

Gentechnologie in Landwirtschaft und Lebensmittel

Folie 1 – Wozu wird Gentechnik in der Landwirtschaft eingesetzt?

In der Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion werden gentechnische Verfahren zur Herstellung bzw. Züchtung von Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen eingesetzt. Bei gv-Pflanzen steht die Verbesserung von Anbau- und Produkteigenschaften im Vordergrund bzw. sollen Pflanzen mithilfe der Gentechnik als Lieferanten für nachwachsende Rohstoffe optimiert werden.

Gv-Tiere haben bis auf einige Anwendungsgebiete in der Medizin bislang kaum praktische Bedeutung, Lebensmittel aus gv-Tieren wird es in näherer Zukunft nicht geben. Mikroorganismen wie Bakterien, Schimmelpilze und Hefen werden generell in der Lebensmittelherstellung vielseitig eingesetzt. Gv-Mikroorganismen haben mittlerweile für die industrielle Produktion von Enzymen, Vitaminen und Aminosäuren (oft in Lebensmitteln enthalten) eine große Bedeutung.

Folie 2 – Was sind überhaupt GVOs?

GVO ist die Abkürzung für „Gentechnisch Veränderter Organismus“. Darunter versteht man Pflanzen, Tiere oder Mikroorganismen, deren genetisches Material (DNA) in einer Weise verändert wird, wie es in der Natur durch Kreuzung oder natürliche Rekombination nicht vorkommt. Häufig wird dabei genetisches Material über die Artgrenzen hinweg übertragen (z.B. Übertragung eines Bakteriengens in eine Maispflanze), dies wird als „horizontaler Gentransfer“ bezeichnet.

Die Übertragung von artfremden Genen durch horizontalen Gentransfer und die dadurch mögliche unkontrollierte Ausbreitung von Fremd-DNA in der Umwelt ist ein zentrales Thema in Diskussionen um eventuelle Gefahren der Grünen Gentechnik.

Folie 3 -und wozu?

Durch gentechnische Methoden kann die Erbinformation von Pflanzen, Tieren, Bakterien oder Pilzen verändert werden, wodurch einzelne Eigenschaften entfernt, dazugefügt, abgeschwächt oder verstärkt werden. Der Einsatz von Gentechnik soll einerseits landwirtschaftlichen Interessen wie Ertragssteigerung, Arbeitserleichterung (z.B. durch niedrigere Frequenzen des Pestizid-Spritzens), Verbilligung der Produktion und Verbesserung der Qualität der Produkte dienen. Andererseits soll mittels gv-Pflanzensorten ein Beitrag zur Umweltschonung geleistet werden, in dem weniger Pestizide und Herbizide auf die Felder ausgebracht werden.

Gentechnisch veränderte Lebensmittel werden aus oder mit Hilfe von gentechnisch veränderten Organismen hergestellt. Da weltweit schon ein großer Anteil der Nutzpflanzen gentechnisch verändert ist, enthält auch ein großer Teil der Lebensmittel gv-Anteile.

Geforscht wird derzeit an einer neuen Generation an gv-Lebensmitteln, die nicht nur für die Hersteller oder für die Umwelt Vorteile bringen, sondern auch für KonsumentInnen interessante Eigenschaften aufweisen, wie z.B. erhöhter Vitamingehalt oder allergenfreie Lebensmittel.

Folie 4 – Herstellung von gv-Pflanzen

gv-Pflanzen enthalten fremde DNA. Das Einbringen von fremder DNA in Pflanzenzellen wird als Transformation bezeichnet. Sie kann mit mehreren Methoden durchgeführt werden:

- Die bei zweikeimblättrigen Pflanzen (z.B. Soja) am häufigsten angewendete Methode ist die Transformation mithilfe des Bodenbakteriums *Agrobacterium tumefaciens*. Diese Bakterien können Teile ihrer DNA in das Pflanzengenom einschleusen, diese Eigenschaft wird genutzt. Die übertragene, bakterielle DNA (=T-DNA, Transfer-DNA) befindet sich auf dem so genannten Tumor-induzierenden Plasmid, dem Ti-Plasmid, einer kleinen ringförmigen DNA. Unter bestimmten Bedingungen wird dieses Plasmid auf Pflanzenzellen übertragen und stellt somit ein von der Natur perfektioniertes Transportvehikel für Gene dar. Mittels Gentechnik kann nun ein Fremdgen in das Ti-Plasmid eingebaut werden, die so veränderten Agrobakterien werden dann verwendet, um Pflanzenzellen zu infizieren und die Fremd-DNA ins pflanzliche Genom einzubauen. Aus den genetisch veränderten Pflanzenzellen können Pflanzen gezogen werden. Die Regeneration einer ganzen Pflanze aus einzelnen Zellen verläuft jedoch nicht bei allen Pflanzenarten gleich gut.
- Eine weitere Methode ist das Einschleusen von Fremdgenen in Pflanzenzellen, indem vorher die pflanzliche Zellwand vorübergehend durch chemische Substanzen oder durch elektrische Spannung, der so genannten Elektroporation, durchlässig gemacht wird.
- Noch eine Möglichkeit der Transformation stellt die so genannte DNA-Kanone („gene gun“) dar. Dabei werden die Pflanzenzellen mit Goldpartikeln beschossen, an denen die einzubringende Fremd-DNA haftet.

Folie 5 – Gentechnik in der Pflanzenzucht – warum?

Die konventionelle Pflanzenzüchtung hat eine Vielfalt an Obst- und Gemüsesorten, Nutzpflanzen und Ziergewächsen hervorgebracht. Die klassische oder konventionelle Pflanzenzüchtung beruht auf der Kreuzung und anschließenden Selektion (Auslese). Da jedoch bei der Kreuzung die Verteilung der Erbanlagen stark vom Zufall abhängt, ist das Erreichen eines bestimmten Züchtungszieles mit konventionellen Methoden ein zeitaufwändiger Prozess. Im einfachsten Fall wählt der Züchter zwei Elternpflanzen mit wenigstens je einem der gewünschten Merkmale aus und kreuzt sie miteinander. Jene Nachkommen mit günstigen Eigenschaften werden durch Befruchtung mit sich selbst vermehrt. Aus der Folgegeneration werden die besten Pflanzen ausgewählt und vermehrt bis die Merkmale stabil sind, d.h. bis alle weiteren Nachkommen gleiche Eigenschaften zeigen. Üblicherweise dauert dies rund 8-10 Generationen und - da jede Generation die Ernte eines Jahres darstellt - 8-10 Jahre.

Gentechnik spielt in der Pflanzenzucht und -forschung bereits eine wichtige Rolle. Der Einsatz von gentechnischen Methoden beschleunigt den Züchtungsprozess, da genetische Veränderungen zielgerichtet durchgeführt werden können. Ein langwieriges Auskreuzen ist nicht mehr nötig. Mit der Gentechnik sollen neue Konzepte umgesetzt werden, vor allem um Pflanzen resistent gegen Schädlinge bzw. Unkrautvernichtungsmittel (Herbizide) zu machen. Beispiele für Schädlinge sind der Maiszünsler bei Mais, Kraut- und Knochenfäule bei Kartoffeln, Pilzbefall bei Weizen, Weinreben oder Bananen.

Aufgrund des immer größer werdenden weltweiten Wassermangels bei steigender Weltbevölkerung und dem Klimawandel gibt es einige Forschungsansätze, die darauf abzielen, Pflanzen mit einer verbesserten Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit, Hitze oder Kälte sowohl gentechnisch als auch konventionell zu züchten. Pflanzen mit einer erhöhten „Stresstoleranz“ zu erzeugen ist jedoch ein schwieriges Unterfangen, da hier komplexe zelluläre Mechanismen ablaufen, bei denen viele Gene beteiligt sind. Es müssen daher zuerst die molekularen Grundlagen z.B. in Pflanzen, die auf trockenen Standorten vorkommen, erforscht werden.

Weiters gibt es Forschungsansätze, um zusätzlichen Inhaltsstoffe wie z.B. Vitamine in Pflanzen zu generieren bzw. unerwünschte Eigenschaften zu entfernen (z.B. um in weiterer Folge allergiefreie oder cholesterinfreie Lebensmittel zu erzeugen).

Folie 6 – Anbau von gv-Pflanzen weltweit

Die am häufigsten angebauten gentechnisch veränderten Kulturpflanzen sind gv-Soja, gv-Mais, gv-Baumwolle und gv-Raps. Bei Sojabohnen sind es 64%, bei Baumwolle 43%, bei Mais 24% und bei Raps 20% der Weltproduktion. Gv-Pflanzen werden vor allem in Nord- und Südamerika und Kanada genutzt, zunehmend aber auch in Indien, China und Südafrika.

Folie 7 – Anbau von gv-Pflanzen weltweit

Die weltweite Anbaufläche von gv-Pflanzen ist kontinuierlich im Steigen begriffen. 1996 wurden in den USA die ersten gentechnisch veränderten Pflanzen angebaut. Inzwischen sind die Anbauflächen weltweit auf über 100 Millionen Hektar angestiegen. Die Weltkarte zeigt die 22 gv-Anbauländer in grün. Aus der Grafik sind der Gesamtanstieg sowie der Anstieg der gv-Anbauflächen in den Industrie- und Entwicklungsländern in Millionen Hektar zu erkennen. Die höchste prozentuelle Steigerung findet man in Indien mit gv-Baumwolle.

Folie 8 – Anbau von gv-Pflanzen in der EU

Rechtlich ist der Anbau von gv-Pflanzen in allen EU-Ländern möglich. In der EU wird bisher ausschließlich gentechnisch veränderter Bt-Mais angebaut, der infolge eines neu eingeführten Gens einen Wirkstoff (Bt-Toxin) gegen den Maiszünsler produziert. Dieser Schädling ist vor allem in Süd- und Mitteleuropa verbreitet. In Regionen mit starkem Befall verursacht er spürbare Ertrags- und Ernteverluste. In Spanien macht Bt-Mais bereits 25% der Maisernte aus.

Folie 9 – Beispiel - „Bt-Mais“

Mais gehört zusammen mit Reis und Weizen zu den wichtigsten Nahrungspflanzen der Welt. In Nordamerika und Europa wird Mais überwiegend als Tierfutter verwertet und kommt nur auf dem Umweg über den Fleischkonsum in die Nahrungskette des Menschen. Die Gewinnung von Stärke aus Mais ist für die Papier- und Chemieindustrie von Relevanz.

Bei „Bt“ Mais handelt es sich um eine Maissorte, der mittels Gentechnik ein Gen aus dem Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* (Bt) eingefügt wurde. Dieses Gen kodiert für ein Eiweiß, das „Bt-Toxin“, einem Giftstoff, der die Darmwand von Fraßinsekten zerstört. *Bacillus thuringiensis* ist überall im Boden anzutreffen. Seine giftige Wirkung auf Insekten ist seit fast 100 Jahren bekannt. Es gibt verschiedene *Bacillus thuringiensis* Arten, die wiederum sehr spezifische Gifte gegen die unterschiedlichsten Insektengruppen produzieren. Für Säugetiere und den Menschen ist Bt-Toxin harmlos.

Seit den 1960er Jahren sind Bt-Präparate als Pflanzenschutzmittel im Einsatz und auch im Ökologischen Landbau erlaubt. Ihre Wirkung ist jedoch eingeschränkt, da nur die Maiszünsler in Bodennähe erreicht werden. Neuere Bt-Maissorten produzieren Bt-Toxin nur im Stängel, also dort wo es benötigt wird und nicht in der gesamten Pflanze, wie es bei den ersten Bt-Sorten der Fall war.

Die Wirkung auf so genannte Nicht-Zielorganismen wie Insekten oder Kleinlebewesen ist eines der wichtigsten Themen der biologischen Sicherheitsforschung zu Bt-Mais. Es wird befürchtet, dass ein großflächiger Anbau von Bt-Pflanzen eine Resistenzbildung im Maiszünsler beschleunigen könnte.

Folie 10 – Verarbeitung von Mais

Die Darstellung auf Folie 10 gibt einen Überblick, wozu Mais verarbeitet werden kann: Öl, Stärke, Zucker (Glukosesirup und Dextrose), trockene Vermahlung sowie Maltodextrin. Maltodextrin ist ein aus Stärke gewonnenes kaum süßes Kohlehydrat und wird als leicht verfügbares Kohlehydrat in Sportdrinks bzw. als Stabilisator, Füllstoff oder Konservierungsmittel vielen Lebensmitteln zugegeben. Die Tabelle zeigt, in welcher Fülle von Endprodukten Maisbestandteile bzw. -produkte zu finden sind.

Folie 11 – Bt-Mais in Nahrungsmitteln

Die Wahrscheinlichkeit, in den europäischen Supermarktregalen Produkte zu finden, die gv-Mais enthalten, ist sehr gering, jedoch nicht auszuschließen. Europa versorgt sich mit Mais nahezu selbst, die gv-Mais Anbauflächen sind noch sehr gering (der Trend zum Anbau von Bt-Mais ist jedoch vorhanden, siehe Folie 8) und Mais-Importe finden kaum statt. Der derzeit in Europa angebaute Bt-Mais wird hauptsächlich zu Futtermittel verarbeitet.

Folie 12, 13 – Amflora

Stärke ist ein wichtiger Bestandteil von Nahrungsmitteln und nachwachsender Rohstoff. Aufgrund der Eigenschaften der Stärke als modifizierbares Polymer sowie seiner Zusammensetzung aus [fermentierbaren](#) Zuckereinheiten wird Stärke als [nachwachsender Rohstoff](#) in der chemisch-technischen Industrie vielfältig eingesetzt; der Verbrauch an Stärke und Stärkederivaten betrug beispielsweise 2007 in Deutschland nach Verbandsangaben 45% und damit mehr als 850.000 t im Jahr 2007. Von diesen gingen etwa 4,5% in die chemische und die Fermentationsindustrie, 95,5% wurden in der Papier- und Wellpappeproduktion eingesetzt

Stärkemoleküle bestehen aus D-[Glucose](#)-Einheiten, die über [glykosidische](#) Bindungen miteinander verknüpft sind. Natürliche Stärke besteht zu

- 20–30 % aus [Amylose](#), linearen Ketten mit helikaler (Schrauben-)Struktur, die nur α -1,4-glykosidisch verknüpft sind und
- 70–80 % aus [Amylopektin](#), stark verzweigten Strukturen, mit α -1,6-glykosidischen und α -1,4-glykosidischen Verknüpfungen.

Amylopektin wird etwa in der Papier- und Textilstoffindustrie sowie bei der Kleb- und Bausstoffherstellung verwendet. Aus Amylose dagegen lassen sich biologisch abbaubare Folien und Filme herstellen. Vor jeder industriellen Verwendung muss die Kartoffelstärke in diese beiden Komponenten getrennt werden. Dies geschah früher unter hohem Verbrauch von Energie und Wasser. Heute ist es auch möglich, die gewünschte Stärkeform über eine chemische Modifikation zu erzeugen.

Das Gen für das Enzym Stärkesynthase ist für die Biosynthese von Amylose unbedingt notwendig. Dieses wurde in der Amflora mittels einer RNA-Interferenz (RNAi) genannten Methode abgeschaltet. Dazu wird ein kurzes Gegenstück des abzuschaltenden Gens in die Zellen eingebaut. Dieses kurze Genstück wird in eine microRNA umgeschrieben, die über epigenetische Kontrollmechanismen das Zielgen langfristig abschaltet.

Allerdings ist das nicht die einzige Veränderung in der Kartoffel Amflora: aus technischen Gründen befindet sich auch noch eine Antibiotika-Resistenz gegen Kanamycin und Neomycin im Genom. Mit Hilfe dieses sogenannten Selektionsmarkers kann im Labor die gv-Kartoffel von Kartoffeln unterschieden werden, die keine gentechnische Veränderung haben. In frühen Entwicklungsphasen wird das Antibiotikum zugefügt und so können die gv-Kartoffeln besser wachsen als die konventionellen.

Weitere Informationen:

Eliane:

www.bava.ch/seite_3_5_produkte_neu_avebe.htm

Amflora:

<http://www.basf.com/group/corporate/de/products-and-industries/biotechnology/plant-biotechnology/amflora>; amflora.basf.com;

www.keine-gentechnik.de/dossiers/kartoffel-eh92-527-1.html

Folie 15 – Beispiel - „Roundup-Ready“ Sojabohne

Soja ist die weltweit wichtigste Öl- und Eiweißpflanze. Keine Pflanze ist so reich an Proteinen wie Soja. Der größte Anteil der weltweiten Sojaproduktion wird als Tierfutter verwendet. Soja ist zudem Rohstoff für verschiedenste Lebensmittelzutaten und -zusatzstoffe. Es wird geschätzt, dass 20.000 - 30.000 Lebensmittelprodukte in irgendeiner Form Sojakomponenten – entweder direkt oder indirekt über mit Soja gefütterten Tieren - enthalten.

Der Chemiekonzern Monsanto vertreibt bereits seit den 1980er Jahren das Unkrautvernichtungsmittel „Roundup“. Wirkstoff ist das für fast alle Pflanzenarten giftige Glyphosphat, das in die Biosynthese von Aminosäuren eingreift. 1996 wurden von Monsanto gentechnisch veränderte Sojabohnen auf den Markt gebracht, die resistent gegen das Herbizid „Roundup“ sind. Durch Einbau eines zusätzlichen bakteriellen Gens wurde ihnen die Resistenz gegenüber dem Herbizid vermittelt. Werden Roundup-Ready Sojabohnen angebaut, verringert sich der Herbizideinsatz, da alle Pflanzen außer der genveränderten Nutzpflanze, abtötet werden und somit mehrerer gezielte Spritzungen von spezifischen Herbiziden, wie in der konventionellen Landwirtschaft üblich, nicht mehr nötig sind. Es gibt jedoch Befürchtungen, dass sich Roundup-resistente Unkräuter bilden könnten.

Folie 16 – Verarbeitung von Soja

Neben ihrer großen Relevanz als Futtermittel (Sojaschrot ist das wichtigste Einzelfuttermittel in der EU) werden aus Sojabohnen wichtige Zutaten, Zusatzstoffe und Vitamine für die Lebensmittelproduktion gewonnen. Die Darstellung gibt einen Überblick, wozu Sojabohnen verarbeitet werden können: Fette und Öle, Lecithine und andere Emulgatoren (werden aus raffinierten Sojaöl gewonnen), Vitamin E (als Nebenprodukt bei der Fetterzeugung gewonnen), Sojaflocken und Sojamehl. Diese Produkte kommen in einer Vielzahl von verarbeiteten Lebensmitteln vor, wie Fertiggerichten, Desserts, Schokolade, Backwaren etc.

Folie 17 – Anbau von gv-Soja

64% der Soja-Weltproduktion stammen von gv-Soja. In einigen Ländern wird fast ausschließlich gv-Soja angebaut (USA 94%, Argentinien 98%). Weitere Anbauländer für Roundup-Ready-Sojabohnen sind Kanada, Mexiko, Uruguay und Südafrika. Pro Jahr werden rund 40 Millionen Tonnen Sojabohnen bzw. Sojaschrot in die EU importiert. In den USA und Argentinien, den Hauptsojalieferanten, werden gv- und konventionelle Sojasorten nach der Ernte nicht getrennt behandelt. Somit stammen Sojarohstoffe zu einem gewissen Anteil aus gv-Sojabohnen.

Aus klimatischen Gründen spielt der Sojaanbau in Europa kaum eine Rolle, die Hauptanbauländer (von konventionellen Soja) sind Frankreich, Italien und Österreich.

Folie 18-20 – gv-Pflanzen mit Zusatzstoffen/Beispiel - „Goldener Reis“

Eine neue Generation von gv-Pflanzen nimmt einen wichtigen Stellenwert in der Pflanzenforschung ein. Sie sollen direkte Vorteile für den Konsumenten bringen wie z.B. maßgeschneiderte Inhaltsstoffe, Anreicherung von gesundheitsfördernden Substanzen (z.B. Vitamine) oder allergenfreie Agrarrohstoffe.

Ein besonderes Beispiel stellt das Projekt „Goldener Reis“ dar. Diese gv-Reissorte wird von einer internationalen WissenschaftlerInnengruppe rund um Ingo Potrykus entwickelt und von Unternehmen und Stiftungen finanziert, die auf Lizenzgebühren verzichten.

Hintergrund: Unterversorgung mit Vitamin A ist ein weltweit ernstzunehmendes Ernährungsproblem. Jährlich erblinden rund 500.000 Menschen, vor allem Kinder, viele sterben innerhalb eines Jahres nach der Erblindung an den Folgen des Vitaminmangels. Das Problem betrifft vor allem Asien, wo Reis das Hauptnahrungsmittel darstellt.

„Golden Rice“ hat seinen Namen aufgrund der gelben Farbe. Er enthält Gene aus einer Narzissenart und einem Bakterium, die es ermöglichen, dass β -Carotin (=Provitamin A), der Vorstufe von Vitamin A, im Reis gebildet wird. Dieses wird im Körper in Vitamin A umgewandelt. Jahrelange Forschungsarbeiten über die Biosynthesewege von β -Carotin waren für die Entwicklung des „Goldenen Reis“ notwendig, derzeit gibt es nur Freisetzungsversuche, jedoch noch keinen Anbau. Das Saatgut soll den Kleinbauern in Entwicklungsländern kostenlos zur Verfügung gestellt werden.

Die Zulassung von GVO ist aufwändig und teuer. Nicht zuletzt deshalb haben sich die Forscher um Prof. Ingo Potrykus mit der Firma Syngenta zusammengetan, um die notwendigen Schritte für eine Zulassung zu ermöglichen. Die Firma Syngenta hält einige Patente, die auch für das Saatgut von Golden Rice schlagend sind. Für humanitäre Projekte wird Syngenta keine Lizenzgebühren verlangen. Trotzdem ist der Zugang zu Saatgut für eines der wichtigsten Grundnahrungsmittel ein wichtiger Vorbehalt.

Weitere Info: www.goldenrice.org

Folie 21 – Gentechnisch veränderte Tiere – warum?

In der Landwirtschaft besteht vor allem Interesse an der Verbesserung der Tiergesundheit sowie an höherer Quantität und Qualität der Fleisch- und Milchproduktion.

Mit Hilfe neuer Verfahren (jedoch ohne Gentechnik) in der Nutztierzüchtung, wie z.B. der künstlichen Besamung oder Embryoteilung, konnte in den letzten Jahrzehnten schon einige Züchtungsziele und Ertragssteigerungen erzielt werden. Bei diesen Methoden kann jedoch kein artfremdes „Genmaterial“ genützt werden, sondern ausschließlich der Genpool (=Gesamtheit der Gene einer Tierart) optimiert werden. Mithilfe der Gentechnik könnten artfremde Gene genützt werden.

Trotzdem gibt es derzeit keine gentechnisch veränderten Tiere, die Eier, Milch oder Fleisch für die menschliche Ernährung liefern - und es wird sie auch nicht so schnell geben. Einerseits sind die gewünschten Eigenschaften wie z.B. Verbesserung der Tiergesundheit oder der Fleischqualität nicht nur durch einzelne Gene bestimmt, sondern stellen ein komplexes Wechselspiel von vielen Genen sowie der Umweltbedingungen, in denen ein Tier lebt, dar. Andererseits sind die Verfahren für die Herstellung von gv-Tieren wenig ausgereift, teuer und nicht so weit entwickelt wie bei den Pflanzen. Auch müssen tierethische Fragen in die Überlegungen und Versuche berücksichtigt werden.

Folie 22 – Spezielle Anwendungen der Gentechnik bei Tieren

Transgene Tiere, d.h. Tiere, die artfremde Gene enthalten, werden in der Landwirtschaft nicht so schnell an Bedeutung gewinnen. In der Medizin wird ihr Potential jedoch hoch eingeschätzt, vor allem die Arzneimittelproduktion in der Milch von transgenen Tieren ist von großem Interesse. In der EU wurde 2006 bereits ein Blutgerinnungsfaktor zugelassen, der aus der Milch von gv-Ziegen gewonnen wird, im Handel ist das Medikament noch nicht erhältlich.

Transgene Schweine, denen mittels Gentechnik das Gen für Phytase – ein Enzym, das Phosphorverbindungen abbaut - übertragen wird, sollen einen Beitrag zum Umweltschutz liefern, da ihr Dung weniger Phosphate enthält. Sie befinden sich allerdings noch im Forschungsstadium.

Transgene Lachse könnten die ersten im Handel erhältlichen gv-Tiere sein. Ihre Markteinführung wird in den USA und Kanada angestrebt. Bei den gv-Fischen stehen vor allem schnelleres Wachstum und größere Tiere im Vordergrund, die gentechnische Veränderung hat eine bessere Verwertung der eigenen Wachstumshormone zur Folge. Techniken zur gentechnischen Veränderung von Fischen sind recht simpel im Vergleich zu jenen von Säugetieren. Fischeier stehen in großer Menge zur Verfügung, können leicht verändert werden und ihre Embryonalentwicklung läuft am Gewässergrund (außerhalb eines Muttertieres) weiter.

Folie 23 – gv-Mikroorganismen – warum?

Gentechnisch veränderte Mikroorganismen ermöglichen die effektive und einfache Herstellung von Enzymen sowie Lebensmittel –und Futtermittelzusätzen.

Bei der Gewinnung von Enzymen wird die zu deren Herstellung notwendige genetische Information mittels Gentechnik in Bakterien, Hefen oder Schimmelpilze übertragen. Die so veränderten Mikroorganismen produzieren dann das jeweils gewünschte Protein das auf diesem Weg in großer Menge und hochreiner Form gewonnen werden kann.

Enzyme kommen in der Lebensmittelverarbeitung, als Futtermittelzusatz, in der Textil-, Leder- und Kosmetikindustrie zum Einsatz. Da die chemische Synthese von Enzymen aufgrund ihrer komplizierten Molekülstruktur nahezu unmöglich ist, hat die Gentechnik einen Durchbruch in der Enzymherstellung mit sich gebracht.

Ein bekanntes Beispiel ist das Chymosin, das normalerweise nur von Zellen im Magen von Kälbern produziert und für die Milchdicklegung (Gerinnung) bei der Käseherzeugung benötigt wird. Die weltweite Käseproduktion wird großteils mit gentechnisch erzeugten Chymosin durchgeführt. Die Verwendung ist in den USA und Europa (Ausnahme Österreich und Frankreich) gesetzlich zugelassen.

Der erste Lebensmittelzusatzstoff, der in großem Stil biotechnologisch hergestellt wurde, war Zitronensäure. Während diese früher aus Zitrusfrüchten gewonnen wurde, stammt mittlerweile fast die gesamte Weltproduktion aus dem Gärungsprozess des Pilzes *Aspergillus niger*.

In der Lebensmittelproduktion und Futtermittelerzeugung finden gentechnisch hergestellte Aminosäuren (=Grundbausteine von Proteinen) Verwendung. Sie werden vor allem als Geschmacksverstärker (z.B. Glutamat), die in vielen Fertigprodukten und Würzmitteln enthalten sind, eingesetzt. Weiters werden bereits Vitamine biotechnologisch hergestellt, z.B. Vitamin B2 („Riboflavin“, als gelber Farbstoff in Lebensmittel enthalten) und Vitamin B12 (fast nur mehr gentechnisch erzeugt, da die chemische Synthese sehr schwierig ist; in Babynahrung, Frühstückscerealien, Nahrungsergänzungsmitteln).

Folie 24 – GVO in Lebensmitteln?

Gentechnik kann in der Lebensmittelproduktion auf unterschiedliche Arten eingesetzt werden. Lebensmittel können:

- **Selbst ein GVO sein** (gv-Süßmais in Dosen)

Bei Obst und Gemüse ist bisher am europäischen Lebensmittelmarkt nur eine gentechnisch veränderte Pflanze zugelassen, die roh oder zubereitet als Lebensmittel verzehrt wird: Süßmais. Da die europäischen KonsumentInnen jedoch der Gentechnik sehr kritisch gegenüberstehen, werden gv-Mais Sorten kaum angebaut. Importe von gv-Mais finden kaum statt, da sich Europa mit Mais selbst versorgt. Es gibt daher in Europa

praktisch keine Lebensmittel, die selbst ein gentechnisch veränderter Organismus (GVO) sind.

Ein weiteres gv-Gemüse ist z.B. die berühmte „Anti-Matsch-Tomate“, die ein Enzym enthält, das den Abbau der Zellwände steuert und dadurch die Haltbarkeit der Tomate kontrolliert, gentechnisch blockiert. Diese Tomatensorte („Flavr-Savr“) wurde übrigens in den USA aus dem Verkehr gezogen, da ihr Geschmack nicht den Konsumentenwünschen entsprach. Gentechnisch veränderte Papayas, Melonen und Zucchini sind in den USA zugelassen, dürfen aber derzeit nicht nach Europa exportiert werden.

- **Aus GVOs hergestellt sein** (Öl aus gv-Raps)

In Europa angebaute gentechnisch veränderte Raps- und Maissorten werden hauptsächlich für die Futtermittelerzeugung und als erneuerbare Energieträger verwendet. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass gv-Maisstärke (Grundstoff in der Chemie- und Papierindustrie) auch in den Lebensmittel gelangt (z.B. Traubenzucker, der aus Maisstärke gewonnen wurde). Die Wahrscheinlichkeit dafür ist allerdings eher gering, da in Europa häufig Kartoffel- und Weizenstärke für die Stärkeverzuckerung (=Herstellung von Traubenzucker, Glukosesirup) verwendet wird. Vor allem aus Nord- und Südamerika importierte Produkte können jedoch aus GVOs hergestellt sein.

- **GVOs enthalten** (Jogurt mit gv-Milchbakterien)

Es gibt eine Reihe von Bakterien und Pilzen, die für die Herstellung von Lebensmitteln wie Sauerkraut, Käse, Jogurt, Sauermilch, Rohwurst, Brot, Bier, Wein oder Essig seit jeher unentbehrlich sind. Sie sind in vielen dieser Lebensmittel in lebender oder abgetöteter Form enthalten. Im Mittelpunkt des Interesses der Lebensmittelindustrie steht derzeit vor allem eine gezielte gentechnische Veränderung von Hefen und Milchsäurebakterien, die in Brauereien, Bäckereien sowie in der Milch-, Fleisch-, Obst- und Gemüseverarbeitung eingesetzt werden. Derzeit sind in Europa jedoch keine gv-Mikroorganismen für den Einsatz in Lebensmitteln oder Getränken zugelassen.

- **GVO-Bestandteile enthalten** (Schokolade mit aus gv-Soja gewonnenem Lecithin)

Viele Lebensmittel enthalten Zutaten, die aus Sojabohnen hergestellt werden – z.B. Öl in Margarine und Mayonnaise, Lecithine in Schokoladen, Desserts und Backwaren, Sojaprotein in Fertigprodukten (Suppen, Saucen) und Milchimitaten (Kaffeeweißer), oder sie werden direkt aus ganzen Sojabohnen hergestellt (z.B. Tofu, Sojadinks, Miso-Paste). Bei allen Zutaten, die aus Sojabohnen gewonnen werden, ist es mittlerweile wahrscheinlich, dass sie zu einem gewissen Anteil aus gentechnisch veränderten Rohstoffen stammen.

- **Zusatzstoffe und Enzyme enthalten, die mit Hilfe von GVOs produziert wurden** (Chymosin zur Käseproduktion, hergestellt in gentechnisch veränderten Pilz- oder Bakterienkulturen).

Für die industrielle Produktion von Aminosäuren, Vitaminen und Enzymen, die in vielen Lebensmitteln vorkommen, sind gentechnisch veränderte Mikroorganismen sehr verbreitet.

Folie 25 – Was passiert mit gv-Lebensmitteln im Körper?

Der Mensch ist auf pflanzliche und tierische Nahrung angewiesen. Nahrung enthält Kohlehydrate, Eiweiße, Fette, Mineralstoffe und Vitamine und DNA. Jeder Mensch nimmt, je nach seinen Ernährungsgewohnheiten, mit der Nahrung täglich ca. 1 - 2 Gramm "Fremd"-DNA auf. Einzelbausteine aus der Nahrung werden zur Erneuerung der Körpersubstanz (im Verlauf eines Jahres wird diese zu über 90% erneuert) genützt:

Der Abbau von **Stärke** zu einfacheren Zuckern wie Malzzucker beginnt bereits in der Mundhöhle und findet vor allem im Dünndarm statt.

DNA wird im Magen durch die Magensäure denaturiert, d.h. sie verliert ihre funktionelle Form. Im Darm wird DNA durch Enzyme (Desoxyribonukleasen oder kurz "DNasen" genannt) abgebaut, d.h. in ihre Einzelteile sowie in unterschiedlich lange, kleinere Stücke zerteilt. Die abgebaute DNA wird vom Körper aufgenommen und als wichtiger Nahrungsbestandteil im Stoffwechsel wiederverwertet. Die „Fremd“-DNA wird somit im Verdauungstrakt „inaktiviert“, die genetischen Informationen gehen verloren, obwohl sie nicht zur Gänze auf die Ebene der einzelnen Basen zerlegt werden. Eine Übertragung von funktionsfähigen Genen aus Nahrung auf den Menschen bzw. seine Körperzellen (horizontaler Gentransfer) wurde bisher nicht nachgewiesen und ist sehr unwahrscheinlich.

Der Abbau von **Eiweißen** beginnt bereits im Magen. Im Darm werden die Eiweiße in einzelne Aminosäuren (Bausteine der Eiweiße) zerlegt, die aus dem Darm in das Blut transportiert werden. Der Körper bildet aus ihnen wiederum körpereigene Eiweiße, wie Zellbausteine, Haare, Nägel etc.

Fette werden im Darm in Fettsäuren und Glycerin gespalten. Sie gelangen über den Dünndarm ins Blut und in die Lymphe. Fettsäuren sind wichtige Bestandteile der Zellen (Zellmembran) und energiereicher Brennstoff für die Muskeln.

Mineralstoffe und Vitamine sind bereits Einzelbausteine und müssen nicht weiter zerlegt werden. Sie werden vom Körper direkt aufgenommen.

Immer wieder ist im Zusammenhang mit gentechnisch veränderten Lebensmitteln von „genfreien“ Nahrungsmitteln die Rede. Diese Bezeichnung ist bestenfalls ein verkürzender und äußerst irreführender Ausdruck für „nicht gentechnisch verändert“. Für LeserInnen oder ZuhörerInnen wird damit jedoch signalisiert, dass konventionelle Nahrungsmittel keine Gene enthalten. DNA ist fixer Nahrungsbestandteil. Die Bezeichnungen „genfreien“ Nahrungsmitteln oder „genfreien“ Zone sind nicht korrekt und vermitteln Fehlinformation. Richtiger wäre hier von „ohne Einsatz von Gentechnik hergestelltes Lebensmittel“ oder einer „landwirtschaftlichen Zone ohne den Einsatz von Gentechnik“ zu sprechen.

Folie 26 – Kennzeichnungspflicht

Seit 7. November 2003 gelten in allen EU-Ländern neue Vorschriften zur Kennzeichnung gentechnisch veränderter Lebensmittel. Jede direkte Anwendung eines gentechnisch veränderten Organismus (GVO) im Verlauf der Herstellung von Lebensmitteln ist kennzeichnungspflichtig, unabhängig davon, ob der GMO im Endprodukt nachweisbar sind.

Gekennzeichnet sein müssen Lebensmittel (Zutaten, Zusatzstoffe, Aromen),

- die selbst ein gentechnisch veränderter Organismus sind
z.B. Tomate, Kartoffel, Maiskolben, Fleisch (etwa aus einem gentechnisch veränderten Schwein)
- die aus gentechnisch veränderten Organismen hergestellt sind
z.B. Öl aus gentechnisch veränderten Sojabohnen oder Raps; Zucker aus gentechnisch veränderten Zuckerrüben; Stärke aus gentechnisch verändertem Mais; Traubenzucker aus gentechnisch veränderter Maisstärke; Lecithin aus gentechnisch veränderten Sojabohnen; Aroma aus gentechnisch verändertem Sojaweiß
- die gentechnisch veränderte Organismen enthalten
z.B. Joghurt mit gentechnisch veränderten Bakterien; Weizenbier mit gentechnisch veränderter Hefe

Eine Kennzeichnung, die unabhängig vom Nachweis des GVO im Lebensmittel ist, kann nur erfolgen, wenn Informationen über die Anwendung von GVO über die gesamte Verarbeitungskette – vom Erzeuger bis zum Supermarkt – weitergegeben werden.

Lebensmittel und Zutaten aus Rohstoffen, in denen konventionelle und gentechnisch veränderte Pflanzensorten bei der Ernte oder während des Transports vermischt wurden (dies ist z. B. bei importierten Soja- und Maisrohstoffen oft der Fall), sind kennzeichnungspflichtig, egal wie hoch der Anteil des gentechnisch veränderten Rohstoffs ist.

Ausnahmen sind zufällige, nicht beabsichtigte Beimischungen von gentechnisch veränderten Lebensmittelbestandteilen. Diese müssen nicht gekennzeichnet werden, wenn ihr Anteil weniger als 0,9% (der jeweiligen Zutat) beträgt und der Hersteller darlegen kann, dass es sich um zufällige, technisch unvermeidbare Beimischungen handelt, und er sich um „Gentechnik-freie“ Rohstoffe bemüht hat.

Die Kennzeichnungspflicht ist zwar recht umfassend und das Sortiment im Lebensmittelregal erscheint „gentechnikfrei“, dies ist es jedoch nur auf den ersten Blick, denn der globale Handel mit gv-Agrarrohstoffen macht eine gentechnikfreie Lebensmittelindustrie unmöglich! Tierische Lebensmittel, die mit aus gv-Mais und gv-Soja gefütterten Tieren stammen, müssen nicht gekennzeichnet werden. Viele Lebensmittelhersteller haben auch ihre Rezepturen geändert (z.B. verwenden keine Sojaöle mehr) oder kaufen Soja-Rohstoffe mit einem GVO-Anteil unter 0,9%, so dass diese nicht unter die Kennzeichnungspflicht fallen.

Da die europäischen KonsumentInnen in der Kennzeichnung einen Hinweis auf mögliche gesundheitliche Risiken sehen, gehen die Lebensmittelerzeuger davon aus, dass derartige Produkte auf dem Markt keine Chance haben.

Folie 27 – Kennzeichnungspflicht

Nicht gekennzeichnet werden müssen Lebensmittel, Zutaten und Zusatzstoffe, die nicht direkt aus, sondern mit Hilfe von GVO hergestellt werden. Beispiele sind:

- Lebensmittel wie Fleisch, Milch oder Eier von Tieren, die gentechnisch veränderte Futtermittel erhalten haben
- Zusatzstoffe, die mit Hilfe von gentechnisch veränderten Mikroorganismen hergestellt werden (z.B. Farbstoff Riboflavin (Vitamin B2) oder der Geschmacksverstärker Glutamat).
- Enzyme und andere Hilfsstoffe, die mithilfe von gentechnisch veränderten Mikroorganismen hergestellt wurden.

Folie 24 - Was bedeuten gv-Lebensmittel für...

Der Einsatz der Gentechnik in der Landwirtschaft ist kontrovers und stellt ein viel diskutiertes Thema dar. Die aufgeworfenen Fragen decken nur einige wenige Aspekte dar und können selbst ergänzt werden.

Folie 28 – Rechtliche Grundlagen

Grüne Gentechnik und ihre Anwendungen sind in der EU grundsätzlich erlaubt. Ohne amtliches Zulassungsverfahren darf jedoch nichts auf den Markt gebracht werden. Saatgut für gentechnisch veränderte Pflanzen und daraus hergestellte Lebens- und

Futtermittel werden einem strengen Prüfverfahren unterzogen, in dem mögliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sowie auf die Umwelt untersucht werden.

Da die Zulassung von gentechnisch veränderten Lebensmitteln, Futtermitteln oder von Saatgut durch die Organe der Europäischen Union erfolgt, sind am Zulassungsverfahren nicht nur die wissenschaftlichen Institutionen und Behörden in Österreich, sondern auch die Behörden und Institutionen der übrigen EU-Mitgliedstaaten sowie die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) beteiligt.

Der Umgang mit gentechnisch veränderten Lebens- und Futtermittel sowie Saatgut sind in folgenden österreichischen Gesetzen und Verordnungen geregelt (Auszug):

- Das **österreichische Gentechnikgesetz** hat u.a. zum Ziel, die Gesundheit des Menschen vor Schäden durch gentechnisch veränderte Organismen (GVO) zu schützen und ein hohes Maß an Sicherheit für den Menschen und die Umwelt zu gewährleisten. Das Gesetz will aber gleichzeitig die Erforschung, Entwicklung und Nutzung der Gentechnik zum Wohle des Menschen fördern.
- Zur Beratung über Fragen der Vollziehung des Gentechnikgesetzes gibt es eine Gentechnikkommission und sowie wissenschaftliche Ausschüsse zu „Arbeiten mit GMO in geschlossenen Systemen“ wie z.B. Labors und Gewächshäusern und zu „Freisetzen und Inverkehrbringen von GMOs“. Bei einer Freisetzung werden GMO in einem festgelegten Versuchsbereich für eine bestimmte Dauer in die Umwelt ausgebracht (z.B. gentechnisch veränderte Pflanzen vom Frühjahr bis zum Herbst). Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen sind auch noch nach dem Versuchsende fortzuführen. Jede Freisetzung bedarf einer behördlichen Genehmigung.
- Das Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Produkten bedeutet, dass Produkte, die aus GMO bestehen oder solche enthalten, in den Handel gebracht werden. Auch das Inverkehrbringen bedarf einer behördlichen Genehmigung.
- Die **Gentechnik-Vorsorgegesetze der Bundesländer** regeln die genauen Bedingungen des Anbaus von GMOs in den einzelnen Bundesländern. Sie beinhalten z.B. Vorsorgemaßnahmen beim Anbau von GMOs, um konventionelle und ökologische Kulturen vor einer Verunreinigung durch GMOs zu schützen oder Haftungsregelungen für Landwirte, die GMOs anbauen.
- Die **Saatgut-Gentechnik-Verordnung** regelt die zufällige oder technisch nicht vermeidbare Verunreinigung des Saatgutes mit GMO (maximal 0,1% in Österreich) und die Kennzeichnung von gentechnisch veränderten Sorten und von Saatgut gentechnisch veränderter Sorten. Auf jedem Etikett oder Begleitpapier, im öffentlichen Teil der Sortenliste und in Verkaufskatalogen muss das Saatgut klar als gentechnisch verändert gekennzeichnet sein.
- Im Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend – die zuständige Behörde in Österreich - wird das **Gentechnikregister** geführt, in dem Produktzulassungen für Saatgut und Lebensmittel sowie Daten über genehmigte Freisetzungen und über den Anbau von genehmigten GMOs aufgenommen werden. Die gesamte Liste der Österreichischen Gesetze, Verordnungen und Vorschriften zur grünen Gentechnik ist verfügbar unter <http://www.bmgfj.gv.at/cms/site/thema.html?channel=CH0817>

Die Zulassungen auf EU-Ebene beruhen auf folgenden Richtlinien und Verordnungen:

- 2001 wurde die neue **Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG** der EU vom Europäischen Parlament beschlossen. *Sie regelt die Freisetzung und das Inverkehrbringen genetisch veränderter Organismen (GVO)* und ersetzt die bisher geltende Richtlinie 90/220. Die neue Richtlinie beruht auf dem Prinzip der Vorsorge. Sie schreibt vor der Freisetzung eine umfassende Umweltverträglichkeitsprüfung vor, in der Risiken für Mensch und Umwelt detailliert abgeschätzt und bewertet werden müssen. Außerdem hat die Öffentlichkeit

zunehmend das Recht auf Information und Stellungnahme zu Freisetzungsversuchen. Genehmigungen sind auf einen - erneuerbaren - Zeitraum von zehn Jahren begrenzt. Die Freisetzungsrichtlinie ist seit 17. April 2001 rechtsgültig, frühere Zulassungen sind jedoch weiter gültig.

- Die **Verordnung 1829/2003** vom 19. April 2004 über gentechnisch veränderte Lebens- und Futtermittel *regelt die Festlegung von Verfahren für die Zulassung und Überwachung von genetisch veränderten Lebens- und Futtermitteln*. Die Zulassungen sind auf 10 Jahre befristet. Die Vorschrift regelt auch die Kennzeichnung von genetisch veränderten Lebens- und Futtermitteln. Verunreinigungen von Lebens- und Futtermitteln unter einem Schwellenwert von 0,9% müssen jedoch nicht gekennzeichnet werden.
- Die **Verordnung 1830/2003**, in Kraft seit 7.11.2003, dient der Gewährleistung der Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von GVO über die gesamte Lebensmittelkette hinweg („vom Erzeuger zum Verbraucher“). Die Pflicht zur Kennzeichnung gilt unabhängig davon, ob der betreffende GVO im Lebens- oder Futtermittel nachweisbar ist. Daher müssen die Handels- und Herstellerunternehmen geeignete Informations- und Dokumentationssysteme einrichten, um rückverfolgen zu können, ob GVOs bei der Herstellung von Lebens- oder Futtermittel zum Einsatz kamen.
- Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) ist im Bereich der Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit der Grundpfeiler der Risikobewertung der Europäischen Union. In enger Zusammenarbeit mit nationalen Behörden und offenem Austausch mit betroffenen Interessengruppen stellt die EFSA unabhängige wissenschaftliche Beratung zur Verfügung und kommuniziert deutlich und verständlich über vorhandene und aufkommende Risiken. Weitere Infos unter <http://www.efsa.europa.eu>

Das deutsche Internetportal www.transgen.de bietet eine vollständige Aufstellung über alle bislang zugelassenen GVO sowie den Stand der laufenden Anträge in der EU.