisse von Aris & Leblanc (2011), die das Cry1Ab-Toxin sogar in menschlichem fötalen Blut nachgewiesen haben, Anlass zur Besorgnis.

Über die Fragen nach der Giftigkeit der Bt-Toxine hinaus, ist die Wirkung des Toxins auf das Immunsystem nicht geklärt. So gibt es verschiedene wissenschaftliche Studien, die auffällige Immunreaktionen bei Versuchstieren im Kontakt mit dem Bt-Toxin Cry1Ab zeigen. Finamore et al. (2008) zeigen, dass beim Verzehr von MON810 insbesondere das Immunsystem junger und alter Tiere (Mäuse) auffällig reagiert.

Eine weitere relevante Studie ist die von Kroghsbo et al. (2008). Bei Fütterungsversuchen mit gentechnisch verändertem Reis, der Cry1Ab enthielt, zeigten die Ratten auffällige Immunreaktionen sowohl beim Verzehr der Pflanzen als auch bei der Inhalation von Stäuben. Kroghsbo et al. (2008) verweisen auf verschiedene Tests mit Menschen, die mit Cry1Ab in Kontakt gekommen waren und die ebenfalls deutliche Reaktionen des Immunsystems zeigten. Die Wissenschaftler fordern ausdrücklich, erst umfassende immunologische Untersuchungen durchzuführen, bevor gentechnisch veränderte Pflanzen zur Vermarktung freigegeben werden.

Von Cry1Ac, das in abgewandelter Form auch in gentechnisch verändertem Mais zum Einsatz kommt, ist bekannt, dass es eine deutliche Wirkung auf das menschliche Immunsystem hat (Vazquez et al. 1999) und allergene Reaktionen verstärken kann.

Vor dem Hintergrund komplexer immunologischer Reaktionen bei Mäusen, die durch gentechnisch veränderte Pflanzen ausgelöst wurden, mahnen auch Valenta & Spök (2008) detaillierte Untersuchungen bezüglich der möglichen Auswirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen auf das Immunsystem an. Solche Untersuchungen werden von der Prüfbehörde EFSA bisher nicht verlangt (siehe auch Then & Potthof, 2009).

Wie lückenhaft die derzeitige Risikobewertung tatsächlich ist, zeigen auch die Untersuchungen von Spiroux de Vendômois et al. (2009) und Seralini et al. (2007), die Ergebnisse von Fütterungsversuchen der Firma Monsanto mit verschiedenen Bt-Mais-Varianten ausgewertet haben. Diese waren von der EFSA als unbedenklich bewertet worden. Spiroux de Vendômois et al. (2009) und Seralini et al. (2007) kommen zu dem Schluss, dass man die bei Versuchstieren aufgetretenen Effekte als Hinweise auf Vergiftungssymptome interpretieren kann, und fordern weitere Fütterungsstudien. Insbesondere die Auswirkungen auf Leber und Niere sollten dabei genauer untersucht werden. Auch Dona & Arvanitoyannis (2009) weisen auf Auffälligkeiten hin, die sich bei Bt-Mais-Fütterungsversuchen der Industrie zeigen und die von der EFSA ebenfalls als unbedenklich klassifiziert wurden (siehe Bauer-Pankus & Then, 2010). In keinem der Fälle, in denen unabhängige Wissenschaftler zu einer kritischen

Bewertung der vorgelegten Daten kamen, hat die EFSA bisher weitere Untersuchungen zur Überprüfung gesundheitlicher Risiken von den Antragsstellern verlangt.

Gallagher (2010) kommt bei der Bewertung von Daten aus Fütterungsversuchen an Ratten, die im Auftrag der indischen Firma Mahyco (einer Tochter von Monsanto) durchgeführt wurden, zu einem alarmierenden Ergebnis. Verfüttert wurden gentechnisch veränderte Auberginen, in die ein Gen für ein modifiziertes Bt-Toxin (CrytAc) eingeschleust worden war. Der von Gallagher (2010) vorgelegte Bericht zeigt, dass die behauptete gesundheitliche Unbedenklichkeit der Auberginen, die in Indien als Lebensmittel zugelassen werden sollen, nicht mit den vorgelegten Daten belegt werden kann. Im Gegenteil: Es gibt deutliche Hinweise, dass der Verzehr dieser Pflanzen zu gesundheitlichen Schäden führen kann. Gallagher (2010) fordert deswegen weitere und gründlichere Untersuchungen.

Die indische Regierung setzte die Zulassung der Bt-Aubergine aus.

Die EFSA (2007) vertritt trotz aller offenen Risikofragen die Ansicht, dass Fütterungsstudien zur Überprüfung gesundheitlicher Risiken von gentechnisch veränderten Pflanzen nur in Ausnahmefällen nötig seien. Dabei stützt sie sich auf eine Argumentation, die ganz wesentlich von der industriellen Organisation ILSI (International Life Sciences Institute) beeinflusst wurde. Eine Untersuchung entsprechender Textpassagen (EFSA 2007 und ILSI 2004) zeigt eine fast wörtliche Übereinstimmung in den Publikationen beider Institutionen (Then & Bauer-Panskus, 2010). Es scheint, als dienten die Prüfrichtlinien der EFSA eher einer raschen Zulassung als einer gründlichen Risikoprüfung von gentechnisch veränderten Pflanzen.

5. Gen-Kombinationen in Stacked Events

In den letzten Jahren werden gehäuft sogenannte *Stacked Events* eingesetzt. Mit diesem Begriff werden gentechnisch veränderte Pflanzen bezeichnet, in denen mehrere technische Merkmale kombiniert werden. Sie werden durch konventionelle Kreuzung verschiedener gentechnisch veränderter Pflanzen erzeugt (siehe auch Kapitel 1 und 2). Ein Grund für die Zunahme dieser Kombinationen liegt in der Agrarstruktur derjenigen Länder, in denen gentechnisch veränderte Pflanzen hauptsächlich angebaut werden. Hier wird oft eine extrem industrialisierte Landwirtschaft betrieben mit zum Teil riesigen Monokulturflächen, auf denen es kaum noch Fruchtwechsel gibt. Dementsprechend steigt der Befallsdruck durch Unkräuter und Schädlinge – und diesem Druck werden immer wieder neue Kombinationen von Toxinen und Herbizidtoleranzen entgegengesetzt. Es findet ein regelrechtes Wettrennen auf dem Acker statt. Dies betrifft ganz besonders den Anbau von Bt-Pflanzen.

Verschiedene Wissenschaftler haben bereits früh davor gewarnt, dass es bei Insekten zu Resistenzbildung gegenüber den Bt-Toxinen kommen wird. Inzwischen sind Resistenzen auf Feldern in Afrika, China, Indien, Südamerika und den USA bekannt geworden. In den USA und in China breiten sich zudem neue Schädlinge in Mais und Baumwolle aus. So wird das Auftreten des Westlichen Bohnschneiders (*Western Bean Cutworm*), der in den USA erhebliche Schäden im *Corn Belt* verursacht, ganz entscheidend durch den Anbau von Bt-Mais begünstigt (siehe Then, 2010b). Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über bisher festgestellte Resistenzen und Toleranzen bei Insekten sowie über das Auftreten neuer Schädlinge bei Mais und Baumwolle (aus: Then, 2010b).

Tabelle 3: Übersicht über Resistenzen und Toleranzen bei Insekten gegenüber Bt-Toxinen sowie das Auftreten neuer Schädlinge, die durch den Anbau von gentechnisch verändertem Mais und Baumwolle begünstigt wurden, Quelle: Then, 2010b.

Source (Year)	Species	Crop/ Region	Effect
O'Rourke & Hutchison (2000)	Western bean cutworm	Corn / USA (Minnesota)	Pest replacement
Dorhaut & Rice (2004)	Western bean cutworm	Corn / USA (Illinois, Missouri)	Pest replacement
Catangui & Berg (2006)	Western bean cutworm	Corn / USA (South Dakota)	Pest replacement
Li et al (2007)	Cotton bollworm	Cotton/ China	Higher tolerance (Cry1Ac)
Wang et al (2008)	Mirid bug	Cotton / China	Secondary pests
Di Fonzo & Hammond, (2008)	Western bean cutworm	Corn / USA (Michigan, Ohio)	Pest replacement
Tabashnik et al (2009)	Fall armyworm	Corn / Puerto Rico	Resistance (Cry1F)
Tabashnik et al (2009)	Maize stalk borer	Corn/ South Africa	Resistance (Cry1Ab)
Tabashnik et al (2009)	Cotton bollworm	Cotton/ USA	Resistance (Cry1Ac, Cry2Ab)
Zhao et al, (2010)	Aphids, spider mites, lygus bugs	Cotton/ China	Secondary pests
Lu et al, 2010	Mirid bug	Cotton/ China	Secondary pests
Monsanto (2010)	Pink bollworm	Cotton/ India	Resistance (Cry1Ac)

5.1 Gentechnisch veränderte Maispflanzen und Stacked Events

Am häufigsten werden *Stacked Events* bei Mais eingesetzt. In gentechnisch verändertem Mais mit gestapelten Genen werden zwei, drei oder auch mehr Bt-Toxine miteinander kombiniert. Der vorläufige Höhepunkt in der Entwicklung von *Stacked Events* ist ein Mais, der gemeinsam von den Firmen Monsanto, Dow AgroSciences und Pioneer entwickelt wurde und der 6 verschiedene Bt-Toxine produziert sowie mehrere Resistenzgene für Herbizide enthält, der sogenannte „*SmartStax*“. Für diesen Mais, der in den USA seit 2009 kommerziell angebaut wird, wurde auch in Europa die Zulassung für Import und Verarbeitung beantragt. Die EFSA hat bereits ein positives Votum abgegeben (EFSA 2010c).

Nachfolgend wird eine tabellarische Übersicht über die 22 in der EU zugelassenen gentechnisch veränderten Maispflanzen und ihre Kombination in *Stacked Events* gegeben. Berücksichtigt werden auch 6 weitere Maisvarianten mit *Stacked Events*, die bereits von der EFSA positiv bewertet wurden und deren Zulassungsverfahren demnach bereits sehr weit fortgeschritten sind.

Tabelle 4: Gentechnisch veränderte Maispflanzen, die in der EU zugelassen sind.

Fast alle werden als Ausgangslinien für weitere Kombinationen (*Stacked Events*) genutzt (Stand April 2011)²⁴

Kürzel / Firma	Zweck der gentechnischen Veränderung	Zusätzliche Gene / Proteine
MON810 Monsanto	Produktion von Insektengift gegen Maiszünsler u.a.	Cry1Ab
MON863 Monsanto	Produktion von Insektengift gegen Wurzelbohrer	Cry3Bb nptII Antibiotikaresistenz
GA21 Syngenta	Resistenz gegen Unkrautvernichtungsmittel Glyphosat	EPSPS
NK603 Monsanto	Resistenz gegen Unkrautvernichtungsmittel Glyphosat	EPSPS
T25 Bayer	Resistenz gegen Unkrautvernichtungsmittel Glufosinat	PAT
MIR604 Syngenta	Produktion von Insektengift gegen Wurzelbohrer	Cry3A pmi-Marker Gen (für Selektion der Pflanzen über Mannose-Stoffwechsel)
Bt11 Syngenta	Produktion von Insektengift gegen Maiszünsler u.a. Resistenz gegen Unkrautvernichtungsmittel Glufosinat	Cry1Ab PAT
DAS1507 Pioneer und Dow AgroSciences	Produktion von Insektengift gegen Maiszünsler u.a. Resistenz gegen Unkrautvernichtungsmittel Glufosinat	Cry1F PAT
DAS59122 Pioneer und Dow AgroSciences	Produktion von Insektengift gegen Wurzelbohrer Resistenz gegen Unkrautvernichtungsmittel Glufosinat	Cry34Ab1, Cry35Ab1 PAT

24 Quelle u.a.: ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm

Kürzel / Firma	Zweck der gentechnischen Veränderung	Zusätzliche Gene / Proteine
MON88017 Monsanto	Produktion von Insektengift gegen Wurzelbohrer. Resistenz gegen Unkrautvernichtungsmittel Glyphosat	Cry3Bb1 EPSPS
MON89034 Monsanto	Produktion von Insektengift gegen Maiszünsler u.a.	Cry1A105, Cry2Ab2

Tabelle 5: Gentechnisch veränderte Maispflanzen, die als *Stacked Events* in der EU für Import und Verarbeitung zugelassen sind (Stand April 2011)²⁵

Kürzel / Firma	Zusätzliche Gene / Proteine
DAS1507 x NK603 Pioneer und Dow AgroSciences	Cry1F, PAT EPSPS
NK603 x MON810 Monsanto	EPSPS Cry1Ab
DAS59122 x NK603 Pioneer	Cry34Ab1, Cry35Ab1 PAT EPSPS
MON863 x MON810 x NK603 Monsanto	Cry3Bb1, nptII-Antibiotikaresistenz Cry1Ab EPSPS
MON863 x MON810 Monsanto	Cry3Bb1, nptII-Antibiotikaresistenz Cry1Ab
Bt11xGA21 Syngenta	Cry1Ab, PAT EPSPS
MON88017 x MON810 Monsanto	Cry3Bb1, EPSPS Cry1Ab
MON863xNK603 Monsanto	Cry3Bb1, nptII-Antibiotikaresistenz EPSPS
MON89034 x NK603 Monsanto	Cry1A105, Cry2Ab2 EPSPS
DAS59122 x DAS1507x NK603 Pioneer	Cry34Ab1, Cry35Ab1 PAT Cry1F, PAT EPSPS
DAS1507 x DAS59122 Pioneer	Cry1F, PAT Cry34Ab1, Cry35Ab1 PAT

25 Quelle u.a.: ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm

Tabelle 6: Gentechnisch veränderte Maispflanzen, die als *Stacked Events* für Import und Verarbeitung von der EFSA bereits positiv bewertet sind (Stand April 2011)

Kürzel / Firma	Zusätzliche Gene / Proteine
MON89034 x MON88017 Monsanto	Cry1A105, Cry2Ab2 Cry3Bb1, EPSPS
Bt11 x MIR604 Syngenta	Cry1Ab, PAT Cry3A
MIR604 x GA21 Syngenta	Cry3A, pmi-Marker Gen EPSPS
Bt11x MIR604xGA21 Syngenta	Cry1Ab, PAT Cry3A, pmi-Marker Gen EPSPS
MON89034 x DAS1507x NK603 Dow AgroSciences und Monsanto	Cry1A105, Cry2Ab2 Cry1F, PAT EPSPS
MON89034 x DAS1507 x MON89017x DAS59122 'SmartStax' Dow AgroSciences und Monsanto	Cry1A105, Cry2Ab2 Cry1F, PAT Cry3Bb1, EPSPS Cry34Ab1, Cry35Ab1 PAT

5.2 Überblick über Kombinationen von Bt-Toxinen in Stacked Events

Tabelle 7 gibt einen Überblick über alle in gentechnisch verändertem Mais und gentechnisch veränderter Baumwolle verwendeten Bt-Toxine und deren Kombinationen in den verschiedenen *Stacked Events*. Dabei werden auch die Pflanzen berücksichtigt, die bisher nur von der EFSA bewertet, aber noch nicht zugelassen wurden.

Insgesamt handelt es sich um 10 verschiedene Bt-Toxine, die miteinander sowie mit Herbizidtoleranzen kombiniert werden. Cry1Ab ist das Toxin, das am häufigsten eingesetzt wird: Es kommt in 9 verschiedenen Pflanzen vor. Cry3Bb1 ist das Toxin, das mit der größten Anzahl von anderen Bt-Toxinen kombiniert wird: In 7 *Events* wird es mit insgesamt 6 anderen Toxinen kombiniert. Auch Cry1F wird sehr häufig verwendet: Es findet sich in 6 *Events* und wird dort mit 5 weiteren Toxinen kombiniert.

Tabelle 7: Überblick über Bt-Toxine, die in Mais- und Baumwollpflanzen produziert werden und ihre verschiedenen Kombinationen mit anderen Bt-Toxinen und Herbizidtoleranzen in *Stacked Events* (Alle EU-Zulassungen und von der EFSA positiv bewertete *Events*)

Bt-Toxin	Überblick über Events mit diesem Toxin (Pflanzenart)	Kombinationen mit anderen Bt-Toxinen in Stacked Events	Kombination mit Herbizid-toleranzen in Stacked Events
CryI Ab	MON810 (Mais)	Cry3Bb1	PAT
	Bt11 (Mais)	Cry3A	EPSPS
	NK603 x MON810 (Mais)		
	MON863 x MON810 x NK603 (Mais)		
	MON810 x MON863 (Mais)		
	Bt11 x GA21 (Mais)		
	MON88017 x MON810 (Mais)		
	Bt11 x MIR604 (Mais)		
	Bt11 x MIR604 x GA21		
MON89034 (Mais, modifiziertes Protein CryIA105)			
CryI Ac	MON15985 (Baumwolle),	Cry2Ab2	EPSPS
	MON15985 x MON1445 (Baumwolle)		
	MON531 (Baumwolle)		
	MON531 x MON1445 (Baumwolle)		
	MON89034 (Mais, modifiziertes Protein CryIA105)		
CryIA105	MON89034 (Mais)	Cry2Ab2	EPSPS
	MON89034 x NK603 (Mais)	Cry3Bb1	PAT
	MON89034 x MON88017 (Mais)	CryIF	
	MON89034 x DAS1507 x NK603 (Mais)	Cry34Ab1	
	MON89034 x DAS1507 x MON89017 x DAS59122 (Mais)	Cry35Ab1	
CryIF	DAS1507 (Mais)	Cry34Ab1	PAT
	DAS1507 x NK603 (Mais)	Cry35Ab1	EPSPS
	DAS1507 x DAS 59122 (Mais)	CryIA105	
	DAS59122 x DAS1507 x NK603 (Mais)	Cry2Ab2	
	MON89034 x DAS1507 x NK603 (Mais)	Cry3Bb1	
	MON89034 x DAS1507 x MON89017 x DAS59122 (Mais)		
	MON89034 (Mais, modifiziertes Protein CryIA105)		
Cry2Ab2	MON89034 (Mais)	CryIA105	EPSPS
	MON89034 x NK603 (Mais)	CryIBb1	PAT
	MON89034 x MON88017 (Mais)	CryIF	
	MON89034 x DAS1507 x NK603 (Mais)	Cry34Ab1	
	MON89034 x DAS1507 x MON89017 x DAS59122 (Mais)	Cry35Ab1	
Cry2Ab2	MON15985 (Baumwolle)	CryI Ac	EPSPS
	MON15985 x MON1445 (Baumwolle)		
Cry3A	MIR604	CryI Ab	EPSPS
	Bt11 x MIR604		PAT
	MIR604 x GA21		
	Bt11 x MIR604 x GA21		

Bt-Toxin	Überblick über Events mit diesem Toxin (Pflanzenart)	Kombinationen mit anderen Bt-Toxinen in Stacked Events	Kombination mit Herbizid-toleranzen in Stacked Events
Cry3Bb1	MON863 (Mais)	Cry1Ab	EPSPS
	MON810 x MON863 (Mais)	Cry1A105	PAT
	MON863 x NK603 (Mais)	Cry2Ab2	
	MON863 x MON810 x NK603 (Mais)	Cry1F	
	MON88017 (Mais)	Cry34Ab1	
	MON89034 x MON88017 (Mais)	Cry35Ab1	
	MON89034 x DAS1507 x MON89017 x DAS59122 (Mais)		
Cry34Ab1	DAS59122 (Mais)	Cry35Ab1	PAT
	DAS59122 x NK603 (Mais)	Cry1F	EPSPS
	DAS1507 x DAS59122 (Mais)	Cry3Bb1	
	DAS59122 x DAS1507 x NK603 (Mais)	Cry1A105	
	MON89034 x DAS1507 x MON89017 x DAS59122 (Mais)	Cry2Ab2-Gen	
Cry35Ab1	DAS59122 (Mais)	Cry34Ab1	PAT
	DAS1507 x DAS 59122 (Mais)	Cry1F	EPSPS
	DAS59122 x NK603 (Mais)	Cry3Bb1	
	DAS59122 x DAS1507 x NK603 (Mais)	Cry1A105	
	MON89034 x DAS1507 x MON89017 x DAS59122 (Mais)	Cry2Ab2	

Das Beispiel SmartStax zeigt am deutlichsten, dass es sich bei diesen *Stacked Events* um Gen- und Toxinkombinationen handelt, die so in der Natur nicht vorkommen. Hier werden Gene und modifizierte Proteine/Toxine aus mindestens 6 verschiedenen Bakterienstämmen bzw. Arten miteinander kombiniert. Eines der Toxine (Cry1A.105) ist synthetisiert und enthält Bestandteile aus drei verschiedenen Bt-Toxinen (Cry1Ab, Cry1F und Cry1Ac). Tabelle 8 gibt einen Überblick über die verschiedenen Proteine und ihre Herkunft. Abbildung 6 gibt einen Überblick, aus welchen verschiedenen gentechnisch veränderten Pflanzen SmartStax zusammengesetzt wurde.

Tabelle 8: Übersicht über die Herkunft der verschiedenen Gene, die in SmartStax kombiniert werden

Zusätzliches Protein, das in SmartStax produziert wird	Herkunft des Gens
Cry1A.105 toxin	Bacillus thuringiensis, synthetisiert aus verschiedenen Bt Toxinen
Cry1F toxin	Bacillus thuringiensis, subspecies aizawai
Cry2Ab2 toxin	Bacillus thuringiensis, subspecies kurstaki
Cry3Bb1 toxin	Bacillus thuringiensis, subspecies kumamotoensis
Cry34Ab1 and Cry35Ab1 toxins	Bacillus thuringiensis, strain PS149B1
EPSPS enzyme	Agrobacterium sp. strain CP4
PAT enzyme	Streptomyces viridochromogenes

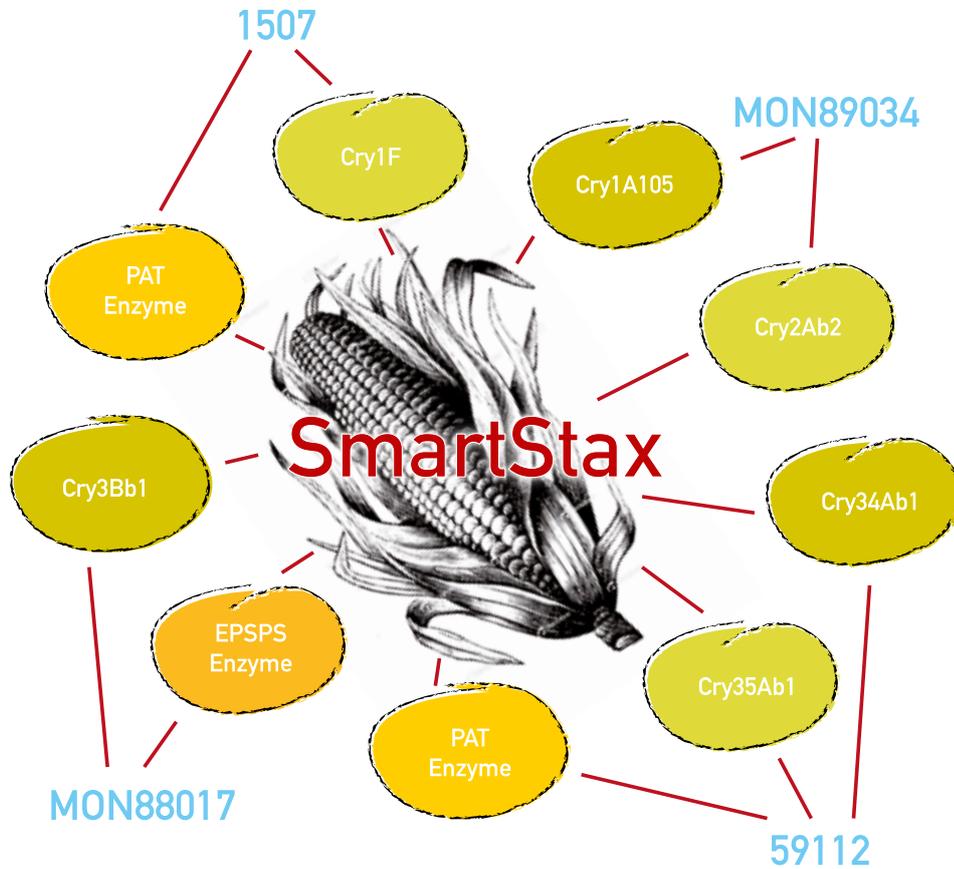


Abbildung 6: Überblick über die verschiedenen gentechnisch veränderten Maispflanzen, die in SmartStax kombiniert wurden

5.3 Ausblick auf die weitere Entwicklung bei Stacked Events

Stein & Rodríguez-Cerezo (2009) kommen aufgrund der Angaben der Industrie zu dem Schluss, dass im Jahr 2015 allein bei Mais schon bis zu 24 verschiedene Bt-Events zugelassen sein könnten. Würden diese in *Stacked-Event*-Pflanzen mit jeweils 2 Genkonstrukten kombiniert, errechnen die Autoren 276 verschiedene Kombinationsmöglichkeiten. Nimmt man an, dass jeweils 3 Konstrukte kombiniert werden, ergeben sich demnach 2024 mögliche Kombinationen. Nach den Ausführungen der Autoren plant die Industrie tatsächlich die Einführung einer großen Anzahl von weiteren *Stacked Events*. In Abbildung 7 wird die Zunahme der denkbaren *Stacked Events* nach Stein & Rodríguez-Cerezo (2009) dargestellt.

Theoretical combinations to produce new GM maize by stacking

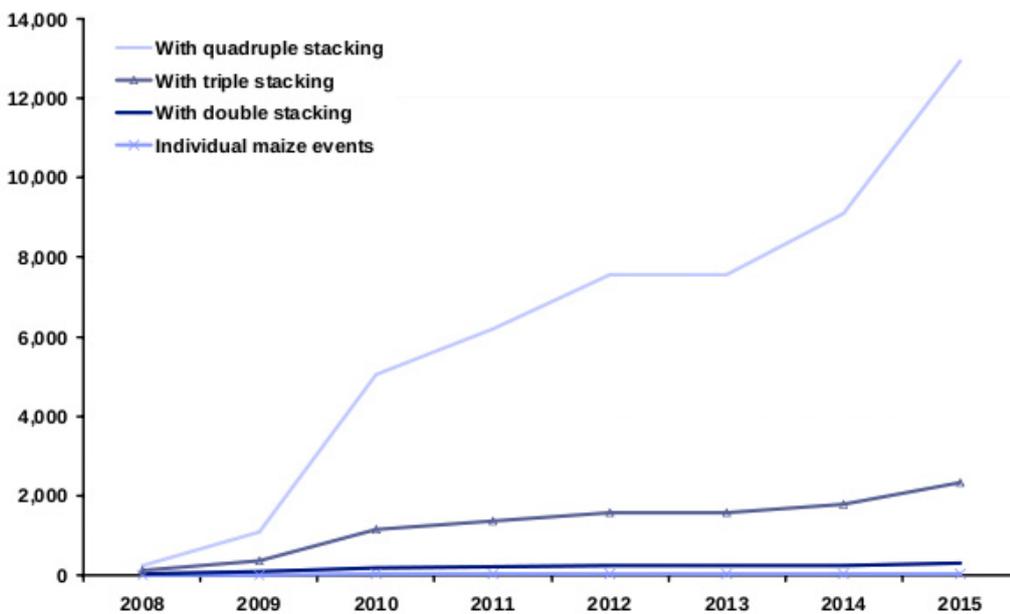


Abbildung 7: Mögliche Zunahme von *Stacked Events* bei gentechnisch verändertem Bt-Mais bis zum Jahr 2015, Quelle: Stein & Rodríguez-Cerezo, 2009

5.4 Risiken von Stacked Events

In Pflanzen, in denen verschiedene gentechnisch veränderte Konstrukte zum Einsatz kommen, muss mit Wechselwirkungen der Toxine, ihren Stoffwechselprodukten und anderen Ko-Faktoren gerechnet werden. Die Wirkung einer Kombination von Toxinen kann weit über den additiv anzunehmenden Wert hinausgehen. Auch Stoffe, die allein nicht toxisch sind, können in Kombination mit anderen Stoffen eine hohe Giftwirkung entfalten oder die Giftwirkung anderer Stoffe verstärken.

Durch die in Europa bereits zugelassenen gentechnisch veränderten Pflanzen kommt es zu einer Fülle von möglichen Kombinationen von Bt-Giften und Herbizidrückständen in Futtermitteln und in der Nahrungskette. Dabei werden Toxine in Umlauf gebracht,

- › die sich in ihrer Struktur von den in der Natur vorkommenden Toxinen unterscheiden
- › deren Wirkmechanismen nicht vollständig verstanden wird
- › die in Abhängigkeit von der Umwelt in wechselnden (aber nicht hinreichend bekannten) Konzentrationen vorliegen
- › bei denen in vielen Fällen Zweifel an einer ausreichend selektiven Wirkung bestehen
- › bei denen unterschiedliche Wechselwirkungen untereinander und mit anderen Stoffen auftreten, die ihre Giftwirkung erheblich verstärken können.

Bei der bisherigen Risikobewertung durch die EFSA wurden in keinem Fall mögliche Kombinationseffekte dieser „Giftcocktails“ durch empirische Untersuchungen an Nicht-Zielorganismen abgeklärt. Die Gentechnikexperten der EFSA halten die Überprüfung der einzelnen Ausgangs-Events für ausreichend. Liegen keine konkreten Bedenken vor, wird auf empirische Untersuchungen von *Stacked Events* ganz oder weitgehend verzichtet (siehe Then & Potthof, 2009). Bisher wurden beispielsweise keine Fütterungsversuche mit *Stacked Events* verlangt, wie dies u.a. Experten aus Österreich fordern (Spök et al., 2007).

Diese Art der Risikobewertung wird den tatsächlichen Risiken nicht gerecht. Unter anderem können Enzyme, Antibiotika, Schwermetalle und Herbizide die Giftwirkung der Bt-Toxine unterstützen und potenzieren und dadurch auch ihr Wirkungsspektrum verändern (Pardo-Lopez et al., 2009; Then, 2010c).

Tabelle 9 verdeutlicht dies anhand eines Überblicks über einige der bisher bekannten Kombinationseffekte von Cry1Ab, das unter anderem in Mon810 produziert wird (aus Then, 2010c). Die Untersuchungen zeigen, dass die Bt-Toxine in Kombinationen mit bestimmten Faktoren (oder Stressoren) auch bei Organismen wirksam sind, die auf die Toxine alleine nicht reagieren. Derzeit kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich bei den verschiedenen gentechnisch veränderten Pflanzen sowie durch die Kombination der eingesetzten Pestiziden auch Effekte ergeben, die erhebliche Risiken für die menschliche Gesundheit bergen.

Tabelle 9: Kombinationswirkungen von Bt Toxinen, Quelle: Then, 2010c

Publikation	Toxin	Faktoren, die die Wirkung von Bt-Toxinen beeinflussen	Auswirkung auf Toxizität	Auswirkung auf Selektivität
Bravo et al. (2004)	Cry1Ab	Aktivierung durch Enzyme	+	?
Broderick et al. (2006, 2009)	Cry1Ab	Mikroorganismen im Darm sind an Giftwirkung beteiligt	+	?
Dubois and Dean (1995)	Cry1Ab	Verschiedene Bakterien Sporen von Bakterien	+	?
Gomez et al. (2002)	Cry1Ab	Aktivierung durch Enzyme	+	?
Huang et al. (2002)	Cry1Ab	Aktivierung der Toxine durch Gentransfer in Pflanzen	+	?
Kaatz (2005)	Cry1Ab	Befall mit <i>Nosema apis</i> (bei Bienen)	+	+
Kramarz et al. (2007)	Cry1Ab	Cadmium und Nematodenbefall (bei Schnecken)	+	+
Lee et al. (1996)	Cry1Ab	Synergien mit anderen Cry-Toxinen	+ -	?
Li et al. (2007)	Cry1Ab	Aktivierung der Toxine durch Gentransfer in Pflanzen	+	?
Soberon et al. (2007)	Cry1Ab	Aktivierung durch gentechnische Veränderung	+	?
Sharma et al. (2004)	Cry1Ab	Synergien mit anderen Cry-Toxinen und Protease-Inhibitoren	+ -	?

Ein konkretes Beispiel für die mangelhafte Risikobewertung der *Stacked Events* ist der Mais MON89034, der in der EU seit Oktober 2009 für den Import zugelassen ist und unter anderem auch bei der Herstellung von SmartStax verwendet wird: Betrachtet man die Zusammensetzung der Bt-Toxine in Mon89034 genauer, stellt man fest, dass in diesem gentechnisch veränderten Mais eine Kombination von Cry1F, Cry1Ab und Cry1Ac in Form eines synthetischen Bt-Toxins produziert wird.

- Sharma et al. (2010) beschreiben synergistische Effekte zwischen Cry1Ab und Cry1Ac Toxinen an Raupen des Maiszünslers: In Kombination ist die Giftigkeit der Toxine höher als ihre additive Wirkung. Die Wirkung der kombinierten Toxine lässt sich also nicht aus der Giftwirkung der einzelnen Proteine ableiten. Die EFSA (2008b) schließt dagegen in ihrer Bewertung von Mon89034 diese synergistischen Effekte mit Hinweis auf Untersuchungen von Monsanto aus.
- Obwohl verschiedene Auffälligkeiten bei Fütterungsversuchen mit Mon89034 wie Nierenschäden bei Ratten beobachtet wurden, verlangte die Lebensmittelbehörde EFSA keine Nachuntersuchung. Dies ist auch deshalb problematisch, weil auch der Bericht von Gallagher (2010) auf Nierenschäden bei Fütterungsversuchen an Ratten hinweist. Hier wurden gentechnisch veränderten Auberginen verfüttert, die ein modifiziertes Cry1Ac produzieren.
- Es ist bekannt, dass das menschliche Immunsystem auf Cry1Ac reagiert (Vasquez et al., 1999). Dadurch kann dieses Toxin die allergene Wirkung anderer Stoffe verstärken. Trotzdem wies die EFSA die Forderung verschiedener Mitgliedsländer zurück, mögliche Folgen auf das Immunsystem zu untersuchen (EFSA 2010 d).

Das Ergebnis dieser mangelhaften Prüfung nahm die EFSA als Bewertungsgrundlage für verschiedene *Stacked Events* wie SmartStax. Ähnlich umstritten ist die Risikobewertung bei den Maisvarianten MON1507 (Bauer-Pankus & Then, 2010) oder MON863, MON810 und NK603 (Spiroux de Vendômois et al., 2009 und Seralini et al., 2007). Diese *Events* wurden ebenfalls für die Herstellung von *Stacked Events* verwendet, ohne dass die EFSA für ihre Bewertung zuvor zusätzliche Sicherheitsprüfungen wie Fütterungsversuche verlangt hätte.

6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Der hier vorgelegte Bericht zeigt, dass es erhebliche Lücken bei der Risikobewertung und dem Risikomanagement gentechnisch veränderter Pflanzen gibt, die Insektengifte produzieren oder Herbizide tolerieren. Grundsätzlich ist das Prinzip des *Comparative Assessment* (vergleichende Risikoabschätzung), das die EFSA ihrer Bewertung zugrunde legt, nicht ausreichend, um die Risiken gentechnisch veränderter Pflanzen zu überprüfen. Dieses Problem wird im Rahmen des vorliegenden Berichtes nur gestreift, es ist aber für die Risikobewertung (siehe „Exkurs: Züchtung versus Gentechnik“) von zentraler Bedeutung.

In dieser Studie steht die Bewertung gentechnisch veränderter Pflanzen im Vordergrund, die bestimmte Herbizide tolerieren und/ oder in der Pflanze selbst Insektizide produzieren. Der Anbau und die Verwertung dieser Pflanzen führt zu einer nie da gewesenen großflächigen und permanenten Exposition der Umwelt mit bestimmten Herbiziden und Insektiziden. Diese Stoffe, ihre Abbauprodukte und Beistoffe und die sich daraus ergebenden „Giftcocktails“ sind bereits zu einem Bestandteil der Nahrungskette geworden. Fahrlässigkeiten oder Fehleinschätzungen bei der Bewertung der damit einhergehenden Risiken können zu einer kaum einzugrenzenden Gefährdung von Mensch und Umwelt führen.

Bei der Risikobewertung insektengiftproduzierender Pflanzen gibt es unter anderem gravierende Lücken bei der Abschätzung der Giftwirkung von Bt-Toxinen, vor allem wenn sie mit anderen Bt-Toxinen kombiniert werden bzw. Faktoren wie Pestizide und andere Umweltgifte eine Rolle spielen. Es ist nicht zu rechtfertigen, dass ein gentechnisch veränderter Mais wie SmartStax, der zwei verschiedene Herbizide toleriert und sechs Insektengifte produziert, nicht empirisch darauf überprüft wird, welche Effekte sich durch die Kombinationswirkungen ergeben. Obwohl dies auch von den Experten mehrerer EU-Mitgliedsstaaten kritisiert wurde (EFSA 2010d), hat die EFSA sich bei der Bewertung von SmartStax aber im Wesentlichen auf die Untersuchungsergebnisse der Ausgangsstoffe verlassen und keine spezifischen Fütterungsversuche verlangt (EFSA 2010c).

In der Risikobewertung von glyphosattoleranten Pflanzen gibt es zahlreiche Hinweise darauf, dass das beim Anbau dieser Pflanzen eingesetzte Herbizid auch in niedrigen Dosierungen für Mensch und Umwelt gefährlich sein kann. Gleichzeitig sind die Bedenken gegenüber den POE-Tallowaminen, die dem Glyphosat häufig beigemischt werden, so konkret geworden, dass die deutschen Behörden erste Verbote für bestimmte Anwendungen in Deutschland erlassen haben. Vor diesem Hintergrund ist es nötig, auch die nach Europa importierte Ware und hier insbesondere Futtermittel, die mit hoher Wahrscheinlichkeit relevante Rückstände aufweisen, zu kontrollieren und zu reglementieren.

Bisher gibt es keine ausreichenden Tests, die importierte Futtermittel auf Glyphosat oder POE-Tallowamine zu untersuchen. Ohne ein ausreichendes Monitoring kann nicht verkehrsfähige Ware nicht identifiziert und ggf. aus dem Verkehr gezogen werden.

Hier müssen die EU-Kommission und die Mitgliedsländer der EU sofort tätig werden und entweder Einfuhrbeschränkungen erlassen oder eindeutige Untersuchungen vorlegen, nach denen Risiken ausgeschlossen werden können.

Aus den dargelegten Problemen lassen sich mindestens drei Bereiche identifizieren, bei denen die derzeitige Praxis der Behörden im Konflikt mit den gesetzlichen Anforderungen der EU steht. Diese betreffen (i) das Zusammenspiel zwischen der Bewertung von Pestiziden und gentechnisch veränderten Pflanzen, (ii) die Berücksichtigung von kombinierten und akkumulierten Effekten und (iii) die Überwachung der Produkte nach ihrer Marktzulassung.

6.1 Zusammenspiel mit der Bewertung von Pestiziden

Bei der Risikobewertung von herbizidtoleranten und insektengiftproduzierenden Pflanzen sowie den dabei eingesetzten Pestizidwirkstoffen besteht ein grundsätzliches Problem darin, dass sich zwei Bereiche überschneiden, die bisher weitgehend voneinander getrennt bewertet wurden: Pestizide und gentechnisch veränderte Organismen. Bei den gentechnisch veränderten Pflanzen, um die es hier geht, kann diese Trennung in der Risikobewertung nicht aufrecht erhalten werden. Vielmehr müssen die beiden Bereiche stärker miteinander verzahnt werden. Die EU-Richtlinie 2001/18 sieht beispielsweise vor, dass bei der Prüfung der Risiken von GV-Pflanzen auch die Überschneidungen mit dem Bereich der Pestizidzulassung berücksichtigt werden müssen. In Erwägungsgrund (26) heißt es:

„Die Durchführung dieser Richtlinie sollte in enger Verbindung mit der Durchführung anderer einschlägiger Rechtsakte wie z.B. der Richtlinie 91/414/EWG des Rates vom 15. Juli 1991 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (1) erfolgen. In diesem Zusammenhang sollten die zuständigen Stellen, die bei der Kommission und auf nationaler Ebene mit der Durchführung dieser Richtlinie und jener Rechtsakte befasst sind, ihre Vorgehensweise soweit wie möglich koordinieren.“

Eine Risikobewertung, wie sie die EFSA z.B. im Falle der *Roundup-Ready*-Sojabohnen und des Mais NK603 der Firma Monsanto durchgeführt hat (EFSA, 2009; EFSA, 2010), die nicht auf die aktuellen Probleme bei der Risikobewertung von Glyphosat und Glyphosatmischungen eingeht, erfüllt diese Vorgabe nicht. Die Europäische Kommission hat die EFSA bereits im Jahr 2008 dazu aufgefordert, das Zusammenspiel zwischen Herbizidtoleranz und dem Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen stärker zu berücksichtigen.²⁶ Diese Verpflichtung muss auf die Risikobewertung von Lebens- und Futtermitteln ausgeweitet werden. Zudem müssen für die Zulassung von Pestiziden und die Festsetzung von zulässigen Rückstandshöchstgehalten evaluierte, einfache und kostengünstige Nachweisverfahren gesetzlich vorgeschrieben werden.

6.2 Bewertung von Wechselwirkungen und akkumulierten Effekten

Der EU-Gesetzgeber hat vorausgesehen, dass es beim kommerziellen Anbau von GV-Pflanzen notwendigerweise auch zu einer Akkumulierung von Risiken kommen wird, die zu Gefährdungen führen, die sich nicht aus einer Bewertung der einzelnen Komponenten ableiten lassen. So heißt es zum Beispiel in der Richtlinie 2001/18, Erwägungsgrund (19):

„Vor einer Freisetzung sollte in jedem Einzelfall stets eine Umweltverträglichkeitsprüfung vorgenommen werden. Ferner sollten etwaige akkumulierte langfristige Auswirkungen, die mit der Wechselwirkung mit anderen GVO und der Umwelt zusammenhängen, gebührend berücksichtigt werden.“

Weiterhin wird dazu im Anhang 2 der Richtlinie 2001/18 unter „Grundprinzipien für die Umweltverträglichkeitsprüfung“ festgehalten:

²⁶ EC, 2008. Letter from the European Commission to EFSA on the environmental risk assessment of herbicide tolerant plants – interplay between Directive 2001/18/EC and Directive 91/414/EEC (Ref ENV/B3/AA/JH/YK/gm D(2008)ARES(2008)25125), www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/DocumentSet/gmo_response_european_commission_en.pdf?ssbinary=true

„Ein allgemeiner Grundsatz für die Umweltverträglichkeitsprüfung besteht außerdem darin, dass eine Analyse der mit der Freisetzung und dem Inverkehrbringen zusammenhängenden ‚kumulativen langfristigen Auswirkungen‘ durchzuführen ist. ‚Kumulative langfristige Auswirkungen‘ bezieht sich auf die akkumulierten Auswirkungen von Zustimmungen²⁷ auf die Gesundheit des Menschen und die Umwelt, und zwar unter anderem auf die Flora und Fauna, die Bodenfruchtbarkeit, den Abbau von organischen Stoffen im Boden, die Nahrungsmittel-/Nahrungskette, die biologische Vielfalt, die Gesundheit von Tieren und auf Resistenzprobleme in Verbindung mit Antibiotika.“

Demnach müssen akkumulierte Effekte, die durch den gleichzeitigen Anbau verschiedener gentechnisch veränderter Pflanzen entstehen, ebenso berücksichtigt werden wie kombinatorische Effekte bei *Stacked Events*. Die Risikobewertung der EFSA, die sich bei der Bewertung der Wirkungen der Toxine im Wesentlichen auf theoretische Überlegungen und nicht auf empirische Untersuchungen stützt, ist nicht akzeptabel.

6.3 Überwachung der Auswirkungen bereits zugelassener Pflanzen

Da die Risikobewertung von gentechnisch veränderten Pflanzen eine ganze Reihe von komplexen Fragestellungen aufwirft und im Ergebnis immer gewisse Unsicherheiten zurückbleiben werden, hat der EU-Gesetzgeber vorgeschrieben, dass gentechnisch veränderte Pflanzen auch nach ihrer Marktzulassung weiter beobachtet werden müssen.

In der Basisrichtlinie 2001/18 heißt es dazu in Erwägungsgrund (43):

„In dieser Richtlinie muss die Verpflichtung aufgenommen werden, einen Überwachungsplan durchzuführen, um etwaige direkte, indirekte, sofortige, spätere unvorhergesehene Folgen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt von GVO als Produkte oder in Produkten nach dem Inverkehrbringen feststellen und zuordnen zu können.“

Weiter heißt es dazu im Anhang VII der Richtlinie unter „Überwachungsplan“:

„Ziel des Überwachungsplans ist es:

zu bestätigen, dass eine Annahme über das Auftreten und die Wirkung einer etwaigen schädlichen Auswirkung eines GVO oder dessen Verwendung in der Umweltverträglichkeitsprüfung zutrifft, und das Auftreten schädlicher Auswirkungen des GVO oder dessen Verwendung auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt zu ermitteln, die in der Umweltverträglichkeitsprüfung nicht vorhergesehen wurden.

(...)

Der Überwachungsplan sollte:

- 1. auf jeden einzelnen Fall zugeschnitten sein und die Umweltverträglichkeitsprüfung berücksichtigen;*
- 2. den Merkmalen der GVO, den Merkmalen und dem Ausmaß ihrer vorgesehenen Verwendung und dem Bereich der relevanten Bedingungen des Milieus, in das der GVO freigesetzt werden soll, Rechnung tragen;*

²⁷ Gemeint sind Zulassungen von GV-Pflanzen.

3. eine allgemeine überwachende Beobachtung auf unerwartete schädliche Auswirkungen und erforderlichenfalls eine (fall-)spezifische Überwachung vorsehen, in deren Mittelpunkt die in der Umweltverträglichkeitsprüfung ermittelten schädlichen Auswirkungen stehen.

3.1. Die fallspezifische Überwachung sollte über einen ausreichend langen Zeitraum hinweg erfolgen, damit sofortige und direkte sowie gegebenenfalls auch spätere oder indirekte Auswirkungen, die bei der Umweltverträglichkeitsprüfung ermittelt wurden, erfasst werden können.

3.2. Bei der überwachenden Beobachtung könnte gegebenenfalls von bereits bestehenden routinemäßigen Überwachungspraktiken wie z. B. der Überwachung landwirtschaftlicher Kulturformen, des Pflanzenschutzes, oder der Tier- und Humanarzneimittel Gebrauch gemacht werden. Es sollte erläutert werden, wie die relevanten Informationen, die durch bestehende routinemäßige Überwachungspraktiken gewonnen wurden, dem Inhaber der Zustimmung zugänglich gemacht werden;

4. die systematische Beobachtung der Freisetzung eines GVO in das Aufnahmemilieu und die Auswertung dieser Beobachtungen im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt ermöglichen²⁸; (...)

Trotz dieser Bestimmungen existiert in der EU bisher keinerlei Überwachungsplan für die Feststellung gesundheitlicher Auswirkungen von Lebensmitteln, die aus Pflanzen gewonnen werden, die Herbizide tolerieren oder Insektengifte produzieren. Etwaige Auswirkungen des Verzehrs von Lebensmitteln, die aus diesen GV-Pflanzen hergestellt werden, können demnach weder „festgestellt“ noch „zugeordnet“ werden (siehe Erwägungsgrund 43). Von einer „systematischen Beobachtung“ (Anhang VII der Richtlinie 2001/18) kann nicht die Rede sein. Dies ist den politisch Verantwortlichen sogar durchaus bewusst. So stellte die Europäische Kommission schon 2005 fest (European Communities, 2005):

„(...) das Fehlen einer allgemeinen Überwachung, weswegen auch keinerlei Daten über Expositionen vorliegen oder ausgewertet werden, bedeutet, dass überhaupt keine Daten über den Konsum dieser Produkte vorhanden sind. Man weiß nicht, wer wann was gegessen hat. Daraus folgt, dass man zwar mit hoher Wahrscheinlichkeit annehmen kann, dass keine akute toxikologische Gefahr von diesen Produkten ausgeht, weil dies wohl bereits bemerkt worden wäre – wenn man auch seltene anaphylaktische Reaktionen nicht ganz ausschließen kann. Da aber keine Daten über die Exposition vorliegen, muss man im Hinblick auf häufige chronische Krankheiten wie Allergien und Krebs feststellen, dass es einfach keine Möglichkeit gibt festzustellen, ob die Einführung von gentechnisch veränderten Produkten irgendeinen Effekt auf die menschliche Gesundheit hatte.“

(übersetzt durch den Verfasser)

Vor diesem Hintergrund muss die rechtliche Zulässigkeit der derzeitigen Praxis der Inverkehrbringung von gentechnisch veränderten Pflanzen (insbesondere im Hinblick auf Pflanzen, die Herbizide tolerieren oder Insektengifte produzieren) grundsätzlich bezweifelt werden.

²⁸ Die offizielle deutsche Übersetzung übersetzt das Wort „facilitate“ mit „erleichtern“, was die eigentliche Absicht dieser Vorschrift (siehe Erwägungsgrund 43) verfälscht.

6.4 Empfehlungen

Das Regelwerk der Europäischen Union räumt dem Vorsorgeprinzip im Bereich von Umwelt- und Verbraucherschutz einen hohen Stellenwert ein (EU-Kommission, 2000). Um einen ausreichenden Schutz von Umwelt und Verbrauchern zu gewährleisten, sollten im Hinblick auf herbizidtolerante oder insektengiftproduzierende GV-Pflanzen folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- › Die Verkehrsfähigkeit von herbizidtoleranter gentechnisch veränderter Soja ist im Hinblick auf mögliche Rückstände von Glyphosat und POE-Tallowaminen kritisch zu prüfen. Lassen sich die aktuellen Bedenken bezüglich gesundheitlicher Risiken nicht ausräumen, muss vorsorglich der Import von Produkten, die mit großer Wahrscheinlichkeit mit Rückständen belastet sind, wie gentechnisch veränderte Soja, ausgesetzt werden. In jedem Fall müssen Verbraucher, Landwirte und Futtermittelhersteller über mögliche Gesundheitsgefährdungen bzw. auf Lücken in der Risikobewertung unverzüglich und umfassend informiert werden.
- › Die Risiken von Bt-Toxinen und ihren möglichen Wechselwirkungen sind umfassend und systematisch zu prüfen. Anträge auf Neu- oder Wiederzulassungen von Pflanzen, die Bt-Toxine produzieren, sollten bis auf Weiteres nicht bewilligt werden. Bereits erteilte Marktzulassungen müssen neu bewertet werden.
- › Die Risikobewertung von gentechnisch veränderten Pflanzen und der Bewertung von Pestiziden muss wesentlich stärker miteinander verzahnt werden.
- › Für die Zulassung von Pestiziden und die Festsetzung von zulässigen Rückstandshöchstgehalten müssen evaluierte, einfache und kostengünstige Nachweisverfahren zur Voraussetzung gemacht werden. Die Hersteller der Pestizide sollten an den Untersuchungskosten beteiligt werden.
- › Die Grenzwerte für Glyphosat-Rückstände müssen deutlich abgesenkt werden.
- › Der Einsatz von POE-Tallowaminen als Benetzungsmittel in Pestiziden muss verboten werden.
- › Bei der Risikobewertung gentechnisch veränderter Pflanzen sollte das Konzept der vergleichenden Risikoabschätzung durch ein Prüfverfahren ersetzt werden, das spezifisch auf die Eigenschaften, mögliche technische Schwachstellen und Risiken von gentechnisch veränderten Pflanzen ausgerichtet ist. Der Vergleich mit den Risiken konventionell gezüchteter Pflanzen ist kein ausreichendes Konzept und auch kein geeigneter Ausgangspunkt.
- › Die Kommission muss unverzüglich Vorschläge unterbreiten, wie in Zukunft gesundheitliche Risiken nach einer Marktzulassung gentechnisch veränderter Pflanzen beobachtet werden sollen, wobei auch der Umweg über tierische Produkte berücksichtigt werden muss. Solange kein funktionierendes Monitoringsystem etabliert ist, muss die Inverkehrbringung beschränkt oder ausgesetzt werden.

Quellen

- Anadón, A., del Pino, J., Martínez, M. A., Caballero, V., Ares I., Nieto, I., Martínez-Larrañaga, M. R.** (2008) Neurotoxicological effects of the herbicide glyphosate, *Toxicol Lett* 180S:S164.
- Antoniou, M., Brack, P., Carrasco, A., Fagan, J., Habib, M., Kageyama, P., Leifert, C., Nodari, R. O., Pengue W.** (2010) GM Soy: Sustainable? Responsible?, GLS Bank & ARGE gentechnikfrei, www.gmwatch.eu/?option=com_content&view=article&id=12479
- Aris, A. & Leblanc, S.** (2011) Maternal and fetal exposure to pesticides associated to genetically modified foods in Eastern Townships of Quebec, Canada. *Reprod. Toxicol.* (in print) Doi:10.1016/j.reprotox.2011.02.004.
- Astiz, M., de Alaniz, M. J. T., Marra, C. A.** (2009) Effect of pesticides on cell survival in liver and brain rat tissues, *Ecotoxicol Environ Saf.* 72(7):2025-32.
- Axelrad, J. C., Howard, C. V., McLean, W. G.** (2003) The effects of acute pesticide exposure on neuroblastoma cells chronically exposed to diazinon. *Toxicology* 185:67-78.
- Batista, R., Saibo, N., Lourenco, T., Oliveira, M.** (2008) Microarray analyses reveal that plant mutagenesis may induce more transcriptomic changes than transgene insertion, *PNAS* 105 (9), 3640-3645.
- Bauer-Panskus A. & Then, C.** (2010) Testbiotech opinion on the application for market approval of genetically modified maize 1507 (DAS-Ø15Ø7-1). www.testbiotech.org/en/node/365
- Benachour, N., Seralini, G.E.** (2009) Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells, *Chem Res Toxicol* 22:97-105.
- Benachour, N., Siphatur, H., Moslemi, S., Gasnier, C., Travert, C., Seralini, G. E.** (2007) Time- and dose-dependent effects of *Roundup* on human embryonic and placental cells, *Arch Environ Contam Toxicol* 53:126-33.
- Benbrook, C.** (2009) Impacts of Genetically Engineered Crops on Pesticide Use: The First Thirteen Years, www.organic-center.org/reportfiles/13Years20091116.pdf
- BMELV, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz** (2009) Neue Bewertungskriterien für Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln, www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/umweltgifte/BMELV-Homepage-Liste_der_18_Pestizide.pdf
- Bolognesi, C., Carrasquilla, G., Volpi, S., Solomon, K. R., Marshall, E. J. P.** (2009) Biomonitoring of genotoxic risk in agricultural workers from five Colombian regions: association to occupational exposure to glyphosate, *J Toxicol Environ Health A* 72(15&16):986-97.
- Bonny, S.,** (2009) Issues, impacts, and prospects of the first transgenic crops tolerant to a herbicide. The case of glyphosate-tolerant soybean in the USA, Communication at the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Conference, Beijing, China, August 16-22 (2009) INRA (French National Institute for Agricultural Research), France, purl.umn.edu/51449
- Curwin BD, Hein MJ, Sanderson WT, Striley C, Heederik D, Kromhout H, et al.** (2007) Urinary pesticide concentrations among children, mothers and fathers living in farm and non-farm households in iowa. *Ann Occup Hyg*: 51:53-65.
- Dinelli, G., Marotti, I., Bonetti, A., Catizone, P., Urbano, J. M., Barnes, J.** (2008) Physiological and molecu-

lar bases of glyphosate resistance in *Conyza bonariensis* biotypes from Spain, *Weed Res* 48:257-65.

Dona, A. & Arvanitoyannis, I. S. (2009) Health Risks of Genetically Modified Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49:164–175.

EFSA (2005) Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glufosinate, *EFSA Scientific Report* 27, 1-81.

EFSA (2007) Assessment of Genetically Modified Plants and Derived Food and Feed: The Role of Animal Feeding Trials – Report of the EFSA GMO Panel working group on animal feeding trials: Adopted by the Scientific panel on Genetically Modified Organisms on 12 September 2007. *Food and Chemical Toxicology*, Volume 46, Supplement 1, March 2008, www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1211902590265.htm

EFSA (2008a) Annual Report on Pesticide Residues – Appendix, www.efsa.europa.eu/de/scdocs/doc/ar2008pesticides-ax1.pdf

EFSA (2008b) Scientific Opinion of the Panel on Genetically Modified Organisms on application (Reference EFSA-GMO-NL-2007-37) for the placing on the market of the insect-resistant genetically modified maize MON89034, for food and feed uses, import and processing under Regulation (EC) No 1829/2003 from Monsanto. *The EFSA Journal* (2008) 909, 1-30.

EFSA (2009a) Modification of the residue definition of glyphosate in genetically modified maize grain and soybeans, and in products of animal origin on request from the European Commission. *EFSA Journal* 2009; 7(9):2009. [42 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2009.1310. Available online: www.efsa.europa.eu

EFSA (2009b) Scientific Opinion of the Panel on Genetically Modified Organisms on applications (EFSA-GMO-NL-2005-22 and EFSA-GMO-RX-NK603) for the placing on the market of the genetically modified glyphosate tolerant maize NK603 for cultivation, food and feed uses and import and processing, and for renewal of the authorisation of maize NK603 as existing product. *The EFSA Journal* (2009) 1137, 1-50.

EFSA (2009c) Scientific Opinion of the Panel on Genetically Modified Organisms on applications (EFSA-GMO-RX-MON810) for the renewal of authorisation for the continued marketing of (1) existing food and food ingredients produced from genetically modified insect resistant maize MON810; (2) feed consisting of and/or containing maize MON810, including the use of seed for cultivation; and of (3) food and feed additives, and feed materials produced from maize MON810, all under Regulation (EC) No 1829/2003 from Monsanto. *The EFSA Journal* (2009) 1149: 1-84. www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1211902628240.htm

EFSA, Panel on Genetically Modified Organisms (GMO) (2010a) Guidance on the environmental risk assessment of genetically modified plants. *EFSA Journal* 2010;8(11):1879. [111 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2010.1879. Available online: www.efsa.europa.eu

EFSA, Panel on Genetically Modified Organisms (GMO) (2010b) Scientific Opinion of the Panel on Genetically Modified Organisms on applications (EFSA-GMO-RX-40-3-2) for the renewal of authorisation for the continued marketing of (1) food containing, consisting of, or produced from genetically modified soybean 40-3-2; (2) feed containing, consisting of, or produced from soybean 40-3-2; (3) other products containing or consisting of soybean 40-3-2 with the exception of cultivation, all under Regulation (EC) No 1829/2003 from Monsanto. *EFSA Journal* 2010;8(12):1908, [1-38].

EFSA, Panel on Genetically Modified Organisms (GMO) (2010c) Scientific Opinion on application (EFSA-GMO-CZ-2008-62) for the placing on the market of insect resistant and herbicide tolerant genetically modified maize MON 89034 x 1507 x MON 88017 x 59122 and all sub-combinations of the individual *Events* as present in its segregating progeny, for food and feed uses, import and processing under Regulation (EC) No 1829/2003 from Dow AgroSciences and Monsanto. *EFSA Journal* 2010; 8(9):1781. [37 pp.]. doi:10.2903/j.

efsa.2010.1781. Available online: www.efsa.europa.eu/efsajournal.htm

- EFSA Panel on Genetically Modified Organisms (GMO)** (2010d) Application EFSA-GM CZ-2008-62 (MON89034 x 1507 x MON88017 x 59122 maize) Comments and opinions submitted by Member States during the three-month consultation period, Annex G to EFSA (2010 c).
- European Commission Peer Review Programme** (1998) Glyphosate Monograph, Rapporteur Member State: Germany
- European Commission Peer Review Programme** (2000) ECCO Peer Review Meetings, Full Report on Glyphosat, ECCO Team at Pesticide Directorate, York, 8.3.2000
- European Commission Peer Review Programme** (2002) Glyphosate Review Report Rapporteur Member State: Germany, www.ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/existactive/list1_glyphosate_en.pdf
- European Communities** (2005): 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. Januar 2005, www.trade.ec.europa.eu/doclib/html/128390.htm
- EU-Kommission** (2000) Weissbuch zur Lebensmittelsicherheit. KOM (1999) 719 endg. www.ec.europa.eu/dgs/health_consumer/library/pub/pubo6_de.pdf
- FAO** (2000) FAO Specifications and Evaluations for Plant Protection Products: Glyphosate N-(phosphonomethyl)glycine. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/Specs/docs/Pdf/new/glypho01.pdf
- FAO** (2005) Pesticide Residues in Food, FAO Plant Production and Protection Paper 183, www.fao.org/docrep/009/a0209e/a0209e00.htm
- Finamore, A., Roselli, M., Britti, S., Monastra, G., Ambra, R., Turrini, A., Mengheri, E.** (2008) Intestinal and peripheral immune response to MON810 maize ingestion in weaning and old mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 11533–11539.
- Gallagher, L.** (2010) Bt Brinjal Event EE1, The Scope and Adequacy of the GEAC Toxicological Risk Assessment, Review of Oral Toxicity Studies in Rats, www.testbiotech.de/node/444
- Gasnier, C., Dumont, C., Benachour, N., Clair, E., Chagnon, M. C., Seralini, G. E.** (2009) Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines, *Toxicology* 262(3):184–91.
- Gertz, J. M., Vencill, W. K., Hill, N. S.** (1999) Tolerance of Transgenic Soybean (Glycine max) to Heat Stress. British Crop Protection Conference – Weeds, 15-19 Nov 1999, Brighton: 835-840.
- Govindarajulu, P. P.** (2008) Literature review of impacts of glyphosate herbicide on amphibians: What risks can the silvicultural use of this herbicide pose for amphibians in B.C.?, British Columbia, Ministry of Environment, Wildlife Report No. R-28.
- Grube, A., Donaldson, D., Kiely, T., Wu, L.** (2011) Pesticides industry sales and usage. 2006 and 2007 market estimates. EPA, Washington, D.C., www.epa.gov/oppo0001/pestsales/07pestsales/market_estimates2007.pdf
- Guilherme, S., Gaivão, I. Santos, M. A., Pacheco, M.** (2010) European eel (*Anguilla anguilla*) genotoxic and pro-oxidant responses following short-term exposure to *Roundup*®—a glyphosate-based herbicide. *Mutagenesis* 25(5): 523–530.
- Hilbeck, A., Schmidt, J. E. U.** (2006) Another view on Bt proteins - How specific are they and what else might they do?: *Biopesticides International* 2(1): 1–50.

- Ho, M. W.** (2009) Glyphosate herbicide causes birth defects. ISIS Press release, 14 July. Institute of Science in Society, London. www.i-sis.org.uk/GHCCBD.php
- Hokanson, R., Fudge, R., Chowdhary, R., Busbee, D.** (2007) Alteration of estrogen-regulated gene expression in human cells induced by the agricultural and horticultural herbicide glyphosate. *Hum Exper Toxicol* 26:747-52.
- Huffmann, D. L., Abrami, L., Sasik, R., Corbeil, J., van der Goot, G., Aroian, R.V.** (2004) Mitogenactivated protein kinase pathways defend against bacterial pore-forming toxins: *Proc Natl. Acad. Sci., USA*, 101: 10995–11000.
- ILSI** (2004) Nutritional and safety assessments of foods and feeds nutritionally improved through biotechnology. Prepared by a Task Force of the ILSI International Food Biotechnology Committee as published in IFT's Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2004 Institute of Food Technologists (www.ift.org), www.ilsi.org/FoodBioTech/Publications/02_Nutritional%20Safety%20Assessment%20of%20GM%20Foods_2004.pdf
- ILSI** (2008) Assessments of Foods and Feeds Nutritionally Improved through Biotechnology: Case Studies Prepared by a Task Force of the ILSI International Food Biotechnology Committee, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Vol. 7, 53-113.
- Ito, A., Sasaguri, Y., Kitada, S., Kusaka, Y., Kuwano, K., Masutomi, K., Mizuki, E., Akao, T., Ohba, M.** (2004) Bacillus thuringiensis crystal protein with selective cytotoxic action on human cells: *J Biol. Chem* 279:21282–21286.
- Jiao, Z., Si, X. X., Li, G. K., Zhang, Z.M., Xu, X. P.** (2010) Unintended Compositional Changes in Transgenic Rice Seeds (*Oryza sativa* L.) Studied by Spectral and Chromatographic Analysis Coupled with Chemometrics Methods, *J. Agric. Food Chem.* 2010, 58, 1746–1754.
- Kroghsbo, S., Madsen, C., Poulsen, M. et al.** (2008) Immunotoxicological studies of genetically modified rice expressing PHA-E lectin or Bt toxin in Wistar rats. *Toxicology*, 245: 24–34.
- Lin, N., Garry, V. F.** (2000) In vitro studies of cellular and molecular development toxicity of adjuvants, herbicides, and fungicides commonly used in Red River Valley, Minnesota. *J Toxicol Environ Health A* 60:423-39.
- Lioi, M. B., Scarfi, M. R., Santoro, A., Barbieri, R., Zeni, O., Salvemini, F., Di Bernardino, D., Ursini, M. V.** (1998a) Cytogenetic damage and induction of pro-oxidant state in human lymphocytes exposed in vitro to glyphosate, vinclozolin, atrazine, and DPX-E9636. *Environ Mol Mutagen* 32:39-46.
- Lioi, M. B., Scarfi, M. R., Santoro, A., Barbieri, R., Zeni, O., Di Bernardino, D., Ursini, M. V.** (1998b) Genotoxicity and oxidative stress induced by pesticide exposure in bovine lymphocyte cultures in vitro. *Mutat Res* 403(1-2):13-20.
- Malatesta, M., Perdoni, F., Santin, G., Battistelli, S., Muller, S., Biggiogerra, M.** (2008) Hepatoma tissue culture (HTC) cells as a model for investigating the effects of low concentrations of herbicide on cell structure and function. *Toxicol. in Vitro* 22, 1853–1860.
- Malatesta, M., Boraldi, F., Annovi, G., Baldelli, B., Battistelli, S., Biggiogerra, M., Quaglino, D.** (2008) A long-term study on female mice fed on a genetically modified soybean: effects on liver ageing. *Histochem Cell Biol.* 130, 967–77.
- Mañas, F., Peralta, L., Raviolo, J., García Ovando, H., Weyers, A., Ugnia, L., Gonzalez Cid, M., Larripa, I., Gorla, N.** (2009a) Genotoxicity of glyphosate assessed by the comet assay and cytogenetic tests. *Environ Toxicol Pharmacol* 28:37-41.

- Mañas, F., Peralta, L., Raviolo, J., García Ovando, H., Weyers, A., Ugnia, L., Gonzalez Cid, M., Larripa, I., Gorla, N.** (2009b) Genotoxicity of AMPA, the environmental metabolite of glyphosate, assessed by the Comet assay and cytogenetic tests. *Ecotoxicol Environ Saf* 72(3):834-7.
- Marc, J., Mulner-Lorillon, O., Boulben, S., Hureau, D., Durand, G., Bellé, R.** (2002) Pesticide *Roundup* provokes cell division dysfunction at the level of CDK1/cyclin B activation. *Chem Res Toxicol* 15 (3):326-31.
- Marc, J., Mulner-Lorillon, O., Durand, G., Bellé, R.** (2003) Embryonic cell cycle for risk assessment of pesticides at the molecular level. *Environ Chem Lett* 1(1):8-12.
- Marc, J., Mulner-Lorillon, O., Bellé, R.** (2004) Glyphosate-based pesticides affect cell cycle regulation. *Biol Cell* 96(3):245-9.
- Marc, J., Le Breton, M., Cormier, P., Morales, J., Belle, R., Mulner-Lorillon, O.** (2005) A glyphosate-based pesticide impinges on transcription. *Toxicol Appl Pharmacol* 203:1-8.
- Martinez, A., Reyes, I., Reyes, N.** (2007) Cytotoxicity of the herbicide glyphosate in human peripheral blood, *Biomedica* 27(4):594-604.
- Matthews, D., Jones, H., Gans, P., Coates, St., Smith, L. M. J.** (2005) Toxic secondary metabolite production in genetically modified potatoes in response to stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 10.1021/jf050589r.
- Meyer, P., Linn, F., Heidann, I., Meyer, H., Niedenhof, I., Saedler, H.** (1992) Endogenous and environmental factors influence 35S promoter methylation of a maize A1 gene construct in transgenic petunia and its colour phenotype. *Mol. Gen. Genet.* 231, 345-352.
- Monroy, C. M., Cortés, A. C., Sicard, D. M., de Restrepo, H. G.** (2005) Cytotoxicity and genotoxicity of human cells exposed in vitro to glyphosate. *Biomedica* 25(3):335-45.
- PAN AP, Pesticide Action Network Asian Pacific** (2009) Monograph on Glyphosate, www.panap.net/en/post/pesticides-info-database/115
- Pardo-López, L., Muñoz-Garay, C., Porta, H., Rodríguez-Almazán, C., Soberón, M., Bravo, A.** (2009) Strategies to improve the insecticidal activity of Cry toxins from *Bacillus thuringiensis*, *Peptides*, 30(3): 589–595. doi:10.1016/j.peptides.2008.07.027.
- Paganelli, A., Gnazzo, V., Acosta, H., López, S. L., Carrasco, A. E.** (2010) Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signalling. *Chem. Res. Toxicol.*, August 9. pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/tx1001749
- Pigott, C. R., Ellar, D. J.** (2007) Role of Receptors in *Bacillus thuringiensis* Crystal Toxin Activity: *Microbiol Mol Biol Rev* 71 (2): 255–281.
- Pigott, C. R., King, S. M., Ellar, D. J.** (2008) Investigating the Properties of *Bacillus thuringiensis* Cry Proteins with Novel Loop Replacements Created Using Combinatorial Molecular Biology, *Applied and Environmental Microbiology*: 3497–3511.
- Reyes, N., Martinez, A., Reyes, I., Geliebter, J.** (2006) Molecular and cellular effects of glyphosate on human lymphocytes: implications for non-Hodgkin's lymphoma. In: Proc 97th Ann Meet Amer Assoc Canc Res Abs no. 4448. www.aacrmeetingabstracts.org/cgi/content/abstract/2006/1/1044-b.
- Richard, S., Moslemi, S., Sipahutar, H., Benachour, N., Seralini, G. E.** (2005) Differential effects of glyphosate and *Roundup* on human placental cells and aromatase, *Environ Health Perspect* 113(6):716-20.

- Romano, R. M., Romano, M. A., Bernardi, M. M., Furtado, P. V., Oliveira C. A.** (2010) Prepubertal exposure to commercial formulation of the herbicide glyphosate alters testosterone levels and testicular morphology. *Archives of Toxicology* 84 (4): 309-317.
- Schnepf, E., Crickmore, N., van Rie, J., Lereclus, D., Baum, J., Feitelson, J., Zeigler, D. R., Dean, D. H.** (1998) *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins: *Microbiol Mol Biol Rev.* 62(3): 775-806.
- Séralini, G.-E., Cellier, D., Spiroux de Vendomois, J.** (2007) New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 52, 596-602.
- Service, R. F.** (2007) A growing threat down on the farm, *Science*, Vol 316: 1114-1117.
- Sharma, P., Nain, V., Lakhanpaul, S., Kumar, P. A.** (2010) Synergistic activity between *Bacillus thuringiensis* CryIAb and CryIAc toxins against maize stem borer (*Chilo partellus* Swinhoe). *Lett Appl Microbiol*, 51(1):42-47.
- Soberón, A., Gill, S. S., Bravo, A.** (2009) Signaling versus punching hole: How do *Bacillus thuringiensis* toxins kill insect midgut cells? *Cell. Mol. Life Sci.* 66: 1337-1349.
- Spiroux de Vendômois, J. S., Roullier, F., Cellier, D., Séralini, G. E.** (2009) A Comparison of the Effects of Three GM Corn Varieties on Mammalian Health. *Int J Biol Sci* 2009, 5: 706-726.
- Spök, A., Eckerstorfer, M., Heissenberger, A., Gaugitsch, H.** (2007) Risk Assessment of “*Stacked Events*“ Forschungsberichte der Sektion IV Band 2/2007, www.bmgfj.gv.at/cms/site/standard.html?channel=CH0810&doc=CMS1180523433481
- Stein, A. J. & Rodríguez-Cerezo, E.** (2009) The global pipeline of new GM crops, Implications of asynchronous approval for international trade, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, EUR 23486 EN – 2009.
- Then, C.,** (2010a), Agrobiotechnology: Testbiotech opinion on EFSA’s draft guidance on the environmental risk assessment of genetically modified plants, Testbiotech report, www.testbiotech.org
- Then, C.,** (2010b), New pest in crop caused by large scale cultivation of Bt corn, in: Breckling, B. & Verhoeven, R. (2010) Implications of GM-Crop Cultivation at Large Spatial Scales. *Theorie in der Ökologie*. Frankfurt, Peter Lang.
- Then, C.,** (2010c), Risk assessment of toxins derived from *Bacillus thuringiensis*-synergism, efficacy, and selectivity. *Environ Sci Pollut Res Int*; 17(3):791-7, [dx.doi.org/10.1007/s11356-009-0208-3](https://doi.org/10.1007/s11356-009-0208-3)
- Then, C., & Bauer-Panskus, A.,** (2010) Europäische Lebensmittelbehörde EFSA: Spielwiese der Gen-Industrie; Die Industrie beeinflusst die Standards für die Risikoprüfung gentechnisch veränderter Pflanzen, TESTBIOTECH Background 1-12-2010 www.testbiotech.de/sites/default/files/TESTBIOTECH%20EFSA&ILSI_Forschung.pdf
- Then, C., Brockmann K.** (2009) Lässt sich der Anbau von Gen-Mais Mon810 in Deutschland verbieten? Eine wissenschaftliche und rechtliche Bewertung, Bund für Ökologische Lebensmittelwirtschaft und Campact, www.boelw.de/uploads/media/Studie_Verbot_MON810_090402_.pdf
- Then, C. & Lorch, A.** (2008) A simple question in a complex environment: How much Bt toxin do genetically engineered MON810 maize plants actually produce? in: Breckling, B., Reuter, H., Verhoeven R (eds) (2008) Implications of GM-Crop Cultivation at Large Spatial Scales., *Theorie in der Ökologie* 14. Frankfurt, Peter Lang, www.gmls.eu/index.php?contact=ja
- Then, C. & Pothof, C.** (2009) Risk Reloaded, Bericht zum Umgang mit den Risiken gentechnisch veränderter Pflanzen in der EU, Testbiotech Report, www.testbiotech.org

- Thomas, W. E., Ellar D. J.** (1983) *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* crystal delta-endotoxin: effects on insect and mammalian cells in vitro and in vivo: *Journal of Cell Science* 60 (1): 181-197.
- Trigona, M.** (2009) Study released in Argentina puts glyphosate under fire. Americas Program Report, July 13. Centre for International Policy, Washington D.C. americas.irc-online.org/am/6254.
- Valenta, R. & Spök, A.** (2008) Immunogenicity of GM peas, BfN Skripten 239, Bundesamt für Naturschutz, Bonn, www.bfn.de/0301_veroe.html
- Yamada, T., Kremer, R. J., de Camargo e Castro, P. R., Wood, B. W.** (2009) Glyphosate interactions with physiology, nutrition, and diseases of plants: Threat to agricultural sustainability? *Eur J Agron* 31(3):111-3.
- Valente, M.** (2009) Health Argentina: Scientists reveal effects of glyphosate. 15 Apr, Inter Press Service, Buenos Aires. www.ipsnews.org
- Vazquez R.I., Moreno-Fierros L., Neri-Bazan L., De La Riva G.A., Lopez-Revilla R.** (1999) *Bacillus thuringiensis* CryIAc protoxin is a potent systemic and mucosal adjuvant. *Scand J Immunol.*, 49: 578-84.
- Vogel, B.** (2009) Agrogentechnik und Naturschutz, Risiken des Anbaus für Schmetterlinge & Co, Naturschutzbund Deutschland (NABU).
- Walsh, L. P., McCormick, C., Martin, C., Stocco, D. M.** (2000) *Roundup* inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (StAR) protein expression. *Environ Health Perspect* 108:769-76.
- Zeller, S. L., Kalininal, O., Brunner, S., Keller, B., Schmid, B.** (2010) Transgene × Environment Interactions in Genetically Modified Wheat, www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0011405



Testbiotech e. V.
Institut für unabhängige
Folgenabschätzung in
der Biotechnologie

Vorsicht „Giftmischer“:
**Gentechnisch veränderte Pflanzen
in Futter- und Lebensmitteln**

Ein Testbiotech Report von Christoph Then

Stand: April 2011
im Auftrag von Ulrike Höfken, MdB