



Grüne Gentechnik

Versprechen, Befürchtungen und Ergebnisse

Versprechen

- 1 Reduktion des Pflanzenschutzmittel-Einsatzes und deren negative Auswirkungen auf Mensch und biologische Vielfalt auch durch: Berücksichtigung von Schadschwellen
- 2 Ertragssteigerungen / Ernährungssicherung
- 3 Bodenschutz
- 4 Vereinfachung der Produktion (z.B. Anwendungs-“Fenster“ bei Herbiziden)

Befürchtungen

- 1 Weitere Vereinheitlichung der Landnutzung und des Landbaus
z.B. Verengung der Fruchtfolgen, negative Auswirkungen
auf natürliche Schädlingskontrolle und biologische Vielfalt
- 2 Konzentrationsprozesse im Saatgutmittelsektor
- 3 Auswilderung und Verdrängung einheimischer Arten und Genotypen
- 4 Einschränkungen der gentechnikfreien Produktion und der
Verbraucher-Wahlfreiheit

Pflanzenschutzmittel-Einsatz

Schadsschwellen berücksichtigen

Ein Wechsel vom Einsatz im Voraufbau zum Nachaufbau hat in Nordamerika stattgefunden.

Befallskontrollen sind in Kanada / USA weniger verbreitet (zumindest in Soja und Raps) als in Deutschland in Mais und Zuckerrübe. Die Tendenz hat mit der HR-Technik vermutlich eher nachgelassen, weil die Herbizidwahl unabhängig vom Unkrautbesatz vorentschieden war (häufig ausschließlich Glyphosat).

Pflanzenschutzmittel-Mengen und Wirkstoffe

USA:

Bis 2000 im Durchschnitt eine Reduktion der Einsatzmengen gegenüber konventionellen Sorten, danach Zunahme, zuerst kippt Soja (1998), dann Baumwolle (2001), dann Mais (2006);

Insgesamt (13 Jahre alle transgenen Sorten) +7,5% PSM (HR+,Bt-) davon 50% wg. *low Dose* in konventionellen (47% der berücksichtigten Flächen = Soja)

Allein zwischen 2007-2008 in HR-Kulturarten +31% Herbizideinsatz;

Hintergrund: Anstieg der Glyphosat-Aufwandmengen und Applikationen, zunehmender Einsatz von Mischungen (Glyphosat+andere Herbizide) (Monsanto: seit 2006 Prämie pro *acre* dafür, z.B. 2,4,-D; Dicamba, Paraquat.) z.B. Louisiana 2006, Soja zusätzlich zu 2,3 Applikationen Glyphosat auf 36% der Flächen Paraquat und 19% 2,4-D.

Es gibt seit 2006 eine Baumwoll-Sorte mit Resistenz gegen erhöhte Glyphosat-Aufwandmengen.

Sorten mit Mehrfachresistenzen gegen gängige Herbizide sind in der Entwicklung – gegen Glyphosat und Glufosinat marktreif.

Ursachen: Verschiebungen der Unkrautzusammensetzung zu weniger empfindlichen Arten, Ausbildung von inzwischen 21 resistenten Biotypen, auf ca. 2 Mill. ha Fläche in 16 Staaten der USA; in Südstaaten besonders, aber auch im Mittelwesten; Fruchtfolgen Soja-Mais bzw. Soja-Baumwolle besonders problematisch;

zusätzliche Befunde in Südamerika;

(Benbrook 2003, 2009)

Toxische Belastungen für Menschen

Besonders Fütterungsversuche an Ratten haben bis 2000 dazu geführt, dass die Toxizität von Glyphosat und formuliertem Wirkstoff als relativ gering eingeschätzt wurde.

Mindestens seit 1998-2001 liegen zunehmend auch andere Befunde vor: Getestete Formulierungen von Glyphosat und dem Abbauprodukt AMPA sind in unterschiedlichen Konzentrationen giftig für menschliche Zelllinien, haben endokrine, zytotoxische und mutagene Wirkungen auf Zellen des Menschen und anderer Wirbeltiere.

Es wird vermutet, dass die Beiprodukte/Formulierungen dem Wirkstoff das Eindringen in tierische Zellen erleichtert.

2,4-D and Dicamba sind nach gängiger Einschätzung schädlicher für viele Organismen als die meisten anderen Herbizide. Zudem werden sie weit in Bereiche außerhalb der Felder verweht. Paraquat gilt als schädlich für Wirbeltiere und Mensch – es bewirkt neurologische Schäden.

Effekte auf Nützlinge und Biologische Vielfalt (direkte und indirekte Effekte, Anbaustruktur [Fruchtfolgen, Monokulturen])

Direkte Effekte

Toxizitätsuntersuchungen Glyphosat (in der Regel unveröffentlicht, Methodik-Nachvollziehbarkeit, Glyphosat-Salz oder Formulierung..-)

leichte bis mittlere Toxizität bei Vögeln, Fischen u. anderen Wassertieren, negative Effekte auf Mikroorganismen, hohe Toxizität bei Amphibien (Formulierung wenn 16 statt 4 Tage Exposition) und bei nützlichen Insekten (Glyphosat-Salz bei der Hälfte von 8 untersuchten Arten);

WHO-Fazit jedoch: „leicht bis sehr leicht toxisch für Invertebraten“ (1994)

Die Formulierung ist toxischer als der Wirkstoff allein.

Abbauprodukt AMPA: ökotoxische Wirkungen wenig bis kaum untersucht

Indirekte Effekte Freilandversuche

Untersuchungen über 3 Jahre und 65 Standorte, Halbfelder, häufige Proben, weites Indikatorenspektrum (FSE-Versuche 2003)

Glyphosat-resistente Zuckerrüben- und Glufosinat-resistente Rapssorten (Mais nicht praxisnah untersucht):

- 1 Wildkräuter an Feldrändern
Dichte -30%, Samenbildung -40%, mehr als Verdopplung der Fläche mit „versengter“ Vegetation;
- 2 Beikräuter auf Feldern
1/6-1/3 Rückgang der Dichte, Biomasse und Samenbildung, Bodensamenvorrat -20% - im Vergleich zu konventionell behandelte Feldhälfte;
- 3 Insekten und Wirbeltiere
Nützliche Insekten gingen parallel zur Dichte der Beikräuter (Habitat und Pollenquellen) zurück - weniger Nahrung für einen Großteil der Feldvögel;

Anbaustruktur (Fruchtfolgen..)

Sojabohnen haben großflächig vielfältige Anbaustrukturen und Waldgebiete verdrängt.

Herbizidresistente Soja- und Baumwollsorten werden z.T. in sehr engen Reihenabständen angebaut.

Pflanzenschutzmittel-Einsatz

Schadsschwellen berücksichtigen

Das Insektengift ist hochdosiert (über 99% Mortalität). Die Bekämpfungsentscheidung fällt beim Kauf des Saatguts – daher macht eine kurzfristige Befallsprognose keinen Sinn (keine Flexibilität). Langfristige (Vorjahrs)-Prognosemethoden für den Maiszünsler werden auch nicht angewendet.

Pflanzenschutzmittel-Mengen und Wirkstoffe

USA

Mais gegen ECB (Zünsler): vor Einführung wurden nur 5-7% der Flächen gegen den ECB behandelt, 2008 aber z.B. 55% der Flächen mit Bt-Sorten, die den ECB treffen, bestellt. Da es sich bei Bt um ein Insektengift handelt, kann man nicht von einer Reduktion sprechen.

Mais gegen CRW (Wurzelbohrer): 0,7 *pounds* in den Neunzigern, 10 Jahre später 0,2 p. (ca. -70%).

Baumwolle gegen *Budworm/Bollworm*: 0,56 p. in den Neunzigern auf 0,47 p. (ca. -16%). Es werden weiter Breitbandinsektizide eingesetzt, ca. 3 statt 5 Applikationen.

(u.a. Benbrook 2009, Luttrell et al. 1995)

Spezialfall IPM + Bt (pheromone mating disruption, nur sel. Insektizide u.a. Methoden) (*pink bollworm* Arizona): Zahl d. Applikationen ca. halbiert (-50-60%), a.i./ha 2006-2009 gegenüber Anfang d. 90er um „88%“ reduziert (Zahl müsste korrigiert ! werden wg. allgemeinem Wechsel zu *low-dose* Insektiziden)
Australien: Bt und hochgradig ausgeprägtem IPM: vergleichbare Ergebnisse (Schellhorn & Fitt 2011, Naranjo, Ellsworth in Bigler 2011)

Indien, China, Südafrika

Baumwolle

Pestizidreduktionen ja, aber vor dem Hintergrund ökonomisch irrationaler exzessiver Insektizideinsätze – und: IPM Programmen auch ohne Bt-Sorten erreicht;

IPM-Schulungen haben in einigen Situationen mehr erreicht als der Wechsel auf Bt-Sorten (Glover et al. 2009).

Toxische Belastungen für Menschen

Verringerung ja, mit IPM Programmen ist aber teilweise sogar mehr zu erreichen.

Die auf den Resistenzen beruhenden Verbesserungen sind nicht dauerhaft (2003 erster Bt-resistenter Baumwollschädling).

Die homogene Anbausituation erleichtert eine Anpassung der Schaderreger im Vergleich zu vielfältigeren Landnutzungen und Anbaumethoden.

Effekte auf Nützlinge und Biologische Vielfalt (direkte und indirekte Effekte, Anbaustruktur)

Bt-Gifte wirken relativ spezifisch, sind aber hochdosiert. Exponiert sind nur Tiere, die an den Pflanzen fressen und deren Fressfeinde usw., aber dauerhaft über die volle Vegetationszeit.

Untersuchungen hierzu sind im Ansatz zum größten Teil extrem praxisfern, kaum übertragbar und methodisch lückenhaft.

Mais praxisnahe Ergebnisse (Bt-Mais gegen ECB)

Negative Effekte auf 11 von 14 Nützlichen Insektengruppen im Vergleich zu konventioneller Sorte (Ohio, Jasinski *et al*, 2004);

Effekte auf 2 Parasitoide des ECB in Bt-Sorte: Eine Art war so stark geschädigt, dass die Population gefährdet war; insgesamt Rückgang um das 6-fache bei beiden Arten (Frankreich, 4 Regionen, 1 Jahr, Bourget *et al*. 1992).

In Freilandversuchen sind aufgrund der Flächengröße solche Effekte nach gewisser Zeit nicht mehr messbar (Mobilität), was Romeis *et al*. (ein Review aus 1997) fälschlich zu dem Schluss verleitet, sie seien nur vorübergehend.

Auf Versuchsflächen in Deutschland finden Zugvögel nach der Ernte auf den Feldern keine Raupen mehr. Vögel tragen nicht unerheblich zur Regulation des ECB bei. Die verlorengegangene Futtermenge ist nicht unbedeutend (Hommel *pers. Mittl.*; Schaaafsma *et al*. 1996).

Baumwolle Ergebnisse

(Luttrell et al. 1995) nicht praxisnah, weil Bt-Baumwolle nicht mit Insektiziden behandelt wurde, normalerweise aber in dieser Region Bt-Sorten mit 3-maligen statt mit 5-maligen Behandlungen angebaut werden, aber Versuchsfläche (2ha) und –dauer (3 Jahre) akzeptabel;

- In Bt-Sorten fanden sich 13% weniger Insekten als in unbehandelter konventioneller Sorte
- In behandelter konventioneller Sorte war die Zahl um 31% reduziert

Aber, wenn sich bei jeder Behandlung die Anzahl und ca. 6% (s.o.) reduziert und die Bt-Sorte 3x behandelt worden wäre, wäre für beide Varianten das Ergebnis gleich. Nur die Zusammensetzung der Fauna (das Bt-Gift ist relativ Schmetterlings-spezifisch) wäre anders.

Baumwolle Ergebnisse

Australien **Sonderfall**: IPM incl. Nützlingsförderung in Bt-Baumwolle

- deutlich erhöhte Zahl an Nützlingen gegenüber konventioneller Baumwolle

Maßnahmen:

- Bt-Baumwolle
- Intensive Information und Beratung von Landwirten, Pflanzenschutzberatern..
In jungem Produktionszweig (keine lange Anbautradition, junge Generation)
- hoher Anteil selektiver Insektizide (und kein Endosulfan)
- Refugienflächen (Resistenzmanagement) mit anderen Wirtspflanzen des *Bollworm* als der Baumwolle (Diversifizierung d. Anbausystems)
- Nützlingsförderung durch Streifen mit offen blühenden Pflanzen, z.B. Luzerne (Nektar, alternative Wirte)
- Fangpflanzen für Schaderreger

(Schellhorn & Fitt 2011)

Generell verstärken sich die negativen Effekte in folgender Abstufung:

- 
- ohne Insektizide
 - Bt Baculoviren
 - konventionelle Sorte, wenig Befall, nicht-systemische Insektizide nach Schadschwelle
 - Bt-Sorte \pm konventionell bei geringen (!) Mengen nicht-systemischer Insektizide
 - Bt-Sorte + nicht-systemische Insektizide
 - Bt-Sorte + systemische Insektizide
 - Bt-Sorte + beide Gruppen von Insektiziden
 - konventionell + Phyrethroide und systemische Insektizide

(verändert nach Hoy et al. 1998 *foliar sprays* mit nicht-systemisch übersetzt)

Ohne Refugien (konventionelle Sorten als Resistenzmanagement-Flächen angebaut - 5-20% der Flächen) ist unsicher, ob Populationen natürlicher Feinde der Schädlinge überleben (Hoy et al. 1998).

Anbaustruktur (Fruchtfolgen..)

Bt-Mais ist in den ersten Jahren besonders von Farmern, die Dauermais anbauen, eingesetzt worden und von Betrieben mit besonders großen Flächen (Fernandez-Cornejo and McBride, 2002).

Die Bt-Sorte hat beide Entwicklungen bedient/erleichtert (Risikominimierung).

Bt-Baumwolle: in regenarmen Regionen aufgrund der fehlenden Flexibilität ökonomisch z.T. nachteilig, Anreiz zur Bewässerung steigt (Wasserverbrauch - Nachlieferung, Wasserrechte?)

Ertrag

Herbizidresistenz

Nordamerika/EU

insgesamt wenig Einfluss

Soja: leichte Verluste in HR-Sorten

Zuckerrüben: bei Mulchanbau-Versuchen und anderen eher leichte Vorteile

Raps (Kanada): zum Teil leicht verbesserte Erträge, die auf die (transformierte) bessere Ausgangssorte, frühe Saat und erhöhte Unkrautkontrolle zurückgeführt wurden.

Insektenresistenz (Bt)

USA u.a.

Mais: Dt. (ECB) nicht erwiesen, USA: (Datenmangel ?, neue Daten?), bei hohem Befallsdruck wahrscheinlich, Befallsdruck auch Fruchtfolge-bedingt

Baumwolle: in Regionen/Jahren mit hohem Befallsdruck Ertragsvorteile

(Veröffentlichungen + Befragungen in Schütte et al. 2004)

Indien, China und Südafrika

Bt-Baumwolle:

subtile Überzeichnung von Erfolgen und mangelnde Berücksichtigung von Misserfolgen in Studien;

Mittelwerte sind herangezogen worden, unabhängig von Farmtyp, Bewässerung Boden (Herausgreifen von besonderen Anbauregionen mit guten Böden und Bewässerungssystemen) etc..

Es gibt z.B. eine Überlappung zwischen bewässerten Feldern und dem Anbau von Bt-Baumwolle. Ertragsunterschiede, die durch Bewässerung entstehen wurden somit dem Bt-Anbau zugerechnet.

(Glover 2009)

Sicher ist: Jahre/Regionen mit hohem Schaderregerdruck - Ertragsvorteile

Bodenschutz

Trend zu bodenschonenden Verfahren

Die konservierende Bodenbearbeitung hat in den USA vor Einführung der HR stetig zugenommen, von 25% auf 48% der Flächen.

Danach hat sich der Anteil zwischen 50% und 60% eingependelt (Fernandez-Cornejo and McBride 2002).

Die positiven Effekte der reduzierten Bodenbearbeitung werden übertrieben bzw. aus dem Zusammenhang gerissen

Biodiversität

Vorteile für die Biodiversität bei reduzierter Bodenbearbeitung sind vorwiegend in Mulchsystemen erforscht worden. Die Bodenfauna ist in erster Linie abhängig vom Bewuchs (Zwischenfrüchte oder Beikräuter) – wenn der fehlt, kann die Bodenfauna nicht profitieren, auch bei geringeren Schäden durch den Pflug.

Vorteile für Wirbeltiere entstehen nur, wenn die Bearbeitungszeiten und Methoden so abgewandelt werden, dass Nester nicht zerstört werden.
(verschiedene Quellen aus Schütte et al. 2004)

Klimaschutz/CO₂

Wenn 1600 mio ha weltweit auf *no-till* umgestellt würden, könnten angeblich 5-15% des CO₂-Ausstoßes von etwa 2005 gespeichert werden, nach Lal (2008). Aber wie lange? Erwärmung, nach Jahren doch einmal pflügen...(Conant et al. 2007)

Und: Die Rechnung basiert auf Untersuchungen von Bodenproben bis max. 30cm. Nimmt man tiefere Proben finden sich keine konsistenten Verbesserungen der CO₂ Speicherfunktion gegenüber der Pflugbearbeitung (Baker et al. 2007).

Vereinfachungen:

Waren anfangs gegeben, und sind es mindestens teilweise nicht mehr

Wichtigste Gründe für den Anbau transgener Sorten (bis 2004)

Herbizidresistenz:

Ergebnis von 4 verschiedenen Befragungen mit jeweils über 1600 (bis 4000) Landwirten in Nordamerika (HR Baumwolle, Soja, Mais, Raps):

1. Einfachheit der Unkrautbekämpfung (Flexibilität, Befallskontrolle).
2. höhere Effektivität der Herbizide
3. geringere Herbizidkosten

(Quellen in Schütte et al. 2004)

Allgemein (Herbizid- und Insektenresistenz)

Senkung von Produktionsrisiken

(Kalaizandonakes & Surntornpithug 2001)

„*Convenience Crops*“

Konzentrationsprozesse Saatgutbranche

Risikoforschungs-Ergebnis

Unter Mitwirkung von Teilen der Saatgutbranche wurde die Befürchtung in einem Gutachten (WZB-Verfahren, 1994 veröffentlicht) entkräftet.

Realität

Ein Konzentrationsprozess in der Saatgut- und PSM-Branche in Europa und Weltweit in den 90er Jahren hat stattgefunden, ergänzt durch Kooperationen zwischen Konkurrenten (ETC 2005).

Alternativen zu Glyphosat wurden kaum entwickelt, auch in die Entwicklung konventioneller Sorten ist teilweise wenig Geld geflossen (keine wissenschaftliche Untersuchung).

Verwilderung transgener Pflanzen

Fazit bisheriger Forschung zum Verwilderungsrisiko

Eine Häufung mehrerer fitnessrelevanter Genen (z.B. Insektenresistenzen, Trockenresistenz..) in einer Sorte wird als kritisch betrachtet.

Das Verwilderungsrisiko ist auch vom Zustand der Ökosysteme und den Eigenschaften der transformierten Pflanzenart abhängig.

Pflanzen mit folgenden Eigenschaften sind prädestiniert:

- hohes Nährstoffaneignungsvermögen
- gutes Ausbreitungsvermögen
- großes Vermehrungspotenzial
- schnelles Wachstum der Keimlinge
- offene Befruchtung

Der **Forschungsbedarf** zu den befürchteten Auswirkungen insbesondere von Fitness-relevanten Eigenschaften (z.B. Ein- oder Mehrfachresistenzen gegen Schaderreger und abiotische Faktoren) wurde für verschiedene Pflanzengruppen in den USA auf einer Tagung festgehalten (Traynor & Westwood 1999).

z.B. für: Brassicaceen,
Getreide
Kürbisgewächse und
winterharte Gräser

In **Versuchen** mit verschiedenen Pflanzen stieg das Populationswachstum beim Ausfall von einer bis fünf Insektenarten auf eine Rate von über 1,3 (Marvier & Kareiva 1999).

Prävention: Bt-Baumwolle (Insektenresistenz) ist auf Hawaii - dort kann sie mit Wildarten hybridisieren - z.B. aus Vorsichtsgründen nicht freigesetzt worden;

Koexistenz und Verbraucherfreiheit

Grenzwert: 0,1% Vermischung

Ein Grenzwert von 0,1% ist weitgehend unrealistisch.

Für Anbauanteile von über 50% (GV Sorten) gibt es keine Abschätzungen.

Grenzwert 0,9% Vermischung

Wichtigste Empfehlungen aus der Wissenschaft für europäischen Anbau:

z.B. Mais: Dopplung aller Trocknungsvorrichtungen, bei Körnermais in Europa etwa 50m-Abstände zwischen Feldern (für Silage weniger);

z.B. Zuckerrüben: Sorgfältige Beseitigung von Schossern im Feld, Im Rheinland bzw. in Holland wurden durchschnittlich 9 bzw. 10 Schosser/ha gefunden (Van de Wiel & Lotz 2006), angepasste Erntegeschwindigkeit, Saatgutreinheit erhöhen (Saatgutproduktionsflächen);

Wer zahlt die entstehenden Kosten?

(verschiedene Quellen aus Mertens & Schütte 2011)

Ungenutzte Ansätze/Optionen *Grüne Gentechnik*

1. Einmaliger, früher ganzflächiger Glyphosateinsatz (Zeitpunkt : 200-250 Tagessummengrade) in **Zuckerrübe** und anschließend Reihenspritzung bei 10-20% Bodendeckung (May et al. 2005) bringt gleiche Erträge wie konventionelle Herbizide/Sorten und Vorteile für die biologische Vielfalt.
2. **Low dose**-Bt-Sorten mit Toxinmischungen und größere Refugien zur Erhaltung von natürlicher Regulation auch u. besonders durch spezialisierte natürliche Feinde (konservierende biologische Schädlingskontrolle) (Hoy 1998, Warren 1992)
3. **Bt-Baculoviren** (dosierbar nach Schadschwelle, hochspezifisch) (Jehle 2011)
4. Züchtung von Sorten mit **verstärkter Produktion von Pollen, Nektar** und ätherischen Ölen zur Förderung von Bestäubern/nützlichen Insekten (Bottrell et al, 1998)
5. Züchtung für **Kulturartenvielfalt**: Hafer, Roggen, Triticale - Futterleguminosen, Lupine, Esparsette - Brennessel, Hanf – Zichorie (Ordon und Friedt 1999)

Kriterien	Erhaltung natürlicher Feinde	Prophylaxe	Prognose	Einhaltung von Schadschwellen	Spezifität der Mittel breit - spezifisch
Skala	-  +	-  +	-  +	-  +	
Insektenbekämpfung					
Bt-Hochdosis	x..... x	x....		x	x
Bt- <i>low dose</i>	x	x....		x	x
Bt-Baculovirus	x		x	x	x
Unkrautbekämpfung					
HR in Raps und Rüben	x	x		x	x
Konv. Sorte	x	x		x	x
HR Rübe, früh Glyphosat + Bandspritzung	x		x	x	x
Konv. Sorte 2x selektive Herb. Bandspritzung u. Schlägeln	x		x	x	x

Ein Großteil der Risiko-, Begleit- oder *Sicherheitsforschung* (Euphemismen sind eigentlich nicht angebracht) kann nicht als ernsthaft bezeichnet werden.

Die **Rahmenbedingungen** unter denen eine Technik zur Anwendung kommt, bestimmen Ihre Wirkung.

Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutzmittel-Produktion finden weitgehend ohne Berücksichtigung oder Kooperation mit dem nachhaltig, ökologisch oder integriert ausgerichteten Landbau statt, auch weil die Politik keine Linie vorgibt.

Hierin sehe ich eine wichtige **Aufgabe**.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!