

Mögliche ökologische Auswirkungen von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen auf Organismen und Ökosysteme

Dr. Gunnar Gad

Deutsches Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung, Wilhelmshaven

Dr. Nicola Mittelsten Scheid (✉)

Überblick

- 1.1 Einführung
- 1.2 Der Risikobegriff
- 1.3 Definition von Umweltschäden
- 1.4 Fallbeispiel 1: Gentechnisch veränderter Bt-Mais
- 1.5 Fallbeispiel 2: Gentechnisch veränderter gv-Winterraps
- 1.6 Übertragung von Transgenen durch Pollen
- 1.7 Material
- 1.8 Glossar
- 1.9 Literatur
- 1.10 Zu erwerbende Kompetenzen

2.1 Einführung

Seitdem der Mensch Pflanzen für seine Ernährung anbaut, gibt es das Bestreben, durch Züchtung den Pflanzen Eigenschaften zu verleihen, die einen höheren Ertrag bei der Ernte, eine besser Anpassung an lokale Bedingungen sowie eine Resistenz gegen Krankheiten versprechen. In der weltweiten Landwirtschaft sind **transgene Pflanzen** von immer größerem kommerziellen Interesse. Als transgene Pflanzen werden jene bezeichnet, bei denen Gene anderer Organismen, die bestimmte Proteine codieren, in das **Genom** eingebaut werden. Derart verändert gelten sie als **genetisch veränderte Organismen** (GVO) und sind das **Produkt** einer **gentechnischen Methode**, die in der Pflanzenzucht auch als "**Grüne Gentechnik**" bezeichnet wird, die gezielt eingesetzt wird, um bestimmte Eigenschaften einer Kulturpflanze zu verändern oder hinzuzufügen. Im Gegensatz dazu werden in der traditionellen Pflanzenzüchtung auftretende Mutationen herausselektiert oder die erwünschten Eigenschaften verschiedener Sorten oder gar Arten durch Kreuzung miteinander kombiniert und züchterisch über Generationen erbrein gefestigt.

Mit den herkömmlichen Methoden der Pflanzenzucht lassen sich Ertragsteigerung und Resistenzen gegen Krankheiten zwar gut bewerkstelligen, aber die Herstellung transgener Sorten eröffnet Kombinationsmöglichkeiten von Eigenschaften, die mit herkömmlicher Methodik nur selten, langwierig oder kaum erreichbar sind (Bickel-Sandkötter 2003).

Informationskasten 1

Möglichkeiten, die die Grüne Gentechnik im Vergleich zu herkömmlichen Methoden der Pflanzenzucht eröffnen kann

- Wenig ertragreiche Böden und ungünstiges Klima erschweren vielerorts den Anbau von Kulturpflanzen. Manchmal gelingt dort nur der **Anbau** lokaler Sorten, die eventuell schon über Jahrhunderte vor Ort gezüchtet wurden. Sie sind häufig sehr gut auf die lokalen Bedingungen eingestellt und resistent gegenüber Krankheiten, haben jedoch oft nur einen geringen Ertrag. Wenn es gelingt, die Vorzüge dieser alten Sorten oder gar die Eigenschaften von Wildkräutern mit Kulturpflanzen zu kombinieren, so erhält man neue Sorten, die auf ungeeigneten, schwer zu bewirtschaftenden Böden besser gedeihen oder z. B. eine erhöhte Frost- und Salztoleranz aufweisen.
- Durch die Produktion von Abwehrstoffen und Toxinen, die von Bakterien oder anderen Pflanzen stammen, lassen sich in den Kulturpflanzen **Resistenzen** gegen Schadinsekten, Parasiten, Pilzkrankheiten und Bakterien etablieren, gegen die es bisher keine wirksamen Mittel außer einem massiven Chemikalieneinsatz gab.
- **Resistenzen** von Kulturpflanzen gegen Herbizide ("Unkrautvernichter") sind ebenso gefragt, da so Kulturen leichter in Bezug auf eindringende und konkurrierende Wildkräuter frei gehalten werden können.
- Die **Produktion neuer Rohstoffe** für Medizin, Industrie und Technik ist ein weiterer wichtiger Bereich. Hier ist beispielsweise die Produktion hochwertiger Öle zu nennen.
- Zu diesem Aspekt gehört auch die **Verbesserung von Nahrungspflanzen** hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe, wie z. B. die Erhöhung des Anteils essentieller ungesättigter Fettsäuren und die Reduzierung von unverdaulichen Bestandteilen oder Allergenen.
- Auch ist der Bereich der **Ästhetik und Robustheit** gegenüber Transport und industrieller Verarbeitung zu erwähnen. So erleichtern eine festere Schale oder besondere Formen die Verpackung oder den Transport über weite Strecken und machen außerdem die Ware optisch für Konsumenten attraktiver.

Die Verwendung von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen ist seit ihrer Verfügbarkeit in der Öffentlichkeit, insbesondere bei Konsumenten, **sehr umstritten** – im Gegensatz zur Meinung der meisten Fachwissenschaftler. Dabei scheint es sich nicht selten um ein Kommunikations- und Vertrauensproblem zu handeln. Das Wissen über Auswirkungen des Einsatzes transgener Pflanzen auf Mensch, Tier und Umwelt ist oft unsicher.

Im Vordergrund dieser Unterrichtseinheit steht deswegen die **Wirkung gentechnisch veränderter bzw. transgener Pflanzen auf Nicht-Zielorganismen**. Dafür werden zwei Fallbeispiele behandelt, die die unterschiedlichen Problematiken in der laufenden Debatte aufzeigen.

Fallbeispiel 1: Bt-Mais

Im ersten Fallbeispiel geht es um Mais, in dessen Genom die Information zur Produktion eines Bakterienproteins eingeschleust wurde, das gegen ein Schadinsekt, den Maiszünsler, wirkt. Bei diesem sogenannten **Bt-Mais** ist der **Maiszünsler** der **Zielorganismus**, gegen den der Mais durch das Einschleusen eines Bakterientoxins gentechnisch modifiziert wurde. Alle anderen Tiere und Pflanzen, die in irgendeiner Weise vom Toxin im Bt-Mais beeinflusst werden oder werden könnten, sind **Nicht-Zielorganismen**. Anhand erster Versuche zur Umweltverträglichkeit des Bt-Mais, bei denen eine schädliche Wirkung des Bt-Maispollens auf Monarch-Schmetterlingsraupen festgestellt wurde, entzündete sich eine Debatte über den Einsatz von genetisch veränderten Pflanzen und ihre möglichen ökologischen Auswirkungen, die bis heute anhält. Die Chronologie dieser Debatte, der Austausch von Argumenten und die nach und nach dazugewonnen wissenschaftlichen Erkenntnisse sind hervorragend dafür geeignet, Schülerinnen und Schüler in die Problematik einzuführen. Die Unterrichtseinheit soll es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, eine persönliche begründete Einstellung zur Grünen Gentechnik zu entwickeln.

Fallbeispiel 2: Gentechnisch veränderter Raps

Das zweite Fallbeispiel beschäftigt sich mit Raps, dem durch gentechnische Verfahren eine Resistenz gegen das für Tiere und Menschen ungefährliche Herbizid Glyphosat verliehen wurde. Der Proteinkomplex, den Glyphosat normalerweise bei den unerwünschten Wildkräutern ausschaltet, ist bei dem sogenannten **gv-Raps** leicht verändert, sodass er nicht von Glyphosat blockiert wird. Auf diese Weise können Landwirte die Besiedlung von Rapsfeldern durch andere Wildkräuter als **Zielorganismen**, die mit dem angebauten Raps konkurrieren und so den Ertrag verringern, unterdrücken. Da Raps eine wichtige Trachtpflanze für Honigbienen ist, gibt es eine aktuelle Diskussion darüber, ob diese Resistenz das Naturprodukt Honig nachteilig beeinflusst und ob sie durch Pollenübertragung durch Bienen (als Beispiel für horizontalen Gentransfer) auch auf andere Kräuter unkontrolliert übertragen werden kann. Im diesem Fall sind Honigbienen und rapsverwandte Wildkräuter **Nicht-Zielorganismen**.

Die Unterrichtseinheit ist für die Schuljahrgänge 11-12 (13) der gymnasialen Oberstufe konzipiert, da sie sowohl die Fähigkeit zu selbstständigem Arbeiten voraussetzt wie auch umfangreiches Wissen in den Bereichen Genetik und Ökosysteme. Dadurch steht diese Einheit im Sinne der *Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie*¹ im Spannungsfeld von einfachen molekularen Vorgängen bis hin zu komplexen Wechselwirkungen der Biosphäre.

Zunächst werden für die Lehrkraft Informationen zur Grünen Gentechnik und den oben erwähnten Fallbeispielen gegeben. Dem schließen sich zahlreiche Arbeitsblätter für Schülerinnen und Schüler an, die mit allgemeinen Themen (Gesetzgebung u. ä.) beginnen, Fallbeispiele behandeln und abschließend das Bewerten der Grünen Gentechnik thematisieren. Diese Arbeitsblätter sind in ihrer Gesamtheit als Forschungsmappe zu verstehen: Die Schülerinnen und Schüler sollen diese Arbeitsblätter eigenständig bearbeiten und sich damit das notwendige Fachwissen für eine reflektierte Urteilsfällung zur Grünen Gentechnik erarbeiten. Auf dieses Material zur fachlichen Erarbeitung folgt Material zum Kompetenzbereich Bewertung: In Gruppenarbeit und Plenumsdiskussionen soll das persönliche Urteil vor dem Hintergrund der Urteile anderer reflektiert und verteidigt werden. So kann das Bewerten als wichtiger Bestandteil gesellschaftlicher Diskurse erfahren und eingeübt werden (Mittelsten Scheid, 2008).

Materialien der Forschermappe	
Material I:	Gentechnisch veränderte Pflanzen: Definition und gesetzliche Lage
Material II:	Ökologische Schäden
Material III:	Mögliche Schädigung von Bienen durch transgenen Rapspollen
Material IV:	Übertragung von Transgenen
Material V:	Untersuchungen an der Monarchfalterraupe
Material VI:	Der Risikobegriff
Material VII:	Fokus Bewerten (Gruppenarbeit und Plenum)

¹ Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 1.12.1989 i.d.F. vom 5.2.2004

2.2 Der Risikobegriff

Bei der Betrachtung der möglichen ökologischen Auswirkungen von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen spielt der Risikobegriff und die Abschätzung sowie Bewertung von **Risiken** eine zentrale Rolle: Die Einführung neuer Technologien ist seit jeher mit der hohen Erwartung gekoppelt, dass sich damit viele Probleme lösen und Prozesse vereinfachen lassen. Schädigende Auswirkungen zeigen sich wenn, oft erst später, im Falle von ökologischen Schäden fast immer zu spät. Da es selbst für Fachleute grundsätzlich schwierig ist, die Risiken einer neuen Technologie in ihrem frühen Entwicklungsstadium zu erkennen und zu bewerten, führt dies fast immer dazu, dass sie auch vehement abgelehnt wird. Es ist für Laien schwierig, die wissenschaftliche Ausdrucksweise und Umschreibung der Prozesse von gentechnischen Verfahren zu verstehen und damit einen Kenntnissstand der Materie zu erlangen, mit dem sie sich in der Lage fühlen, die Diskussion zu verfolgen und sich eine fundierte Meinung für eigene Entscheidungen zu bilden. Neben den Fallbeispielen zur Auswirkung von gentechnischen Kulturpflanzen auf ihre Umwelt werden dem Risikobegriff, der Risikobewertung, den Umweltschäden sowie Grenzwerten und Zulassungsverfahren in dieser Unterrichtseinheit etliche Inhalte gewidmet.

Es stellt sich in Bezug auf Grüne Gentechnik die Frage: Wie groß sind die Risiken der Grünen Gentechnik einzuschätzen?

Der Begriff "**Risiko**" stammt vom lateinischen *risicare* (= etwas wagen) und kann als die Wahrscheinlichkeit des Eintrittes eines Ereignisses oder einer Gefahr angesehen werden. Dabei sind auch die Ausmaße eines möglichen Schadens zu berücksichtigen. Für eine Diskussion über Risiken muss man sich bewusst sein, dass Risiken nie völlig objektiv eingeschätzt werden können, sondern immer einem gewissen Grade an subjektiver Voreingenommenheit unterliegen. Geschätzte bzw. "gefühlte" Risiken weichen fast immer in erheblichem Maße von nachweisbaren Risiken ab. So kann es geschehen, dass Minimalrisiken sehr hoch eingeschätzt werden oder hohe (nicht offensichtliche) Risiken nicht in Betracht gezogen werden.

Grundsätzlich gilt, dass sich oft ein Wandel der Einstellung zu möglichen Risiken vollzieht. Beispielsweise gab es vor rund 20 Jahren umfangreiche Proteste gegen gentechnisch hergestellte Medikamente. Heute hat man aufgrund des Nutzens, den man durch diese Medikamente erfährt, damit verbundene Risiken akzeptiert (Kempken & Kempken 2006).

Es stellt sich außerdem die entscheidende Frage, wie viele Kenntnisse vorliegen müssen, um zu erkennen, ob ein tatsächliches Risiko vorliegt und um beurteilen zu können, welche möglichen Gefahren tatsächlich davon ausgehen könnten. Eine pauschale Risikobetrachtung zum Anbau und Nutzen transgener Kulturpflanzen ist nicht angebracht, da in jedem Einzelfall abgewogen werden muss. Es ist daher sinnvoll hier einige Risikoaspekte darzulegen, die bei der Genehmigung des Anbaues von transgenen Kulturpflanzen häufig abgewogen werden.

Risikoaspekte bei der Genehmigung des Anbaus transgener Kulturpflanzen

1) Unkontrollierte Verbreitung von Fremd-Genen transgener Pflanzen auf andere Pflanzen durch Hybridisierung

Die Verbreitung von genmanifestierten Eigenschaften erfolgt bei Blütenpflanzen durch Pollenübertragung auf einen Kreuzungspartner. Dabei spielen folgende Faktoren eine Rolle:

- Räumliche Entfernung zwischen den Pflanzen
- Zeitlich unterschiedliche Reifung der Blüten
- Übertragungsweg (Wind oder Insekten als Bestäuber)
- Störung der Pollenauskeimung und der Samenentwicklung

2) Verwilderung von transgenen Kulturpflanzen

Etlliche Kulturpflanzen sind aus "Unkräutern" hervorgegangen, die sich in bestehenden Kulturen ausgebreitet haben. Da sich die Wildformen deswegen immer wieder zwischen den Kulturpflanzen ansiedeln, besteht die Möglichkeit, dass aufgrund der geringen genetischen Schranke Hybridisierungen erfolgen (Gillet et al. 1986). Dieser Punkt ist eng mit Punkt 1) verknüpft und spielt bei den derzeitigen Risikobetrachtungen eine wichtige Rolle (siehe Beispiel gv-Raps).

3) Möglichkeiten des horizontalen Gentransfers

Die Weitergabe der eingeschleusten DNA-Sequenzen, z. B. Bakterientoxin, läuft unabhängig von der sexuellen Fortpflanzung ab (Bakterien und Viren dienen dabei als Überträgervektoren). Dieses Risiko ist eher theoretischer Natur, da es keine bekannten Beispiele aus dem Freiland dafür gibt (Schlüter & Potrykus, 1996).

4) Mögliche Auswirkungen auf Bodenorganismen

Da die nicht abgeernteten Teile transgener Pflanzen als abzubauenende Biomasse auf den Anbauflächen verbleiben und von Bodenorganismen mineralisiert werden, stellt sich die Frage, ob bei der Zersetzung Abbauprodukte, wie beispielsweise Toxine, angereichert werden.

5) Gefährdung durch Antibiotika- oder Herbizid-Resistenzen als Marker

In transgene Pflanzen werden mitunter Gene mit Antibiotika- oder Herbizid-Resistenzen als Marker eingeschleust, um die gentechnisch veränderten Organismen erkennen und nachzuweisen zu können. Diese Methode birgt Risiken. Es wird befürchtet, dass darunter die Wirksamkeit von Antibiotika im medizinischen Bereich leidet.

Die **Reflexion** von Risiken ist untrennbar mit dem Begriff der Verantwortung verbunden. Dabei werden an Wissenschaftler und politische Entscheidungsträger erhöhte ethische Anforderungen gestellt, da ihnen die Aufgabe zukommt, der Öffentlichkeit grundlegendes Wissen zu ermitteln. In Bezug auf die Grüne Gentechnik sind dabei zwei Punkte von entscheidender Bedeutung: Wissenschaftler haben die Verantwortung, einerseits ihre Arbeiten korrekt und nachvollziehbar auszuführen und andererseits die Öffentlichkeit über Chancen und Risiken neuer Technologien und Produkte auf möglichst eindeutige und in allgemein verständlicher Weise aufzuklären und somit eine öffentliche Debatte zu ermöglichen (Markl 1987).

2.3 Definition von Umweltschäden

Reflektiert man Risiken, muss man auch mögliche Schädigungen der Umwelt thematisieren, die die Grüne Gentechnik bewirken könnte. Hier soll geklärt werden, wann man grundsätzlich von Schädigungen der Umwelt spricht. Es ist zu berücksichtigen, dass "Schädigungen" der Natur nicht einfach existieren, sondern immer im Sinne menschlicher Vorstellungen definiert werden, wie vergleichsweise Insekten nach menschlicher Werteskala häufig als "Nützlinge" oder "Schädlinge" gelten.

Ökologische Schäden sind insofern schwierig feststellbar, als bei den vielfältigen Eingriffen des Menschen in natürliche Prozesse die Abgrenzung zwischen Schaden und fortlaufender natürlicher Veränderungen nur schwer möglich ist. Es bedarf letztendlich eines gesellschaftlichen Konsenses, ob und wann durch transgene Kulturpflanzen ausgelöste Veränderungen in der Umwelt einen ökologischen Schaden darstellen. Erschwerend kommt hinzu, dass in der Rechtswissenschaft der Sachverhalt eines ökologischen Schadens nicht einheitlich definiert ist. Es gibt nur eine juristische Arbeitsdefinition für ökologische Schäden.

Nach Brandt (1999) gibt es drei Bereiche für **allgemeine Umweltschäden**:

- Verdrängen wildlebender Pflanzen und Tiere
- Unterbrechung im Wirkungsgefüge von Lebensgemeinschaften
- Zerstörung des Lebensraumes bzw. Biotops

Dabei können schädigende Einflüsse auf Pflanzen, Tiere, ganze Biozöosen und Ökosysteme auf verschiedenen Ebenen unterschieden werden (s. Tabelle 1):

Tabelle 1

Schädigende Einflüsse auf Pflanzen auf mehreren Ebenen (verändert nach SRU 2004)

Ebene der Zelle	<ul style="list-style-type: none">• Veränderung des Stoffwechsels• Transformationen und Rekombinationen mit Mikroorganismen
Ebene des Individuums	<ul style="list-style-type: none">• Merkmalsveränderung durch artfremden DNA Transfer (Introgression)• Merkmalsveränderung durch Hybridisierung
Ebene der Population	<ul style="list-style-type: none">• Vermehrung und Ausbreitung rekombinanter Individuen• Resistenzentwicklungen
Ebene des Ökosystems	<ul style="list-style-type: none">• Effekte auf Nahrungsnetze• Änderung des Artenspektrums• Veränderung des Stoffhaushalts
Ebene der Landschaft	<ul style="list-style-type: none">• Veränderung des Bestandes• Einfluss der Landwirtschaftsformen

Bei der Schadensbewertung ist die Überschreitung eines **Schwellenwertes** ein wichtiges Instrument zur Beurteilung. Ein Schwellenwert markiert die Grenze, ab wann ein nicht mehr akzeptables Schadensmaß vorliegt (Kowarik et al. 2006). Der Schwellenwert wird dabei mit dem Überschreiten der natürlichen Variationsbreite von Faktoren gleichgesetzt. Dabei besteht die hauptsächliche Schwierigkeit darin festzulegen, wann eine natürliche Variationsbreite nicht mehr vorliegt.

Als **Schwellenwert** wird im Zusammenhang mit gentechnisch veränderten Kulturpflanzen die prozentuale Menge an Beimischung gentechnisch veränderter Anteile angegeben, die **zufällig und technisch nicht vermeidbar** in Lebensmitteln oder Saatgut enthalten sein kann und deswegen **keiner Kennzeichnung** bedarf (!). In der Europäischen Union müssen alle gentechnisch veränderten Produkte, die mit der Nahrungsmittelproduktion zu tun haben, gekennzeichnet werden. Davon ausgenommen sind nur Lebensmittel, die Beimischungen von transgenen Kulturpflanzen oder anderen gentechnisch veränderten Organismen unter dem Schwellenwert von 0,9% enthalten. Der Schwellenwert wird dann niedriger angesetzt, wenn der technische Fortschritt diese Anpassung erlaubt.

Eine besondere Bedeutung haben Schwellenwerte außerdem für gentechnisch veränderte Anteile von Kulturpflanzen, die für Saatgut verwendet werden, weil sie und ihre Inhaltsstoffe oft am Beginn von Lebensmittelproduktionen stehen (DFG 2002). Dementsprechend finden sich Verunreinigungen des Saatgutes auch in den fertigen Lebensmitteln wieder.

2.4 Fallbeispiel 1: Bt-Mais

Mais (*Zea mays*) ist ein Getreide (Abb. 7), das ursprünglich aus Zentralmexiko (Franke 1985) stammt und dort vermutlich schon seit mindestens 3400 v. Chr. als Kulturpflanze domestiziert wird, sodass eine Wildform nicht mehr bekannt ist. Von Kolumbus wurde er nach Europa gebracht und seitdem hier angebaut. Es gibt sowohl eine große historische als auch eine moderne Vielfalt der über 50.000 bekannten Sorten. So erklärt sich, dass Mais als einjähriges Gras, obwohl es aus den Subtropen kommt, mittlerweile auch im gemäßigten Klima frostresistent ist und gut gedeiht. Wie die meisten Getreide ist auch der Mais ein Vertreter der Süßgräser (Poaceae). Im Gegensatz zu Weizen, den die Europäer seit Jahrhunderten für ihre Ernährung nutzen, ist Mais jedoch eine C4- und keine C3-Pflanze. Außerdem ist die Maispflanze einhäusig getrenntgeschlechtlich, das bedeutet, dass männliche und weibliche Blüten getrennt an einer Pflanze zu finden sind (Franke 1985). Mais wird vor allem als Viehfutter angebaut, da er u. a. für die menschliche Ernährung nur wenig Eiweiß enthält, das außerdem arm an einigen essenziellen Aminosäuren ist (Herder 1994b). So werden nur 9% der Maisproduktion für die Herstellung menschlicher Nahrungsmittel verwendet.

Rund 720 Millionen Tonnen Mais werden jährlich weltweit produziert, wobei die USA mit etwa 282.300 Millionen Tonnen die größten Produzenten sind. Einer der Schädlinge, die zu erheblichen Ernteeinbußen führen, ist der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*). Die Raupen dieser mottenartigen Nachtfalter mit 3,5 Zentimetern Flügelspannweite vernichten jedes Jahr um die 7% der weltweiten Maisproduktion. Die Raupen fressen sich minierend durch Stängel und Kolben der Maispflanzen. Auf einzelnen Feldern kann es bis zu 10%-igen Ernteeinbußen kommen. Traditionelle Züchtung von resistenten Sorten oder die herkömmliche Bekämpfung durch Insektizide sind nicht ausreichend, um die durch Maiszünsler verursachten Schäden nennenswert zu verringern. Eine Lösung für den großflächigen Anbau bot sich in der Herstellung gentechnisch veränderter Maissorten, denen die Erbinformation zur Herstellung eines Proteins in das Genom eingeschleust wurde, das von dem Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* stammt und auf die Zünslerraupen tödlich wirkt, wenn sie es fressen. Das Toxin ist so spezifisch, dass es nur bei Motten und deren Verwandten wirkt. Andere Insektengruppen sind dafür nicht empfänglich. Der sogenannte Bt-Mais soll sich durch die Produktion dieses Bakterienproteins selber gegen Befall schützen und den Einsatz von Insektiziden überflüssig machen, da diese neben anderen Insekten auch viele Bodenorganismen abtöten. Für die menschliche Ernährung gilt das Bakterientoxin als unbedenklich.

Seit 1996 wird der Bt-Mais in den USA kommerziell angebaut. Inzwischen findet er sich auf 11% der weltweiten Anbaufläche, die etwa 140 Millionen Hektar umfasst. Der Anteil des Bt-Mais am weltweiten Maisanbau wächst jährlich um 15%. In der Europäischen Union muss seit 1998 der Anbau von transgenen Pflanzen bewilligt werden, dadurch steigt der Anteil von Bt-Mais nur langsam. Jedoch betreffen 25% der an die EU gerichteten Anträge zum Feldanbau gentechnisch veränderter Pflanzen Mais. Damit liegt er an erster Stelle vor Raps (Maag et al. 2001).

Die einflussreiche Zeitschrift **Nature** veröffentlichte 1999 eine Arbeit über die negativen Auswirkungen von Bt-Mais-Pollen auf Monarch-Schmetterlinge (Abb. 4). Der Monarch-Falter ist ein in den USA weit verbreiteter Schmetterling. Seine Raupen fressen Blätter der Seidenpflanze (*Asclepiadaceae*), die im

Kulturland als ein Ackerunkraut gilt. Dieser Artikel hat große Beachtung gefunden und allgemeines Unbehagen im Umgang mit transgenen Kulturpflanzen ausgelöst. Ein Team um den Wissenschaftler John E. Losey (Losey, et al. 1999) von der Cornell University führte eine **Versuchsreihe** durch, in der die Verträglichkeit von Pollen des Bt-Mais auf Schmetterlingsraupen untersucht wurde (s. Material V). Sie fanden deutliche negative Auswirkungen bei Raupen, die mit Maispollen bepuderte Seidenpflanzenblätter gefressen hatten.

Losey und Kollegen interpretieren ihre Ergebnisse zur Schädigung der Raupen (zu den Ergebnissen siehe Material V) mit Vorsicht. Sie betonen, dass weitere Experimente zur Empfindlichkeit von Raupen in Bezug auf Bt-Mais und eine sorgfältige Risikoabschätzung im Vergleich mit anderen Pestiziden notwendig sind. Die im Labor produzierten Daten sind zu diesem Zeitpunkt noch nicht unter Feldbedingungen überprüft worden. Dennoch suggeriert diese Studie, dass der Anbau von Bt-Mais nicht sicher ist, denn anders als erwartet hat die Maispflanze über ihren Pollen einen unvorhergesehenen Einfluss auf die umgebenen Ökosysteme.

Obwohl nicht erwartet, zeigte sich hier eine Auswirkung eines Produktes einer transgenen Pflanze, des Bt-Maispollens, auf einen Nicht-Ziel-Organismus. Die folgenden möglichen Auswirkungen wurden weltweit diskutiert, nachdem sie veröffentlicht worden waren:

- Da Mais ein Windbestäuber ist und die Pollen durch den Wind verfrachtet werden, besteht nun die Gefahr, dass flächendeckend Nahrungspflanzen von Schmetterlingen eingestäubt werden. Dadurch besteht die Gefahr, dass Schmetterlinge in Maisanbaugebieten oder deren Umfeld verschwinden.
- Der Anbau von Bt-Mais, insbesondere in der Nähe von Naturschutzgebieten, wird zu einem unkalkulierbaren Risiko, da dadurch dort vorkommende Schmetterlinge bedroht werden und damit auch alle anderen Tiere, die als Räuber oder Parasiten auf diese spezialisiert sind. Da es unter den Schmetterlingsartigen auch viele Bestäuber gibt, die sich wiederum auf etliche Blütenpflanzen spezialisiert haben, ist auch die Zusammensetzung der Vegetation bedroht: Nahrungspflanzen der Raupen, darunter viele "Unkräuter", die Wind als Bestäuber nutzen, breiten sich verstärkt aus, während die auf Bestäubung von Schmetterlingen angewiesenen Kräuter verschwinden.
- Wenn die Toxinwirkung sich nicht auf die Maispflanze und ihre direkten Schädlinge begrenzen lässt, können auch Tiere in Mitleidenschaft gezogen werden, die man bisher nicht getestet oder bedacht hat.

Die Massenmedien beleuchteten nun anhand der Monarch-Raupen-Studie das Thema "Risiken und Sicherheit von transgenen Pflanzen". Die EU stoppte daraufhin Zulassungsverfahren von transgenen Kulturpflanzen für Europa. Lebensmittelhersteller erklärten, auf gentechnisch veränderte Pflanzenprodukte vorsichtshalber verzichten zu wollen. Lebensmittel müssen nun mit dem Hinweis „Enthält keine Bestandteile gentechnisch veränderter Pflanzen“ **gekennzeichnet** sein. Anstelle der gentechnisch veränderten Sorten werden derzeit wieder mehr konventionelle Sorten angebaut.

Es blieb die Frage, ob sich die Laborergebnisse der Monarch-Raupen-Studie auf die **Verhältnisse im Freiland** übertragen lassen. Daher wurden weitere Untersuchungen durchgeführt, die wiederum

Loseys Befunde in Frage stellen (s. Material V). Zur Diskussion, ob sich die Laborergebnisse der Monarch-Raupen-Studie von Losey und Kollegen auf die Verhältnisse im Freiland übertragen lassen, sei hier eine Sammlung der allgemeinen Kritik von Fachkollegen, die sich in den letzten Jahren angehäuft hat, abgedruckt.

Informationskasten 3:

Kritische Reflexion zur Übertragung von Ergebnissen von Laborstudien auf Freilandverhältnisse

- **Die Versuchsbedingungen** kreieren eine fiktive Situation, denn es bleibt anzumerken, dass Maisfelder und deren Umgebung kein bevorzugter Lebensraum für Monarch-Falter sind. Die Weibchen der Monarch-Falter legen ihre Eier nicht in unmittelbarer Nähe von Maisfeldern.
- **Eine Wahlmöglichkeit** für die Monarch-Raupen bei der Futteraufnahme gibt es unter Laborbedingungen nicht. Es stellt sich somit die Frage, ob auch unter Freilandbedingungen die Raupen dermaßen stark mit Pollen überpuderte Blätter der Seidenpflanze überhaupt fressen.
- **In der kurzen Experimentdauer** konzentrierte man sich auf die jungen empfindlichen Raupen. Was geschieht mit den überlebenden Raupen, wenn z. B. der Mais verblüht ist und sie unbelastete Seidenpflanzenblätter fressen?
- **Die Pollenmenge**, mit der die Seidenpflanzenblätter bepudert wurden, wurde nicht genau (quantitativ) bestimmt, sondern nur nach Augenmaß. Es bleibt somit völlig offen, ob so die Pollenmenge getroffen wird, die sich in oder um ein Maisfeld herum tatsächlich ansammelt.
- **Die geringe Ausbreitungskapazität von Maispollen** wirkt einer flächigen Überpuderung von Pflanzen entgegen. Obwohl die vergleichsweise schweren Maispollen bei entsprechenden Winden vereinzelt 60-200 m weit verschleppt werden können, fallen die meisten innerhalb eines 5 m Radius um Maisfelder herum zu Boden.
- **Es ist zu überlegen, ob eine tödliche Menge an Maispollen aufgenommen** werden kann, wenn Maispflanzen in einen Zeitraum von 5-10 Tagen verblühen und sich nur dann Pollen auf Seidenpflanzen ablagert. Die Maisblüte und die Wachstumsphase der Raupen scheinen sich im Mittleren Westen der USA nur selten zu überschneiden.
- **Ein Vergleich der Maisfelder, in denen Insektizide eingesetzt werden**, steht aus. Bei der konventionellen Methode Maiszünsler einzudämmen, käme es zu einem massiven Einsatz von Insektengiften. Die Überlebensrate für die Monarchfalterraupen könnte unter diesen Bedingungen wesentlich schlechter sein als in einem Feld mit Bt-Mais.
- **Eine Risikoabwägung der Gefährdung** für den Monarchfalter würde bedeuten, dass einer möglichen Gefährdung durch Pollen von Bt-Mais auch alle anderen Gefährdungen der Monarchfalter-Population gegenüber gestellt werden. Die größte Bedrohung ist sicherlich die Zerstörung der Winterquartiere in Mexiko, wo in kleinen Arealen fast alle Falter überwintern.

Die amerikanische Umweltbehörde EPA forderte im Anschluss daran weitergehende Untersuchungen zu möglichen Langzeiteffekten. Denn in den bisherigen Studien wurden Schmetterlingsraupen nicht länger als eine Woche mit Bt-Pollen gefüttert, da sich in dieser Zeitspanne schon nachteilige Effekte zeigten (**Sears, 2000, 2001**). Langfristige Ernährung mit Bt-Pollen in geringer Dosierung scheint sich ebenfalls nachteilig auf Schmetterlinge auszuwirken. Weitere Studien (**Felke & Langenbruch 2003**) kommen zu dem Ergebnis, dass auch andere Schmetterlingsarten geschädigt werden können. Dabei ist die nachteilige Dosis an Pollen von Art zu Art sehr unterschiedlich. Was von Vertretern einer Art ohne erkennbare Auswirkung vertragen wird, kann Vertreter einer anderen Art schon töten.

Abschließend sei erwähnt, dass in der Zeitschrift Science im Juni 2007 die Ergebnisse von 42 Studien zur Auswirkung von Bt-Mais auf Nicht-Ziel-Organismen verglichen wurden (**Marvier, 2007**) und die Autoren des Artikels zu dem Schluss kommen, dass wirbellose Nicht-Ziel-Organismen in Bt-Feldern zahlreicher zu finden sind als in Feldern nach Pestizideinsatz. Allerdings ist die Dichte in Bt-Maisfeldern immerhin merklich geringer als in Feldern mit konventionellen Sorten.

2.5 Fallbeispiel 2: Gentechnisch veränderter Winterraps

Der Raps (*Brassica napus*) ist über die Jahrhunderte seiner Kultivierung zur wichtigsten Öl produzierenden Pflanze Europas geworden (Abb. 1: Rapsfeld). Die Rapskultur stammt aus dem östlichen Mittelmeerraum zum Zwecke der Gewinnung von Lampen- und Speiseöl. In Mitteleuropa entfaltete sich die Rapskultur ab dem 17. Jahrhundert. Der Kulturraps, wie wir ihn heute kennen, ist vermutlich eine Kreuzung zweier Kreuzblütlerarten (*Brassicaceae*), den Rüben und dem Wildkohl (Herder 1994a). Wie alle Kohlverwandten besitzt der Raps einen hohen Anteil an Senfölen, die für den intensiven Geschmack sorgen. Jedoch sorgen der Gehalt an Eruca- (45-52%), Öl- (12-24%) und Linolsäure

(12-16%) sowie Arachinsäure dafür, dass das Rapsöl bitter schmeckt. Und darin enthaltene Glucosinolate machen das Rapsöl für Menschen und Tiere nur schwer verdaulich (Bickel-Sandkötter 2003). Bei den modernen Sorten ist der Gehalt an Ölsäure deutlich erhöht (65%), wogegen der Gehalt an Erucasäure deutlich gesenkt wurde (2%). Aus den Speicherlipiden der Samenkörner wird Rapsöl gewonnen, pro Hektar können es bis zu 1500 Liter sein. In Deutschland wird hauptsächlich Winterraps angebaut, da dessen Öl-Anteil in den Samen größer ist. Er wird im August ausgesät und bildet den Winter über eine kräftige Blattrosette. Die leuchtend gelbe Blüte erfolgt dann von April bis Mai des darauffolgenden Jahres und erstreckt sich über drei bis fünf Wochen, die Samenreife danach dauert zwei Monate (Bickel-Sandkötter 2003). Raps wird vor allem von Bienen bestäubt, was sich an den im UV-Licht erkennbaren Saftmalen zeigt. Raps lockt Bienen durch große Mengen von Nektar an und ist damit eine wichtige **Trachtpflanze** (Abb. 2: Rapsblüte) für die Honigproduktion. Einige Rapsorten wurden für die menschliche Ernährung und als Tierfutter optimiert, sie produzieren mehr geschmackvollere Ölsäure und haben einen hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren. Gleichzeitig haben sie nur einen geringen Anteil an schwer verdaulichen und ungenießbaren Stoffen. In Deutschland gilt Raps mittlerweile vor allem als wichtigster nachwachsender Rohstoff für Ölprodukte, die in der chemisch-technischen Industrie Verwendung finden. Der Rapsanbau nimmt Jahr für Jahr eine Fläche von 1,23 Millionen Hektar ein, was einer Rapsölmenge von 3,5 Millionen Tonnen entspricht. Als Biodiesel verarbeitet wächst die Nachfrage nach Rapsöl stetig, als Obergrenze für den Rapsanbau wird in Deutschland eine Fläche von 1,6 bis 1,8 Millionen Hektar angesehen.

Raps ist in vielen Gegenden Deutschlands eine der wichtigsten Trachtpflanzen, gleichzeitig ist die Honigbiene deswegen einer der wichtigsten Bestäuber des Rapses. Raps-Honig ist ein wichtiges und allgemein bekanntes Produkt. Raps kann sich in Mitteleuropa mit ähnlichen Kulturpflanzen und Wildkräutern kreuzen, im Gegensatz zu anderen Kulturpflanzen wie Kartoffel, Tomate oder Tabak, von denen in Europa keine verwandten Arten vorkommen. Damit stellt sich die Frage, welchen Einfluss die Bestäubertätigkeit der Honigbienen auf die Übertragung der gv-Raps-Transgenen durch Pollentransfer auf andere Rapsorten oder nah verwandten Arten hat. Außerdem wird befürchtet, dass die Larven von Honigbienen Schaden nehmen, wenn sie mit transgenen Pollen gefüttert werden.



Abb. 1: Rapsfeld (Dr. Armin Rose)



Abb. 2: Rapsblüte (Dr. Armin Rose)

Beim Raps kommen zunehmend gentechnische Verfahren zum Einsatz (Bickel-Sandkötter 2003). Dabei wird eine Sterilität der männlichen Blüten angestrebt, um die Züchtung von Hybridsorten mit hohen Erträgen in Kombination mit einer gewissen Toleranz gegenüber Herbiziden mit den Wirkstoffen Glyphosat, Gluphosinat, Oxynil und seltener auch Isoxazo zu erreichen. So besitzt **gv-Raps** z. B. einen Proteinkomplex, der nicht durch Glyphosat denaturiert wird. Der Einsatz dieser Sorten ist umstritten und in der EU ist eine Zulassung noch nicht erfolgt. Bisher wird dieser Raps u. a. in den USA, Kanada und Japan kommerziell angebaut. Von über 1350 an die EU gerichtete Anträge zum Feldanbau gentechnisch veränderter Pflanzen betreffen 270 (gleich 20%) den Raps.

Tendenzen zeichnen sich ab, bei denen man sich in Zukunft darauf konzentrieren wird, Rapsorten zu schaffen, deren Inhaltsstoffe verändert wurden. Ziel dabei ist es, maßgeschneiderte Öle zu erhalten, passend für den jeweiligen Verwendungszweck. Dabei gilt:

- Langkettige Fettsäuren lassen Margarineprodukte aus Rapsöl härter ausfallen.
- Mehr ungesättigte Fettsäuren werten Rapsöl für die Ernährung auf.
- Rapsöl kann mit Beta-Carotin, einer Vorstufe von Vitamin A, angereichert werden.
- Rapsöl kann mit Aminosäuren angereichert werden. Zur Optimierung als Futtermittel kann der Gehalt an bitter schmeckenden Eruca- und Sinapinsäuren reduziert werden.
- Das Spektrum an chemischen Rohstoffen wie z. B. Laurinsäure für die Produktion von Waschmitteltensiden kann erweitert werden.

Ferner wird angestrebt, die Resistenzen gegen Schädlinge und Krankheiten sowie Anpassungen an Standortfaktoren und Stresstoleranz gentechnisch zu verändern.

2.6 Übertragung von Transgenen durch Pollen

Die **Übertragung von Transgenen** auf nah verwandte Arten geschieht am häufigsten durch Pollen. In Deutschland kann diese Übertragung z. B. bei Raps und Kohl vorkommen. Im Gegensatz zu diesen beiden Kulturpflanzen haben Kartoffel, Tomate oder Tabak keine verwandten Arten in Europa. Da das Vorhandensein verwandter Arten Voraussetzung für eine erfolgreiche Transgenübertragung durch Pollen ist, tritt sie bei diesen Kulturpflanzen nicht auf. Ein Ansatz zur Vermeidung der Pollenübertragung könnte deswegen sein, transgene Pflanzen zu verwenden, für die es im Anbaugebiet keine verwandten Arten gibt (Kempken & Kempken, 2006).

Bei der **Erforschung** des Übergangs von Transgenen spielt die Bestäubung durch Vektoren wie die Honigbiene eine wichtige Rolle. Hinzu kommen verschiedenen Faktoren, die sowohl die Häufigkeit des Gentransfers wie auch die ökologischen Vor- und Nachteile betreffen (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Übergang von Transgenen (verändert nach Kempken & Kempken, 2004, 188)

Forschungsschwerpunkte zum Übergang von Transgenen

- Häufigkeit des Gentransfers
- Fitness und ökologische Dominanz von Hybriden transgener Nutz- und Wildpflanzen
- Potenzielle ökologische Vor- und Nachteile, die sich aus Gentransfer ergeben

Da die Übertragung von Transgenen durch Pollen aber nicht ausgeschlossen werden kann, gilt es, deren **Risiken** abzuschätzen. Wenn die Übertragung von neu ausgebrachten Transgenen den Pflanzen einen tatsächlichen und nicht nur potenziellen Vorteil bringt, kann sie sich im Ökosystem verstärkt ausbreiten. Auch in der konventionellen Landwirtschaft werden krankheitsresistente Pflanzen eingesetzt, deren Eigenschaften sich ab und zu auf Wildpflanzen übertragen. Beispielsweise übertragen die kultivierten Getreidesorten oft ihre Erbinformation auf Wildgräser, da diese an der historischen Zucht dieser Sorten beteiligt waren (Grau et al. 1990), wie z. B. bei Weizen und *Aegilops*- bzw. Gänsefußgräser. Hier hat dies allerdings bislang nicht zu "erkennbaren Problemen" geführt (Kempken & Kempken, 2006).

Gefährdung der Honigbiene durch Mais- und Rapspollen?

Gräser wie der **Mais** sind in der Regel Windbestäuber und bieten Bienen daher keine Möglichkeit, an Nektar zu gelangen. Dennoch sammeln Bienen in der Agrarlandschaft so viel Maispollen, dass er 50% der Pollenfracht ausmachen kann. In Österreich durchgeführte Untersuchungen (Gamer & Zeddes, 2002) belegen, dass der **Maispollenanteil im Honig** in der Regel unter 0,1% bleibt. Der Anteil von Bt-Mais-Pollen in Honig konnte aufgrund dieses geringen Anteils nicht bestimmt werden. Es stellte sich jedoch heraus, dass der Anteil an Bt-Pollen in der gesammelten Pollenfracht stark reduziert wird, wenn sich der **Abstand vom Bienenstock** zum Bt-Maisfeld vergrößert. Einen Austausch von Transgenen durch **Pollenübertragung** scheinen Honigbienen nicht zu fördern, da weibliche und männliche Blüten einer Maispflanze nicht direkt nebeneinander liegen, sondern räumlich klar getrennt

sind: die männlichen Blütenrispen werden an der Spitze der Maispflanze gebildet, wogegen die weiblichen Blüten unten in den Blattachseln sitzen und dort nach der Befruchtung zu Maiskolben werden. Dadurch kommt es beim Sammeln von Maispollen nicht zu einer spontanen Bestäubung der weiblichen Blüte.

Für den Maispollen gilt, dass er sich kaum über große Entfernungen **verbreitet**. Denn die männlichen Maisblüten produzieren zwar große Mengen Pollen, aber dieser Pollen ist schwer und fliegt daher nicht weit, sondern befruchtet vor allem weibliche Blüten in unmittelbarer Nähe. Nur unter bestimmten Umständen wie starkem Wind können diese Pollen weitergetragen werden: Mais als C4-Pflanze transpiriert weniger Wasser als andere Pflanzen und aufgrund der geringeren Verdunstung herrschen erhöhte Temperaturen über dem Maisfeld. Diese Thermik ermöglicht warme Aufwinde, die den Pollen transportieren können. In Verbindung mit diesem Phänomen wurde Maispollen zum Teil in großer Höhe ausgemacht und eine ausgeprägtere Pollenverbreitung als erwartet gefunden. Einkreuzungen wurden jedoch stets unter der Grenze von 0,9% gefunden, die der Gesetzgeber als tolerabel betrachtet. Grundsätzlich gilt, dass die Messergebnisse zur Pollenverbreitung extrem variieren und dass die Pollenverbreitung von vielen, kaum kontrollierbaren Faktoren beeinflusst wird. Tests mit gelbem dominant vererbbares Farbmals (produziert intensiv gelbe Maiskörner) auf Weißmaisfeldern (bei dieser Sorte sind die Maiskörner farblos weißlich – rezessives Merkmal) zeigen, dass Kreuzungen der beiden Maissorten (erkennbar am Auftreten gelber Maiskörnern in den Kolben des Weißmais) seltener als erwartet stattfinden und vorwiegend am Rand von Feldern auftreten. Diese Erkenntnisse weisen darauf hin, dass Pufferzonen eine effektive Maßnahme darstellen, um das Einkreuzen von gentechnisch verändertem Mais zu verhindern (Rüschemeyer, 2008). Da oft kritisch gefragt wird, ob Insekten Maispollen verbreiten, ist es wichtig zu wissen, dass die Maisblüten als Windbestäuber (ohne Nektarproduktion) für Insekten ohnehin unattraktiv sind.

Es wurden verschiedene Untersuchungen zur Pollenübertragung bei Mais durchgeführt, von denen hier einige genannt werden sollen.

Informationskasten 4:

Untersuchungen zur Pollenübertragung bei Mais (Auswahl)

- An 30 Standorten in Deutschland wurde 2004 der Bt-Maisanbau im Freiland erprobt. Die Einkreuzung durch Pollenübertragung lag bei einem Abstand der Felder von über 20 m immer unter dem Schwellenwert von 0,9% für Saatguteinkreuzung.
- Im Jahre 2005 wurden einzelne Einkreuzungen gefunden, die über 0,9% lagen, obwohl die Entfernungen zwischen den Feldern 30 m betragen.
- Ein weiteres Forschungsprogramm (des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Jahr 2005/2006) zur Sicherung der Koexistenz zwischen transgenen und konventionellen Kulturpflanzen belegt 50 m als den geeigneten Abstand, um die Einkreuzung unter den Schwellenwert von 0,9% zu wahren.

Nach den sogenannten "**Regeln der guten fachlichen Praxis**" (SRU 2004), die von den Saatgut-Erzeugern transgener Maissorten erarbeitet wurden, sollen sich Landwirte dazu verpflichten, den Anbau von transgenem Mais so durchzuführen, dass es zu keiner Vermischung mit konventionellen Sorten kommt. Dazu gehören Auflagen wie z. B.:

- Flächen, auf denen ein Anbau von Bt-Mais geplant ist, müssen drei Monate vor der Aussaat beim öffentlichen Standortregister des BVL gemeldet werden.
- Bt-Saatgut muss getrennt von anderem Saatgut gelagert werden.
- Nach der Aussaat sind die Maschinen gründlich zu reinigen, um eine Verschleppung von Saatgut auszuschließen.
- Auf einem Trennstreifen von 20 m Breite um ein Bt-Maisfeld herum sollen nur konventionelle unveränderte Maissorten angebaut werden, deren Ernte unter die des Bt-Mais gemischt wird.

Nach dem **neuen Gentechnikgesetz vom 25.1.2008** gelten nun **verschärfte Anbaubedingungen**: Beim Anbau von Bt-Mais müssen 150 m Abstand zu konventionellen Feldern und 300 m Abstand zu Feldern von Bio-Bauern eingehalten werden. Für die Felder von Bio-Bauern gilt deswegen ein größerer Abstand, weil deren Produkte strengerem Reinheitsgeboten unterliegen. Allerdings dürfen diese Entfernungen unterschritten werden, wenn sich alle Anlieger eines Feldes damit einverstanden erklären. Liegt das Einverständnis nicht vor und tritt eine Verunreinigung auf, haftet der Bauer, der Bt-Mais anbaut. Eine Verunreinigung wird als solche jedoch erst betrachtet, wenn die Ernte mehr als 0,9% transgener Bestandteile enthält.¹

Ein weiterer Aspekt: Bislang mussten **Lebensmittel, die gentechnisch veränderte Bestandteile enthalten**, gekennzeichnet werden, wenn die Verunreinigung größer als 0,9% ist. Jedoch musste dies nicht berücksichtigt werden, wenn im Lebensmittel Produkte von Tieren enthalten sind, die man ihrerseits mit gentechnisch veränderten Pflanzen gefüttert hatte. Um die Transparenz in der Lebensmittelherstellung zu erhöhen, können seit dem 25.1.2008 Lebensmittel als gentechnisch frei gekennzeichnet werden. Zusätze müssen jetzt präziser angegeben werden. Nur die Zusätze von Medikamenten brauchen nicht angegeben zu werden, da Medikamente heute vorwiegend mit Hilfe der Gentechnik hergestellt werden sowie Futterzusätze, die unter Einsatz von Gentechnik hergestellt wurden (Enzyme). Weiterhin gilt dabei jedoch, dass eine Verunreinigung erst über 0,9% als nicht mehr gentechnisch frei gewertet wird (Lißmann, 2008).

¹ <http://www.zeit.de/online/2008/05/gentechnik-gesetz-bundestag>, 13.2.08.

Material I Gentechnisch veränderte Pflanzen: Definition und gesetzliche Lage

Aufgaben:

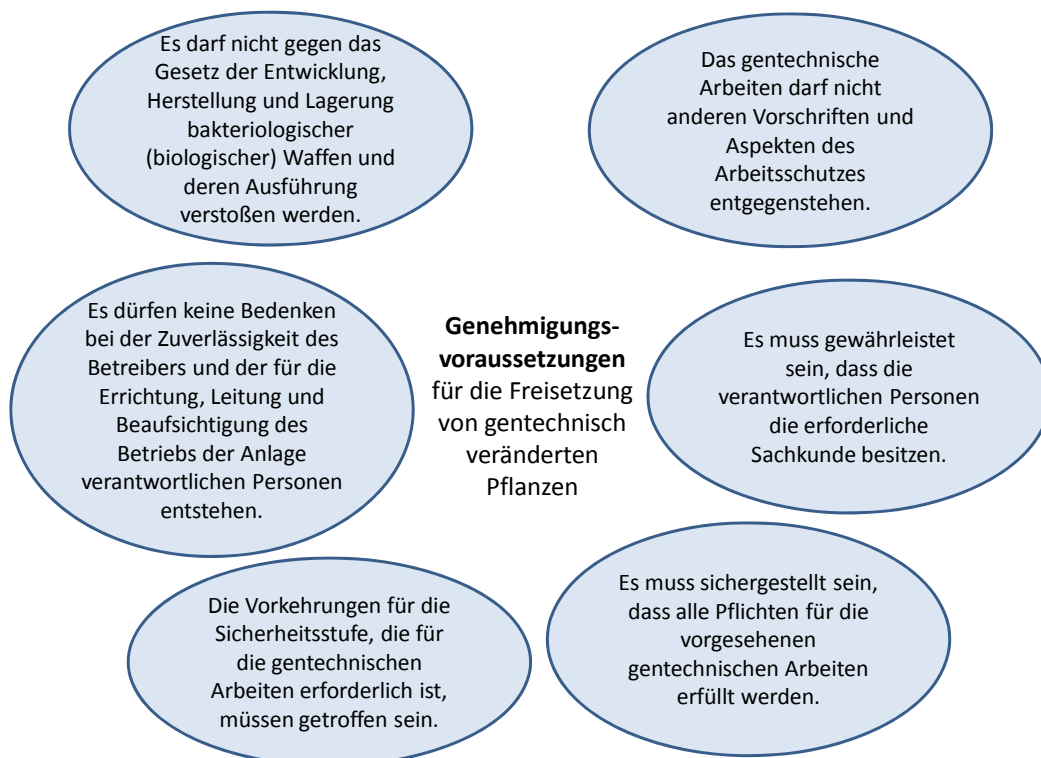
1. Lesen Sie folgenden Text und erarbeiten Sie, wer und was durch die Gesetzgebung geschützt wird.
2. Versetzen Sie sich in die Lage des Konsumenten gentechnisch veränderter Lebensmittel bzw. von Lebensmitteln mit gentechnisch veränderten Anteilen. Fühlen Sie sich durch diese Gesetzgebung geschützt? Begründen Sie Ihre Meinung.

Eine transgene Kulturpflanze ist eine Pflanze, die zur menschlichen Ernährung angebaut wird und in deren Erbgut Gene einer anderer Pflanze oder eines Bakteriums eingefügt wurden. Um den Umgang mit transgenen Pflanzen kontrollieren zu können, müssen Gesetze zum Umgang erlassen werden. Die wohl wichtigste gesetzliche Regelung ist, dass die **Freisetzung** transgener Kulturpflanzen genehmigungspflichtig ist. In Deutschland ist das Genehmigungsverfahren im Gentechnikgesetz festgelegt (17. März 2006). Es enthält Vorschriften, die für die gentechnische Arbeit, die Freisetzung von und den Handel mit transgenen Kulturpflanzen und deren Produkten gelten sollen. Die gentechnisch veränderten Produkte, die zu Nahrungsmitteln verarbeitet werden, müssen als Endprodukt gekennzeichnet werden. Davon ausgenommen sind nur Lebensmittel, bei denen der genetisch veränderte Anteil unter 0,9% liegt.

Zweck dieses Gesetzes ist es, ...

- unter Berücksichtigung ethischer Werte Leben und Gesundheit von Menschen, die Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge, Tiere, Pflanzen und Sachgüter (auch vorbeugend) vor schädlichen Folgen gentechnischer Verfahren und Produkte zu schützen.
- zu ermöglichen, dass Produkte, die mit oder ohne gentechnische Verfahren hergestellt wurden bzw. kaum einen oder einen hohen gentechnisch veränderten Anteil aufweisen, u.a. vom Endverbraucher unterschieden werden können.
- den rechtlichen Rahmen für gentechnische Verfahren zu regeln.

<http://www.gesetze-im-internet.de/gentg/>



Material II Ökologische Schäden

Der Eingriff in das Erbgut von Pflanzen und die Anwendung gentechnisch veränderter Pflanzen wird als „Grüne Gentechnik“ bezeichnet. In der Diskussion über die Folgen der Grünen Gentechnik werden mögliche ökologische Schäden erörtert. Es ist wichtig zu wissen, dass es der Mensch ist, der definiert, was nach seiner Auffassung ökologische Schäden sind und wann ein ökologischer Schaden eingetreten ist. Man unterscheidet im Allgemeinen drei **Klassen von Schäden**:

- Zerstörung eines Lebensraumes
- Verdrängen wildlebender Pflanzen oder Tiere
- Unterbrechung biologischer Zusammenhänge und Kreisläufe

Wissenschaftler erforschen zurzeit, ob die möglichen Folgen Grüner Gentechnik, die hier in der (linken) Spalte genannt werden, eintreten können, wenn man gentechnisch veränderte Pflanzen freisetzt.

Aufgabe:

Ordnen Sie die einzelnen Folgen mit einem Strich den Ebenen zu, auf denen sie Ihrer Meinung nach wirken!

Mögliche Folgen <i>Grüner Gentechnik</i>	Ebene
• Merkmalsveränderung durch den Transfer artfremder DNA (Introgression)	
• Vermehrung transgener Pflanzen	
• Wirkungen auf den Stoffhaushalt	
• Einfluss der Landwirtschaftsformen	
• Resistenzentwicklungen	
• Transformationen und Rekombinationen mit Mikroorganismen	
• Veränderung des Bestandes	
• Merkmalsveränderung durch Hybridisierung	
• Änderung des Artenspektrums	
• Veränderung des Stoffwechsels	
• Effekte auf Nahrungsnetze	
	Zelle
	Individuum
	Population
	Ökosystem
	Landschaft

(verändert nach: SRU 2004)

Informationskasten:

Honigbiene (*Apis mellifera*)

Die Westliche Honigbiene (Material IV, Abb. 3: Honigbiene) bildet kolonieähnliche Staatsgemeinschaften mit 10.000 bis 40.000 (manchmal sogar 80.000) Individuen, meistens Arbeiterinnen, die Nektar und Pollen im Umkreis von etwa 1 bis 2 km von ihrem Stock sammeln. Sie sind nicht in der Lage, transgene Pflanzen von unveränderten zu unterscheiden. Der Besuch von Blüten hängt von deren Attraktivität für die Bienen ab. Dabei spielen Geruch, optische auffällig Markierungen, die nur im ultravioletten Licht sichtbar sind, und Form der Blüte (Zugänglichkeit der Nektardrüsen und Staubblätter) die entscheidende Rolle. Honigbienen sind Generalisten (Akkermann & von der Ohe 2004), die versuchen jede Nektar- und Pollenquelle zu nutzen, solange sie ergiebig genug ist. Finden sie nicht genügend Blüten, die ihrer Anatomie angepasst sind, so können sie auch auf andere Blüten ausweichen, die offen zugänglich sind, so z. B. die von Windbestäubern oder die Blüten, die aufgrund anderer Bestäuber eine für sie unzugängliche Form haben. Im letzten Falle setzen Bienen von ihren Mundwerkzeugen die scharfkantigen Mandibeln ein und öffnen damit die Blüte von außen, um so trotzdem an den Nektar zu gelangen. Der Honig wie wir ihn kennen, ist Nektar, der von den Bienen an den Blüten gesammelt und durch körpereigene Enzyme in der Honigblase (Transport- oder Honigmagen) der Bienen umgewandelt wird (Ehrnsberger 2004a). Dabei wird er unter Wasserentzug eingedickt und ihm werden etliche Substanzen zugesetzt, die ihn haltbar machen, indem sie u. a. gegen Bakterien wirken. Außer Nektar wird auch der Zuckersaft von Blatt- oder Schildläusen zu Honig verarbeitet (Ehrnsberger 2004b). Honig wird produziert als Nahrungsreserve der erwachsenen Bienen während des Winters. Während der flüssige Nektar von Pflanzen extra produziert wird, um Bienen anzulocken und von ihnen mit den Mundwerkzeugen aufgenommen wird, spielt Pflanzenpollen die entscheidende Rolle als Nahrung für die Aufzucht der Bienenlarven. Da der Pflanzenpollen an den verbreiterten und dicht beborsteten Hinterbeinen haftet, verbreiten die meisten Bienen den Pollen, der dann Blüten befruchten kann. Das Absammeln von Pollen wird von den Pflanzen durch eine angepasste Überproduktion kompensiert, die jedoch längst nicht an die Pollenproduktion von windbestäubten Pflanzen heranreicht. Pollen enthalten viele Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße und Vitamine und sind damit ein hervorragendes Larvenfutter. Ein Teil des Pollens gelangt in den Honig, wenn die Bienen ihn in die Vorratswaben einfüllen. Es handelt sich um eine leichte "Verunreinigung", denn Pollen macht nur 0,1-0,5% des Honigs aus.

Aufgaben:

1. Stellen Sie auf der Grundlage des Textes zur Honigbiene Hypothesen dazu auf, inwiefern gentechnisch veränderte Pflanzen eine Gefährdung für die Nahrung der Bienenlarven und des Menschen (Honig) sein könnten.
2. Prüfen Sie Ihre Hypothesen auf der Grundlage der folgenden Informationstexte, in denen die Situation einiger Imker beschrieben wird. Dazu können Sie auch folgende Internetadressen nutzen: www.biosicherheit.de und www.transgen.de.
3. Präsentieren Sie auf einem Poster die wichtigsten Argumente, die Imker zu diesem Themenkomplex vorbringen könnten.

4. Mai 2007 - Imker setzen Schutzmaßnahmen vor Gericht durch

Das Augsburger Verwaltungsgericht verpflichtet mit einem Eilentscheid den Freistaat Bayern, Honig vor der Verunreinigung durch den Pollen von transgenem Mais MON810 (Bt-Maissorte des Herstellers Monsanto) zu schützen. Aufgrund des Eilantrages von dem Imker Herrn Bablok entschied das Gericht in seinem Urteil vom 4. Mai 2007, dass Imker einen Anspruch darauf haben, dass ihre Ernten frei von den geringsten Spuren der Gen-Maispollens sind. Imker können auf der Basis dieses Urteils von den Behörden die Durchsetzung von Schutzmaßnahmen verlangen, die den Anbau dieser Maissorten grundlegend in Frage stellen. Das Verwaltungsgericht sieht erhebliche Defizite bei der Zulassung und damit in der Risikobewertung von transgenem Mais. Es stellte auch fest, dass Imker und Verbraucher das Recht auf Honig ohne Pollenverunreinigungen transgener Pflanzen haben. Aus diesem Grund soll der bereits ausgesäte Mais umgepflügt werden.

16. Juni 2007 - Verwaltungsgerichtshof München hebt Schutzanspruch von Imkern auf

Honig soll nun doch nicht gegen die Verunreinigung durch Pollen von transgenen Mais MON 810 (Bt-Maissorte des Herstellers Monsanto) geschützt sein. Das Verwaltungsgericht München bestätigt zwar, dass Lebensmittel, die Pollen dieser Maissorte enthalten, nicht für den Verkauf zugelassen sind, gleichzeitig vertreten die Richter jedoch die Auffassung, dass dies für Honig nicht gilt. "Es ist für uns nicht nachvollziehbar, warum Honig einen Sonderstatus haben soll", so der betroffene Imker Bablok, der zuvor vom Augsburger Verwaltungsgericht Recht bekam. Imkermeister Radetzki vom Bündnis der Imker meint dazu: "Warum sollen Imker und Verbraucher diese Verunreinigung von Honig durch transgene Maispollen hinnehmen, obwohl weder eine spezielle Risikoprüfung durchgeführt wurde, noch eine entsprechende Zulassung vorliegt? Züchter solcher Maissorten werden dieses Urteil als Freibrief auffassen, ihre Produkte ohne Rücksicht auf die gentechnikfreie Landwirtschaft in Verkehr zu bringen". Gerade erst hatte die Bundesregierung verlauten lassen, dass sie tatsächlich Risiken beim Anbau von transgenem Mais sieht. Als skandalös wertet der Gentechnikexperte Peter Röhrig die Einschätzung des Gerichts, ein Imker könne bei Absatzschwierigkeiten seines Honigs keine Haftungsansprüche geltend machen. Diese seien lediglich auf subjektive Erwartungen der Verbraucher zurückzuführen. Auch sähen die Entwürfe der *Guten fachlichen Praxis*, die derzeit von Horst Seehofer erarbeitet werden, keine Regeln zum Schutz der Imker vor. Peter Röhrig dazu: "Es ist Aufgabe der Bundesregierung mit dem neuen Gentechnikgesetz zu gewährleisten, dass eine Koexistenz von gentechnisch veränderten Pflanzen und Imkerei möglich ist". Solange dies nicht erfolgt, werden die Imker weiter für ihre Rechte streiten müssen und in dem laufenden Verfahren in die nächste Instanz gehen. Angesichts immer neuer Berichte über das Risikopotenzial transgener Pflanzen fordern Imker in weiteren Verfahren mit Unterstützung von Greenpeace jetzt einen kompletten Stopp des Anbaus von transgenem Mais.

24. Juli 2007 – Flucht vor dem transgenen Pollen?

Imker Bablok zieht heute früh mit seinen Bienen weg vom transgenen Maisfeld. Der in Berlin von den Regierungsparteien vorgestellte Gesetzentwurf ignoriert die Belange der Imkerei. Mit dem neuen Gentechnikgesetz lässt die große Koalition die Imker im Stich. In der Nähe der Bienenstöcke von Imker Bablok wird transgener Mais längst angebaut. In einem Eilverfahren entschied das Bayerische Verwaltungsgericht, dass der Freistaat vorerst keine Rücksicht auf die Imker nehmen müsse. Trotz nicht ausgeräumter Zweifel an der Zulassung des angebauten transgenen Mais' müssen Imker Einträge von dessen Pollen dulden. "Bereits im letzten Jahr wurden in meinen Bienenstöcken bedeutende Mengen an transgene Pollen gefunden. Ich muss davon ausgehen, dass diese auch im Honig landen. Kein Mensch will solchen Honig haben. Nun sehe ich mich gezwungen, meine Bienen in Gegenden zu bringen, in denen in diesem Jahr noch keine transgenen Maissorten wachsen", so der enttäuschte Imker. "Wo sollen die Imker hin um auszuweichen, wenn derartiger Mais für Rinderfutter und Bio-Energie in der Fläche verbreitet angebaut wird?"

"Es ist ein Unding, dass sich die Koalition nun auf ein Gentechnikgesetz geeinigt hat, dass die Belange von Imkern und Verbrauchern außer Acht lässt. Die Ursache dafür scheint zu sein, dass sie keine Lösung für das Problem von Koexistenz von Agro-Gentechnik und konventioneller Landwirtschaft hat", so Peter Röhrig, Gentechnikexperte des Bund Ökologischer Lebensmittelwirtschaft (BÖLW).

"Da die Bundesregierung mit dem neuen Gesetz nicht für Koexistenz und Wahlfreiheit bei Bienenprodukten sorgt, werden wir wenn nötig bis zum Europäischen Gerichtshof für unsere Rechte kämpfen." So der Demeter-Imker Radetzki. Er vertritt ein Bündnis der Imker zum Schutz vor Agro-Gentechnik, dem u. a. der Bund Ökologischer Lebensmittelwirtschaft (BÖLW), Assoziation ökologischer Lebensmittel Hersteller (AÖL) und der Demeter-Bund e.V. angehören. Auch der Deutsche Berufs- und Erwerbsimkerbund unterstützt dieses Vorhaben.

Material IV Übertragung von Transgenen

Es wird öffentlich diskutiert, ob sich transgene Pflanzen durch ihren Pollen verbreiten können. Dabei spielt u. a. die Frage eine Rolle, ob sich transgene Pflanzen mit anderen nicht gentechnisch veränderten Sorten oder sogar Arten kreuzen. (Die Übertragung von Transgenen bei einer Kreuzung wird „Hybridisierung“ genannt.) Dabei muss für Risikoprognosen bedacht werden, ob der übertragene Pollen die Blüte der Empfängerpflanze tatsächlich befruchtet, ob sich die transgenen Pflanzen in einem ganzen Pflanzenbestand wirklich durchsetzen und ob die so entstandenen Hybriden fruchtbar und somit vermehrungsfähig sind.

Ob eine Befruchtung oder Hybridisierung stattfindet, hängt des Weiteren von verschiedenen Faktoren ab. Diese sind in nachfolgendem Kasten aufgelistet.

Aufgabe

Die hier gelisteten Faktoren gelten in Bezug auf verschiedene Elemente, die an der Pollenübertragung beteiligt sein können. Diese Elemente sind wie Stellschrauben. Bestimmte Ausprägungen dieser Elemente oder Veränderungen dieser Elemente haben Einfluss auf die Pollenübertragung. Am meisten fällt ins Auge, dass der „Pollen“ selbst ein solches Element darstellt. Zum Beispiel hat seine Größe und Form Einfluss auf die Übertragung. Analysieren Sie die Faktoren daraufhin, welche weiteren Elemente hier als beteiligt genannt werden.

- Menge des gebildeten Pollens in Abhängigkeit von der Fortpflanzungsstrategie der Pflanze
- Form und Gewicht des Pollens (besonders bei Windbestäubung)
- Lebensdauer des Pollens, die unter anderem von den Witterungsbedingungen abhängt
- Befruchtungsqualität des Pollens, die von der Pflanzenart und der Witterung abhängt
- Räumliche Entfernung, Populationsdichte, Fitness und Fremdbefruchtungsrate von Pollenspender und Pollenempfänger
- Selektivität der Rezeptorsysteme, die den Pollen aufnehmen
- Zeitraum, in dem Pollen produziert wird, und ob dieser mit der Blütezeit der Wildformen, mit der Blütezeit der nahen Verwandten oder der Aktivitätszeiten der Bestäuber übereinstimmt
- Zeitraum, über den sich der Pollenflug erstreckt
- Populationsdichte der zur Blütezeit vorkommenden Bestäuber
- Bestandsdichte der Pflanzenpopulation
- Pollenkonkurrenz
- Strategie, mit der die Pflanze ihren Pollen verbreitet (Windbestäubung oder blütenbesuchende Insekten)
- Vorherrschende Witterung zur Blütezeit (Windstärke, Niederschläge)
- Art und Lage des Geländes sowie der unmittelbaren Umgebung
- Größe der Freisetzungsfäche



Abb. 3: Honigbiene (Prof. Dr. Volker Haeseler)

Die Übertragung von Transgenen auf nah verwandte Arten geschieht wohl am häufigsten durch Pollen. In Deutschland ist hierfür neben Mais u. a. Raps zu nennen. Kräuter wie der **Raps** mit seinen nektarreichen Blüten sind für Bienen sehr attraktiv. Bisher wird kein gentechnisch veränderter Raps in Europa angebaut, wohl aber in Kanada. Von dort werden etwa 500 Tonnen Honig pro Jahr importiert. In diesem Honig wurde mehrfach gentechnisch veränderter Rapspollen nachgewiesen. Somit stellt sich auch die Frage, ob Bienen gv-Pollen aufnehmen und an ihre Larven verfüttern.

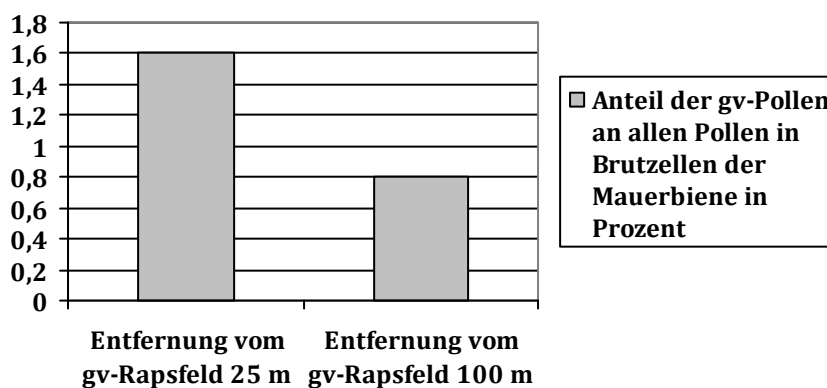
Es ist belegt, dass Bienen, wenn auch in unterschiedlichem Maße, Pollen von gentechnisch veränderten Pflanzen an ihre Larven verfüttern. Dies testete in großem Umfang die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Freilandstudien an herbizidtolerantem gv-Raps. Alle untersuchten Bienenarten haben gv-Rapspollen aus den Versuchspartzen gesammelt und an ihre Brut verfüttert. Während bei der Honigbiene und der Erdhummel die Anteile etwa 3% betragen, wurde von den Mauerbienen bis zu 11% gv-Pollen gesammelt. Der Rapspollen, den Honigbienen an ihre Larven verfütterten, enthielt 3% Pollen von gv-Raps.

Es wurde auch getestet, wie sich ein ca. 8 m breiter Schutzstreifen mit herkömmlichem Raps um das gv-Rapsfeld herum auswirkt. Es zeigte sich, dass die Barrierefunktion einer Mantelsaat aus konventionellem Raps nicht ausreicht, um eine Pollenausbreitung in angrenzende Kulturlflächen zu verhindern. War der Schutzstreifen dicht mit Rapspflanzen besetzt, konnte die Pollenmenge, die vom Feld mit gv-Raps verbreitet wurde, jedoch um 90% reduziert werden (Kempken & Kempken, 2006). Dennoch wurde in 100 m Entfernung vom Rapsfeld noch in 30% der Brutzellen der Mauerbienen gv-Pollen gefunden. Und in Einzelfällen konnte Pollenflug in bis zu 4 km Entfernung vom gv-Winterrapsfeld nachgewiesen werden (Kempken & Kempken, 2006). Dies bedeutet, dass transgene Pollen auch in entferntere Kulturlflächen getragen werden.

Im Speziellen wurde untersucht, wie viel gv-Pollen anteilig in den Brutzellen von Mauerbienen zu finden ist, wenn die Brutzellen in verschiedenen Entfernungen vom Rapsfeld liegen. Dies ist im nachfolgenden Diagramm dargestellt.

Aufgabe

1. Entwerfen Sie ein Diagramm, das den Anteil von gv-Pollen am gesamten gesammelten Pollen bei Honigbiene, Erdhummel und Mauerbiene gegenüberstellt.
2. Werten Sie das folgende Diagramm hinsichtlich der Frage aus, wie die Entfernung vom Rapsfeld und der Anteil der gv-Pollen zusammenhängen.



entwickelt nach
<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/7.doku.html>,
 9.1.2009

Vor dem Hintergrund dieser Untersuchungsergebnisse wurden im Gentechnikgesetz vom 25.1.2008 verpflichtende Abstandsregelungen für den Anbau von Pflanzen festgelegt (s. Informationskasten).

Informationskasten

Mit dem **neuen Gentechnikgesetz vom 25.1.2008** wurde für die konventionelle Landwirtschaft eine **Freizone** von 150 m um ein Feld mit gentechnisch veränderten Pflanzen vorgeschrieben. Dieser Abstand wird als ausreichend betrachtet, um einen gv-Eintrag von unter 0,9% zu gewährleisten (ab 0,9% gilt in der EU Kennzeichnungspflicht). Für den ökologischen Anbau wird sogar eine Freizone von 300 m vorgesehen, da im ökologischen Anbau nicht einmal ein geringer gv-Eintrag toleriert wird. Hintergrund dafür bildet das sogenannte Koexistenzziel: Gentechnisch veränderte Pflanzen dürfen nicht angebaut werden, wenn sie die Koexistenz mit nicht-gentechnisch veränderten Pflanzen gefährden.

Aufgabe

Entwickeln Sie zwei Landschaftsskizzen A und B gemäß folgenden Vorgaben:

Wie muss ein Feld mit gentechnisch veränderten Pflanzen liegen, wenn es ...

- A) zwischen Feldern mit herkömmlichem Anbau liegt?
- B) zwischen Feldern mit ökologischem Anbau liegt?

Verwenden Sie für Ihre Zeichnung die Tabellenfelder A und B.

A	B
---	---

Material V Untersuchungen an Monarchfalterraupe

Es stellt sich die Frage, ob der Verzehr von gv-Pollen die betreffenden Tiere schädigt. Ein Team um den Wissenschaftler John E. Losey von der Cornell University (Kanada) führte eine Laborstudie mit dem Monarchfalter (s. Informationskasten) und Seidenpflanzen (s. Informationskasten) durch.

Informationskasten

Monarch-Falter (*Danaus plexippus*)

Der Monarch-Falter (Abb. 4) ist mit seinen 10 cm Flügelspannweite ein großer Tagfalter mit auffälliger rotbraun-schwarzer Färbung und perlenähnlich weißen Punkten am Flügelrand. Berühmt ist der Monarch-Falter für seine ausgeprägten Wanderungen. Zwischen Sommer- und Winterquartieren legt die Herbstgeneration rund 4.000 km zurück. Dabei fliegen sie durchschnittlich 70 km lange Strecken pro Tag, mit entsprechenden Rückenwinden kann sich diese tägliche Strecke auf 300 km steigern. Überwinterungsquartiere, in denen es zu Massenansammlungen kommt, befinden sich entlang der kalifornischen Küste und in Mexiko. Im Frühjahr brechen die neuen Generationen wieder Richtung Norden auf und verbreiten sich nach und nach wieder über ihr gesamtes Areal. Der Monarch-Falter ist in den USA wegen seiner attraktiven Erscheinung äußerst populär. Beliebt ist er auch als Nutzinsekt, da seine Raupe (Abb. 5) die ausdauernden Seidenpflanzen (*Asclepiadaceae*) vertilgt. Die Weibchen der Monarch-Falter legen ihre Eier mit Vorliebe auf kleine, freistehende Seidenpflanzenstauden in der Nähe von Hecken, Gräben und Weiden. In seinem Hauptverbreitungsgebiet ist der Monarch-Falter ausgesprochen häufig und nicht gefährdet.

Abb. 4: Monarchfalter
(Archiv des ROM, Toronto, Kanada)

Abb. 5: Monarch-Raupe
(Archiv des ROM, Toronto, Kanada)

Informationskasten

Seidenpflanzen (*Asclepiadaceae*)

Seidenpflanzengewächse (Abb. 6) gelten in Nordamerika in der Landwirtschaft als "Unkräuter" und werden durch Herbizide bekämpft. Diese mehrjährigen Stauden der Gattung *Asclepias* wachsen an Wegrändern, Ruderalfluren, Flussniederungen sowie Weideland. Zur Verbreitung der Samen dieser Pflanze dienen lange seidige Flughaare, von denen sich der deutsche Name Seidenpflanzen ableitet. Manche dieser robusten Kräuter sind wegen ihrer auffälligen gelben, orangen oder roten Blüten beliebte Garten- oder Kübelpflanzen. Die Blüten stellen eine attraktive Schmetterlingsweide dar, aber an den Pflanzenteilen, die in ihrem weißen Milchsaft giftige Glykoside enthalten, fressen ausschließlich die Raupen des Monarch-Falters. Gegen dieses Gift sind nur sie resistent. Die Glykoside machen außerdem die Raupen und die erwachsenen Falter giftig und ungenießbar.



Abb. 6: Seidenpflanze / milk-weed
(Archiv des ROM, Toronto, Kanada)

Abb. 7: Maisfeld (Dr. Armin Rose)

Losey und seine Kollegen gingen folgendermaßen vor. Es wurden befeuchtete Blätter von der Seidenpflanze nach Augenmaß mit der Menge an Bt-Maispollen bepudert, wie sie auf den Blättern dieser Pflanze nahe von Maisfeldern (Abb. 7) gefunden werden. Diese bepuderten Blätter wurden an drei Tage alte Raupen von Monarch-Faltern verfüttert. Gleichzeitig verabreichte man einer anderen Gruppe von Raupen Blätter, die mit Pollen von Mais ohne Bakterientoxin überpudert waren und einer weiteren Raupengruppe unbehandelte maispollenfreie Blätter. Eine Versuchsreihe dauerte vier Tage und wurde fünfmal wiederholt. Protokolliert wurden die gefressene Blattmenge, die Gewichtszunahme der Raupen sowie deren Überlebensrate.

Aufgabe

Werten Sie die folgenden drei Diagramme aus: Was fanden die Forscher um Losey jeweils heraus?

Diagramm A: Menge der von den Raupen gefressenen Blätter in Prozent

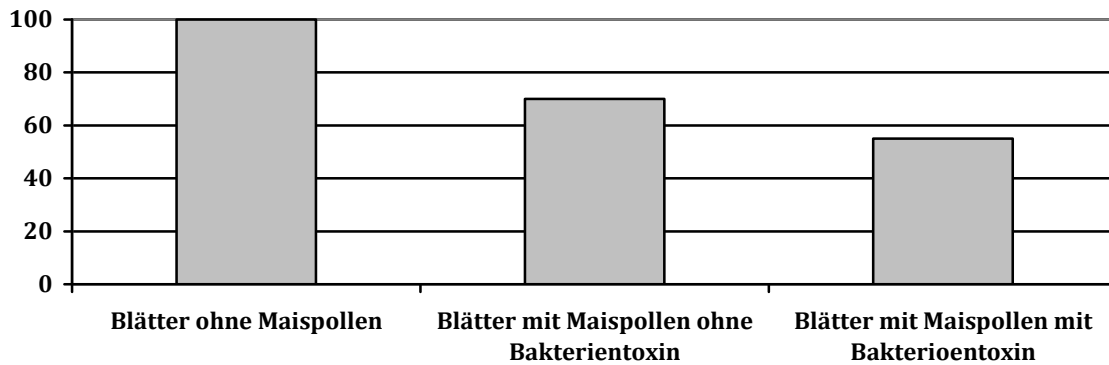


Diagramm B: Gewichtszunahme der Raupen auf Blättern ohne und mit Bt-Pollen

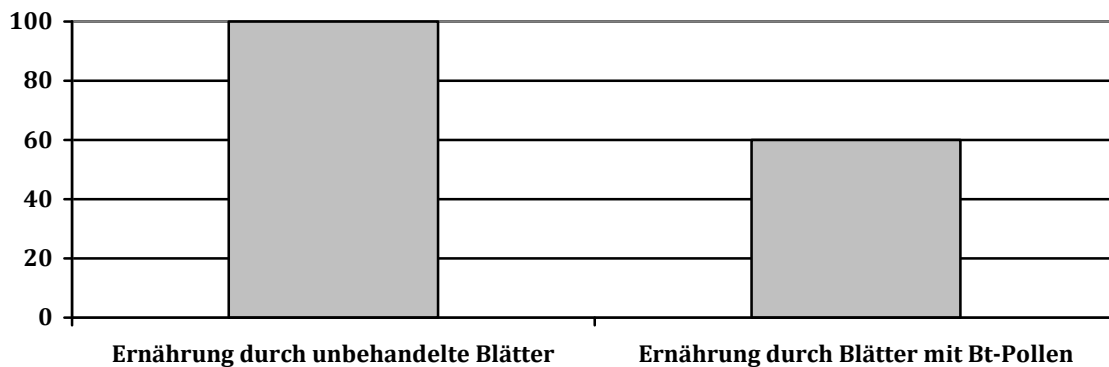
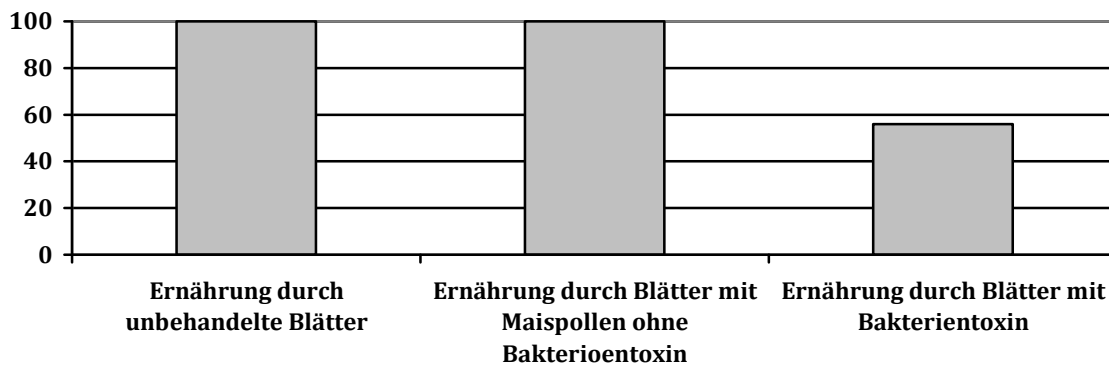


Diagramm C: Überlebensrate der Raupen



Aufgrund dieser Laborstudie von Losey und Kollegen wurden nun zusätzlich Freilanduntersuchungen in Kanada durchgeführt (Sears 2000, 2001). In den Freilanduntersuchungen, die durchgeführt wurden, um das tatsächliche Gefährdungspotenzial von Bt-Maispollen besser abschätzen zu können, fanden Forscher heraus:

- Der Maispollen flog nur 5 m weit.
- Die Konzentration des Maispollens 1 m vom Maisfeld entfernt beträgt nur noch 1/3 im Vergleich zur Konzentration auf dem Feld.
- Nur mitten im Feld ist die Konzentration des Maispollens so hoch, dass die Sterblichkeit der Raupen beeinflusst wird.

Fazit dieser Studie ist: Unter **natürlichen Bedingungen** wird fast nie eine Konzentration an Bt-Maispollen erreicht, bei der Monarchfalter-Raupen unmittelbar sterben oder geschädigt werden.

In einer weiteren Studie der amerikanischen Umweltbehörde EPA wurde herausgefunden, dass ein Viertel der Versuchstiere stirbt, wenn man sie langfristig mit realitätsnahen Mengen Bt-Pollen füttert. Da diese langfristigen Bedingungen jedoch kaum gelten, stellt das keine wirkliche Gefahr dar.

Aufgabe

Diskutieren Sie auf der Grundlage dieser Informationen, aber auch darüber hinaus, ob man Laboruntersuchungen durch Freilanduntersuchungen ergänzen sollte. Sie können auch im Internet nach weiteren Informationen suchen. Berücksichtigen Sie in Ihrer Diskussion Pro- und Contra-Argumente. Notieren Sie diese hier.

Man sollte nur Laboruntersuchungen durchführen, weil ...

Man sollte zusätzlich Freilanduntersuchungen durchführen, weil ...

Lösungsmöglichkeiten

Weshalb Freilanduntersuchungen zusätzlich notwendig erscheinen (Auswahl):

Allgemeine Gründe

- Der herkömmliche Einsatz von Insektiziden im Maisanbau könnte viel drastischere Folgen für die Lebensgemeinschaften in der Nähe von Maisfeldern haben, denn es sind davon alle Insekten, Spinnen und Bodenorganismen betroffen. Man muss die Folgen beider Verfahren, Anbau von Bt-Mais und Anbau von herkömmlichen durch Insektizideinsatz geschützten Sorten, genau abwägen.
- Die Laborresultate lassen sich vermutlich nicht eins zu eins in die Realität übertragen, da Maismonokulturen kein Lebensraum für Tagfalter, wie Monarchen, sind.
- Die Raupen im Labor-Experiment haben keine Wahl, sie müssen die mit Bt-Maispollen bestäubten Blätter fressen, aber machen sie das auch, wenn sie die Wahl haben und pollenfreie Blätter zur Verfügung stehen? Legen die Monarch-Weibchen ihre Eier wahllos an jede Seidenpflanze oder sind sie sehr wählerisch?
- Tritt die Konzentration an Maispollen, die im Labor getestet wurde, wirklich so massiv im Freiland auf und wie oft ist das der Fall? Wie weit wird Maispollen in der Fläche verbreitet?

Spezielle Gründe in Bezug auf Bt-Mais

- Im Freiland liegt vielleicht eine andere Pollenmenge vor oder die Raupen fressen dort die Blätter, die nur mit wenig Bt-Pollen bedeckt sind.
- Die Falterweibchen legen ihre Eier gerne auf freistehenden Seidenpflanzen ab, die nicht in unmittelbarer Nähe zu den Maisfeldern wachsen. Zudem werden die Seidenpflanzen in den USA auf oder in der Nähe von Feldern oft durch Herbizide unterdrückt.
- Der meiste Maispollen wird nur ca. 5 m von der Maispflanze weggetragen.
- Die Maisblüte und die Wachstumsphase der Raupen überschneiden sich kaum. Zudem ist die Maisblüte nur 5-10 Tage lang, sodass sich Pollen nur kurzfristig auf der Seidenpflanze ablagert.
- Neue Maissorten werden gentechnisch verändert und enthalten ein Bakterientoxin, damit der Maiszünsler vertrieben wird. Verändert man Mais nicht gentechnisch, müssen Insektizide gegen den Maiszünsler eingesetzt werden. Diese Insektizide könnten sich negativer auf die Monarch-Population auswirken als der Bt-Pollen.
- Die Gefahr, die der Bt-Pollen für die Raupen bedeuten könnte, sollte abgewogen werden mit anderen Gefahren, die der Monarch-Population drohen. Die Zerstörung der Winterquartiere des Monarchfalters in Mexiko ist vermutlich fataler.

Aufgabe

Bilden Sie eine 4er-Gruppe. Zwei von Ihnen sollten die Position des Herstellers von Bt-Mais vertreten, zwei die Position eines Umweltschützers. Versuchen Sie, einen Kompromiss zu erarbeiten. Wenn dies nicht möglich ist, listen Sie die Argumente auf einem Plakat auf, die für jede Position sprechen. Folgende Argumente können hilfreich sein!

Hersteller von Bt-Mais	Umweltschützer
<p>Der Gehalt von Bt-Toxin in den meisten und am häufigsten angebauten Maissorten ist erheblich geringer als in den wenigen Sorten, bei denen sich im Labor Effekte zeigten. Selbst bei diesen kam es erst zu negativen Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen, wie Schmetterlingsraupen, als Dosierungen an Pollen erreicht wurden, die in dieser Konzentration in einem Maisfeld nicht erreicht werden.</p> <p>Es werden viele wirbellose Tiere vor der Ausbringung der neuen Bt-Mais-Sorten daraufhin getestet, welche Auswirkungen der Bt-Mais auf sie hat. Dazu gehören Vertreter von Spinnen, Raubinsekten und Bodenorganismen (wie Milben). Negative Auswirkungen zeigten sich bei diesen Nicht-Zielorganismen nicht.</p>	<p>Dauerhafte Einlagerung von Bt-Toxin sorgt dafür, dass dessen Gehalt in einer Maispflanze erheblich schwanken kann, so z. B. in jungen bzw. alten Blättern. Die Belastung der Umwelt durch das eingebaute Toxin ist permanent, d. h. sie steht im Gegensatz zur kurzzeitigen Belastung durch Bt-Toxin, das als Spritzmittel verwendet wird. Daher wirkt sich der Bt-Toxin-Einsatz stärker auf Nicht-Zielorganismen aus, die im Boden leben oder Pollen sammeln.</p> <p>Die Auswirkungen von Bt-Maispollen allein auf Schmetterlingsraupen (z. B. Schwalbenschwanz, Monarchfalter, Pfauenaug und Kleiner Fuchs) sind höchst unterschiedlich. In Laboren werden nicht die sensibelsten Tiere eines Ökosystems getestet und schon gar nicht eine ausreichend umfangreiche Bandbreite von Raupenarten.</p>

Material VI Der Risikobegriff

Die Verwendung von transgenen Kulturpflanzen ist in der Öffentlichkeit sehr **umstritten** – im Gegensatz zur Meinung der meisten Fachwissenschaftler. Dabei scheint es sich u. a. um ein Kommunikations- und Vertrauensproblem zu handeln: Wie risikoreich ist die *Grüne Gentechnik* denn nun einzuschätzen?


Aufgabe

Diskutieren Sie mit Ihrem Tischnachbarn die hier angeführte Definition von „Risiko“: Erörtern Sie, ob diese Definition auf die Gentechnik anwendbar ist oder nicht!

„Risiko ist das Produkt aus der Eintretenswahrscheinlichkeit der Gefahr und dem Ausmaß des Schadens.“

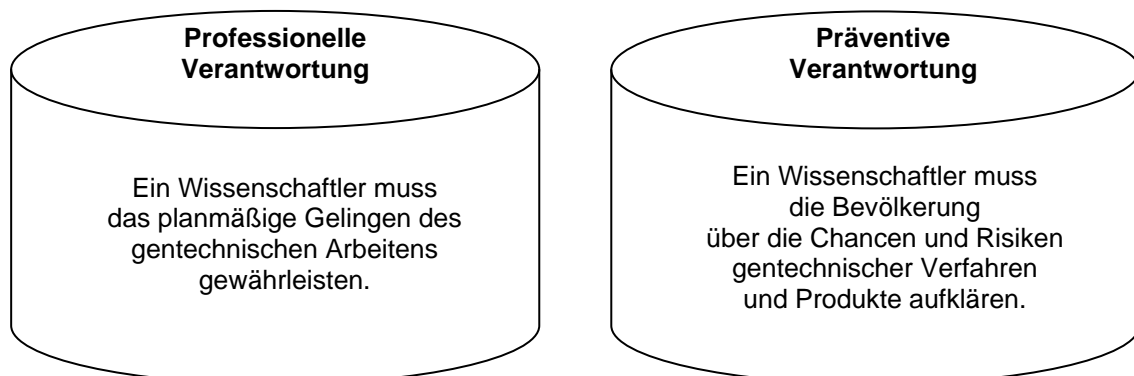
Aufgabe

Geben Sie begründet an, welcher der folgenden zwei Aussagen über Risiken Sie zustimmen.

Risiken können objektiv eingeschätzt werden. <input type="checkbox"/>	Risiken können nur subjektiv eingeschätzt werden. <input type="checkbox"/>
Begründung! 	

Aufgabe

Es gibt zwei Formen der Verantwortung eines Wissenschaftlers. Stimmen Sie im Kurs ab, welche Verantwortungsform für am wichtigsten gehalten wird. Halten Sie eine Begründung dafür an der Tafel fest. Entwerfen Sie danach eine Skizze, in der aufgezeigt wird, wie die professionelle und die präventive Verantwortung zusammenhängen.



Material VII Bewerten

Aufgabe

Folgende Argumente werden von Gegnern und Befürwortern der Grünen Gentechnik genannt.

Ordnen Sie sie nach Pro- und Contra-Argumenten.

Markieren Sie die drei Argumente farbig, die Ihnen am wichtigsten sind!

Die Entwicklung und der Anbau von transgenen Kulturpflanzen mit Resistenzen oder Abwehrstoffen gegen Schädlinge und Krankheiten ...	PRO	CONTRA
<ul style="list-style-type: none"> • ist praktisch die Fortsetzung der akzeptierten konventionellen Pflanzenzucht mit anderen Mitteln. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • treibt die Kosten für das Saatgut der neuen Sorten und deren speziellen Anbau in die Höhe. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • hilft der Landwirtschaft, Arbeit und Kosten einzusparen und steigert bzw. sichert die Erträge. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • beinhaltet das Risiko der Übertragung von Transgenen auf andere Pflanzen, die sich mit diesen für sie neuen Resistenzen besser ausbreiten können. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • bedeutet, dass neu hinzugefügte Inhaltsstoffe in Wechselwirkung mit den übrigen Inhaltsstoffen treten. Eine negative Auswirkung auf die Ernährung von Tier und Mensch kann nicht absolut ausgeschlossen werden. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • ist eine sichere Methode zur Veränderung und Verbesserung von Kulturpflanzen ohne oder nur mit geringen Auswirkungen auf die Umwelt oder auf Produkte, die aus ihnen hergestellt werden. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • gefährdet die Umwelt, da die Pflanzeninhaltsstoffe nicht spezifisch wirken, sondern immer auch auf andere Arten (Nicht-Zielorganismen). 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • macht den Einsatz von Spritzmitteln (z. B. gegen schädliche Insekten) überflüssig, zumal diese Spritzmittel das gesamte Ökosystem belasten. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • schont die Umwelt, da spezifisch nur gegen die Schadensverursacher vorgegangen wird (wirkt nur auf Zielorganismen). 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • ist eine risikobehaftete Vorgehensweise bei der weitreichend in die Genstruktur von Lebewesen eingegriffen wird. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Aufgabe

Sie sehen hier drei Vorteile A, B und C *Grüner Gentechnik*.

1. Notieren Sie zwei Gegenargumente D und E zur *Grünen Gentechnik*!

2. Nennen Sie (nur) die von Ihnen entwickelten zwei Gegenargumente zur *Grünen Gentechnik* einem Mitschüler/einer Mitschülerin und lassen Sie diese/n Pro-Argumente nennen. Sie können sie/ihn dabei mit den Pro-Argumenten A-C unterstützen.

A Bt-Mais ist resistent gegen einen der Hauptschädlinge im Maisanbau, den Maiszünsler. Dadurch kann auf den massiven Einsatz von Insektiziden verzichtet werden. Ein geringer Insektizideinsatz schont die Umwelt. Andere Insekten, darunter viele Nützlinge, Bodenorganismen sowie Trinkwasser werden nicht belastet.

B Es kommt zu einer Ertragssicherung auf den Flächen, wo Bt-Mais angebaut wird, so dass das Risiko von Ernteverlusten minimiert wird.

C Eine Einkommenssicherung und ein verringerter Arbeitsaufwand für Landwirte sind zu erwarten.

D 

E 

Wertepool

Liebe	Umweltschutz	Freiheit
Natürlichkeit	Leidverringern	Gewinn
Verantwortung	Gerechtigkeit	Unabhängigkeit
Kostenverringern	Tierschutz	Nahrungsmittelsicherheit
Ertragssteigerung	Gesundheit	

Aufgaben

1. Wenn man zu etwas Stellung beziehen soll, muss man sich Gedanken dazu machen, was einem wichtig ist. Was einem wichtig ist, wird als „Wert“ bezeichnet. Die in der Tabelle aufgelisteten Werte stehen auch auf dem von Ihrer Lehrkraft vorbereiteten Wandplakat „Wertepool“. Sie erhalten drei bunte Klebepunkte, die sie für die Werte vergeben können, die Ihnen im Zusammenhang mit der *Grünen Gentechnik* am wichtigsten sind. Wenn alle Kursmitglieder ihre Punkte vergeben, erhalten Sie ein Bild von der Wertehierarchie in Ihrem Kurs.
2. Für ein reflektiertes Urteil reicht es nicht aus, sich nur bewusst zu machen, welche Werte einem wichtig sind. Man muss dies auch begründen. Bitte wählen Sie sich daher jetzt den Ihnen wichtigsten Wert aus dem Wertepool aus und schreiben Sie eine kurze Begründung dazu. Heften Sie Ihren Zettel an die Tafel/Wand. Danach gehen Sie bitte wie auf einem Marktplatz an den Stellungnahmen entlang und führen Gespräche darüber, inwieweit Sie den Begründungen zustimmen. Ermitteln Sie auch, ob es zu einem Wert verschiedene Begründungen gibt und inwiefern sich die Begründungen unterscheiden.

Hausaufgabe

Fällen Sie Ihr persönliches Urteil zur *Grünen Gentechnik* und bereiten Sie sich darauf vor, Ihr Urteil in der nächsten Stunde in einer Podiumsdiskussion vor dem Kurs verteidigen zu können. Machen Sie sich dazu eine Liste mit den Argumenten, die Ihre Meinung stützen. Sie sollten sich aber auch Gedanken zu den Argumenten machen, die jemand vorbringen könnte, der nicht Ihrer Meinung ist, damit Sie auf dessen Aussage reagieren können. Entwickeln Sie mit Ihren Argumenten und den möglichen Gegnerargumenten zudem einen Flyer für Ihre Mitschülerinnen und Mitschüler, anhand dessen man Ihre Argumentation genau nachvollziehen kann.

2.8 Glossar

Agro-Gentechnik	Zur Agro-Gentechnik zählen alle Bereiche, in denen mit gentechnisch veränderten Organismen, vor allem Tier- und Pflanzenarten, insbesondere in der Agrar-, Forst- und Fischereiproduktion gearbeitet wird.
Grüne Gentechnik	Agro-Genetik (siehe oben) auf Kulturpflanzen beschränkt
Hybride	Unter einer Hybride (Mischling) versteht man Nachkommen, die durch Kreuzung (Hybridisierung) von Eltern unterschiedlicher Arten oder Sorten hervorgegangen sind. Der Begriff <i>Hybride</i> wird hauptsächlich in der Pflanzenzucht verwendet.
Introgression	Artfremder Transfer von DNA: von einer Art zu einer anderen oder von einem Organismus zu einem anderen; z. B. Transfer von Bakterien-DNA in eine Pflanze.
Monitoring	Dabei handelt es sich um einen Sammelbegriff für alle Formen der systematischen Erfassung eines Zustandes oder Prozesses. Das Besondere beim Monitoring ist, dass in die beobachteten Prozessabläufe steuernd eingegriffen werden kann, sofern diese nicht den gewünschten Verlauf nehmen oder bestimmte Schwellenwerte erreicht werden.
Resistenz	Widerstandskraft eines Organismus gegenüber äußeren Einflüssen
Schwellenwert	Kleinster Wert, der als Ursache für eine nachweisbare Veränderung ausreicht. Im Zusammenhang mit gentechnisch veränderten Organismen kennzeichnet ein "Schwellenwert" den prozentualen Anteil von zufälligen, technisch unvermeidbaren Beimischungen von Produkten gentechnisch veränderter Organismen in Saatgut oder Lebensmittel. Wird dieser Schwellenwert unterschritten, ist eine Kennzeichnung nicht notwendig.
Sorte	Pflanzen- Sorte ist ein Begriff aus der Pflanzenzucht, mit dem Varianten einer Kulturpflanzenart unterschieden werden. Sorten unterscheiden sich durch verschiedene Eigenschaften (Wüchsigkeit, Größe, Musterung, Farbe oder Ertrag) von einer anderen Sorte. Die Abgrenzung von Sorten folgt dabei praktischen Erwägungen und nicht wissenschaftlichen Gepflogenheiten. Der Begriff geht auf traditionelle Pflanzenzuchtverfahren zurück, bei der verschiedene Varianten einer Kulturpflanze in Form von Samen oder Stecklingen sortiert getrennt gelagert wurden, um sie als Reinkulturen zu erhalten.
Trachtpflanze	Bienentrachtpflanze oder Bienenweide sind die Pflanzen, die sehr viel leicht zugänglichen Nektar und Pollen produzieren und von Honigbienen deswegen überdurchschnittlich häufig aufgesucht werden.
Toxin	Gift

2.9 Literatur

- Akkermann, R. & von der Ohe, W. (2004): Bedeutung der Honigbiene und Bienenhaltung für den Naturschutz. Naturschutz und Landschaftspflege in Nordwestdeutschland Bd 7, 15-19.
- Bickel-Sandkötter, S. (2003): Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe. 2. Aufl., Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim, 481 S.
- Brandt, P. (1999): Anwendung der "Grünen Gentechnik" ohne ökologische Risiken? *Biologie in unserer Zeit* 29 (3), 151-157.
- Brandt, P. (1995): Transgene Pflanzen - Herstellung, Anwendung, Risiken und Richtlinien. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 306 S.
- DFG (2002): Schwellenwerte für Produkte aus gentechnisch veränderten Pflanzen. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Senatskommission zur Beurteilung von Stoffen in der Landwirtschaft, Mitteilung 7, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, 146 S.
- Ehrensberger, R. (2004a): Biologie der Honigbiene, *Apis mellifera*. Naturschutz und Landschaftspflege in Nordwestdeutschland Bd 7, 260-278.
- Ehrensberger, R. (2004b): Die Honigbiene als Blütenbesucher. Naturschutz und Landschaftspflege in Nordwestdeutschland Bd 7, 279-285.
- Felke, M. & Langenbruch, G.A. (2003): Wirkung von Bt-Mais-Pollen auf Raupen des Tagpfauenauges im Laborversuch. *Gesunde Pflanzen* 55 (1), 1-7.
- Felke, M. & Langenbruch, G.A. (2005): Auswirkungen des Pollens von transgenem Bt-Mais auf ausgewählte Schmetterlingslarven. BfN-Skript, 157.
- Franke, W. (1985): Nutzpflanzenkunde. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 470 S.
- Gamer & W., Zeddies, J. (2002): Agenda 2000 – Halbzeitbewertung und deren Auswirkungen auf Futterbaubetriebe. In: Mais – Die Fachzeitschrift für den Maisanbauer, Heft 4, S. 150-152.
- Grau, J., Kliehn, B., Kremer, B. P., Rambold, G. & Schlehofer, A. (1990): Steinbachs Naturführer - Gräser. Bd 19, Mosaik Verlag, München, 287 S.
- Herder Lexikon der Biologie (1994a), Bd 5, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin. S. 63.
- Herder Lexikon der Biologie (1994b), Bd 5, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, S. 321.
- Kempken, F., Kempken, R. (2006): Gentechnik bei Pflanzen. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, S. 234.
- Kowarik, I., Heink, U. & Bartz, R. (2006): "Ökologische Schäden" in Folge der Ausbringung gentechnisch veränderter Organismen im Freiland - Entwicklung einer Begriffsdefinition und eines Konzeptes zur Operationalisierung. BfN-Skript 166, Bonn, Bad Godesberg, 173 S.
- Lißmann, C. (2008): Die 0,9-Prozent-Frage, in: Die ZEIT, 13.2.2008.
- Losey, J. E., Rayor, L. S., Carter, M. E. (1999): Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399, 214.
- Markl, H. (1987): Forschung als Notwendigkeit über die Verantwortung der Wissenschaft. In: Pharmazeutische Zeitung 132, 163-170.
- Maag, T., Melchinger, A. E., Klein, D., Bohn, M. (2001): Comparison of *Bt* maize hybrids with their non-transgenic counterparts and commercial varieties for resistance to European corn borer and for agronomic traits. *Plant Breeding* 120: 397-403.
- Mittelsten Scheid, N. (2008): Niveaus von Bewertungskompetenz – eine empirische Studie im Rahmen des Projekts „Biologie im Kontext“. In I. Parchmann, C. Hößle, M. Komorek, & C. Vloka (Hrsg.), *Studien zur Kontextorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht*, Bd. 4. Der andere Verlag: Tönning. (Dissertation)
- Rüschemeyer, G. (10.1.2008): Wer hat Angst vor Pollenflug? Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung.

Sears, M. K., Stanley-Horn, D. E., Mattila, H. R. (2000): Preliminary report on the ecological impact of Bt corn pollen on the monarch butterfly in Ontario. Report for the Canadian Food Inspection Agency and Environment Canada. 18 S.

Sears, M. K., Hellmich, R. L., Stanley-Horn, D. E., Oberhauser, K. S., Pleasants, J. M., Mattila H. R., Siegfriedi, B. D., Dively, G. P. (2001): Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Agricultural Sciences* 98/21: 11937–11942.

SRU (Sachverständigen Rat für Umweltfragen) (2004): Umweltgutachten 2004. Drucksache 15/3600, Deutscher Bundestag, 15. Wahlperiode, Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Köln, 665 S.

Autoren

Dr. Gunnar Gad, geb. 1969; seit April 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter des Deutschen Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung (DZMB) - Forschungsinstitut Senckenberg, Wilhelmshaven, Forschung auf den Gebieten der Meiobenthologie, marinen Biodiversität und wissenschaftlichen Dokumentation, DFG Projekt „Artendiversität von Tiefseeloricifera“.

Dr. Nicola Mittelsten Scheid (1977- 2009), Lehramtsstudium der Fächer Biologie, Kath. Theologie, Klass. Philologie, 1. Staatsexamen (2004); bis Mai 2008 Promotion in der Didaktik der Biologie der Carl-von-Ossietzky-Universität; Setbetreuerin im Projekt „Biologie im Kontext“ des BMBF und IPN; wissenschaftliche Mitarbeiterin an der kanadischen Queen's University bis Sommer 2009; Oktober 2009 bis Dezember 2009 wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Biologiedidaktik der Universität Kassel.

Kompetenzorientierung

Die Materialien der Forschermappe sind gezielt auf die Kompetenzbereiche der Bildungsstandards (KMK, 2004) ausgerichtet gestaltet worden. Diese setzte die Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewerten fest. In folgender Weise werden die vier Kompetenzbereiche in den Materialien angesprochen.

Kompetenzbereich	Beschreibung der erworbenen Kompetenz
Fachwissen	<ul style="list-style-type: none"> • Wenn die Auswirkungen von Grüner Gentechnik auf u.a. Ökosysteme reflektiert werden, wird der Systemcharakter der Natur deutlich (z. B. Auswirkungen auf verschiedenen Ebenen wie Zelle, Individuum und Population) (Basiskonzept System). • Auswirkungen von Grüner Gentechnik auf die Entwicklung von Nicht-Ziel-Organismen werden thematisiert (Basiskonzept Entwicklung) • ... sowie u.a. funktionelle Aspekte von Tieren und Pflanzen im Hinblick auf Pollentransfer (Basiskonzept Struktur und Funktion).
Erkenntnisgewinnung	<ul style="list-style-type: none"> • Hypothesen werden aufgestellt und überprüft • Informationen in Textform werden verarbeitet und in graphischer Form dargestellt • Informationen werden im Internet recherchiert • Diagramme werden entworfen und ausgewertet
Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> • Es wird in verschiedenen Sozialformen gearbeitet. • Informationen und Ansichten werden ausgetauscht • Befunde und Ansichten werden in verschiedener Form adressatengerecht präsentiert
Bewerten	<ul style="list-style-type: none"> • Es werden die Perspektiven der von der Frage nach Gentechnik betroffenen Personen und Parteien bzw. Lebewesen eingenommen und reflektiert (z. B. Gesetzgeber, Endkonsument, Imker, Umweltschützer). • Folgen des Eingriffs des Menschen in die Natur im Rahmen Grüner Gentechnik werden erarbeitet • Bei der Frage nach dem Einsatz Grüner Gentechnik relevante moralische Werte werden kennen gelernt, ausgewählt und in das persönliche Urteil eingebunden • Der Risikobegriff und die Verantwortung werden als zentrale Aspekte im Umgang mit Grüner Gentechnik erarbeitet. • Argumente für und gegen den Einsatz Grüner Gentechnik werden entwickelt und diskutiert. • Es findet eine Vorbereitung auf die Teilnahme am gesellschaftlichen Diskurs zu Grüner Gentechnik statt. • Persönliche Urteile in Bezug auf Fragestellungen zur Gentechnik werden formuliert und unter Bezugnahme auf Gründe verteidigt.

