

Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen in der Milchkuhfütterung

von G. Flachowsky

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Tierernährung, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

1. Einleitung

Der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen (GvP), vor allem von Sojabohnen, Mais, Raps und Baumwolle, ist in den zurückliegenden Jahren nahezu linear angestiegen und betrug 2001 52,6 Mio. ha, im Jahre 2002 etwa 58 Mio. ha, im Jahre 2003 67 Mio. ha und im Jahre 2004 ~ 75 Mio. ha (1). Demnach wurden bisher weltweit auf mehr als 300 Mio. ha GvP angebaut. Bei diesen Pflanzen handelt es sich nahezu ausschließlich um GvP der sogenannten „ersten“ Generation, bei denen die Widerstandsfähigkeit gegen Pflanzenschutzmittel und/oder Insekten verändert wurde und bei denen keine substantiellen Veränderungen des Gehaltes an wichtigen Inhaltsstoffen erfolgten.

Für die *Tierernährung* resultieren aus diesen gentechnischen Eingriffen, die auf dem Eintrag fremder Erbsubstanz (DNA) basieren, verschiedene Fragen, wie z.B.:

- ernährungsphysiologische Bewertung von Futtermitteln (Inhaltsstoffe, Verdaulichkeit, Futterwert; sog. „substanzielle Äquivalenz“) sowie entsprechende Sicherheitsbewertung der GvP
- Einfluss der GvP auf Tiergesundheit und Produktqualität, auch bei längerfristiger Verabreichung
- Untersuchungen zum Verbleib der „Fremd“-DNA, der „Fremd“- bzw. „Novel“-Proteine und Wirkungen eventuell veränderter Inhaltsstoffe im Verdauungstrakt.

Zur Beantwortung der Fragen, vor allem unter Berücksichtigung nicht vorhersehbarer bzw. nicht zu erwartender Effekte („unexpected“ oder „unintended“ effects), ist ein breites Untersuchungsspektrum erforderlich. Dazu gehören sowohl *in vitro*-Studien (Bestimmung erwünschter und unerwünschter Inhaltsstoffe, Abbau des „Novel“-Proteins und anderer Bestandteile), Laborversuche, Versuche mit entsprechenden Zieltierarten sowie Feldstudien (einschließlich Monitoring).

Hinweise zur Durchführung entsprechender Studien wurden sowohl von verschiedenen Gremien (z.B. 2, 3, 4) als auch in speziellen Publikationen (z.B. 5, 6) gegeben. Durch die EFSA (European Food Safety Authority; 7) wurde kürzlich eine Richtlinie unter besonderer Berücksichtigung dieser Dokumente erarbeitet.

In umfangreichen wissenschaftlichen Untersuchungen wurden bisher bereits Beiträge zur Beantwortung verschiedener Fragen geleistet. Gegenwärtig sind annähernd 100 Studien mit Lebensmittel erzeugenden Tieren bekannt, in denen Futtermittel aus GvP mit entsprechenden isogenen Ausgangslinien verglichen wurden. In verschiedenen Übersichtsarbeiten (z.B. 8, 6, 9, 10, 11, 12, 13) wurden die weltweit vorliegenden Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert.

Ziel des vorliegenden Beitrages ist die Zusammenstellung von Versuchen, in denen Milchkühe mit Futtermitteln aus GvP ernährt wurden. Neben der ernährungsphysiologischen Bewertung wird dem Verbleib bzw. Abbau der Erbsubstanz (DNA) sowie dem im Ergebnis der gentechnischen Veränderungen neu ausgeprägten Protein (Novel Protein) besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

2. Fütterungsversuche mit Futtermitteln aus GvP an Milchkühen

Sowohl in Deutschland als auch im Ausland wurden verschiedene vergleichende Versuche zum Einsatz von Futtermitteln aus GvP in der Milchkuhfütterung durchgeführt. Dabei handelt es sich um Futtermittel aus GvP der ersten Generation, bei denen das Prinzip der substanziellen Äquivalenz (14) gilt. Als substanziell äquivalent wird eine Pflanze bzw. ein Futtermittel betrachtet, wenn es sich in seinen Inhaltsstoffen und Eigenschaften nicht wesentlich von vergleichbaren, nicht mit Hilfe von Gentechnik veränderten (isogenen) Pflanzen unterscheidet (4).

Dem Schrifttum können gegenwärtig Berichte von über 20 Versuchen entnommen werden, in denen Futtermittel aus GvP an Milchkühe verabreicht wurden. Dabei handelt es sich vor allem um gentechnisch veränderten Mais, aber auch um Sojabohnen, Baumwollsaamen, Raps und Futterrüben.

Von der Arbeitsgruppe um Hammond et al. (15) stammt die erste Publikation, in der Futtermittel aus GvP an Milchkühe gefüttert wurden. Dabei wurden zwei Varianten von Glyphosat-toleranten (Gt, Round up Ready) Sojabohnen mit denen einer isogenen Ausgangslinie verglichen (Tab. 1). Die gentechnisch veränderten Sojabohnen unterscheiden sich in den untersuchten Inhaltsstoffen (Rohnährstoffe, Aminosäuren, Fettsäuren u.a.) nicht signifikant von der Ausgangslinie (16). Lediglich 0,03% der Sojabohnen sind durch das Protein verändert, das für die Glyphosat-Toleranz verantwortlich ist. Überraschenderweise wiesen die mit gentechnisch veränderten Sojabohnen gefütterten Kühe eine signifikant höhere FCM-Leistung auf (Tab. 1). Dieser Befund war weder auf Grund von Unterschieden in den Inhaltsstoffen noch aus ernährungsphysiologischen Daten (z.B. Kennzahlen der Pansenfermentation, Verdaulichkeit) zu erwarten, sondern ist ausschließlich auf versuchsmethodische Schwächen zurückzuführen, die wir bereits früher analysiert haben (17). Diese Ergebnisse führten vor allem in Europa zu Verunsicherungen und waren Anlass für weitere vergleichende Untersuchungen.

In Deutschland verabreichten Rutzmoser et al. (18) etwa 40% der T-Aufnahme der Milchkühe als Silage aus isogenem oder transgenem Mais (Bt-Mais; *Bacillus thuringiensis*; widerstandsfähig gegen bestimmte Insekten) und fanden keinen Einfluss auf Leistung (Tab. 2), Milchinhaltstoffe bzw. -qualität und Tiergesundheit. Beide Maissilagen wiesen keine signifikanten Unterschiede in den untersuchten Inhaltsstoffen auf.

Weitere Versuche wurden vor allem in den USA durchgeführt. Tabelle 3 zeigt den Einfluss hoher Anteile von Maissilage und Körnermais auf Futteraufnahme und Leistungshöhe in zwei Versuchen mit Milchkühen. In Tabelle 4 sind die wesentlichen Aussagen der zugänglichen Versuchsergebnisse in Kurzform zusammengestellt. In nahezu allen Versuchen konnten weder in den Inhaltsstoffen, in der Verdaulichkeit noch in den Leistungskriterien oder in weiteren Parametern (z.B. Milchzusammensetzung, Qualitätskriterien u.a.) signifikante Unterschiede zwischen den Tieren gefunden werden, die mit Futtermitteln aus isogenen oder transgenen Pflanzen gefüttert wurden.

Tab. 1: Einfluss von gentechnisch veränderten Sojabohnen (2,4 kg je Kuh und Tag; Glyphosat Toleranz, Versuchsdauer: 28 Tage) auf ausgewählte Daten bei Milchkühen (15)

Parameter	Kontrolle	GTS 61-67-1 ¹⁾	GTS 40-3-2 ¹⁾
Tierzahl	11	12	12
Futtermittelaufnahme (kg T/Tag)	24,4	25,4	24,7
Energieaufnahme (MJ NEL/kg/d)	167,8 ± 4,6	180,4 ± 4,2	179,6 ± 4,2
Milchleistung (kg/Tag)	34,9 ± 0,5	36,2 ± 0,5	36,2 ± 0,5
Milchinhaltsstoffe (%)			
Protein	3,28 ± 0,03	3,29 ± 0,03	3,23 ± 0,03
Fett	3,37 ± 0,09	3,62 ± 0,08	3,59 ± 0,09
Fett-korrigierte Milchmenge (FCM; 3,5% Fett, kg/Tag)	34,1a ± 0,8	36,6b ± 0,7	36,8b ± 0,7
Verdaulichkeit der Trockensubstanz der Ration (%)	69,0 ± 0,7	69,4 ± 0,6	68,6 ± 0,7
Absorbierter Stickstoff (g/Tag)	597 ± 22	641 ± 19	601 ± 20
Kennzahlen im Pansensaft			
Essigsäure (Mol/100 Mol)	70,8 ± 1,1	70,0 ± 1,0	70,9 ± 1,0
Propionsäure (Mol/100 Mol)	20,7 ± 1,0	21,7 ± 1,0	20,6 ± 1,0
Buttersäure (Mol/100 Mol)	7,9 ± 0,2	7,7 ± 0,2	±7,6 ± 0,2
a<b; p<0,05			

¹⁾Glyphosat tolerante Sojabohnen

Tab. 2: Einfluss von Silage aus isogenem (Pactol) und transgenem (Bt-)Mais auf Leistungsdaten von Kühen und Zusammensetzung von Kuhmilch (n=12; Versuchsdauer: 70 Tage) (18)

Parameter	Kontrolle	Bt-Maissilage
<u>Trockensubstanzaufnahme</u>		
kg/Tier und Tag	18,4	18,1
kg T aus Maissilage/Tag	7,24	7,52
<u>Milch (kg/Tier und Tag)</u>	20,9	21,0
Fett (%)	4,00	3,94
Protein (%)	3,56	3,54
Kasein (%)	2,74	2,72
Lactose (%)	4,88	4,87
<u>Som. Zellzahl (lg-3)</u>	1,86	1,93
Gefrierpunkt (°C)	-0,528	-0,52
Harnstoff (mg/kg)	19,2	18,0
Vitamin A (mg/kg)	0,29	0,28
β-Carotin (mg/kg)	0,17	0,17
Vitamin E (mg/kg)	0,53	0,54
Vitamin B ₂ (mg/kg)	1,76	1,75
Chlor (g/kg)	0,85	0,85
Jod (µg/kg)	93	99
p > 0,05		

Tab. 3: Einfluss von Bt-Mais (Silage und Körner) auf Leistungsparameter bei Milchkühen (19)

Versuch Nr. Gruppe	1		2	
	Kontrolle	Bt-Mais	Kontrolle	Bt-Mais
Maisanteil in der Ration (% der T)				
Maissilage	41,8	41,8	59,6	59,6
Körnermais	34,1	34,1	19,9	19,9
T-Aufnahme (kg/Tier und Tag)	25,4	23,9	23,2	24,1
Milchmenge (kg/Tier und Tag)	39,5	38,3	32,2	32,2
Milchfett (%)	3,42	3,46	3,66	3,75
Milchprotein (%)	2,97	3,00	3,19	3,24
Laktose (%)	4,70	4,66	4,56	4,59
Som. Zellzahl (x 10 ³ Zellen/ml)	163	287	198	241

Tierzahl je Gruppe: Versuch 1: 6; Versuch 2: 8;

Versuchsdauer: Versuch 1: 21; Versuch 2: 28 Tage

p > 0,05

Tab. 4: 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 ¹⁾	% der T-Aufnahme aus GVP	Kühe je Gruppe	Versuchsdauer (Tage)	untersuchte Kriterien	ernährungs-physiologische Bewertung ¹⁾
Hammond et al., 1996 (15)	Gt-Sojabohne	≈	9,6	12	28	Leistung, Inhaltsstoffe Verdaulichkeit	≈ (↑) ²
Faust und Miller, 1997 (20)	Bt-Grünmais	≈	k.A.	k.A.	k.A.	Leistung, Inhaltsstoffe	≈
Rutzmoser et al., 1999 (18)	Bt-Mais, Silage	≈	42	12	70	Leistung, Inhaltsstoffe	≈
Donkin et al., 2000 (21)	Gt-Mais, Silage/Körner	≈	60/20	8	28	Leistung, Inhaltsstoffe	≈
Faust, 2000 (22)	Bt-Mais, Silage	≈	k.A.	k.A.	k.A.	Leistung	≈
Hendrix et al., 2000 (23)	Bt-Mais 1. Jahr 2. Jahr	k.A.	100 Grasen auf Feldrückstände	20	34	Mutterkühe Gewichtsentwicklung	≈
Russell et al., 2000 (24)	Bt-Mais, Feldrückstände	≈	70	15	126	Mutterkühe	≈
Barriere et al., 2001 (25)	Bt-Mais, Silage	≈	70	24	91	Leistung, Inhaltsstoffe	≈
Castillo et al., 2001 a, b, 2004 (26, 27, 28)	Bt-Baumwollsam, Gt-Baumwollsam	≈	9/10	12	28/28	Leistung, Inhaltsstoffe	≈
Weisbjerg et al., 2001 (29)	Gt-Futterrüben	≈				Leistung, Inhaltsstoffe	≈
Folmer et al., 2000, 2002 (30, 31)	Bt-Mais, Silage	≈	68	8	21	Leistung	≈
Calsamiglia et al., 2003 (32)	Bt-Mais, Silage	≈	45	4	28	Leistung, Inhaltsstoffe	≈
Donkin et al., 2003 (19)	Bt-Mais, Silage / Körner (Exper. 1)	≈	42/34	6	21	Leistung, Inhaltsstoffe	≈
	Bt-Mais, Silage / Körner (Exper. 2)	≈	60/20	8	28	Leistung, Inhaltsstoffe	≈
Faust et al., 2003 (33)	Bt-Mais, Silage/Körner	≈	k.A.	10	28	Leistung, Inhaltsstoffe	≈
Grant et al., 2003 (34)	Gt-Mais, Silage und Körner. (Exp.1) (Exp.2)	≈	40 65	16 16	28 21	Leistung Inhaltsstoffe	≈ (↓) ³
Ipharraquerre et al., 2003 (35)	Gt-Mais, Silage und Körner	≈	57	8	28	Leistung	≈

¹⁾ Wertung der Markierung: ≈ keine signifikante Veränderung (p>0,05); ↑ signifikante Erhöhung, Verbesserung (p<0,05); ↓ signifikante Senkung, Verringerung (p<0,05)

²⁾ Höhere FCM-Leistung infolge Fehler im Versuchsansatz (s. Flachowsky und Aurich 1999, für kritische Bewertung dieser Ergebnisse)

³⁾ Geringere Milchproduktion infolge geringerer Futtermittelaufnahme bei Gt-Ration

3. Verbleib der „Fremd-DNA“

Mensch und Tier werden auf vielfältige Weise seit Jahrtausenden 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 (36). Bei einem DNA-Verzehr von 50-60 g je Milchkuh und Tag entfallen etwa 50 mg 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 Jahrtausenden mit „Fremd“-DNA auseinandersetzen (37). 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; 38, 39, 40) führten zu einem wesentlichen DNA-Abbau. Aulrich et al. (38) fanden beispielsweise bereits nach 5 Tagen in Silage aus Maiskörnern (CCM) keine DNA-Bruchstücke von 1016 bp, in Ganzpflanzsilage konnten derartige Fragmente noch bis zum 28. Siliertag festgestellt werden (Tab. 5). Auch in Untersuchungen von Einspanier et al. (39) 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 Abbaurate 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 (41).

Tab. 5: DNA-Fragmente in CCM- bzw. Ganzpflanzsilage aus Pat¹⁾-Mais in Abhängigkeit von der Silierdauer (38)

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 (42, 43, 44, 45, 46, 47). 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 (46).

Im *Verdauungstrakt* erfolgt durch Magensäure und mikrobielle Aktivitäten einschl. verschiedene Nukleasen eine rasche Degradation (41, 42, 48, 49, 50). 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. 51, 52, 53, 54). Bisher erfolgte aber kein Nachweis von Bruchstücken der transgenen DNA in Organen und Geweben von Lebensmitteln erzeugenden Tiere.

Tab. 6: Untersuchungen zum Übergang von „Fremd“-DNA-Bruchstücken ein-schliesslich transgener DNA (tDNA) vom Futter in Organe und Gewebe bei Milchkühen

Autoren	DNA-Quelle	Ergebnisse
Klotz und Einspanier 1998 (55)	Sojabohnen	Pflanzen-DNA-Bruchstücke in Leukozyten, kein Nachweis in der Milch, keine tDNA-Bruchstücke im Blut und Milch
Einspanier et al. 2000 (51)	Bt-Mais (Körner und Silage)	kein Nachweis von Pflanzen-DNA-Bruchstücke im Blut, Muskel, Leber, Milz und Niere von Mastbullen und in Exkrementen von Milchkühen, kein Nachweis von tDNA-Bruchstücken
Phipps et al. 2001 (56)	Bt-Mais, Körner	kein Nachweis von tDNA-Bruchstücke in Milch
Phipps et al. 2002 (57)	Gt-Soyabohnenextraktionsschrot	keine tDNA in Milch
Calsamiglia et al. 2003 (32)	Gt-Mais, Bt-Mais, Silage	keine tDNA-Bruchstücke in der Milch
Jennings et al. 2003 (58)	Bt-Baumwoll-Saat	keine Pflanzen- und tDNA in Bruchstücke, Milch, Leber, Nieren und Milz
Phipps et al. 2003 (59)	Gt-Sojabohnen Bt-Mais, Körner	Pflanzen(Rubisco)-DNA im Verdauungstrakt, im Kot und in der Milch (189 bp), keine tDNA-Bruchstücke im Tierkörper
Poms et al. 2003 (60)	Bt-Mais, Sojabohnen	keine spezifischen Sojabohnen- (1186bp) und Mais- (226bp) DNA-Bruchstücke in der Milch
Yonemochi et al. 2003 (61)	Bt-Mais, Körner	keine tDNA-Bruchstücke in Milch, Blut, Leber und Muskel
Castillo et al. 2004 (28)	Bt- und Gt-Baumwoll-Saat	keine Pflanzen- und tDNA-Bruchstücke in der Milch

Nur wenige Autoren führten Untersuchungen zum DNA-Abbau bei Wiederkäuern durch (Tab. 6). Mit Ausnahme der Ergebnisse von Phipps et al. (59) konnte bei den bisher mit Milchkühen vorliegenden Studien weder Pflanzen- noch transgene DNA in der Milch nachgewiesen werden (Tab. 6). In einem Versuch von Phipps et al. (59) 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 (60). Eine Kontamination der Milch mit Futterpartikeln bzw. Stäuben über die Luft oder andere Wege kann nicht ausgeschlossen werden (60). Der vorliegenden Literatur können keine Hinweise entnommen werden, das sich transgene DNA bei der Futteraufbereitung und im Verdauungstrakt der Nutztiere anders verhält als „herkömmliche“ DNA.

4. Abbau des „Novel“-Proteins

Als „Novel“-Proteine werden Proteine bezeichnet, die im Ergebnis der gentechnischen Veränderungen in den Pflanzen gebildet werden. Futterproteine werden im Pansen der Wiederkäuer weitgehend mikrobiell abgebaut. Verbleibende Proteine werden, wie bei Nichtwiederkäuern enzymatisch im Darm verdaut. Diese Feststellung trifft auch auf das durch die „Fremd-DNA“ ausgeprägte „Novel“-Protein, im Falle des Bt-Konstruktes auch als „Bt-Toxin“ bezeichnet, zu.

Die „Novel“-Proteine sind in ihren chemischen und biochemischen Eigenschaften bekannt. Vor der Zulassung von GvP zum Anbau werden in vitro und in vivo Studien zum Abbau der „Novel“-Proteine durchgeführt. In entsprechenden Fütterungsversuchen konnte sowohl beim Wiederkäuer als auch bei Nichtwiederkäuern (z.B. 62, 63, 64, 65, 66) der Abbau der „Novel“-Proteine demonstriert werden. Teilweise wird bereits vom Abbau dieses Proteins in der Maissilage berichtet (67). Einspanier et al. (39) fanden bei Milchkühen Spuren des „Novel“-Proteins von Bt-Mais im Kot. Folgestudien ergaben allerdings, dass es sich bei den positiven Signalen, die im ELISA gewonnen wurden, um Abbauprodukte des aktiven Bt-Proteins handelte.

Der verfügbaren Literatur sind keine Hinweise zu entnehmen, dass die neu ausgeprägten (transgenen) Proteine sich im Verdauungstrakt der Milchkühe anders verhalten als herkömmliche Proteine (32, 61). Sie werden im Pansen weitgehend mikrobiell abgebaut bzw. unterliegen im Dünndarm der enzymatischen Verdauung, deren Endprodukte Aminosäuren und auch Peptide sind.

5. Perspektiven und Grenzen

Die Erwartungshaltung an die grüne Gentechnik ist hoch. Das betrifft sowohl die Verminderung des Gehaltes an unerwünschten Inhaltsstoffen, die Erhöhung des Gehaltes an wertbestimmenden Substanzen (68) als auch die gesteigerte Ressourceneffizienz.

Hinweise auf verbesserte Futterqualität gibt es bereits bei GvP der 1. Generation. Es hat sich gezeigt, dass vor allem in Maiszünsler-gefährdeten Gebieten Bt-Mais eine geringere Belastung mit gesundheitsschädlichen Mykotoxinen aufweist als isogene Vergleichslinien (z.B. 69, 70, 71). In Untersuchungen von Valenta et al. (72) enthielt Bt-Mais nur 18% bzw. 13% der Mykotoxine Deoxynivalenol bzw. Zearalenon im Vergleich zur isogenen Ausgangslinie. Als Ursache für den niedrigeren Mykotoxingehalt im gentechnisch veränderten Bt-Mais ist der geringere Maiszünslerbefall anzusehen. Da die Fraßlöcher der Maiszünslerraupen Einfallspforten für Pilzbefall sind, ist der Bt-Mais

widerstandsfähiger gegenüber Schadpilzen, die solche Mykotoxine bilden. Der geringere Mykotoxingehalt von Bt-Mais führte bei Fütterungsversuchen teilweise zu einer deutlich schnelleren Gewichtszunahme der Tiere. Die Lebendmassezunahme pro Tag lag bei Bt-Mais gefütterten Ferkeln um ca. 5,6% und bei Broilern um 2,5 % höher als bei der Fütterung mit konventionellem Mais (Piva et al., 73, 74).

Verminderter Einsatz von Pflanzenschutzmittel führt auch zu einer geringeren Umweltbelastung und kann die Ökobilanz verbessern, wie Phipps und Park (75) sowie Bennet et al. (76) zeigen konnten.

Bei gentechnisch veränderten Pflanzen der 2. Generation, bei denen gezielt der Gehalt an bestimmten Inhaltsstoffen beeinflusst werden soll, ist das Konzept der substanzialen Äquivalenz nicht anwendbar. Versuche mit gentechnisch reduziertem Phytat-Gehalt im Körnermais (77, 78, 79, 80) bestätigen diese Feststellung. In Versuchen mit Mastschweinen wurde der Phosphor aus dem "low-phytae"-Mais deutlich besser verwertet, so dass keine Ergänzung mit mineralischem Phosphor erforderlich war (79, 80).

Untersuchungen mit GvP der 2. Generation, die höhere Gehalte an essentiellen Aminosäuren, erwünschten Fettsäuren, verschiedenen Vitaminen, Enzymen oder Prebiotika aufwiesen, werden an Sojabohnen, Lupinen, Raps, Reis, Kartoffeln und anderen Pflanzen durchgeführt (z.B. 3, 81, 82, 83, 84).

In Zukunft werden GVO der 2. Generation in größerem Umfang zur Verfügung stehen. Dabei sind sowohl die Erhöhung erwünschter als auch die Verminderung unerwünschter bzw. antinutritiver Inhaltsstoffe Ziele der gentechnischen Veränderungen.

Als erwünschte Veränderungen sind anzusehen bzw. werden gegenwärtig u.a. mit gentechnischen Möglichkeiten angestrebt (s. auch 85):

- Gehalt an Protein bzw. Aminosäuren (z.B. Lysin, Methionin)
- Gehalt an bestimmten Fettsäuren
- Stärkenmenge und Stärkeformen (z.B. unterschiedlicher ruminaler Abbau)
- Erhöhter Gehalt bzw. bessere Verfügbarkeit bestimmter Mengen- und Spurenelemente sowie Vitamine
- Gehalt an bestimmten Substanzen, die zum Wohlbefinden der Tiere beitragen (z.B. ätherische Öle) oder die Verdauungsprozesse unterstützen können (z.B. Enzyme)
- Bessere Verdaulichkeit/Verfügbarkeit bestimmter Inhaltsstoffe bzw. der Energie

Durch Verminderung des Gehaltes an unerwünschten Inhaltsstoffen ist auch eine bessere Nutzung wertbestimmender Inhaltsstoffe möglich. Ein geringerer Ligningehalt kann zu einer höheren Verdaulichkeit von Zellwandfraktionen beitragen, aber auch die Standfestigkeit der Pflanzen nachhaltig beeinträchtigen (z.B. bm_3 -Hybriden des Maises).

Als weitere unerwünschte sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe können aus der Sicht der Tierernährung beispielsweise Alkaloide, Glucoside, Glucosinolate, Lectine und Phenol-derivate, wie Tannine und Gossypol sowie Protease-Inhibitoren erwähnt werden. Zur ernährungsphysiologischen Bewertung derartiger Veränderungen reichen einfache Inhaltsbestimmungen nicht aus. Dazu sind Tierexperimente erforderlich, um die Verdaulichkeit des veränderten Nährstoffes bzw. dessen Einfluss auf andere Inhaltsstoffe und physiologische Abläufe im Tier einschätzen zu können.

Vom USDA (86) erfolgte eine Zusammenstellung der im Jahre 2001 durchgeführten Freisetzungsversuche, nach der bei 26 Kulturpflanzen über 100 Veränderungen bezüglich Inhaltsstoffe vorgenommen wurden. In Tabelle 7 werden auszugsweise für verschiedene Futterpflanzen die in Freisetzungen vorgenommenen Veränderungen aufgelistet.

Tab. 7: Beispiele für Veränderungen in GvP der 2. Generation, die in den USA im Jahre 2001 in Freisetzungsversuchen getestet wurden (86)

Pflanze	Vorgenommene Veränderungen
Luzerne	Verminderter Ligningehalt, verzögerte Verholzung (Reife)
Gerste	Erhöhter Proteingehalt, veränderte Proteine, hitzestabile Enzyme, verbesserte Verdaulichkeit
Raps	Verändertes Fettsäurenmuster, erhöhter Ligningehalt, verändertes Aminosäurenmuster, erhöhter Vitamin E-Gehalt
Mais	Erhöhter Aminosäuregehalt, verändertes Aminosäurenmuster, verändertes Fettsäurenmuster, verminderter Phytat- und Ligningehalt, erhöhter Phosphorgehalt, Hemmung der Mykotoxinproduktion
Kartoffel	Erhöhter Kohlenhydratgehalt, verändertes Aminosäurenmuster, Krankheitsresistenz, verminderter Glycoalkaloidgehalt
Reis	Erhöhter Aminosäuregehalt, verändertes Fettsäurenmuster, Novel Protein, erhöhter Gehalt an Phytosterolen, Abbau von Fumonisin
Sonnenblume	Veränderte Proteinablagerung, erhöhter Futterwert
Süßkartoffel	Verändertes Aminosäurenmuster, erhöhte Proteinqualität
Weizen	Erhöhte Verdaulichkeit, mehr Protein

Neben diesbezüglichen Entwicklungen sind durch die Biotechnologie auch wesentliche Beiträge zur effizienten Ressourcennutzung zu erwarten (87). Unter dem Blickwinkel der Ressourcenschonung und von Beiträgen zur globalen Ernährungssicherung sind für die Pflanzenzüchtung mit dem Instrument Gentechnik als Startpunkt der Nahrungskette vor allem folgende Zielstellungen wünschenswert:

- Effiziente Nutzung begrenzt verfügbarer Ressourcen:
 - Wasser
 - Mineralstoffe (z.B. Phosphor)
 - Fossile Energie (u.a. auch geringer Einsatz von Produktionshilfsmitteln)
- Resistenz gegenüber tierischen und pflanzlichen Schädlingen
- Erhöhte Dürre-resistenz, Nutzung von Salzwasser
- Geringerer Flächenbedarf

Gegenwärtig existiert ein umfangreiches Prüfprogramm, denen gentechnisch veränderte Pflanzen unterzogen werden, bevor sie eine Marktzulassung erfahren. Die aus der Sicht der ernährungsphysiologischen und Sicherheitsbewertung von Futtermittel aus GvP erforderlichen Studien werden u.a. bei EFSA (7) und ILSI (2, 3) beschrieben.

Bei den häufig geäußerten kritischen Anmerkungen zur grünen Gentechnik darf nicht übersehen werden, dass es sich um den Anfang einer Entwicklung handelt, deren Potentiale nur zu erahnen sind. Die Forschung auf diesem Gebiet ist sehr kostenintensiv und wird gegenwärtig vor allem von großen Unternehmen geleistet. Andererseits ist die öffentlich geförderte Forschung und damit die Gesellschaft angehalten, nicht den Anschluss an die Entwicklung zu verlieren bzw. sich ausschließlich auf Sicherheitsforschung zu beschränken. Patente und andere Absicherungen von Befunden erschweren bereits jetzt den Zugang zu bestimmten Bereichen.

6. Literatur

- (1) James, C.: Global review of commercialised transgenic crops: ISAAA Brief No. 25, ISAAA, Ithaca, USA (see <http://www.isaaa.org> for annual update) (2004)
- (2) ILSI: Best practices for the conduct of animal studies to evaluate crops genetically modified for input traits. Int. Life Sci. Inst., Washington, DC, 62 p. (2003)
- (3) ILSI: Nutritional and safety assessments of foods and feeds nutritionally improved through biotechnology. Compr. Reviews in Food Sci. and Food Safety, **3**, 36-104 (2004)
- (4) OECD: Considerations for the safety assessment of animal feedstuffs derived from genetically modified plants. OECD – ENV/JM/ MONO 10, (2003)
- (5) Chesson, A.: Assessing the safety of GM food crops. Food Safety and Food Quality, by R.E. Hester, R.M. Harrison (ed.) Issues in Environm. Sci. and Techn. **15**, 1-23 (2001)
- (6) Flachowsky, G., Aulrich, K.: Zum Einsatz gentechnisch veränderter Organismen (GVO) in der Tierernährung. Übers. Tierernährung **29**, 45-79 (2001)
- (7) EFSA: 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 (2004)
- (8) Clark, J.H., Ipharraguerre, I.R.: Livestock performance: Feeding Biotech crops. J. Dairy Sci. **84** (E. Suppl.): E9-E18, 237-249 (2001)
- (9) Aumaitre, A., Aulrich, K., Chesson, A., Flachowsky, G., Piva, G.: New feeds from genetically modified plants: Substantial equivalence, nutritional equivalence, digestibility and safety for animals and the food chain. Livest. Prod. Sci. **74**, 223-238 (2002)
- (10) Faust, M.A.: New feeds from genetically modified plants: the US approach to safety for animals and food chain. Livestock Prod. Sci. **74**, 239-254 (2002)
- (11) Chesson, A., Flachowsky, G.: Transgenic plants in poultry nutrition. World's Poultry Sci. J. **59**, 201-207 (2003)
- (12) Aumaitre, A.: Safety assessment and feeding for pigs, poultry and ruminant animals of pest protected (Bt) plants and herbicide tolerant (glyphosate, glufosinate) plants: interpretation of experimental results observed worldwide on GM plants. Ital. J. Anim. Sci. **3**, 107-121 (2004)
- (13) Flachowsky, G., Chesson, A.: Feeds from genetically modified plants in animal nutrition. WAAP Book of the year 2003, Wageningen Academic Publ., 241-267 (2004)
- (14) OECD: Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology: concepts and principles. Paris, France (1993)
- (15) Hammond, B.G., Vicini, J.L., Hartnell, G.F., Naylor, M.W., Knight, C.D., Robinson, E.H., Fuchs, R.L., Padgett, S.R.: 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 (1996)
- (16) Padgett, S.R., Taylor, N.B., Nida, D.L., Bailey, M.R., Macdonald, J., Holden, L.R., Fuchs, R.C.: The composition of glyphosate-tolerant soybean seed is equivalent to that of conventional soybeans. J. Nutr. **126**, 702-716 (1996)
- (17) Flachowsky, G., Aulrich, K.: Tierernährung und gentechnisch veränderte Organismen. Landbau-forschung Völknerode **49**, 13-20 (1999)
- (18) Rutzmoser, K., Mayer, J., Obermaier, A.: Verfütterung von Silomais der Sorten Pactol und Pactol CB (gentechnisch veränderte Bt-Hybride) an Milchkühe. Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau **3**, 4, 25-34 (1999)
- (19) Donkin, S.S., Velez, J.C., Totten, A.K., Stanisiewski, E.P., Hartnell, G.F.: Effect of feeding silage and grain from Glyphosate-tolerant or insect-protected corn hybrids on feed intake, ruminal digestions, and milk production in dairy cattle. J. Dairy Sci. **86**, 1780-1788 (2003)
- (20) Faust, M.A., Miller, L.: Study finds not Bt in milk. Integrated Coop Management. IC-478 Fall Special Livestock Ed.; Iowa State Univ. Extension, Ames 6-7 (1997)
- (21) Donkin, S.S., Velez, J.C., Stanisiewski, E.P., Hartnell, G.F.: Effect of feeding Roundup Ready corn silage and grain on feed intake, milk production and milk composition in lactating dairy cattle. J. Anim. Sci. **78**, Suppl. 1, 273 (2000)
- (22) Faust, M.A.: Livestock products – Composition and detection of transgenic DNA/proteins. - Proc. Symp. Agri. Biotech. Market. ADSA-ASAS ed Baltimore, Md. USA, Juli 2000, 29 pp. (2000)
- (23) Hendrix, K.S., Petty, A.T., Lofgren, D.L.: Feeding value of whole plant silage and crop residues from Bt or normal corns. J. Anim. Sci. **78**, Suppl. 1, 273 (Abstr. 1146) (2000)

- (24) Russell, J.R., Hersom, M.J., Pugh, A., Barrett, K., Farnham, D.: Effects of grazing crop residues from Bt-corn hybrids on the performance of gestating beef cows. *J. Anim. Sci.* **78** (Suppl. 2), 79 (Abstr.) (2000)
- (25) Barriere, Y., R. Verite, P. Brunshwig, F. Surault, Emile, J.C.: The feeding value of silage maize estimated with sheep and dairy cows is not affected by genetic incorporation of the Bt 176 resistance to *Ostrinia nubilalis*. *J. Dairy Sci.* **84**, 1863- 1871 (2000)
- (26) Castillo, A.R., M.R. Gallardo, M. Maciel, J.M. Giordano, G.A. Conti, M.C. Gaggioti, O. Quaino, C. Pianini, Martnell, G.F.: Effect of feeding dairy cows with either Bollgard, Bollgard II, Roundup Ready or control cottonseeds on feed intake, milk yield and milk composition. *J. Anim. Sci.* Vol. 79, Suppl. 1/*J. Dairy Sci.* Vol. 84, Suppl. 1/*Poult. Sci.* Vol. 80, Suppl. 1/54th Annu. Rec. Meat Conf., Vol. II, 413 (Abstr.) (2001a)
- (27) Castillo, A.R., Gallardo, M. R. Maciel, M., Giordano, J.M., Conti, G.A., Gaggioti, M.C., O. Quaino, O., Gianni, C., Martnell, G.F.: Effect of weaning dairy cows with cottonseeds containing Bollgard and Roundup Ready genes or control non-transgenic cottonseeds on feed intake, milk yield and milk composition. *J. Anim. Sci.* Vol. II, 413 (Abstr.) (2001b)
- (28) Castillo, A.R., Gallardo, M.R., Maciel, M., Giordano, J.M., Conti, G.A., Gaggioti, M.C., Quaino, O., Gianni, C., Hartnell G.F.: Effects of feeding rations with genetically modified whole cottonseed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **87**, 1778-1785 (2004)
- (29) Weissbjerg, M.R., Purup, S., Vestergaard, M., Hvelplund, T., Sejrsen, K.: Undersøgelser af genmodificerede foderroer til malkeøer. DJF Rapport Husdyrbrug Nr. 25, Maj 2001, (2001)
- (30) Folmer, J.D., Grant, R.J., Milton, C.T., Beck, J.: Effect of Bt corn silage on short term lactational performance and ruminal fermentation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* **83**, 1182 (Abstr.) (2000)
- (31) Folmer, J.D., Grant, R.J., Milton, C.T., Beck, J.: Utilization of Bt corn residues by grazing beef steers and Bt corn silage and grain by growing beef cattle and lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* **80**, 1352-1361 (2002)
- (32) Calsamiglia, S., Hernandez, B., Hartnell, G.F., Phipps R.H.: Effects of feeding corn silage produced from corn containing MON810 and GA21 genes on feed intake, milk production and composition in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **86** (Suppl. 1), 62, Abstract 247 (2003)
- (33) Faust, M.A., Smith, B., Hinds, M., Dana, G.: Dairy cattle performance, health, and milk composition when fed silage and grain from Bt (Cry1F) and nearisogenic control hybrids. *J. Dairy Sci.* **86** (Suppl. 1) 61-62, Abstract 246 (2003)
- (34) Grant, R.J., Fanning, K.C., Kleinschmit, D., Stanisiewski, E.P., Hartnell, G.F.: *J. Dairy Sci.* **86**, 1707-1715 (2003)
- (35) Ipharraguerre, I.R., Younker, R.S., Clark, J.H., Stanisiewski, E.P., Hartnell, G.F.: 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 (2003)
- (36) Phipps, R.H., Beaver, D.E.: New technology: Issues relating to the use of genetically modified crops. *J. Anim. Feed Sci.* **9**, S. 543-561 (2000)
- (37) Doerfler, W.: Foreign DNA in mammalian systems. – Wiley-VCH, Weinheim (2000)
- (38) Aulrich, K., G. Pahlow, Flachowsky, G.: Influence of ensiling on the DNA-degradation in isogenic and transgenic corn. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* **13**, 112 (2004)
- (39) Einspanier, L., Lutz, B., Rief, S., Berezina, O., Zverlov, V., Schwarz, W., Meyer, J.: Tracing residual recombinant feed molecules during digestion and rumen bacterial diversity in cattle fed transgene maize. *Eur. Food Res. Technol.* **218**, 269-273 (2004)
- (40) Hupfer, C., Mayer, J., Hotzel, H., Sachse, K., Engel, K.-H.: The effect of ensiling on PCR-based detection of GM bt maize. *Eur. Food. Res. Technol.* **209**, 301-304 (1999)
- (41) Duggan, P.S., Chambers, P.A., Heritage, J., Forbes, J.M.: Fate of genetically modified maize DNA in the oral cavity and rumen of sheep. *Br. J. Nutrition* **89** (2), 159-166 (2003)
- (42) Alexander, T.W., Sharma, R., Okine, E.K., Dixon, W.T., Forster, R.J., Stanford, K., McAllister, T.A.: 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 (2002)
- (43) Berger, B., K. Aulrich, G. Fleck, Flachowsky, G.: Einfluss des Verarbeitungsprozesses auf den Abbau der DNA in isogenem und transgenem Raps. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* **12**, 108 (2003)
- (44) Chiter, A., Forbes, M., Blair, E.: DNA stability in plant tissues: Implication for the possible transfer of genes from genetically modified food. *FEBS Letters*, **481**, 164-168 (2000)
- (45) Gawienowski, M., Eckhoff, S., Yang, P., Raypati, P.J., Binder, T., Briskin, D.P.: Fate of maize DNA during steeping, wet milling, and processing. *Cereal Chem.* **76**, 371-374 (1999)

- (46) Gryson, N., Ronsse, F., Messens, K., De Loose, M., Verleyen, T., Dewettinck, K.: Detection of DNA during the refining of soybean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **79**, 171-174 (2001)
- (47) Gryson, N., Messens, K., Dewettinck, K.: 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 (2004)
- (48) Ruiz, T.R., Andrews, S., Smith, G.B.: Identification and characterization of nuclease activities in anaerobic environmental samples. *Can. J. Microbiol.* **46**, 736-740 (2000)
- (49) Sharma, R., Alexander, T.W., John, S.J., Forster, R.J., McAllister, T.A.: Relative stability of transgene DNA fragments from genetically modified canola in mixed ruminal cultures. *Br. J. Nutr.* **91**, 673-681 (2004)
- (50) Zhu, Y., Li, D., Wang, F., Yin, J., Jin, H.: Nutritional assessment and fate of DNA of soybean meal from roundup ready or conventional soybeans using rats. *Arch. Anim. Nutr.* **58**, 295-310 (2004)
- (51) Einspanier, R., Klotz, A., Kraft, J., Aulrich, K., Poser, R., Schwägele, F., Jahreis, G., Flachowsky, G.: 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 (2001)
- (52) Aeschbacher, K., L., Meile, R., Messikommer, Wenk, C.: Influence of genetically modified maize on performance and product quality of chickens. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* **11**, 196 (2002)
- (53) Reuter, T., Aulrich K.: 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 (2003)
- (54) Tony, M. A., Butschke, A., Broll, H., Zagon, J., Halle, I., Dänicke, S., Schauzu, M., Hafes, H.M., Flachowsky, G.: Safety assessment of Bt 176 maize on broiler nutrition: degradation of maize-DNA and its metabolic fate. *Arch. Anim. Nutr.* **57**, 235-252 (2003)
- (55) Klotz, A., Einspanier, R.: Nachweis von "Novel-Feed" im Tier? *Mais* **3**, 109-111 (1998)
- (56) Phipps, R.H., Beever, D.E., Tingey, A.P.: 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), (2001)
- (57) Phipps, R.H., Beever, D.E., Humphries, D.J.: Detection of transgenic DNA in milk from cows receiving herbicide tolerant (CP4EPSPS) soyabean meal. *Livest. Prod. Sci.* **74**, 269-273 (2002)
- (58) Jennings, J.C., Whetsell, A.J., Nicholas, N.R., Sweeney, B.M., Klaften, M.B., Kays, S.B., Hartnell, G.F., Lirette, R.P., Glenn, K.C.: Determining whether transgenic or endogenous plant DNA is detectable in dairy milk or beef organs. *Bull. Int. Dairy Fed.* **383**, 41-46 (2003)
- (59) Phipps, R.H., E.R. Deaville, Maddison, B.C.: Detection of transgenic and endogenous plant DNA in rumen fluid, duodenal digesta, milk, blood and feces of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* **86**, 4070-4078 (2003)
- (60) Poms, R.E., Hochsteiner, W., Lucer, K., Glössl, J., Foissy, H.: Model studies on the detectability of genetically modified feeds in milk. *J. Food Prot.* **66**, 304-310 (2003)
- (61) Yonemochi, C., Ikeda, T., Harada, C., Kusama, T., Hanazumi, M.: 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 (2003)
- (62) Ash, J. C., Novak, Scheideler, S.E.: The fate of genetically modified protein from Roundup Ready Soabeans in laying hens. *J. Appl. Poultry Res.* **12**, 242-245 (2003)
- (63) Chowdhury, E.H., Kuribara, H., Hino, A., Sultana, P., Mikami, O., Shimada, N., Guruge, K.S., Saito, M., Nakajima, Y.: Detection of corn intrinsic and recombinant DNA fragments and Cry 1Ab protein in the gastrointestinal contents of pigs fed genetically modified corn Bt 11. *J. Anim. Sci.* **81**, 2546-2551 (2003a)
- (64) Chowdhury, E.H., Shimada N., Murata, H., Mikami, O., Sultana, P., Yoshioka, M., Yamanaki, N., Hirai, N., Nakajima, Y.: Detection of Cry 1Ab proein in gastrointestinal contents but no visceral organs of genetically modified Bt 11-fed calves. *Vet. and human Toxicol.* **45**, 72-75 (2003b)
- (65) Glenn, K.: *J. Anim. Sci.* Vol. **79**, Suppl. 1/*J. Dairy Sci.* Vol. **84**, Suppl. 1/*Poult. Sci.* Vol. **80**, Suppl. 1/54th Annu. Rec. Meat Conf., Vol. II, 55 (2001)
- (66) 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.: 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 (1996)

- (67) Fearing, P.L., Brown, D., Vlachos, M., Meghji, Privalle, L.: Quantitative analysis of Cry1A (b) expression in Bt maize plants, tissues, and silage and stability of expression over successive generations. *Molec. Breed* **3** 169-176 (1997)
- (68) Hartnell, G.F.: Benefits of biotech crops for livestock feed. Proc. Cornell Nutr. Conf., Ithaca, New York, Oct 24-26, 46-56 (2000)
- (69) Munkvold, G.P., Hellmich, R.L., Rice, L.G.: Comparison of Fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt-maize hybrids and nontransgenic hybrids. *Plant Dis.* **83**, 130-138 (1999)
- (70) Cahagnier, B., Melcion, D.: Mycotoxines de *Fusarium* dans les maïs-grains à la récolte: relation entre la présence d'insectes (pyrale, sesamie) et la teneur en mycotoxines: Proc. 6th Int. Feed Prod. Conf., Piacenza, 27./28.11.2000, 237-249 (2000)
- (71) Pietri, A., Piva, G.: Occurrence and control of mycotoxins in maize grown in Italy. Proc. 6th Int. Feed Prod. Conf. Piacenza, 27./28.11.2000, 226-236 (2000)
- (72) Valenta, H., Dänicke, S., Flachowsky, G., Böhme, T.: Comparative study on concentrations of the *Fusarium* mycotoxins deoxynivalenol and zearalenone in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* **10**, 182 (Abstr.) (2001)
- (73) Piva, G., Morlacchini, M., Pietri, A., Piva, A., Casadei, G.: Performance of weaned piglets fed insectprotected (MON810) or near isogenic corn. *J. Anim. Sci.* **79**, Suppl. 1, 106 (Abstr. 441) (2001)
- (74) Piva, G., Morlacchini, M., Pietri, A., Rossi, F., Prandini, A.: Growth performance of broilers fed insect (MON810) or near siogenic control corn. *Poult. Sci.* **80**, Suppl. 1, 320 (Abstr. 1324) (2001)
- (75) Phipps, R.H., Park, J.R.: Environmental benefits of genetically modified crops: Global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use. *J. Anim. Feed Sci.* **11**, 1-18 (2002)
- (76) Bennet, R.M., Phipps, R.H., Strange, A.M., Grey, P.T.: Environmental and human health impacts of growing genetically modified herbicide-tolerant sugar beet: a life cycle assessment. *Plant Biotechnical J.* (2004, in press)
- (77) Cromwell, G.L., Pierce, J.L., Sauber, T.E., Rice, D.W., Ertl, D.S., Raboy, V.: Bioavailability of phosphorus in low-phytic acid corn for growing pigs. *J. Anim. Sci.* **76**, 54 (Abstr.) (1998)
- (78) Hitz, W.D., Calson, T.J., Kerr, P.S., Sebastian, S.A.: Biochemical and molecular characterization of a mutation that confers a decreased raffinose and phytic acid phenotype on soybean seeds. *Plant Physiol.* **128**, 650-660 (2002)
- (79) Spencer, J.D., Allee, G.L., Sauder, T.E.: Phosphorus bioavailability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. *J. Anim. Sci.* **78**, 675-681 (2000a)
- (80) Spencer, J.D., Allee, G.L., Sauder, T.E.: Growing-finishing performance and carcass characteristics of pigs fed normal and genetically modified low-phytate corn. *J. Anim. Sci.* **78**, 1529-1536 (2000b)
- (81) Baah, J., Scott, T.A., Kawchuk, L.M., Armstrong, J.D., Selinger, L.B., Cheng, K.-J., McAllister, T.A.: feeding value in broiler chicken diets of a potato expressing a β -glucanase gene from *Fibrobacter succinogenus*. *Can. J. Anim. Sci.*, **82**, 111-113 (2002)
- (82) Edwards, H.M., Douglas, M.W., Parsons, C.M.: Protein and energy evaluation of soybean meals processed from genetically modified high-protein soybeans. *Poultry Sci.* **79**, 525-527 (2000)
- (83) Humphrey, B., Huang, N., Klasing, K.: Genetically modified rice containing lactoferrin and lysozyme as an antibiotic substitute in broiler diets. *J. Anim. Sci.*, Vol. **79**, Suppl. 1/J. Dairy Sci., Vol. **84**, Suppl. 1/Poult. Sci. Vol. **80**, Suppl. 1/54th Annu. Rec. Meat Conf., Vol. II, **50** (Abstr.) (2001)
- (84) Molvig, L., Tabe, L.M., Higgins, T.J.V.: Enhanced methionine levels and increased nutritive value of seeds of transgenic lupins (*Lupinus angustifolius* L.) expressing a flower seed albumin gene. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **94**, 8393-8398 (1997)
- (85) Beever, D.E., Mueller-Harvey, I.: "Improving the nutritional value of agricultural crops for farm livestock; opportunities with conventional and novel technologies." Proc. 6th Int. Feed Prod. Conf., Piacenza, 27./28.11.2000, 253-272 (2000)
- (86) USDA/APHIS: Lists for field test releases in the U.S., <http://www.isb.vt.edu/cfdocs/ISBlists1.cfm> - (Assessed April 2002) (2002)
- (87) Flachowsky, G.: Zur Bewertung gentechnischer Veränderung an Pflanzen aus der Sicht der globalen Ernährungssicherung. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft*, **258** 79-80 (2003)

7. Zusammenfassung

Flachowsky, G.: **Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen in der Milchkuhfütterung**. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **56** (3) 163-178 (2004)

05 Tierernährung (Futtermittel, Gentechnik, Milchkühe, DNA-Abbau, Proteinabbau)

Die bisher untersuchten Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen (GvP der 1. Generation) wiesen mit Ausnahme eines geringeren Mykotoxingehaltes im Bt-Mais keine wesentlichen Unterschiede in den Inhaltsstoffen im Vergleich zu den isogenen Ausgangslinien auf.

Bei Milchkühen wurden relativ kurzfristige Versuche (bis 126 Tage) u. a. mit Mais, Sojabohnen, Raps, Baumwollsaamen und Futterrüben durchgeführt, um den Effekt der Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen auf Verdaulichkeit, energetischen Futterwert sowie Gesundheit und Leistung der Tiere im Vergleich zu isogenen Ausgangslinien zu ermitteln.

Bei den bisher geprüften Pflanzen der ersten Generation (keine substanziellen Veränderungen von Inhaltsstoffen) konnten keine nicht erklärbaren Abweichungen (nicht vorhersehbare bzw. nicht erwartete Effekte) beim Einsatz in der Milchkuhfütterung beobachtet werden.

Die im Futter enthaltene DNA wird bereits bei der Silierung bzw. Verarbeitung sowie im Verdauungstrakt nahezu vollständig abgebaut, so dass in den essbaren Tierprodukten nur Spuren pflanzlicher DNA, aber kein tDNA nachgewiesen werden konnten. Es gibt keine Hinweise, dass sich transgene DNA und die Novel-Proteine im Futtermittel und im Verdauungstrakt anders verhalten als native DNA bzw. Futterproteine.

Summary

Flachowsky, G.: **Feedstuffs from genetically modified plants in dairy cow feeding**. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **56** (3) 163-178 (2004)

05 Animal nutrition (Feedstuffs, genetical modification, dairy cows, DNA-degradation, protein degradation).

Cultivation of genetically modified plants (GMP) increased during the last years. Mostly plants of the so-called first generation were cultivated. Apart from a lower content of mycotoxins in Bt-corn there were no significant differences in composition between these GMP and isogenic counterparts up to now.

There exist about 20 short time experiments (up to 126 days) in dairy cows where genetically modified maize, soyabeans, rape seed, cotton seed or fodder beets were compared with isogenic plants. Most authors did not determine significant differences in digestibility and energy content of feeds, health and performance of cows as well as composition and quality of milk if isogenic and transgenic plants were compared.

Feed-DNA is mostly degraded by ensiling and technical processing or in the digestive tract. Nevertheless some traces of plant DNA-fragments were found in animal tissues, but transgenic DNA-fragments were not detected up to now. It seems that transgenic DNA and novel protein in feeds and in the digestive tract do not distinguish from native DNA and feed proteins.

Résumé

Flachowsky, G.: **Aliments pour animaux provenant de plantes génétiquement modifiées dans l'alimentation de vaches laitières**. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **56** (3) 163-178 (2004)

05 Alimentation animale (Aliments pour animaux, ingénierie génétique, vaches laitières, dégradation de l'ADN, dégradation de la protéine)

A l'exception d'une teneur en mycotoxine réduite dans le maïs BT, les aliments pour animaux provenant de plantes génétiquement modifiées ((PGM) de la 1^{re} génération) n'accusent pas de différence essentielle dans les ingrédients par rapport aux lignées parentales isogènes.

Pour étudier l'effet d'aliments provenant de plantes génétiquement modifiées sur la digestibilité, la valeur nutritive énergétique, la santé et la performance des animaux par rapport aux lignées parentales isogènes, des essais de durée plus ou moins courte (jusqu'à 126 jours) ont été réalisés sur des vaches laitières, entre autres avec du maïs, des plants de soja, du colza, des graines de coton et des betteraves fourragères.

Pour les plantes de la 1^{re} génération examinées jusqu'à présent (pas de modification essentielle des ingrédients) on n'a pas pu détecter des déviations inexplicables (non prévisibles ou des effets inattendus) lors de leur utilisation dans l'alimentation de vaches laitières.

L'ADN dans les aliments pour animaux est presque complètement dégradé pendant le silage, voire le traitement ainsi que dans le tract digestif, de manière qu'on n'a pu détecter que des traces de l'ADN d'origine végétale et pas de tADN. Rien n'indique que l'ADN transgène et les nouvelles protéines dans l'alimentation des animaux et dans le tract digestif se comportent de manière différente que l'ADN natif ou les protéines nutritives.