
2. Kontaminationspfade

Im folgenden Kapitel werden die Pfade beschrieben, über die es zu einem Eintrag transgenen Erbmaterials in landwirtschaftliche Produkte und Lebensmittel kommen kann. Der Schwerpunkt liegt auf einer allgemeinen (qualitativen) Darstellung der Kontaminationsmöglichkeiten.

2.1 Kontamination durch biologische Prozesse

Werden Pflanzen (zu experimentellen oder kommerziellen Zwecken) im Freiland angebaut, so sind sie Teil eines offenen Systems und stehen in Wechselwirkung mit ihrer Umwelt. Die Wechselwirkungen schließen die Bewegung genetischer Informationen zwischen Individuen, Populationen und Arten (Gene flow) ein. Dies gilt auch für gentechnisch veränderte Pflanzen, von denen ausgehend transgene Erbinformationen auf unterschiedlichen Wegen in ursprünglich GVO-freie Pflanzen oder Kulturen gelangen können. Im Folgenden werden die verschiedenen potenziellen Kontaminationspfade beschrieben:

2.1.1 Pollendrift und Einkreuzung

Pollen kann durch Wind und / oder Insekten teilweise über weite Strecken verbreitet werden. Trifft dieser Pollen auf eine sexuell kompatible Pflanze, kann es zur Einkreuzung (d. h. zur sexuellen Übertragung genetischen Materials, vertikaler Gentransfer) kommen. Dabei wird transgene Erbinformation von einer Donor- auf eine Rezeptorpflanze übertragen. Als Kreuzungspartner kommen bei einigen transgenen Kulturpflanzenarten neben nichttransformierten Pflanzen derselben Art auch nah verwandte Kulturpflanzen oder wildwachsende Arten in Frage. In Europa betrifft dies vor allem die Zuckerrübe (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*) und den Raps (*Brassica napus*). Für die Zuckerrübe wurden beispielsweise Einkreuzungen von Transgenen in nah verwandte Kulturpflanzen wie Schnittmangold (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* var. *cicla*), Blattmangold (*B. vulgaris* ssp. *vulgaris* var. *flavescens*), Rote Bete (*B. vulgaris* ssp. *vulgaris* var. *vulgaris*), Gelbe Bete (*B. vulgaris* ssp. *vulgaris* var. *lutea*) und Futterrüben (*B. vulgaris* ssp. *vulgaris* var. *crassa*) belegt (Hoffmann & Köhler, 2000, Gerdemann-Knöck & Tegeder, 1997). Darüber hinaus ist die Einkreuzung in verwandte Wildpflanzen wie die Wildrübe (*Beta vulgaris* ssp. *maritima*) möglich (Paulus et al., 1997). Bei transgenem Raps wurden unter Freilandbedingungen

Hybridisierungen mit Ruderalraps (*Brassica napus*), Rübsen (*Brassica rapa* var. *silvestris*, *Brassica campestris*), Sareptasenf (*Brassica juncea*), Schwarzem Senf (*Brassica nigra*), Grausenf (*Hirschfeldia incana*, Synonym *Brassica adpressa*), Hederich (*Raphanus raphanistrum*) und Ackersenf (*Sinapis arvensis*, Synonym *Brassica kaber*) nachgewiesen (Eckelkamp et al., 1997a; Chèvre et al. 1999). Ausgehend von diesen Hybriden können die aus den gentechnisch veränderten Kulturpflanzen stammenden Eigenschaften (wie z. B. Herbizidresistenzen) erneut auf Rapspflanzen oder auf andere Wildpflanzen übertragen werden (Brauner et al., 2001).

Eine Zusammenstellung der zahlreichen Faktoren, die das Risiko der Kontamination einer GVO-freien Kultur durch den Eintrag transgenen Erbmaterials infolge von Einkreuzungsereignissen beeinflussen, lässt sich Barth et al. (im Druck) entnehmen. Sie wird hier leicht verändert wiedergegeben:

- räumliche Distanz zwischen Donor- und Rezeptorpopulation
- Größe und Bestandesdichte der Donor- und Rezeptorpopulationen und deren Verhältnis zueinander
- Menge des von der Donorpflanze gebildeten transgenen Pollens: Diese ist sehr unterschiedlich und hängt von der Fortpflanzungsstrategie der Pflanzen ab (Pflanzen, die wie Mais vorwiegend durch Wind bestäubt werden, produzieren sehr viel mehr Pollen als Selbstbestäuber oder Pflanzen, die durch Tiere bestäubt werden). Zusätzlich können Sorteneffekte einen Einfluss auf die Menge des produzierten Pollens haben.
- Ausbreitungsmöglichkeit des transgenen Pollens: Diese ist abhängig von
 - a) dem Pollengewicht und der Pollenform
 - b) dem Vektor (Wind: Wetterverhältnisse; Insekten: Vorkommen, Art, Radius),
 - c) der Topographie und
 - d) der unmittelbaren Umgebung (Bewuchs, Hindernisse).

Treu & Emberlin (2000) weisen insbesondere auf die mögliche Verbreitung von Pollen über weite Distanzen durch starken Wind und weiträumige atmosphärische Strömungen hin, ein Aspekt, der bisher kaum untersucht

wurde. Theoretisch kann Pollen auf diese Weise mehrere hundert Kilometer zurücklegen.

Auch Insekten verbreiten Pollen über weite Distanzen. Wildbienen fliegen 100 bis 800 m weit. Die Honigbiene hat normalerweise einen Sammelradius von 1 bis 2 km, es wurden jedoch auch schon größere Distanzen beobachtet (bis 14 km), dies jedoch nur, wenn keine anderen Trachtquellen in diesem Radius zu finden waren (Hütter et al., 1999).

Zu beachten ist auch der Ausbreitungseffekt über mehrere Jahre. Bei kontinuierlichem Anbau über mehrere Folgejahre können über die Zeit sehr große Entfernungen überwunden werden (Gene können sich von einem Feld zum nächsten verbreiten. Dies gilt beispielsweise für Raps, wenn bei der Ernte Ausfallraps entsteht, der im nächsten Jahr als Durchwuchs auf dem Feld bzw. an Wegrändern auftritt.).

- Fortpflanzungssystem der Empfängerpflanze: Je höher die Fremdbefruchtungsrates, desto höher ist das Risiko einer Einkreuzung. Beispiele für vorwiegend selbstbefruchtende Arten sind Weizen, Gerste, Hafer, Hirse, Raps, Reis, Bohne, Erbse und Sojabohne. Vorwiegend fremdbefruchtende Arten sind Roggen, Mais, Zucker- / Futterrübe, Sonnenblume, die meisten Kleearten und Hanf.
- Dauer der Befruchtungsfähigkeit des Pollens (artspezifisch und abhängig von Witterungsbedingungen) und der Befruchtungsfähigkeit der weiblichen Blüte (Verhältnis der Blühzeitpunkte von Donor- und Empfängerpopulation)
- Pollenkonkurrenz: Werden die Blüten durch Pollen aus dem Rezeptorbestand befruchtet, führt dies infolge von Pollenkonkurrenz zu einer reduzierten Befruchtung durch Fremdpollen. Bei zum Teil oder gänzlich männlich sterilen Rezeptorpopulationen liegt kaum oder keine Pollenkonkurrenz vor, entsprechend ist der Anteil der Befruchtung durch Fremdpollen in der Regel höher oder sehr hoch.

Aus der vorangegangenen Auflistung lässt sich entnehmen, dass neben kulturart-spezifischen Faktoren (wie beispielsweise dem Bestäubungssystem (Wind, Insekten) und dem Fortpflanzungsmechanismus (Selbst- / Fremdbestäubung)) auch anbau-spezifische Faktoren (Abstand, Zeitpunkt) und Witterungsbedingungen einen Einfluss

auf das Kontaminationsrisiko haben. Auf quantitative Aspekte, das heißt auf die Frage, welche Einkreuzungsraten bei unterschiedlichen Kulturarten in Abhängigkeit von der Distanz zur (transgenen) Pollenquelle bisher nachgewiesen wurden, wird in Kapitel 3.1.2 eingegangen.

2.1.2 Verwilderung

Transgene Samen, Pflanzenteile (z. B. Dauerorgane) oder ganze Pflanzen können durch Wind, Wasser, Tiere oder Menschen über zum Teil sehr weite Strecken verbreitet werden. Gelingt es ihnen, sich außerhalb der ursprünglich vorgesehenen landwirtschaftlichen Flächen zu etablieren und dort ohne Eingriff des Menschen zu existieren, so bezeichnet man sie als „verwildert“ (vgl. www.transgen.de/Lexikon - Auswilderung). Dies gilt sowohl für transgene Kulturpflanzen als auch für Hybride, die durch Einkreuzung transgener Erbinformation in wildwachsende Pflanzen entstanden sind. Das Verwilderungsvermögen hängt u. a. von der Konkurrenzfähigkeit der Art sowie von der Anzahl der Individuen ab, die erforderlich sind, um eine neue Population zu gründen (Nowack Heimgartner et al., im Druck). Die verwilderten Kulturpflanzen können an ihrem neuen Standort transgenen Pollen bilden, der wiederum zu einem Eintrag transgener Erbinformation in ursprünglich GVO-freie Kulturen der Umgebung führen kann.

2.1.3 Durchwuchs und Dormanz

Eine weitere Kontaminationsquelle stellen Samen dar, die nach der Ernte auf dem Feld verbleiben oder bei Transportprozessen am Rande von Transportstrecken (z. B. entlang von Straßen, Bahngleisen) liegen bleiben. Diese Samen können in der folgenden Vegetationsperiode als Durchwuchspflanzen auflaufen.

Auf Rapsfeldern bleiben beispielsweise nach der Ernte pro Hektar im Schnitt 200 bis 300 kg Samen zurück (Pekrun et al. 1998). In Norddeutschland ist ein Durchwuchs von 400 Pflanzen/m² nicht ungewöhnlich (Gerdemann-Knörck & Tegeder, 1997). Laut Fischbeck (1998) ist bei Raps das Risiko der Ausbreitung transgener Erbinformationen durch Samen, die bei der Ernte liegen bleiben, sogar höher als durch Auskreuzung. Auch bei Kartoffeln kommt es häufig zu Durchwuchskartoffeln, die aus im Boden verbleibenden Samen oder Knollen hervorgehen (Tappeser & Wurz, 1996).

Zu berücksichtigen ist, dass Samen eine zum Teil lang anhaltende Keimruhe (Dormanz) entwickeln können (für Raps wurden Überdauerungsraten im Boden von bis zu 15 Jahren nachgewiesen (Lange 1985, zit. nach Schlink (1994))). Kartoffelsamen blieben bis zu sieben Jahre lang keimfähig, Zuckerrübensamen können bis zu zehn Jahre im Boden überdauern (beide Angaben aus Tappeser & Wurz, 1996). Wird diese Keimruhe (ausgelöst durch spezifische Umweltreize) gebrochen, kommt es zur Keimung. Entsprechend muss teilweise noch lange Zeit nach dem Anbau transgener Pflanzen mit dem Auflaufen gentechnisch veränderter Pflanzen gerechnet werden.

2.2 Kontamination durch technische Prozesse

Bei allen technischen Prozessen können Probleme in Bezug auf Verunreinigungen und Vermischungen von Chargen verschiedener Herkunft entstehen. Dies gilt auch für Waren, die ohne den Einsatz von GVO oder deren Derivaten hergestellt wurden als auch für GVO-Waren. Vom Feld bis zum fertigen Produkt durchlaufen die Waren einen langen Prozess, im Verlauf dessen auf fast jeder Stufe Vermischungen und Verunreinigungen möglich sind. GVO sind in Europa hauptsächlich im Bereich der Importwaren relevant. Im Folgenden werden die entscheidenden Punkte entlang des Warenflusses am Beispiel der heute typisch kritischen Rohstoffe wie Mais und Soja beschrieben:

Landwirtschaft:

- Aussaat (Sämaschinen)
- Ernte (Erntemaschinen - Mähdrescher / Transportfahrzeuge)
- Einlagerung (Transportmaschinen und Lagerstätten, z. B. Silos)

Rohstoffhandel und Aufarbeitung:

- Transport (Transportfahrzeuge, -behälter)
- Lagerung (Lagerstätten)
- Annahme, Reinigungs- und Transporttechnik

Verarbeitung (z. B. in Getreidemühlen, Mischfutterwerken, Ölmühlen):

-
- Annahme- und Transporttechnik (Restmengen, Verunreinigungen)
 - Lagerbereiche (unvollständig entleert, verunreinigt)
 - Verarbeitungstechnologie und Geräte (Restmengen, Chargenüberschneidungen, Verunreinigungen, z. B. Staub)
 - Vermischungen mit anderen Chargen.

Selbst wenn eine weitgehende Trennung der verschiedenen Warenströme und ein umfassendes Kontrollsystem etabliert wären, ließen sich Verunreinigungen bei allen Vorgängen der Umlagerung und Verarbeitung von Rohstoffen in Betrieben und Systemen, in denen konventionelle und GVO-Ware parallel gehandhabt werden, kaum vermeiden. Eine klare Chargentrennung ist in der Praxis der Warenerfassung und Verarbeitung heute nur bedingt üblich. Deshalb ist mit Überschneidungsmengen und Teilvermischungen bei allen Umlade- und Verarbeitungsprozessen zu rechnen, insbesondere bei den heute relevanten Rohstoffen wie Soja und Mais.

Darüber hinaus muss bei der Anwendung vielfältiger Prozesse immer auch mit technischem oder menschlichem Versagen oder Ungenauigkeiten gerechnet werden.

Sä- und Erntemaschinen

Im landwirtschaftlichen Bereich kann es über die Verwendung von mit GVO verunreinigten Sä- und Erntemaschinen zu einer GVO-Verunreinigung von Saat- und/oder Erntegut kommen. Selbst wenn zwischen der Aussaat/Ernte unterschiedlicher Chargen eine Reinigung der Maschine erfolgt, lässt sich eine Verunreinigung durch GVO nicht ausschließen (Nowack Heimgartner et al., im Druck).

Transportprozesse, -behälter

Für den Transport von Rohstoffen werden in der Praxis sehr verschiedene Behälter verwendet, wobei je nach Art des Behälters die Verunreinigungsrisiken variieren:

Beim Offentransport in Bahn- oder Lastwagen innerhalb von Europa besteht immer ein Verunreinigungsrisiko. Ein Risiko der Vermischung entsteht durch unzureichende Reinigung. Auch beim Versand von Produkten aus Übersee in Containern oder als lose Schüttgüter kann eine unzureichende Reinigung Kontaminationen verursachen.

Dagegen besteht beim Transport von kleinen Mengen in Säcken (Kleinchargen) fast kein Verunreinigungsrisiko (Wenk et al., 2001).

Umladevorgänge

Jeder Umladevorgang erhöht das Risiko von unbeabsichtigten Verunreinigungen. Üblicherweise sind keine getrennten Annahmestellen für GVO-Güter und konventionelle Güter vorhanden. Bedingt durch die Fördertechnik und die in den Systemen entstehenden Restmengen kann es auch bei Umladevorgängen zu Vermischungen kommen. Diese Risiken wären nur bei vollständiger räumlicher Trennung auszuschließen.

Wenk et al., 2001 führten verschiedene Versuche zu Annahmevergängen durch. Dabei wurde überprüft, wie lange sich GVO-Material in einer GVO-freien Charge von Sojaextraktionsschrot nachweisen lässt, wenn eine Charge von 50 t Sojaextraktionsschrot (GVO Anteil von ca. 0,3 %) in einem Futtermittelwerk angenommen wurde (Stundenleistung der Annahme etwa 50 t).

Dabei konnten nach 15 Minuten noch GVO-Sequenzen nachgewiesen werden, nach 30 Minuten war kein Nachweis mehr möglich. Überraschenderweise konnten nach Beendigung der Annahme (60 Minuten) im letzten Annahmegut wiederum Spuren von GVO nachgewiesen werden. Man führte dies darauf zurück, dass bestimmte Restbestandteile erst dann frei werden, wenn sich die Anlage zur Annahme der Schüttgüter leert (Wenk et al., 2001).

Technische Verarbeitung

In der Verarbeitung können alle Verfahren Vermischungen verursachen. Ein besonders hohes Kontaminationsrisiko liegt vor, wenn für die Produktion einer neuen Charge eine Anlage eingesetzt wird, die nicht oder nur unvollständig gereinigt wurde. Einige Anlagen, insbesondere Anlagen, in denen Durchlaufverfahren eingesetzt werden (wie beispielsweise Mühlen), lassen sich nur mit erheblichen Aufwand vollständig entleeren bzw. reinigen.

Im Rahmen eines im Auftrag des schweizerischen Bundesamtes für Gesundheit bearbeiteten Projektes zur Warenflusstrennung bei der Lebensmittelproduktion wurden in einer Mühle Verschleppungsversuche mit GVO-Sojaextraktionsschrot und GVO-Mais durchgeführt (Wenk et al., 2001). Bei normaler Reinigung zwischen den

Verarbeitungsgängen von GVO- und konventioneller Ware wurden in der nachfolgenden Charge Anteile von GVO gefunden.

In einer Maismühle wurde folgender Versuch durchgeführt: Zuerst wurden 5 t Bt Mais verarbeitet, anschließend erfolgte eine Reinigung, wie sie zwischen Chargen von konventioneller und ökologischer Ware üblich ist. Danach wurden 4 t konventioneller Mais vermahlen. Dabei wurden alle 15 Minuten an insgesamt 14 verschiedenen Positionen Proben gezogen. Die erste Probe wurde direkt zu Beginn, die letzte Probe nach 195 Minuten entnommen. Die bei unterschiedlichen Endprodukten gefundenen Kontaminationsgrade sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Bt-Gehalt verschiedener Endprodukte bei Verschleppungsversuch in einer Maismühle:

	Grieß	Mehl	Schälmehl	Schale
Start	100 %	83,9 %	< 0,1 %	(keine Daten)
15 Minuten	2,6 %	10,0 %	Nn	8,2 %
45 Minuten	0,8 %	5,0 %	Nn	2,3 %
90 Minuten	0,3 %	2,1 %	Nn	1,5 %
135 Minuten	0,3 %	1,2 %	Nn	0,9 %
Ende	0,5 %	0,5 %	0,1 %	1,3 %

Quelle: Wenk et al., 2001

Es zeigt sich, dass in einer Mühle bis an das Ende einer nachfolgenden Charge mit Verunreinigungen zu rechnen ist, selbst wenn zuvor eine Reinigung erfolgte.

2.3 Kontamination durch Handel

Zwischen den einzelnen Verarbeitungsstufen der Produktionslinien von möglicherweise transgenen Rohwaren bilden sich Märkte aus. Auf diesen Märkten werden Erzeugnisse aus gentechnisch veränderten Rohwaren als Rohstoffe, Zutaten, Zusatz- und Verarbeitungshilfsstoffe gehandelt. Auf der Ebene des Handels findet eine „horizontale Migration“ von GVO bzw. deren Derivaten statt.

Ein Problem besteht darin, dass für verschiedene Vermarktungswege (Rohstoffindustrie, chemische Industrie) und für verschiedenartige Güter (z.B. Rapssaat, Rapsöl, Zusatzstoffe aus Rapsöl) unterschiedliche gesetzliche Vorgaben bestehen. Die für die Produktion eines Lebensmittels benötigten Rohstoffe können auf nationalen, europäischen oder internationalen Märkten erworben werden, das heißt

auch aus Ländern, in denen gentechnisch veränderte Pflanzen zu kommerziellen Zwecken angebaut werden. Z. B. sind in Europa für die Lebensmittelverarbeitung raffinierte Öle, die aus gentechnisch veränderten Kulturen gewonnen wurden, sowie eine transgene Rapslinie zugelassen. Auch Zusatzstoffe wie Lecithin (das aus transgenem Soja gewonnen wurde) oder Enzyme aus transgenen Organismen werden teilweise ohne Schwierigkeiten international gehandelt. Somit können auch über internationale Warenströme Erzeugnisse aus transgenen Organismen (Derivate) auf den deutschen Markt gelangen (Lehmann, 2000). Die analytische Nachvollziehbarkeit der Warenströme gentechnisch veränderter Erzeugnisse ist an die Nachweismöglichkeit der gentechnischen Veränderung gebunden. Bei verarbeiteten Erzeugnissen lassen sich gentechnische Veränderungen jedoch oft gar nicht oder nur sehr schwer und ungenau nachweisen. Zudem können die Hersteller Verarbeitungsschritte einsetzen, die einen Nachweis transgener Veränderungen verhindern (z. B. Raffinationsschritte bei Ölen)

Die Frage nach der Migration durch Handel auf den verschiedenen denkbaren Ebenen (Rohstoffe, Halberzeugnisse, Teilprodukte, Zusatzstoffe, etc.) und in den verschiedenen Branchensegmenten (Rohstoffindustrie, Futtermittelindustrie, chemische Industrie und Lebensmittelindustrie) ist äußerst komplex und vielschichtig. In einigen Bereichen ist heute praktisch keine Nachvollziehbarkeit herzustellen. Dies trifft insbesondere auf die chemische Industrie zu, die z. B. aus Fettsäuren unterschiedlichster Herkünfte technische Erzeugnisse wie Zusatzstoffe fertigt und diese weltweit vertreibt.

2.4 Kontamination durch den Zusatz verschiedener Substanzen bei der Verarbeitung (Mischprozesse)

In ein zusammengesetztes Produkt, welches überwiegend aus agrarischer Erzeugung stammt, können über eine ganze Reihe verschiedener Wege Kontaminationen mit transgenem Erbgut oder GVO-Derivaten erfolgen (vgl. Abbildung 2).

1. Der Rohstoff, welcher als Hauptkomponente eingesetzt wird, kann folgende Kontaminationen erfahren haben:
 - Das ausgesäte Saatgut war mit GVO-Saatgut durchsetzt.

-
- Durch Auskreuzung über Wildpflanzen oder Nutzpflanzen durch Wind- oder Insektenbestäubung kann es zum Eintrag von transgenem Erbgut kommen.
 - Durch die eingesetzte Ausbringungs- und / oder Erntetechnik (Sämaschine oder Mähdrescher) kommt es zu einer Verunreinigung.
 - Durch den Transport, die Aufreinigung und das Umlagern wird das Erntegut mit GVO-Erntegut vermischt.
2. Im Produkt werden verarbeitete Zutaten eingesetzt, die kontaminiert sein können:
- Durch die Handhabung der verarbeiteten Zutaten werden diese mit GVO-Zutaten vermischt.
 - Bei der Herstellung dieser Zutaten werden Hilfsstoffe benutzt, die selbst GVO oder deren Derivate sind.
3. Verwendung von Zusatzstoffen und anderen Spezialzutaten (Vitamine, Aminosäuren), die Kontaminationen verursachen können:
- Diese Stoffe sind selbst GVO-Derivate.
 - Diese Stoffe sind mit Hilfe von GVO oder deren Derivaten hergestellt.
 - Diese Stoffe sind auf Träger gezogen oder mit Stoffen vermischt, die GVO-Derivate sind.
4. Bei der Herstellung dieses Produktes werden (technische) Hilfsstoffe eingesetzt, die Kontaminationen verursachen können:
- Diese Hilfsstoffe sind GVO-Derivate.
 - Diese Hilfsstoffe sind mit Trägern oder anderen Substanzen vermischt, die GVO-Derivate sind.

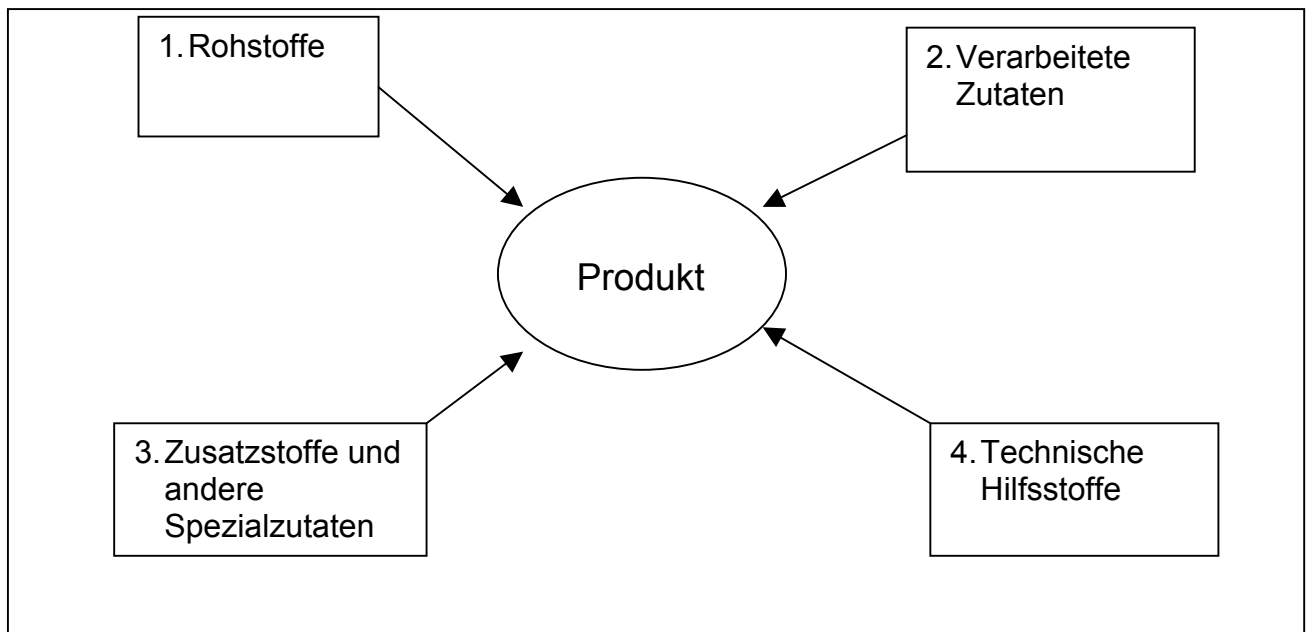


Abbildung 2: Potenzielle Kontaminationspfade bei der Herstellung von Lebensmitteln.

3. Kontaminationspfade und Belastungsgrade bei Erntegut, Saatgut, Futtermitteln und Lebensmitteln

Im folgenden Kapitel wird dargestellt, welche GVO-Kontaminationspfade für Erntegut, Saatgut, Futtermittel und Lebensmittel relevant werden können. Eine Übersicht über die Kontaminationsmöglichkeiten für die einzelnen Erzeugnisse gibt Tabelle 2. Aus der Tabelle geht hervor, dass es in weiten Bereichen Überschneidungen gibt: So haben beispielsweise Kontaminationspfade, die beim landwirtschaftlichen Anbau eine Rolle spielen, auch Auswirkungen auf Futter- oder Lebensmittel, wenn das verunreinigte Erntegut als Rohstoff bei der Herstellung dieser Erzeugnisse eingesetzt wird.

Im Folgenden wird daher darauf verzichtet, für jedes Erzeugnis alle relevanten Kontaminationsmöglichkeiten zu beschreiben (vgl. hierzu Kapitel 2). Der Schwerpunkt liegt auf der Darstellung der erzeugnisspezifischen Aspekte. Wenn möglich, werden quantitative Aussagen zu bisher gefundenen Belastungsgraden gemacht.

Tabelle 2: Darstellung der Möglichkeiten, durch die es bei der Herstellung der angegebenen Erzeugnisse zu einer Verunreinigung durch gentechnisch verändertes Erbmateriale kommen kann.

Kontaminationsmöglichkeiten	Erzeugnisse			
	Erntegut	Saatgut	Futtermittel	Lebensmittel
	Kapitel 3.1	Kapitel 3.2	Kapitel 3.3	Kapitel 3.4
mit GVO verunreinigtes Saatgut	x	x	x	x
verunreinigte Sä- und Erntemaschinen	x	x	x	x
Einkreuzung / Verwilderung / Durchwuchs	x	x	x	x
Sammelstellen und Reinigungsanlagen	x	x	x	x
Transportprozesse	x	x	x	x
Umladevorgänge			x	x
Technische Verarbeitung			x	x
Einsatz von Zutat und techn. Hilfsstoffen			x	x

erstellt in Anlehnung an BUWAL-Studie (Nowack Heimgartner et al., im Druck).

3.1 Erntegut

3.1.1 Potenzielle Kontaminationspfade bei der Pflanzenproduktion

Einen Überblick über die Pfade, die zu einer Verunreinigung von Erntegut durch GVO führen können, gibt Tabelle 2.

Am Anfang der pflanzlichen Produktion steht das Saatgut. Treten hier bereits Verunreinigungen durch GVO auf (vgl. Kapitel 3.2), finden sich diese auch im Erntegut wieder. Das Ausmaß der Verunreinigung des Saatguts durch GVO hat entsprechend einen maßgeblichen Einfluss darauf, wie groß der Anteil des transgenen Ernteguts an der Gesamternte werden kann.

Eine weitere Kontaminationsmöglichkeit liegt in der gemeinschaftlichen Verwendung von Sämaschinen. Werden die Maschinen auch zur Ausbringung von GVO-Saatgut verwendet, kann es zum Eintrag von gentechnisch verändertem Saatgut in das ursprünglich GVO-freie Saatgut kommen.

Stehen die Pflanzen auf dem Feld, besteht das Risiko der Kontamination durch den Eintrag transgener Pollen mit anschließender Befruchtung. Der Pollen kann sowohl aus transgenen Kulturen (bzw. Kulturflüchtlern derselben Art) von benachbarten Flächen stammen als auch –in geringerem Umfang – von sexuell kompatiblen Hybriden, die durch Kreuzung der transgenen Kulturpflanze mit einer verwandten wildwachsenden Art entstanden sind. Das Einkreuzungsrisiko ist umso höher, je größer der Anteil entsprechender transgener Kulturen in der Umgebung ist und je stärker GVO-Flächen mit GVO-freien Flächen derselben Kulturen räumlich miteinander verzahnt sind. Zudem ist es stark von der Fortpflanzungsbiologie der jeweiligen Kultur abhängig.

Auch durch GVO verunreinigte Erntemaschinen können zu einer Kontamination von Erntegut durch GVO beitragen.

Hinzu kommt die Möglichkeit der Verunreinigung bei Sammlungs- und Transportvorgängen, wenn keine strikte Trennung der Warenflüsse eingehalten wird.

3.1.2 Belastungsgrade

Der Eintrag transgenen Erbmaterials durch Einkreuzung kann – je nach den biologischen Eigenschaften der betrachteten Pflanze – eine wichtige Kontaminationsquelle darstellen. Versuche zu Pollenausbreitungsdistanzen und Einkreuzungsraten geben einen Überblick darüber, mit welchen Kontaminationsraten durch den Eintrag gentechnisch veränderten Pollens in der Nachbarschaft transgener Kulturen gerechnet werden muss.

In einer noch nicht veröffentlichten Studie für das schweizerische Umweltbundesamt (BUWAL) wurden für acht wichtige Kulturarten Kennzahlen der Genverbreitung (Fortpflanzungssystem, Vektor, Pollencharakterisierung, Pollenausbreitungsdistanzen) sowie weitere Aspekte der Ausbreitung (wie Auskreuzung auf verwandte Arten, Verwilderungspotenzial) zusammengefasst (Nowack Heimgartner et al., im Druck). Die Ergebnisse werden in den Tabellen 3 und 4 präsentiert.

Aus den gefundenen Ergebnissen wurde folgende Schlussfolgerung abgeleitet: Auskreuzung (Pollendrift durch Wind und Insekten) sowie Samenausbreitung und Verwilderung gentechnisch veränderter Pflanzen über weite Entfernungen sind grundsätzlich möglich und ein großes Problem für den Erhalt einer gentechnikfreien Landwirtschaft, da sich dieser Vorgang nicht kontrollieren lässt und auch nicht vor Landesgrenzen Halt macht. (Nowack Heimgartner et al., im Druck)