

## Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen (GvP) - Was gibt es Neues?

Gerhard Flachowsky<sup>1</sup>

### 1 Einleitung

Der Anbau der GvP, vor allem von Sojabohnen, Mais, Raps und Baumwolle ist von  $\approx 1,7$  Mio ha im Jahre 1996 über  $\approx 52,6$  (2001),  $\approx 58$  (2002),  $\approx 67$  (2003) auf  $\approx 81,6$  Mio ha im Jahre 2004 angestiegen und betrug im Jahre 2005 etwa 90 Mio ha (James, 2005). Bei diesen Pflanzen handelt es sich überwiegend um GvP der so genannten ersten Generation, d. h. um Pflanzen, bei denen keine wesentlichen Veränderungen von Inhaltsstoffen erfolgte (Pflanzen mit input traits). Bei diesen GvP wurde vor allem die Widerstandsfähigkeit gegen Pflanzenschutzmittel und/oder Insekten beeinflusst. Perspektivisch eröffnet die Gentechnik als biotechnologische Methode durchaus weitere Möglichkeiten. Dabei kann sowohl die gezielte Beeinflussung von Inhaltsstoffen – wie die Erhöhung des Gehaltes an wertbestimmenden Inhaltsstoffen (z. B. Protein oder Aminosäuren, Fettsäuren, Vitamine, Mineralstoffe) oder die Reduzierung des Gehaltes unerwünschter Stoffe (z. B. Glukosinolate, Alkaloide, allergene Substanzen) als auch eine effizientere Ressourcennutzung (z. B. Wasser, Nährstoffe) oder eine erhöhte Resistenz gegenüber Stressbedingungen (Trockenheit, Kälte, Hitze u. a.) erwähnt werden (Flachowsky, 2003). Pflanzen mit substantiellen Veränderungen von Inhaltsstoffen (mit output traits) werden aus ernährungsphysiologischer Sicht auch als GvP der 2. Generation bezeichnet. Die oben erwähnten Potenziale eröffnen hochinteressante und strategisch bedeutsam erscheinende Möglichkeiten für Beiträge der Gentechnik zur globalen Ernährungssicherung. Andererseits darf nicht übersehen werden, dass sich diese Technik am Anfang einer Entwicklung befindet – vielleicht vergleichbar mit dem Automobilbau vor etwa 100 Jahren – und dass eine begleitende agrarökologische und ernährungswissenschaftliche Sicherheitsforschung notwendig ist. Sowohl Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften als auch Beiträge in bunten Journalen und der Tagespresse trugen in den zurückliegenden Jahren wesentlich zur Verunsicherung bis zur absoluten Ablehnung der sog. „grünen Gentechnik“ in der Öffentlichkeit in Deutschland und Europa bei. Die einleitend erwähnte globale Entwicklung findet gegenwärtig überwiegend außerhalb von Europa statt. Dennoch kommen Futter- und Lebensmittel aus GvP in großen Mengen auf den europäischen Markt bzw. werden weltweit verteilt (z. B. Tony et al., 2003).

Daraus resultiert die Notwendigkeit, die Potenziale und Risiken der grünen Gentechnik für Mensch, Tier und Umwelt zu erkennen, wissenschaftlich umfassend zu bewerten und der Öffentlichkeit zu vermitteln. Im Beitrag wird in Ergänzung zu einer früheren Übersicht (Flachowsky et al., 2005a) versucht, eine ernährungsphysiologische Bewertung der aus GvP verfügbaren Futtermittel in der Milchkühhütterung vorzunehmen.

### 2 Ernährungsphysiologische und Sicherheitsbewertung von Futtermitteln aus GvP

Die Frage nach der Sicherheitsbewertung von Lebens- und Futtermitteln aus GvP ist eine der am häufigsten gestellten Fragen in diesem Zusammenhang. Dabei geht es sowohl um die Inhalte, die dabei zu beantworten sind und auch darum, wer derartige Untersuchungen durchzuführen hat bzw. durchführen sollte.

Aus der Sicht der Tierernährung sollten ernährungsphysiologische und Sicherheitsbewertung gemeinsam an den jeweiligen Zieltierarten erfolgen; als Modell könnte ein früher vorgeschlagener Entscheidungsbaum fungieren (Abb. 1). Die Frage nach dem „Wer führt diese Prüfungen durch?“ ist pragmatisch mit „dem auf dem Markt-Bringer“ zu beantworten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass in der Öffentlichkeit bzw. durch verschiedene Gruppierungen ein Misstrauen gegenüber den meisten auf den Markt-Bringern von GvP entwickelt wurde, so dass die Glaubhaftigkeit der erzielten Ergebnisse häufig hinterfragt wird. Demnach haben öffentliche Einrichtungen gegenwärtig die Aufgabe, verschiedene Befunde zu überprüfen bzw. eine entsprechende Begleitforschung mit GvP bzw. Lebens- und Futtermitteln aus GvP vorzunehmen. Bedeutend wichtiger erscheint allerdings die Erarbeitung von Richtlinien, nach denen mit allgemein anerkannten Prinzipien die Sicherheitsbewertung sowie die ernährungsphysiologische Bewertung von Lebens- und Futtermitteln aus GvP vorgenommen werden soll. In Europa wurde das GMO-Panel der EFSA mit dieser Aufgabe betraut. Durch das Panel wurden Guidance-Dokumente für Prüfungsabläufe erarbeitet (EFSA, 2004), ein Vorschlag für die Bewertung von Lebens- und Futtermitteln der 2. Generation ist in Vorbereitung (EFSA, 2006). Auch andere Gremien haben entsprechende Vorschläge erarbeitet (z. B. CAST, 2002; ILSI, 2003b, 2004; OECD 1993, 2002, 2003b).

---

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Tierernährung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, te@fal.de

Weitere Fragen

HAUPTFRAGEN

Weitere Fragen

- Was tun, wenn kein isogener Counterpart vorhanden ist?

Bestehen signifikante Unterschiede in relevanten Inhaltsstoffen zwischen Futtermitteln aus isogenen oder transgenen Pflanzen?

Nein Ja

- Sind dennoch Nebeneffekte zu erwarten?
- Können in vitro-Studien evtl. weitere Fragen beantworten?

Keine weiteren Studien bei Akzeptanz des Prinzips der substantiellen Äquivalenz	Weitere Studien bei Nichtakzeptanz des Prinzips der substantiellen Äquivalenz	Ermittlung der Verdaulichkeit, Bilanzstudien
Ende der Bewertung		Unterschiede zur isogenen Linie

- Welche Bestandteile sollen untersucht werden?
- Was wird als Vergleich herangezogen (isogene Linie oder natürliche Population)?

- Rationsgestaltung?
- Vergleich (isogene Linie oder natürliche Population)?
- Welcher Vergleich, wenn kein isogener Counterpart?

- Sind dennoch Nebeneffekte zu erwarten?

Keine weiteren Studien	Langzeitversuche mit Zieltierarten/-kategorien
Ende der Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiergesundheit</li> <li>• Leistung</li> <li>• Produktqualität</li> <li>• Kombination mit Sicherheitsstudien (unerwünschte/unerwartete Effekte)</li> </ul>
	Physiologisch nicht erklärable Unterschiede zur isogenen Linie

- Versuchsplan?
  - o Rationsgestaltung
  - o Tierart/-zahl
  - o Welcher Vergleich?
- Wege der DNA bzw. des transgenen Proteins?
- Bedeutung von in vitro-Studien bzw. anderer weniger aufwendiger Studien mit repräsentativen Aussagen?

- Sind dennoch Nebeneffekte zu erwarten?

Keine weiteren Studien	Weitere Studien mit gezielten Fragestellungen (Metabolismus u. a.)
Ende der Bewertung	Physiologisch nicht erklärable Unterschiede zur isogenen Linie

- Welche Art weiterer Studien?
- Betrachtung der F<sub>1</sub> + (F<sub>2</sub>)-Generation
- Veränderungen der Darmflora?

- Sind dennoch Nebeneffekte zu erwarten?

Keine weiteren Studien	Antrag auf Zulassung des GVP als Futtermittel sollte zurückgestellt werden
Ende der Bewertung	

- Studien fachübergreifend ausweiten?
  - o Histologie
  - o Pathologie
  - o Toxikologie u. a.

Abbildung 1: Vorschlag für eine sicherheits- und ernährungsphysiologische Bewertung von Futtermitteln aus GvP (Decision Tree, Flachowsky und Aulrich, 2001)

Durch diese Dokumente, die Richtliniencharakter haben und die ständig aktualisiert und weiterentwickelt werden, sind die Grundlagen für entsprechende Prüfungsabläufe vorhanden. Die Befunde werden in Dossiers zusammengestellt. Unabhängige Gremien entscheiden unter Berücksichtigung der vorgelegten Ergebnisse über die Sicherheit der Lebens- und Futtermittel aus GvP. Es kann eingeschätzt werden, dass die nach einem derartigen Prüfverfahren getesteten Pflanzen bzw. die daraus hergestellten Lebens- bzw. Futtermittel mit ihren isogenen Counterpart vergleichbar und demnach als sicher zu beurteilen sind.

Ernährungsphysiologische Vergleiche wurden durch umfangreiche OECD-Dokumente (OECD, 2001a,b; 2002a,b,d; 2003a,b) und eine ILSI-Übersicht (ILSI, 2003a) vorgenommen.

Obwohl diese Problematik nicht unmittelbar zum Thema gehört, erschien infolge öffentlicher Diskussion eine Kurzdarstellung des gegenwärtigen Bewertungsablaufes notwendig.

### 3 Studien zur ernährungsphysiologischen Bewertung von Futtermitteln aus GvP bei Milchkühen

#### Inhaltsstoffe und ernährungsphysiologische Bewertung

Mit Milchkühen wurden bisher mehr als 20 Fütterungsversuche durchgeführt, in denen Futtermittel aus transgenen Pflanzen der 1. Generation im Vergleich mit isogenen Pflanzen eingesetzt wurden. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse einiger dieser Versuche zusammengestellt.

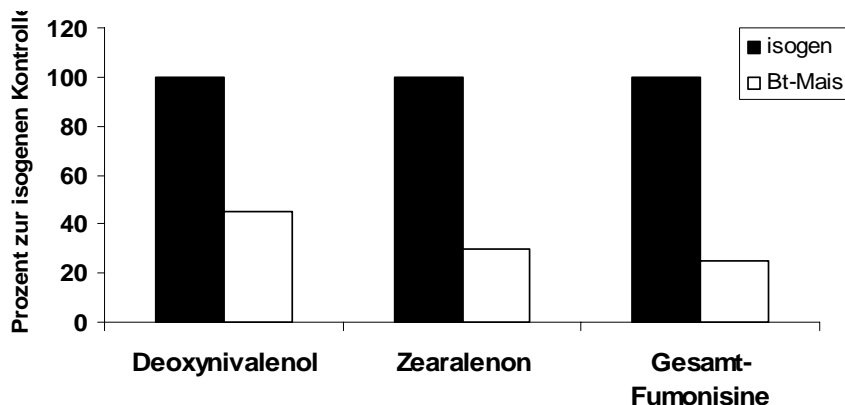
**Tabelle 1:** Zusammenfassende Darstellung von Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Bewertung von transgenen Futtermitteln der 1. Generation im Vergleich zu isogenen Ausgangslinien bei Milchkühen

Autoren	Futtermittel aus GvP	Inhaltsstoffe <sup>1)</sup>	% der T-Aufnahme aus GvP	Kühe je Gruppe	Versuchsdauer (Tage)	Untersuchte Kriterien	Ernährungsphysiologische Bewertung
Hammond et al. (1996)	a) Gt-Sojabohne	-	9,6	12	28	Leistung, Inhaltsstoffe, Verdaulichkeit	~ (†) <sup>2)</sup>
Faust und Miller (1997)	b) Bt- Grünmais	-	k. A.			Leistung, Inhaltsstoffe	-
Rutzmoser et al. (1999)	b) Bt-Mais, Silage	-	42	12	70	Leistung, Inhaltsstoffe	-
Faust (2000)	b) Bt-Mais, Silage	-	k. A.			Leistung	-
Folmer et al. (2000)	b) Bt-Mais, Silage	-	68	8	21	Leistung	-
Russel et al. (2000)	b) Bt-Mais, Feldrückstände	-	70	15	126	Mutterkühe	-
Barriere et al. (2001)	b) Bt-Mais, Silage	-	70	24	91	Leistung, Inhaltsstoffe	-
Castillo et al. (2001a,b)	b) Bt-Baumwollsam. a)Gt-Baumwollsam	-	9/10	12	28/28	Leistung	-
Weisbjerg et al. (2001)	a) Gt-Futtermühen	-	k. A.			Leistung, Inhaltsstoffe	-
Grant et al. (2003)	a) Gt-Mais, Silage und Körner, 2 Versuche	-	40/65	16/16	28/21	Leistung	-
Ipharraguerre et al. (2003)	a) Gt-Mais, Silage und Körner	-	57	16	28	Leistung	-
Donkin et al. (2003)	b) Gt-Mais, Silage und Körner	-	75/80	6/8	21/28	Leistung	-
Donkin et al. (2003)	a) Gt-Mais, Silage und Körner	-	80	8	28	Leistung	-
Phipps et al. (2005)	c) Pat-Mais, Silage	-	39	15	84	Leistung, Inhaltsstoffe	-

- a) Gt: Glyphosat-tolerant b) Bt: (*Bacillus thuringiensis*): widerstandsfähig gegen bestimmte Insekten  
c) Pat: Phosphinothricin N-Acetyl-Transferase

Mit Ausnahme einer Studie von Hammond et al. (1996) bestanden weder in der Zusammensetzung der Futtermittel noch in der Reaktion der Tiere signifikante Unterschiede zwischen den Futtermitteln aus transgenen und isogenen Pflanzen. Die Ursachen für die Befunde von Hammond et al. (1996) hatten wir bereits früher ausführlich analysiert (Flachowsky und Aulrich, 1999).

Zu erwähnen ist, dass der gegen den Maiszünsler weitgehend widerstandsfähige Bt-Mais im Mittel verschiedener Studien deutlich weniger Fusarientoxine im Vergleich zu den entsprechenden isogenen Counterparts enthält (Abb. 2).



**Abbildung 2:** Ausgewählte Mykotoxine in Maiskörnern nach verschiedenen Autoren in Prozent der isogenen Linien

Die für die Milchkühe gezeigten Befunde für Futtermittel aus GvP der 1. Generation stimmen im Wesentlichen mit den der anderen Tierarten/-kategorien ermittelten Ergebnisse überein (Flachowsky et al., 2005a, s. auch Tab. 2). Besonders erwähnenswert ist ein Versuch mit wachsenden und legenden Wachteln, in dem Bt-Mais (40 % bei wachsenden bzw. 50 % Mais bei legenden Wachteln) mit isogenem Mais verglichen wurde (Flachowsky et al., 2005b). Die Zwischenauswertung nach der 10. Generation ergab im Mittel über alle Generationen keine signifikanten Unterschiede in der Lebendmasse der Jungtiere, der Legeleistung der Wachtelhennen (81,3 bzw. 81,4 % für isogenen bzw. transgenen Mais) oder der Schlupfleistung der Küken (77,4 bzw. 76,7 % nach Fütterung von isogenem bzw. transgenem Mais).

**Tabelle 2:** Bisher publizierte Ergebnisse zum Einsatz von Futtermitteln aus gentechnisch veränderten Pflanzen der 1. Generation im Vergleich zu isogenen Ausgangslinien

Tiergruppe	Anzahl Versuche	Ernährungsphysiologische Bewertung
Wiederkäuer		Keine gerichteten (signifikanten) Unterschiede in den untersuchten Inhaltsstoffen (weniger Mykotoxine bei Bt-Pflanzen)
Milchkühe	23	
Mastrinder	14	
Sonstige	10	
Schweine	21	Keine signifikanten Unterschiede in der Verdaulichkeit, in der Tiergesundheit, der Leistung der Tiere sowie der Zusammensetzung der erzeugten Lebensmittel tierischer Herkunft
Geflügel		
Legehennen	3	
Masthühner	28	
Sonstige (Fische, Kaninchen u. a.)	5	

Futtermittel aus GvP der 2. Generation, bei denen eine wesentliche Beeinflussung des Gehaltes an erwünschten und /oder unerwünschten Inhaltsstoffen angestrebt wird, sind bisher nicht in ausreichenden Mengen vorhanden, so dass Fütterungsversuche mit Milchkühen durchgeführt werden können. Zur ernährungsphysiologischen Bewertung der aus solchen Pflanzen anfallenden Futtermittel sind andere Versuchsansätze erforderlich. Dazu haben wir kürzlich Vorschläge unterbreitet (Flachowsky und Böhme, 2005).

#### 4 Abbau der "Fremd"-DNA und der Novel-Proteine

Mensch und Tier werden auf vielfältige Weise seit Jahrmillionen mit "Fremd"-DNA konfrontiert. In verschiedenen Studien wurde der Weg der pflanzlichen Erbsubstanz im Organismus verfolgt. Bei gemischter Diät nehmen Menschen mit der Nahrung täglich 0,1-1 g, Schweine 0,5–4 g und Milchkühe 40–60 g DNA auf (Phipps and Beever, 2000).

Bei einem DNA-Verzehr von 50-60 g je Milchkuh und Tag entfallen etwa 50 µg auf transgene DNA (0,00009 % der gesamten DNA-Aufnahme), wenn 50 % des Trockenmasseverzehrs (~24 kg/Tier) aus Bt-Mais (Silage und Körner) stammen. Zu der über das Futter aufgenommenen DNA-Menge kommen nahezu analoge Mengen DNA, die aus der mikrobiellen Besiedlung des Verdauungstraktes resultieren. Mensch und Tier müssen sich demnach seit Jahrmillionen mit "Fremd"-DNA auseinandersetzen (Doerfler, 2000). Die durch Gentransfer in ein Futter- oder Lebensmittel neu eingeführten Gene verändern damit die Menge an zugeführter DNA in völlig unbedeutendem Maße.

Verschiedene Behandlungen, wie z. B. Silierung bzw. niedrige pH-Werte (3,5 – 5,0; Aulrich et al., 2004, Einspanier et al. 2004, Hupfer et al. 1999) führten zu einem wesentlichen DNA-Abbau. Aulrich et al. (2004) fanden beispielsweise bereits nach 5 Tagen in Silage aus Maiskörnern (CCM) keine DNA-Bruchstücke von 1016 bp, in Ganzpflanzensilage konnten derartige Fragmente noch bis zum 28. Siliertag festgestellt werden (Tab. 3). Auch in Untersuchungen von Einspanier et al. (2004) konnte ein nahezu vollständiger DNA-Abbau in herkömmlichen und Bt-Mais ermittelt werden. Vor der Verfütterung der Silage waren lediglich noch 1,3-3 % der DNA enthalten. Zwischen Abbauraten und Ausmaß des Abbaus traten keine wesentlichen Unterschiede zwischen isogenem und transgenem Mais auf. Die in den Silagen noch vorhandenen DNA-Fragmente waren beim weiteren Abbau im Pansen deutlich weniger stabil als die aus Körnern. Beispielsweise war ein 1914 bp großes DNA-Fragment aus Maiskörnern noch nach 5 Stunden im Pansensaft nachweisbar, während aus Silage stammende Bruchstücke nicht mehr gefunden wurden (Duggan et al. 2003).

**Tabelle 3:** DNA-Fragmente in CCM- bzw. Ganzpflanzensilage aus Pat1)-Mais in Abhängigkeit von der Silierdauer (Aulrich et al., 2004)

Silierdauer (Tage)	Fragment 1016 bp		Fragment 680 bp		Fragment 194 bp	
	CCM	Ganzpflanze	CCM	Ganzpflanze	CCM	Ganzpflanze
0	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+
7	-	+	+	+	+	+
14	-	+	+	+	+	+
21	-	+	+	+	+	+
28	-	+	-	+	+	+
35	-	-	-	+	+	+
70	-	-	-	-	+	+
100	-	-	-	-	+	+
200	-	-	-	-	+	+

1) Herbizid-Resistenz (Phosphinotricinacetyltransferase Gen)

Chemische oder physikalische Extraktion von Ölen, Zucker oder Stärke aus Pflanzen bzw. Pflanzenteilen, die Bierbrauerei oder andere Aufbereitungen führen zu einem teilweisen oder vollständigen DNA-Abbau (Alexander et al., 2002; Berger et al., 2003; Chiter et al., 2000; Gawienowski et al., 1999; Gryson et al. 2001; 2004). Einfache Behandlungen, wie Mahlen oder Abpressen haben keinen wesentlichen Einfluss auf den DNA-Abbau; in Verbindung mit Scherkräften und Erwärmung kann es jedoch zu einem DNA-Abbau kommen (Gryson et al., 2003).

Im Verdauungstrakt erfolgt durch Magensäure und mikrobielle Aktivitäten einschl. verschiedene Nukleasen eine rasche Degradation (Alexander et al. 2002; Duggan et al., 2003; Ruiz et al., 2000; Sharma et al., 2004; Zhu et al., 2004). Dabei ist nicht auszuschließen, dass Genfragmente in die Darmepithelien gelangen und vom Wirtsorganismus absorbiert werden. Bei Nichtwiederkäuern konnten verschiedene Pflanzen-DNA-Bruchstücke in Organen und Geweben gefunden werden (z. B. Einspanier et al., 2001, Aeschbacher et al., 2002, Reuter und Aulrich, 2003; Tony et al., 2003). Nur wenige Autoren führten Untersuchungen zum DNA-Abbau bei Wiederkäuern durch (Tab. 4). Mit Ausnahme der Ergebnisse von Phipps et al. (2003) konnte bei den bisher mit Milchkühen vorliegenden Studien weder Pflanzen- noch transgene DNA in der Milch nachgewiesen werden (Tab. 4). In einem Versuch von Phipps et al. (2003) wurden sehr kleine Pflanzen-Gen-Fragmente (Rubisco Gen, 189 bp) sowohl im Kot als auch in der Milch detektiert. Diese Befunde belegen, dass tDNA in der Milch nicht als Indikator für den Einsatz von Futtermitteln aus GvP genutzt werden kann (Poms et al., 2003). Eine Kontamination der Milch mit Futterpartikeln bzw. Stäuben über die Luft oder andere Wege kann nicht ausgeschlossen werden (Poms et al., 2003).

Der vorliegenden Literatur können keine Hinweise entnommen werden, dass sich transgene DNA bei der Futteraufbereitung und im Verdauungstrakt der Nutztiere anders verhält als "herkömmliche" DNA. Diese Feststellung haben kürzlich Studien von Mazza et al. (2005) bestätigt, denn sie fanden in verschiedenen Organen von Schweinen Spuren des transgenen Cry1A(b) - Bruchstückes (519 bp) nach Fütterung einer Mischung mit 50 % Bt-Mais (MON 810) über 35 Tage im Ferkel.

**Tabelle 4:** Untersuchungen zum Übergang von Fremd-DNA-Bruchstücken vom Futter in Organe und Gewebe bei Milchkühen

Autoren	DNA-Quelle	Ergebnisse
Klotz und Einspanier (1998)	Sojabohnen	Pflanzen-DNA-Bruchstücke in Leukozyten, kein Nachweis in der Milch
Einspanier et al. (2001)	Bt-Mais (Körner und Silage)	kein Nachweis von Pflanzen-DNA im Blut, Muskel, Leber, Milz und Niere von Mastbullen und in Exkrementen von Milchkühen, kein Nachweis transgener DNA-Bruchstücke
Phipps and Beever (2001)	Bt-Mais	kein Nachweis transgener DNA-Bruchstücke in Milch
Calsamiglia et al. (2003)	Gt-Mais, Bt-Mais, Silage	keine transgenen DNA-Fragmente in der Milch
Jennings et al. (2003)	Bt-Baumwoll-Saat	keine Pflanzen- und transgene DNA in Milch, Leber, Nieren und Milz
Phipps et al. (2003)	Gt-Sojabohnen, Bt-Mais	Pflanzen-DNA im Verdauungstrakt, im Kot und in der Milch, keine transgene DNA im Tierkörper
Poms et al. (2003)	Bt-Mais, Sojabohnen	keine spezifischen Sojabohnen (1186bp) und Mais- (226bp) DNA-Fragmente in der Milch
Castillo et al. (2004)	Bt- und Gt-Baumwoll-Saat	Keine Pflanzen- und transgene DNA-Bruchstücke in der Milch
Phipps et al. (2005)	Pat-Mais, Silage	Keine Pflanzen- und transgene DNA-Bruchstücke in der Milch

Zum Abbau der Novel-Proteine im Verdauungstrakt kann zusammenfassend eingeschätzt werden:

- Futterproteine werden beim Nichtwiederkäuer mit körpereigenen Enzymen abgebaut und als Aminosäuren oder Peptide absorbiert
- Beim Wiederkäuer erfolgt ein mikrobieller Ab- und Umbau im Pansen; es schließt sich der Abbau mit körpereigenen Enzymen und die Nutzung wie beim Nichtwiederkäuer an
- Die chemischen und biochemischen Eigenschaften (einschl. des Abbauverhaltens) der „Novel“-Proteine werden vor der Zulassung von GvP zum Anbau in umfangreichen Versuchsserien studiert
- Intakte transgene Proteine wurden nicht außerhalb des Verdauungskanals im Tierkörper nachgewiesen
- Es gibt in der Literatur keine Hinweise, dass sich „Novel“-Proteine im Tier anders verhalten als herkömmliche Futterproteine

Die in den zurückliegenden 10 Jahren in wissenschaftlichen Zeitschriften zum Einsatz von Futtermitteln aus GvP in der Milchkühernährung publizierten Befunde können wie folgt zusammengefasst werden:

## 5 Zusammenfassung – Was gibt es Neues?

- Die bisher untersuchten Futtermittel aus GvP der ersten Generation wiesen mit Ausnahme eines geringeren Fusarium-Toxingehaltes in Bt-Mais keine wesentlichen Unterschiede in den Inhaltsstoffen im Vergleich zu den isogenen Ausgangslinien auf.
- In mehr als 20 Versuchen mit Milchkühen konnten keine nicht erklärbaren Abweichungen (nicht vorhersehbare bzw. nicht erwartete Effekte) beim Einsatz von Futtermitteln aus GvP der 1. Generation beobachtet werden (s. Tab. 1 und 2).
- Es gibt keine Hinweise, dass sich die im Futter enthaltene transgene DNA bei der Futtermittelbehandlung und im Verdauungstrakt der Milchkuh anders verhält als pflanzliche DNA, wie in mehreren Versuchen demonstriert werden konnte (s. Tab. 4). Bisher wurden transgene DNA nicht in Milchproben gefunden.
- Außerdem gibt es keine Hinweise, dass sich die Novel-Proteine transgener Pflanzen anders verhalten als native Futterproteine. Wissenschaftliche Gremien haben umfangreiche Richtlinien zur ernährungsphysiologischen und Sicherheitsbewertung von Lebens- und Futtermitteln aus GvP erarbeitet, die ständig weiter entwickelt werden. Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben ist einzuschätzen, dass „herkömmliche“ Lebens- und Futtermittel nicht näherungsweise so intensiv untersucht wurden bzw. werden wie solche aus GvP.
- Für Lebens- und Futtermittel aus GvP der 2. Generation, die substantielle Änderungen im Gehalt an erwünschten bzw. unerwünschten Inhaltsstoffen aufweisen, sind umfangreichere Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen und Sicherheitsbewertung notwendig.

### Literatur

- Aeschbacher K., Meile L., Messikommer R., Wenk C. (2002): Influence of genetically modified maize on performance and product quality of chickens. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 11, 196 (Abstr.)
- Alexander T.-W., Sharma R., Okine E.-K., Dixon W.-T., Forster R.-J., Stanford K., McAllister T.-A. (2002): Impact of feed processing and mixed ruminal culture on the fate of recombinant EPSP synthase and endogenous canola plant DNA. *FEMS Microbiol. Lett.* 214, 263-269
- Ash J., Novak C., Scheideler S.-E. (2003): The fate of genetically modified protein from Roundup Ready Soybeans in laying hens. *J. Appl. Poultry Res.* 12, 242-245
- Aulrich K., Pahlow G., Flachowsky G. (2004): Influence of ensiling on the DNA-degradation in isogenic and transgenic corn. - *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 11, 90 (Abstr.)
- Barriere Y., Verite R, Brunschwig P., Surault F., Emile J.-C. (2001): Feeding value of corn silage estimated with sheep and dairy cows is not altered by genetic incorporation of Bt176 resistance to *Ostrinia nubilalis*. *J. Dairy Sci.* 84, 1863-1871
- Chowdhury E.-H., Kuribara H., Hino A., Sultana P., Mikami O., Shimada N., Guruge K.-S., Saito M., Nakajima Y. (2003a): Detection of corn intrinsic and recombinant DNA fragments and Cry 1Ab protein in the gastrointestinal contents of pigs fed genetically modified corn Bt11. *J. Anim. Sci.* 81, 2546-2551
- Chowdhury E.-H., Shimada N., Murata H., Mikami O., Sultana P., Yoshioka M., Yamanaki N., Hirai N., Nakajima Y. (2003b): Detection of Cry 1Ab protein in gastrointestinal contents but not visceral organs of genetically modified Bt11-fed calves. *Vet. and Human Toxicol.* 45, 72-75
- Doerfler W. (2000): Foreign DNA in mammalian systems, Wiley-VCH, Weinheim
- Donkin S.-S., Velez J.-L., Totten A.-K., Stanisiewski E.-P., Hartnell G.-F. (2003): Effects of feeding silage and grain from Glyphosate-tolerant or insect-protected corn hybrids on feed intake, ruminal digestion, and milk production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 1780-1788
- Duggan P.-S., Chambers P.-A., Heritage J., Forbes J.-M. (2003): Fate of genetically modified maize DNA in the oral cavity and rumen of sheep. *Br. J. Nutr.* 89, 159-166
- EFSA (2004): Guidance document of the scientific panel on genetically modified organisms for the risk assessment of genetically modified plants and derived food and feed. *The EFSA Journal* 99, 1-93
- EFSA (2006): Development of guidelines for nutritional and safety assessment of feed and food from genetically modified plants esp. of the 2nd generation, in preparation
- Einspanier R., Klotz A., Kraft J., Aulrich K., Poser R., Schwägele F., Jahreis G., Flachowsky G. (2001): The fate of forage plant DNA in farm animals: A collaborative case-study investigating cattle and chicken fed recombinant plant material. *Eur. Food Res. Technol.* 212, 129-134

- Einspanier R., Lutz B., Rief S., Berezina O., Zverlov V., Schwarz W., Meyer J. (2004): Tracing residual recombinant feed molecules during digestion and rumen bacterial diversity in cattle fed transgene maize. *Eur. Food Res. Technol.* 218, 269-273
- Faust M.-A. (2000): Livestock products – Composition and detection of transgenic DNA/proteins. *Proc. Symp. Agri. Biotech. Market. ADSA-ASAS ed Baltimore, Md. USA, Juli 2000*, 29 pp
- Faust M.-A., Miller L. (1997): Study finds no Bt in milk. *Integrated Coop Management. IC-478. Fall Special Livest. Ed.; IOWA State Univ. Extension, Ames*, pp. 6-7
- Fearing P.-L., Brown D., Vlachos D., Meghji M., Privalle L. (1997): Quantitative analysis of CryIA (b) expression in Bt maize plants, tissues, and silage and stability of expression over successive generations. *Mol. Breed.* 3, 169-176
- Flachowsky G. (2003): Zur Bewertung gentechnischer Veränderungen an Pflanzen aus der Sicht der globalen Ernährungssicherung. *Landbauforschung Völkenrode* 258, 79-80
- Flachowsky G. (2004): Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen in der Milchkuhfütterung. *Kieler Milchwirtschaft. Forsch.berichte* 56, 163-178
- Flachowsky G., Aulrich K. (1999): Tierernährung und gentechnisch veränderte Organismen. *Landbauforschung Völkenrode* 49, 13-20
- Flachowsky G., Aulrich K. (2001): Nutritional assessment of GMO in animal nutrition. *J. Anim. Feed Sci.* 10: Suppl. 1, 181-194
- Flachowsky G., Böhme H. (2005): Proposals for nutritional assessments of feeds from genetically modified plants. *J. Anim. Feed Sci.* 14, Suppl. 1, 49-70
- Flachowsky G., Chesson A., Aulrich K. (2005a): Animal nutrition with feeds from genetically modified plants. *Arch. Anim. Nutr.* 59, 1-40
- Flachowsky G., Halle I., Aulrich K. (2005b): Long term feeding of Bt-corn – a ten-generation study with quails. *Arch. Anim. Nutr.* 59, 449-451
- Folmer J.-D., Erickson G.-E., Milton C.-T., Klopfenstein J., Beck J.-F. (2000a): Utilisation of Bt corn residue and corn silage for growing beef steers. *J. Anim. Sci.* 78: Suppl. 2, 85 (Abstr. 271)
- Gawienowski M.-C., Eckhoff S.-R., Yang P., Raypati P.-J., Binder T., Briskin D.-P. (1999): Fate of maize DNA during steeping, wet milling, and processing. *Cereal Chem.* 76, 371-374
- Grant R.-J., Fanning K.-C., Kleinschmit D., Stanisiewski E.-P., Hartnell G.-F. (2003): Influence of glyphosate-tolerant (event nk603) and corn rootworm protected (event MON863) corn silage and grain on feed consumption and milk production in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 1707-1715
- Gryson N., Ronsse F., Messens K., De Loose M., Verleyen T., Dewettinck K. (2002): Detection of DNA during the refining of soybean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 79, 171-174
- Gryson N., Messens K., Dewettinck K. (2004): Influence of different oil-refining parameters and sampling size on the detection of genetically modified DNA in soybean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 81, 231-234
- Hammond B.-G., Vicini J.-L., Hartnell G.-F., Naylor M.-W., Knigh C.-D., Robinson E.-H., Fuchs R.-L., Padgett S.-R. (1996): The feeding value of soybeans fed to rats, chickens, catfish and dairy cattle is not altered by genetic incorporation of glyphosate tolerance. *J. Nutr.* 126, 717-727
- Harrison L.-A., Bailey M.-R., Naylor M.-W., Ream J.-E., Hammond B.-G., Nida D.-L., Burnette B.-L., Nickson T.-E., Mitsky T.-A., Taylor M.-L., Fuchs R.-L., Padgett S.-R. (1996): The expressed protein in glyphosate-tolerant soybean, 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase from *Agrobacterium* sp. Strain CP4, is rapidly digested in vitro and is not toxic to acutely gavaged mice. *J. Nutr.* 126, 728-740
- Hupfer C., Mayer J., Hotzel H., Sachse K., Engel K.-H. (1999): The effect of ensiling on PCR-based detection of GM Bt maize. *Eur. Food. Res. Technol.* 209, 301-304
- ILSI (2003a) : Crop Composition Database. <<http://www.cropcomposition.org>>. Accessed 2003 July 14
- ILSI (2003b): Best practices for the conduct of animal studies to evaluate crops genetically modified for input traits. International Life Sciences Institute, Washington, D.C. 62 p. <http://www.ilsilife.org/file/bestpracticescas.pdf>
- ILSI (2004) Nutritional and safety assessments of foods and feeds nutritionally improved through biotechnology. *Compr. Reviews Food Sci. Food Safety* 3, 36-104
- Ipharraguerre I.-R., Younker R.-S., Clark J.-H., Stanisiewski E.-P., Hartnell G.-F. (2003): Performance of lactating dairy cows fed corn as whole plant silage and grain produced from a glyphosate tolerant hybrid (event NK 603). *J. Dairy Sci.* 86, 1734-1741
- Jennings J.-C., Whetsell A.-J., Nicholas N.-R., Sweeney B.-M., Klafien M.-B., Kays S.-B., Hartnell G.-F., Lirette R.-P., Glenn K.-C. (2003c) Determining whether transgenic or endogenous plant DNA is detectable in dairy milk or beef organs. *Bull. Int. Dairy Fed.* 383, 41-46
- Klotz A., Einspanier R. (1998): Nachweis von „Novel-Feed“ im Tier? *Mais* 3, 109-111
- Mazza R., Soave M., Morlacchini M., Piva G., Marocco A. (2005) Assessing the transfer of genetically modified DNA from feed to animal tissues. *Transgenic Res.* 14, 775-784
- OECD (1993): Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology: concepts and principles. Paris, France



- OECD (2001a): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 1. Consensus document on key nutrients and key toxicants in low erucic acid rapeseed (canola). Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2001b): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 2: Consensus document on compositional considerations for new varieties of soybean: key food and feed nutrients and anti-nutrients. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2002a): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 3: Consensus document on compositional considerations for new varieties of sugar beet: key food and feed nutrients and anti-nutrients. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2002b): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 5: Consensus document on compositional for new varieties of maize (*Zea mays*): key food and feed nutrients and anti-nutrients and secondary metabolites. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2002c): Report of the OECD workshop on nutritional assessment of novel foods and feeds. 5-7 February 2001. Ottawa, Canada. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2002d): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 4: Consensus document on compositional considerations for new varieties of potatoes: key food and feed nutrients, anti-nutrients and toxicants. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2003a): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 7: Consensus document on compositional considerations for new varieties of bread wheat (*Triticum aestivum*): key food and feed nutrients, anti-nutrients and toxicants. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD(2003b): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 9: Considerations for the safety assessment of animal feedstuffs derived from genetically modified plants. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- Okunuki H., Teshima R., Shigeta T., Sakushima J., Akiyama H., Goda Y., Toyoda M., Sawada J. (2002) Increased digestibility of two products in genetically modified food (CP4-EPSPS and Cry1Ab) after preheating. *J. Food Hyg. Soc. Japan* 43, 68-73
- Phipps R.-H., Beever D.-E. (2000): New technology: Issues relating to the use of genetically modified crops. *J. Anim. Feed Sci.* 9, 543-561
- Phipps R.-H., Beever D.-E., Humphries D.-J. (2002): Detection of transgenic DNA in milk from cows receiving herbicide tolerant (CP4EPSPS) soyabean meal. *Livest. Prod. Sci.* 74, 69-273
- Phipps R.-H., Beever D.-E., Tingey A.-P. (2001): Detection of transgenic DNA in bovine milk: Results for cows receiving a TMR containing maize grain modified for insect protection (MON810). *J. Anim. Sci.* 79, Suppl. 1, 114 (Abstr.476)
- Phipps R.-H., Deaville E.-R., Maddison B.-C. (2003): Detection of transgenic and endogenous plant DNA in rumen fluid, duodenal digesta, milk, blood, and faeces of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 4070-4078
- Phipps R.-H., Jones A.-K., Tingey A.-P., Abeyasekera S. (2005): Effect of corn silage from an herbicide – tolerant genetically modified variety on milk production and absence of transgenic DNA in milk, *J. Dairy Sci.* 88, 2870-2878
- Poms R.-E., Hochsteiner W., Lucer K., Glössl J., Foissy H. (2003): Model studies on the detectability of genetically modified feeds in milk. *J. Food Prot.* 66, 304-310
- Reuter T., Aulrich K. (2003): Investigations on genetically modified maize (Bt-maize) in pig nutrition: fate of feed ingested foreign DNA in pig bodies. *Europ. Food. Res. Technol.* 216, 185-192
- Ruiz T.-R., Andrews S., Smith G.-B. (2000): Identification and characterization of nuclease activities in anaerobic environmental samples. *Can. J. Microbiol.* 46, 736-740
- Russell J.-R., Hersom M.-J., Pugh A., Barrett K., Farnham D. (2000): Effects of grazing crop residues from Bt-corn hybrids on the performance of gestating beef cows. *J. Anim. Sci.* 78, Suppl.2, 79 (Abstr. 244)
- Rutzmoser K., Mayer J., Obermaier A. (1999): Verfütterung von Silomais der Sorten Pactol und Pactol CB (gentechnisch veränderte Bt-Hybride) an Milchkühe. *Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau* 3, 25-34
- Sharma R., Alexander T.-W., John S.-J., Forster R.-J., McAllister T.-A. (2004): Relative stability of transgene DNA fragments from GM rapeseed in mixed ruminal cultures. *Br. J. Nutr.* 91, 673-681
- Tony M.-A., Butschke A., Broll H., Grohmann L., Zagon J., Halle I., Dänicke S., Schauzu M., Hafes H.-M., Flachowsky G. (2003a): Safety assessment of Bt 176 maize in broiler nutrition: degradation of maize-DNA and its metabolic fate. *Arch. Anim. Nutr.* 57, 235-252
- Tony M.-A., Butschke A., Zagon J., Broll H., Schauzu M., Awadalla S.-A., Hafez H.-M., Flachowsky G. (2003b) Incidence of genetically modified soyabean and maize as animal feed in Egypt. *J. Anim. Feed Sci.* 12, 329-339
- Weisbjerg M.-R., Purup S., Vestergaard M., Hvelplund T., Sejrsen K. (2001): Undersøgelse af genmodificerede foderroer til malkekøer. *DJF Rapport Husdyrbrug*, Nr. 25, Maj 2001, 39 p

- Yonemochi C., Ikeda T., Harada C., Kusama T., Hanazumi M. (2003): Influence of transgenic corn (CBH 351, named Starlink) on health condition of dairy cows and transfer of Cry9C protein and cry9C gene to milk, blood, liver and muscle. *Anim. Sci. J.* 74, 81-88
- Zhu Y., Li D., Wang F., Yin J., Jin H. (2004): Nutritional assessment and fate of DNA of soybean meal from roundup ready or conventional soybeans using rats. *Arch. Anim. Nutr.* 58, 295-310