

„Gentechnologie“



Grüne Gentechnik in unserem Ökosystem
 Auswirkung von transgenen Organismen auf Nicht-Zielorganismen
 Ökologische Fragestellungen | potentielle Risiken
 Zulassungspraxis für GVOs | Kriterien der Risikoeinschätzung

Mit Ideen zum Unterrichtsaufbau ab Seite 20

von Dr. Evi Derouet-Hümbert

Inhaltsverzeichnis

II	Einleitung	Seite	02
III	Hintergrundinformationen.....	Seite	03
IV	Gentechnisch veränderte Organismen (GVOs)	Seite	05
V	Nutzen von GVOs	Seite	09
VI	Gefahren von GVOs	Seite	10
VII	Gefahren durch GVO-Anbau	Seite	10
VIII	Ausblick	Seite	14
VII	Literaturverzeichnis	Seite	16
VIII	Ideen zum Unterrichtsaufbau	Seite	20

II EINLEITUNG

Was ist Gentechnologie ?

Die Gentechnologie ist ein Teilgebiet der Biotechnologie bzw. der molekularen Genetik. Sie befasst sich mit der Isolierung, Charakterisierung, gezielter Veränderung genetischen Materials und seiner Übertragung auf andere Organismen. Sie ermöglicht durch Neu-Kombination von Erbmaterial die Artgrenzen zu umgehen: Während bei klassischen Methoden der Züchtung nur Arten miteinander gekreuzt werden können, die mehr oder weniger verwandt sind, ist es mit gentechnischen Methoden möglich, Gene vom Menschen auf Tiere, von Bakterien auf Pflanzen, etc. zu übertragen. Als "gentechnisch verändert" werden Organismen bezeichnet, wenn ihre Erbsubstanz in einer Weise verändert wurde, die in der Natur nicht vorkommt. Kritiker der Gentechnologie werfen ihr daher immer wieder vor, durch das Überspringen von Artgrenzen, die Schranken der Natur niederzureißen. Richtig ist jedoch, dass die Gentechnologie auf natürliche Methoden des DNA-Transfers zwischen Organismen zurückgreift. Entgegen der landläufigen Ansicht kann nämlich auch in der Natur Erbinformation zwischen verschiedenen Arten ausgetauscht werden, und es sind vor allem diese Systeme, die von der Gentechnologie benutzt werden.

Die Gentechnik spielt in der Grundlagenforschung (Genetik, Entwicklungsbiologie, Biomedizin) und für industrielle Anwendungen (Pharmazie, Landwirtschaft, Lebensmittelindustrie, Umwelttechnik) eine bedeutende Rolle und ist zu einem Forschungsschwerpunkt moderner Wissenschaft geworden.

Es werden drei große Anwendungsbereiche der Gentechnik unterschieden:

- *"Grüne Gentechnik"*: Anwendung gentechnischer Verfahren in Züchtung; Nutzung gentechnisch veränderter Pflanzen in Landwirtschaft und im Lebensmittel-sektor.
- *"Rote Gentechnik"*: Anwendung in der Medizin zur Entwicklung von diagnostischen und therapeutischen Verfahren und von Arzneimitteln. Hierunter fällt auch die Anwendung von Gentechnik an Wirbeltieren und deren Zellen in Medizin und Pharmatechnik
- *"Weiße/Graue Gentechnik"*: Herstellung von Enzymen oder Feinchemikalien für industrielle Zwecke mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen.

Die Begriffe Rote, Grüne und Graue Gentechnik sind keine Definitionen; sie haben sich jedoch im öffentlichen Sprachgebrauch mittlerweile fest etabliert.

Gentechnisch veränderte | Transgene Organismen (GVOs)

bezeichnet man allgemein Organismen, denen Gene aus anderen Organismen eingeschleust wurden. Medizinisch werden allerdings nur nicht-menschliche Organismen als GVOs bezeichnet, da sich sonst für Patienten, die sich einer Gentherapie unterzogen haben, rechtliche Probleme ergeben.



Abb.: GloFish, der erste gentechnisch veränderte Zebraabärling.

III HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Vom Anfang...

Die Entwicklung der Gentechnik begann um etwa 1970 mit der Entdeckung der Restriktionsenzyme. Mit ihrer Hilfe lassen sich definierte DNA-Fragmente gezielt aus einem DNA-Strang herausschneiden und anschließend mit Fremd-DNA kombinieren. 1973 wurden erstmalig DNA-Abschnitte aus zwei verschiedenen Bakterienarten, die jeweils ein Gene für die Resistenz unterschiedlicher Antibiotika trugen, miteinander kombiniert und in ein drittes Bakterium eingeschleust. Nach der Genübertragung war neue transgene Bakterium gegen beide Antibiotika resistent. Damit war es erstmals gelungen, einen Organismus gezielt mit neuen, erwünschten Eigenschaften auszustatten. Weitere Impulse gaben die Entdeckung der Sequenzanalyse Ende der 70er Jahre sowie 1983 die Einführung der Polymerasekettenreaktion (Polymerase chain reaction = PCR) als molekularbiologische Praxis.

Gentechnik wird allgemein eher kritisch diskutiert, da ihre möglichen Auswirkungen noch nicht allgemein abzuschätzen sind: Viele Prozesse der Genetik sind bislang unvollständig erforscht. Eine Veränderung des Erbmaterials und die Einbringung der fremden DNA in einen Art-fremden Organismus sind nicht immer zuverlässig steuerbar. Auch stellt die Veränderung des Erbguts einen Eingriff in fundamentale Prozesse des Lebens dar. Es werden immer wieder Stimmen laut, die einem möglichen Missbrauch der neuen Technologie fürchten, aus diesem Grund ist die Gentechnik derzeit eines der am heftigsten umstrittenen Teilgebiete der Molekularbiologie. Neben technisch/praktischen Fragen, werden zunehmend ethisch/moralische Einwürfe diskutiert. Weitestgehend akzeptiert ist bislang die "rote" Gentechnik, die den Einsatz von Gentechnik in der Humanmedizin reglementiert. Forschung und Anwendung zielen hier auf die Prophylaxe und Heilung

von (Erb-)Krankheiten und damit auf eine Verbesserung der Lebensqualität der Menschen.

Rechtliche Situation

1990 traten in der EU zwei Richtlinien in Kraft: die Richtlinie 90/219/EWG zur Verwendung gentechnisch veränderter Organismen in geschlossenen Systemen (contained use-Richtlinie) und die Richtlinie 90/220/EWG zur Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen (deliberate release-Richtlinie, später umbenannt in 2001/18/EG). Sie schufen die Rahmenbedingungen zur Regulierung der Gentechnik, die von den Mitgliedsstaaten der EU in die jeweilige nationale Gesetzgebung zu übernehmen waren. Beide Richtlinien überlassen jedoch den Mitgliedsstaaten selbst den Einbezug der Öffentlichkeit:

Wenn es ein Mitgliedsstaat für angebracht hält, kann er die Anhörung bestimmter Gruppen oder der Öffentlichkeit zu jedem Aspekt der vorgeschlagenen absichtlichen Freisetzung vorschreiben. (Richtlinie 2001/18/EG, Art. 7)

In der Bundesrepublik wurden beiden EU-Richtlinien zur rechtlichen Regulierung der Gentechnik im Gentechnikgesetz (GenTG) umgesetzt, das am 1.7. 1990 in Kraft trat. Bis dato wurden entsprechende Projekte nach den 1978 vom Bundesminister für Forschung und Technologie erlassenen "Richtlinien zum Schutz vor Gefahren durch in-vitro neukombinierte Nukleinsäuren" bzw. durch das Immissionsschutzgesetz geregelt.

In Europa unterliegt der Vertrieb von GVOs genauen EU-Kennzeichnungsrichtlinien. Der Anbau von genveränderten Pflanzen ist durch strenge Auflagen sehr stark eingeschränkt: Um beispielsweise gentechnisch veränderte Pflanzen ins Freiland zu bringen, braucht man eine spezielle Genehmigung, für die das Robert-Koch-Institut (RKI) in Berlin zuständig ist. Bei Antragstellung müssen das geplante Vorhaben und damit verbundene mögliche Risiken ausführlich dargelegt werden. Ein Experten-Gremium innerhalb der Genehmigungsbehörde sowie zwei Einverständnisbehörden begutachten den Antrag. Abschließend wird das Vorhaben öffentlich in einer überregionalen und in einer Lokalzeitung der Gemeinde bekannt gemacht. Bürger können diese Unterlagen einsehen und innerhalb einer bestimmten Frist schriftlich gegen den geplanten Versuch Einwendungen erheben. Die Genehmigungsbehörde muss diese Einwendungen bei der abschließenden Entscheidung berücksichtigen.

Der Fall Monsanto

Monsanto ist ein international tätiges Unternehmen für Agrarprodukte mit Firmensitz in St. Louis im US-Bundesstaat Missouri. Das Unternehmen ist einer der Weltmarktführer in der Entwicklung und Herstellung von umweltverträglichen

Pflanzenschutzmitteln und verbesserten Saatguts. Das 1901 gegründete Unternehmen hatte in den ersten 40 Jahren seines Bestehens keinen direkten Bezug zur Landwirtschaft. Erst 1940 wurde der landwirtschaftliche Bereich aufgebaut und Monsanto etablierte sich allmählich als Unternehmen im Agrarsektor. In den 60ern wurden die ersten Pflanzenschutzmittel (zum Beispiel Herbizide mit den Wirkstoffen Triallat oder Alachlor) in den Markt eingeführt; Anfang der 70er war Monsanto ein Chemieunternehmen mit einer noch sehr kleinen Forschungsabteilung für die Entwicklung von Pflanzenschutzmitteln. Im Jahr 1970 entdeckte Dr. John Franz bei einigen Pflanzenproben einer vergessenen Versuchsserie zur Entdeckung herbizider



Wirkstoffe Absterbesymptome. Vier Jahre lang wurde intensiv daran weitergeforscht. 1974 war Roundup für die erste Zulassung bereit: Das Herbizid mit dem Wirkstoff Glyphosat wird erstmals in den USA sowie in Großbritannien und Malaysia zugelassen. Dieser Neuling hatte mit seiner breiten, nicht selektiven Wirkung gegenüber anderen Herbiziden bis dahin nie gekannte Vorteile. Die erste

Zulassung beschränkte sich in den drei Ländern auf einen Anwendungsbereich. Schon ein Jahr später wurde Roundup auch in Deutschland zugelassen. Das Mittel steht mittlerweile seit über 30 Jahren Landwirten und anderen Anwendern zur Verfügung. Nach anfänglich vier Zulassungen verfügt Roundup heute über mehr als 40 Indikationszulassungen. Herbizide von Monsanto sind mittlerweile in mehr als 10 Ländern zugelassen. Sie werden weltweit für die Unkrautkontrolle bei über 100 Kulturpflanzenarten eingesetzt.

IV G V O s

RoundupReady-Soja. Der erste gentechnisch veränderte, pflanzliche Organismus, der auf den Markt kam, war Roundup-Ready (RR) Soja von Monsanto. Er erhielt die Zulassung für den Anbau in den USA 1994 und anschließend in Kanada, Argentinien und Mexiko. 1996 wurde RR-Soja in der EU und in Japan für den Import und zur Verarbeitung zugelassen. Diese Pflanze wurde genetisch derart verändert, dass in ihrer DNA das Gen des Bodenbakteriums Agrobacterium verankert wurde. Die Expression dieses Genes versetzt die Pflanze in die Lage, ein für den Aminosäurestoffwechsel lebensnotwendiges Enzym zu erzeugen, das die Funktion des pflanzeneigenen Enzyms übernimmt. Während alle „Unkräuter“ absterben, überlebt die Sojapflanze das unter der geschützten Marke „Roundup“ von Monsanto vertriebene Totalherbizid (Hees, 2005; Greenpeace, 2005).

Trotz aller Zweifel über mögliche negative Auswirkungen des GVO Pflanzenanbaus, haben sich transgene Lebensmittel in den Entwicklungsländern rasant verbreitet. Dieser Erfolg ist auf die intensive Vermarktungskampagnen der multinationalen Konzerne zurückzuführen (Greenpeace, 2005).

In der EU-Zulassung für RR-Soja wird explizit aufgeführt, dass eine einzelne Kopie eines neu eingeführten Gens enthalten sein darf. Im Mai 2000 entdeckte man weitere Teilstücke eines eingeführten Gens in RR-Soja. Monsanto beschrieb diese zusätzlichen Fragmente in einem eigenen Bericht, der zugleich ihre Funktionalität in Frage stellte. Auch die EU-Zulassungsbehörden vermied eine Antwort auf die Frage, ob es wohl illegal sei, ein Produkt mit nicht-zugelassenem Erbgut zu verkaufen. Ein wissenschaftlicher Bericht belegt mittlerweile, dass RR-Soja einen unbekanntem DNA-Abschnitt enthält. Es könnte „durcheinander gebrachte“ Pflanzen-DNA sein oder Erbgut aus einer unbekanntem Quelle (Windels, 2001). Die Funktion dieser nicht identifizierten DNA ist unbekannt, nicht geprüft und nicht zugelassen. Zum Zeitpunkt der Zulassung 1994 konnte Monsanto weder präzise noch vollständige Informationen zur Charakterisierung der neu eingeführten Erbinformation von RR-Soja liefern; die unbekanntem Sequenz wurde erst 2000 von belgischen Wissenschaftlern charakterisiert.

Als Reaktion auf die Entdeckung von zusätzlichen Fragmenten legte Monsanto im Mai/Juni 2003 der zuständigen Behörde einen Bericht vor. Dieser Bericht gibt eine detaillierte Beschreibung sowohl der zusätzlichen Fragmente als auch ihrer Flanken-Regionen. Dabei bezeichnet Monsanto die Flankenregion des 250 bp langen Fragments als "Soja-DNA"; gibt jedoch keinerlei Auskunft darüber, wie sie zu dieser Schlussfolgerung kommen oder welcher Organismus die Referenz darstellt. Fakt ist jedoch, die 534 bp lange Sequenz stimmt mit keiner bekannten Pflanzen-DNA überein, weswegen die Frage, was sich letztlich in Monsanto Soja befindet, weiterhin unbeantwortet bleibt. Die Funktion, die dieses DNA-Fragment hat, ist bis heute unbekannt.

LibertyLink-Soja. Seit letztem Jahr gibt es Konkurrenz: Die neue LibertyLink-Sojabohne kann Unkräuter bekämpfen, bei denen Roundup nicht mehr wirksam ist. LL-Soja wurde von Bayer CropScience entwickelt und verfügt über ein Herbizid-Resistenz-Gen welches zur Glufosinat-Expression führt. Bereits jetzt ist klar, dass 85 Saatgutunternehmen neue Sorten mit der LibertyLink-Technologie anbieten werden; vom Unternehmen wurden bereits Saatgutmengen für eine Anbaufläche von etwa 400.000 Hektar produziert. Die LibertyLink-Sojabohnen - Eventbezeichnung A2704-12 - sind seit einigen Jahren in USA und Kanada für den Anbau zugelassen. Zahlreiche Länder, etwa China, Japan, Russland, Australien, Mexiko, erlauben die Einfuhr sowie daraus hergestellte Lebens- und Futtermittel - und seit September 2008 auch die Europäische Union. Vor allem in Regionen mit starken RR-Resistenzen hat das LL-System den Vorteil, dass es gegen alle wichtigen Unkräuter im Sojaanbau wirksam ist. Ein regelmäßiger Wechsel zwischen beiden Systemen

könnte somit das Auftreten resistenter Unkräuter deutlich verzögern. Dies wird behauptet.

Gen-Mais. Die gentechnisch veränderte Maissorte MON 810 des US-Herstellers Monsanto ist seit 1998 auf Grundlage der sogenannten EG-Freisetzungsrichtlinie aus dem Jahr 1990 für den kommerziellen Anbau in der EU zugelassen. Mittlerweile ist das europäische Zulassungsrecht stark verschärft worden; seit 2003 ist für GVOs eine Lebens- und Futtermittelsicherheitsprüfung vorgeschrieben. MON 810 ist die bisher einzige kommerziell angebaute, transgene Pflanze in Europa. Österreich, Frankreich, Ungarn, Luxemburg, Griechenland haben den Anbau verboten. In Deutschland ist MON 810 seit 2005 erlaubt, die Zulassung bislang jedoch nicht entsprechend den aktuellen Vorschriften erneuert worden. Erzeugnisse sind daher nur für eine Übergangszeit (bis Ende 2006) und mit ordnungsgemäßer Meldung in Brüssel zugelassen. MON 810 wurde von Monsanto als Futtermais und daraus erzeugte Lebensmittel (die also keine vermehrungsfähigen GVO mehr enthalten), gemeldet. MON 810-Saatgut ist nicht gemeldet worden. Die Genehmigung aus dem Jahr 1998 schließt jedoch den Einsatz als Saatgut ausdrücklich aus. Im Juni 2005 hat die EU-Kommission daher versucht, durch eine Anmerkung in diesem Register



ihre Rechtsauffassung darzustellen, wonach MON 810 auch als Saatgut zugelassen und gemeldet ist. Allerdings kann durch eine nachträgliche Anmerkung im Register keine vorhandene Zulassungslücke geschlossen werden. Im Jahr 2007 war die Aussaat von MON 810 gestoppt worden, im Dezember selbigen Jahres legte Monsanto einen Plan zur allgemeinen Überwachung des Anbaus vor, woraufhin der Anbau wieder zugelassen wurde. Ende März wurde dem Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) ein Monitoring

Bericht für 2008 vorgelegt, der nun geprüft wird.

MON 810. Maispflanzen der Sorte MON 810 zeigen eine höhere Resistenz gegenüber Schädlingen wie dem Maiszünsler. Der Maiszünsler ist ein kleiner Schmetterling mit einer Flügelspannweite von bis zu 35 Millimetern. Er ernährt sich von Mais, Kartoffeln, Hirse, Beifuß und anderen Pflanzen. Wissenschaftler unterscheiden zwei Rassen ("E" und "Z"). Für den Mais gefährlich ist vor allem die Rasse "Z", die zunächst vor allem in Süddeutschland für Probleme im Maisanbau sorgte. Mittlerweile hat sich Verbreitung des Schädlings auch nach Norden ausgedehnt. Gegen den Maiszünsler ist in Deutschland ein einziges Insektizid zugelassen. Gentechnisch veränderter Mais wie MON 810 soll die Resistenz der

Maispflanzen gegen den Schädling erhöhen. Grundlage dafür ist ein Gen, das ein für den Maiszünsler giftiges Protein des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis* codiert. Es handelt sich bei diesem Toxin um ein von den Bakterien gebildetes Eiweiß, welches – von den Insekten mit der Nahrung aufgenommen – in eine aktive Form umgewandelt wird und deren Darmwand zerstört. Die betroffenen Insekten stellen das Fressen ein und sterben. Dadurch wird die Pflanze gegen die Schädlinglarven resistent.

Bt-Toxin. Seit 1964 sind Bt-Präparate in Deutschland als Pflanzenschutzmittel zugelassen, werden vor allem im Mais-, Kartoffel-, Obst-, Gemüseanbau verwendet. Sie sind auch im Ökologischen Landbau erlaubt und finden dort als Pflanzenschutzmittel eine breite Anwendung. Kommerziell erhältliche Bt-Präparate bestehen i. d. R. aus getrockneten Bakterien-Sporen und kristallinen Toxin, von dem mehrere hundert Varianten bekannt sind, die jedoch nur auf jeweils eine bestimmte Insektengruppen spezifisch wirken. Die einzelnen Bt-Toxin-Varianten treffen die jeweiligen Schädlinge der Kulturpflanze, ohne andere, als Nützlinge geschätzte Arten zu gefährden, allerdings sind auch sie nicht in der Lage die Pflanze gegen adulte Schädlinge zu schützen.



Abb.: Motiv zum Film "*Monsanto, mit Gift und Genen*" der französischen Regisseurin Marie-Monique Robin.

Die Idee. Beim Bt-Toxin selbst handelt es sich um ein Protein, dessen „Bauanleitung“ sozusagen verschlüsselt in einer bestimmten Basenfolge vorliegt. Die kodierende Sequenz in ihrer Gesamtheit bezeichnet man als Gen. Wird das Bt-Gen exprimiert, so gewährleistet es seinerseits die ständige Produktion des Bt-Toxins (Protein). Dieser Mechanismus funktioniert unabhängig vom Organismus, in dem das Bt-Toxin-Gen vorhanden ist. Wird also das aus Bakterien isolierte Bt-Toxin-Gen in das Erbgut einer Pflanze eingeschleust, verhalten sich die Zellen der Pflanze identisch und führen den Befehl des fremden Gens aus: Die Pflanze produziert eigenständig das Bt-Toxin. Fraßinsekten nehmen mit Pflanzenteilen den für sie tödlichen Wirkstoff auf und sterben. Theoretisch müsste gegen diese Schädlinge kein Insektizid mehr gespritzt werden. In den USA werden seit mehreren Jahren Bt-Mais

und Bt-Baumwolle geerntet. Auch in der EU ist Bt-Mais zugelassen und wird in Spanien, Frankreich, Tschechien, Deutschland und Portugal kommerziell eingesetzt.

Bt-Pflanzen. Die veränderten Pflanzen unterscheiden sich nicht nur durch die Produktion verschiedener Toxin-Varianten, sondern auch durch die produzierte Menge und dessen Verteilung in der Pflanze. Die ersten Bt-Maispflanzen enthielten in allen Pflanzenteilen hohe Toxinkonzentrationen; neuere Sorten produzieren weniger Toxin und teilweise ausschließlich im Stengel. Mittlerweile gibt es sogar einen Bt-Mais, dessen Toxin gegen einen ausschließlich europäischen Schädling gerichtet ist, den Maiswurzelbohrer (*Diabrotica*).

Nützlinge. Bt-Sorten - vor allem Mais und Baumwolle – sind mittlerweile in einigen Ländern etabliert. Aber wirkt das Bt-Toxin tatsächlich nur gegen den Zielorganismus oder werden auch andere Tiere geschädigt? Pflanzenschädlinge sind sehr anpassungsfähig und können Resistenzen entwickeln, egal ob gegen Insektizide oder Stoffe, die die Pflanze selbst zu ihrem Schutz produziert, wie beim Bt-Mais. Man befürchtete heute, dass der großflächige Anbau von Bt-Pflanzen die Ausbildung von Resistenzen beschleunigt und die Wirkung der klassischen Präparate so weit entwertet wird, dass der ökologische Landbau ein wichtiges Pflanzenschutzmittel verliert.

Eine großangelegte Studie erregte in den USA Aufsehen, als man erste Hinweise fand, dass Bt-Mais-Pollen die beliebten Monarchfalter schädigen. Allerdings stellte sich bald heraus, dass die Studie auf Laborversuchen basierte, die nicht mit den tatsächlichen Verhältnissen in der Natur übereinstimmten. Die Frage bleibt nach der biologischen Sicherheit also bislang offen. In Deutschland umfasst die Anbaufläche von MON 810 nach Angaben der Umweltorganisation Greenpeace 3668 Hektar, was 0,18 % der gesamten Maisanbaufläche entspricht. Die Aussaat von MON 810 erfolgt vor allem in Ostdeutschland.

V NUTZEN von GVOs ?

Bei der Entwicklung von transgenen Organismen werden folgende Punkte wiederholt diskutiert:

Produktivität: Tatsächlich wurde bislang keine Pflanze entwickelt, die ertragreicher ist als die Ursprungsform, im Gegenteil. RR-Soja hat - abgesehen von der Herbizidtoleranz - keine Eigenschaften,



die sie von der konventionellen Soja-Pflanze unterscheidet.

Verringerung der Betriebskosten: Der ausschließliche Einsatz von Glyphosat soll zu einer Kosten-Reduktion von min. 20% führen. Allerdings zeigte sich in Langzeitstudien, dass höhere Saatgut-Preise (Brasilianische Vereinigung der Saatgut- und Setzlingsproduzenten zitiert nach Andrioli, 2004) und vermehrter Einsatz von Glyphosat auf Grund von Herbizidresistenzen die Betriebskosten konstant halten (Reportagem Local, 2000 zitiert nach Andrioli, 2004).

VI G E F A H R E N durch GVOs ?

Open-Reading-Frames. Die Bildung von DNA-Abschnitten, die Informationen für Proteine kodieren, aber über keinen Stoppmechanismus verfügen, wird häufig diskutiert. Das kann durch Ausfall des „Stopp“- oder aber durch Einführung eines neuen „Start“-Gens erfolgen. Einfachstes Beispiel: Wie bereits beschrieben, wurde im RR-Soja 2000 ein Fragment von 534 bp Länge gefunden, welches keinem bekannten, pflanzlichen Organismus zugeordnet werden kann. Dabei rufe man sich ins Gedächtnis, dass ungefähr 80-85% der pflanzlichen Proteine durch Gene verschlüsselt sind, die deutlich weniger als 500 bp lang sind. Liegt das unbekannte Fragment in einem nicht-kodierenden Bereich, so kann seine alleinige Anwesenheit die normale Funktionalität der Pflanzengene beeinflussen (Lewin, 2000)

Veränderung von Stoffwechselprozessen. EMBRAPA in Brasilien zeigte, dass der Einsatz von 1,1 bis 5,6 kg Roundup pro Hektar die Aktivität des Bakteriums *Rhizobium spp.* stark reduziert (EMBRAPA, 1986) und dadurch die Stickstoff-Fixierung an den Wurzeln von RR-Soja verändert. Dieses Problem wurde besonders bei Trockenheit und in schwachen Böden festgestellt, ein Beweis, dass RR-Soja stressanfälliger ist als der Wildtyp ist (King, 2001). Wird die Fixierung von Stickstoff an den Wurzeln verhindert, müssen die Bauern mit zusätzlichen Kosten für den Stickstoffeinsatz in der Sojaproduktion rechnen, was sicherlich auch Auswirkungen auf das Ökosystem haben wird, denn die Folgen von Nitraten durch den Einsatz von chemisch hergestelltem Stickstoff sind schon seit längerer Zeit bekannt (Andrioli, 2004)

VII G E F A H R E N durch GVO - A N B A U ?

Monopolisierung. Landwirtschaft in Familienbetrieben verschwindet mehr und mehr, da der Anbau von GVOs nur auf großen Flächen rentabel ist. Chemie-, Biotechnik und Saatgutbranche erhalten über das Saatgut auch Kontrolle über die Nahrungsmittelproduktion: „was wird angebaut, welche Betriebsmittel werden eingesetzt und

wo werden die Produkte verkauft " (Mooney, 1987, zitiert nach Andrioli, 2004). Die bisher verfügbaren angebaute transgenen Pflanzen (Soja, Mais, Raps und Baumwolle) sind ausschließlich für den Export in Industrieländer bestimmt, was den Drittweltländern keinerlei Nutzen bringt (Andrioli, 2004).

Unkontrollierbare Ausbreitung. Debatten über Gentechnologie und die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen diskutieren ständig die Frage einer unkontrollierten Ausbreitung von GVOs im Ökosystem. Prinzipiell können hierbei zwei Mechanismen unterschieden werden: Der horizontale Gentransfer ist die Weitergabe bzw. Aufnahme genetischen Materials außerhalb der sexuellen Fortpflanzungswege und unabhängig von bestehenden Artgrenzen. Abhängig von bestimmten Voraussetzungen ist ein **horizontaler Gentransfer** - etwa von einer Pflanze auf ein Bodenbakterium - grundsätzlich möglich, aber ein unter natürlichen Bedingungen seltenes und sehr unwahrscheinliches Ereignis (Biosicherheit, 2005).

Beim **vertikalen Gentransfer** kreuzen sich zwei Pflanzen auf sexuellem Weg und geben dabei ihre Gene an die folgenden Generationen weiter. Eine Genübertragung durch Pollen zwischen Pflanzen innerhalb einer Art oder Pflanzen verwandter Arten ist ein natürlicher Vorgang. Der Austausch von Krankheits- und Schädlingsresistenzen von Kulturpflanzenarten auf verwandte Wildarten und umgekehrt fand immer schon statt - unabhängig davon, wie diese Resistenzgene erworben wurden. Durch Kreuzung von transgenen mit nicht-transgenen Kulturpflanzen nehmen letztere auch die eingeführten Genkonstrukte auf. Bei der Sicherheitsbewertung transgener Pflanzen ist die Möglichkeit der Auskreuzung des Fremdgens in nahe verwandte Wildpflanzenarten ein wichtiger Aspekt, der negative ökologische Auswirkungen beim Anbau transgener Kulturpflanzen hervorrufen könnte.

Ein EU-Gutachten und Ausbreitungsstudien aus Kanada belegen ein erhöhtes Ausbreitungsrisiko für Raps (Greenpeace; EEA, 2002; RSOC, 2001). In Mexiko fanden Wissenschaftler manipuliertes Erbgut in traditionellen Maissorten, obwohl seit 1998 keine genmanipulierten Maissorten mehr angebaut werden dürfen. Auch in Japan wurde das Starlink-Gen trotz Anbau-Verbot entdeckt (Greenpeace; Quist, 2001).

Herbizide. Dezember 2008 belegte erstmals eine Studie, dass Rückstände von Roundup® menschliche Zellen selbst in niedrigen Konzentrationen schädigen und töten können. Bedenklich: diese Rückstände sind auf den meisten auf dem Markt befindlichen Gentech-Lebensmitteln und Gentech-Futtermitteln nachweislich vorhanden (Benachour, 2009). Es wurde die Wirkung von vier Herbiziden in der Zusammensetzung des Monsanto-Produktes auf unterschiedliche menschliche Zelltypen untersucht. Ergebnis: Innerhalb von 24 Stunden wird die Zellatmung blockiert, DNA-Schäden entstehen, die Zellen sterben. Weitere Studien belegten, dass die Kontamination mit Roundup® reproduktionstoxisch beim Menschen wirkt

und die Zellteilung bei Seeigeln (standardisierter Modellorganismus der Entwicklungsbiologie) stört. Studien deuten außerdem auf eine Erhöhung des Krebsrisikos bei Tier und Mensch durch Glyphosat hin (Nordstrom, 1996; Hardell, 1995). Auch liegen dem US-amerikanischen Gesundheitsinstitut NIH seit Anfang des Jahres Studien vor, laut denen Glyphosat den Zellteilungsprozess beim Menschen durch Hemmung einer am Zellzyklus beteiligten Cyclin-abhängigen Kinase beeinflusst (Marc, 2002 / 2004). *In vitro* Studien zeigen, dass Glyphosat die Progesteron-Produktion von Säugerzellen beeinflusst (Walsh, 2000) und die Sterblichkeit von Plazenta-Zellen erhöhen kann (Richard, 2005). Es wird derzeit sogar diskutiert Glyphosat als endokrinen Disruptor einzustufen.



RoundUp®. Das Totalherbizid wird vom Konzern Monsanto geliefert – eine sehr bequeme Kompaktlösung – inzwischen treten jedoch mehr und mehr Roundup®-resistente Unkräuter auf. Bereits in 19 amerikanischen Bundesstaaten findet man neue Vertreter. Nichtsdestotrotz war Monsanto mit seinen RR-Sojabohnen bislang nahezu konkurrenzlos. Das Konzept aus GV-Sojabohnen und dem dazu passenden Komplementärherbizid ermöglicht eine wirtschaftliche Bekämpfung von Unkräutern. Bereits 2008 wurde RR-Soja in den USA auf etwa 27 Millionen Hektar angebaut. Das entspricht 92 % der amerikanischen Sojaerzeugung.

Roundup®UltraMax.

Wirkt immer.

Absolut wirksam bis in die Wurzelspitzen.

- Erste hochkonzentrierte Flüssigformulierung
- 450 g/l Glyphosat
- Isopropylaminsalz mit neuem effizienten Netzmittelsystem
- Regenfest nach 1 Stunde
- Hohe Anwendersicherheit, weder haut- noch augenreizend
- Nicht bienengefährlich
- Keine Abstandsaufgaben zu Oberflächengewässern (Ländervorgaben beachten)
- Keine Abstandsaufgaben zu Nichtzielpflanzen (50 % Abdriftminderung)

Roundup® wirkt auf Kaulquappen schon in geringsten Konzentrationen letal (Rohr, 2008). Im Boden verbleibend tötet es 98% aller Kröten und Frösche innerhalb von drei Wochen, da seine chemische Wirkung nicht abgebaut wird (Dinehart, 2009; Rohr, 2008; Costa 2007). Roundup® ist explizit zur Anwendung im Wasser nicht zugelassen, allerdings kann es durch das Versprühen zu kleineren Ansammlungen in Feuchtarealen kommen, was für ausgewachsene Frösche den sicheren Tod bedeutet. Wird die von Monsanto empfohlene Menge verwendet, sterben bis zu 86 % der Frösche, die sich auf dem Trockenen aufhalten, innerhalb eines Tages.

Abb.: Werbeversprechen in Monsantos „Roundup®-Kompendium“

Frühere Untersuchungen hatten bereits ergeben, dass nicht das aktive Herbizid Glyphosat in Roundup® die Amphibien tötet, sondern der Wirkstoff Tallowamin, der hinzugefügt wird, damit das Herbizid in die Blätter der Pflanzen eindringt. Roundup® wird als biologisch abbaubar und umweltverträglich beworben.

1996 musste Monsanto eine Unterlassungserklärung abgeben, worin sich der Konzern verpflichtete, glyphosathaltige Pestizide nicht mehr als sicher, ungiftig, harmlos, risikofrei, biologisch abbaubar, umweltfreundlich, ökologisch vorteilhaft oder praktisch ungiftig zu bezeichnen. Glyphosat, das sich biologisch abbauen soll, ist für viele Pflanzen toxisch, für Tiere und den Menschen laut Hersteller nicht –das Sicherheitsdatenblatt widerspricht jedoch diesen Werbeaussagen sehr deutlich:

MONSANTO Europe S.A.
Roundup® Turbo

Version: 3.2

Seite: 7 / 10
Datum des Inkrafttretens:
03.12.2007

12. ANGABEN ZUR ÖKOLOGIE

Dieser Abschnitt ist für den Gebrauch durch Ökotoxikologen und andere Umweltspezialisten bestimmt.

Die zu dem Produkt und zu den Bestandteilen erhaltenen Daten werden nachfolgend zusammengefasst.

Aquatische Toxizität, Fische

Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*):

Akute Toxizität, 96 Stunden, statisch, LC50: 20 mg/L

Aquatische Toxizität, wirbellose Tiere

Wasserfloh (*Daphnia magna*):

Akute Toxizität, 48 Stunden, statisch, EC50: 42 mg/L

Aquatische Toxizität, Algen/Wasserpflanzen

Grünalge (*Selenastrum capricornutum*):

Akute Toxizität, 72 Stunden, ErC50 (Wachstumsrate): 6,0 mg/L

Vogeltoxizität

Wachtel (*Colinus virginianus*):

Akute orale Toxizität, LD50: 1.651 mg/kg Körpergewicht

Toxizität für Arthropoden

Honigbiene (*Apis mellifera*):

Oral/Kontakt, 48 Stunden, LD50: > 146 µg/Biene

Toxizität für Bodenorganismen, wirbellose Tiere

Regenwurm (*Eisenia foetida*):

Akute Toxizität, 14 Tage, LC50: > 1.250 mg/kg trockener Boden

Toxizität für Bodenorganismen, Mikroorganismen

Stickstoff- und Kohleumwandlungstest:

12,7 kg/ha, 28 Tage: Weniger als 25 % Auswirkung auf Stickstoff- oder Kohle-Umwandlungsprozesse im Boden.

Abb.: Auszug aus dem Sicherheitsdatenblatt von Roundup®-Turbo

In Deutschland sind einzelne Roundup®-Produkte auch für den Haus- und Kleingartenbereich zugelassen, sofern sie nur in Kleingebinden abgegeben werden. Nach

§ 6 Abs. 2 PflSchG dürfen Pflanzenschutzmittel auf Freilandflächen nur angewandt werden, soweit diese landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzt werden. Strengstens untersagt ist die Anwendung in oder unmittelbar an oberirdischen Gewässern und Küstengewässern. Anwendung auf versiegelten Flächen, zu denen gepflasterte oder geteerte Wege und Terrassen zählen, ist nur mit einer Genehmigung der zuständigen Behörde zulässig. Bei Zuwiderhandlung Geldstrafen bis 50.000 € (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit).

VIII A U S B L I C K

Aller Diskussionen zum Trotz: im Februar 2009 sind vier neue DEKALB-Sorten (Tochtergesellschaft von Monsanto) durch das Bundessortenamt (BSA) zugelassen worden, dabei handelt es sich um zwei konventionelle und zwei YieldGard®-Sorten.

DKC 3094 (S 220 K 210). Die Sorte eignet sich für alle echten frühen Standorte oder Grenzlagen des Maisanbaus (kühle Lagen, Höhenlagen, schwere Böden) und grenzt sich bewusst von den reinen Ertragsorten ab. Highlight: sehr gute Zellwandverdaulichkeit, die für eine hochleistungsbetonte Fütterung heute unverzichtbar ist. Der Bewertungsansatz MILK2006 bescheinigt der Sorte ein sehr hohes Milchleistungspotenzial je Tonne Trockenmasse und je Hektar.

DKC 3399 (ca. S 270 K 250). Gilt als die beste K 250 BSA-Zulassung der letzten Jahre in der Kombination Ertrag, Lagerneigung, Stängelfäule und Bestockung. Ein perfektes Leistungspaket, um in der Praxis einen sehr hohen Kornertrag zu realisieren! Dank des enormen Wuchses der Sorte ist DKC 3399 auch für die Nutzung als Energiemais sehr interessant.

DKC 4251YG (K260). Diese Neuzulassung mit integriertem Maiszünslerschutz ist ein mittelpäater Körnermais mit sehr hohem Ertragspotenzial. Die gute Resistenz der Sorte gegenüber *Helminthosporium turcicum* (HT) trägt ebenfalls zur Anbausicherheit bei.

DKC 4373YG (K280). Dieser Mais erhielt die BSA-Höchstnote 9 im Kornertrag und bestätigt die Leistungsfähigkeit der Sorte sehr eindrucksvoll. Die Genetik zeigt bereits in vielen bedeutenden Körnermais-Märkten weltweit ein hohes Ertragsniveau und Ertragsstabilität. Mit der neuen Zulassung kann diese Sorte in Regionen mit Maiszünslerbefall eingesetzt werden, ohne dass Ertrags- und Qualitätseinbußen zu befürchten sind.

Auch die Genkartoffel Amflora von BASF darf in Deutschland auf einem 20 Hektar großen Freisetzungsräum angebaut werden. Es seien keine Gefahren für Umwelt und Gesundheit erkennbar. Ursprünglich geplant war der Amflora-Anbau auf einer

Fläche von 150 Hektar. Die grundsätzliche Zulassung der Kartoffel als Futtermittel durch die EU-Kommission steht derzeit noch aus. Die Genkartoffel enthält eine veränderte Stärke. Normalerweise besteht dieser Speicherstoff in der Knolle aus Amylopektin und Amylose. BASF knipste das Gen für die Amylose aus, sodass die Stärke nur Amylopektin enthält. Damit sei die Kartoffel für den "industriellen Einsatz optimal abgestimmt", sagt BASF, und biete nach Angaben ihres Herstellers verschiedene Anwendungsmöglichkeiten. So könne aus ihr reißfestes Garn und glänzenderes Papier hergestellt werden.

VIII LITERATUR

bioSicherheit, 2005

[Horizontaler Gentransfer: Ergebnisse der Sicherheitsforschung.](#)

EEA (European Environment Agency), 2002 „Genetically modified organisms (GMOs): The significance of gene flow through pollen transfer“. . " [Environmental issue report No 28 online](#)

Alexander, T. W., T. Reuter, et al. (2006). "Conventional and real-time polymerase chain reaction assessment of the fate of transgenic DNA in sheep fed Roundup Ready rapeseed meal." *Br J Nutr* **96**(6): 997-1005.

Alexander, T. W., R. Sharma, et al. (2004). "Use of quantitative real-time and conventional PCR to assess the stability of the cp4 epsps transgene from Roundup Ready canola in the intestinal, ruminal, and fecal contents of sheep." *J Biotechnol* **112**(3): 255-66.

Andersen, C. B., A. Holst-Jensen, et al. (2006). "Equal performance of TaqMan, MGB, molecular beacon, and SYBR green-based detection assays in detection and quantification of roundup ready soybean." *J Agric Food Chem* **54**(26): 9658-63.

Andrioli, A. (2004). "Privatisierung von Saatgut: Wem gehört die Landwirtschaft."

Benachour, N. and G. E. Seralini (2009). "Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells." *Chem Res Toxicol* **22**(1): 97-105.

Benachour, N., H. Sipahutar, et al. (2007). "Time- and dose-dependent effects of roundup on human embryonic and placental cells." *Arch Environ Contam Toxicol* **53**(1): 126-33.

Bruet, N., F. Windels, et al. (2001). "High frequency stimulation of the subthalamic nucleus increases the extracellular contents of striatal dopamine in normal and partially dopaminergic denervated rats." *J Neuropathol Exp Neurol* **60**(1): 15-24.

Buniatian lu, A. and A. A. Gevorgian (1984). "[Determination of the active substance of the preparation Roundup and its metabolite in environmental objects]." *Gig Sanit*(5): 43-4.

Canada, T. R. S. o. (January 2001). "Elements of Precaution: Recommendations for the Regulation of Food Biotechnology in Canada." . [PDF, 778 KB](#)

Carpenter, J. and L. Gianessi (2000). "Herbicide use on roundup ready crops." *Science* **287**(5454): 803-4.

Chen, Y., Y. Wang, et al. (2005). "Degradation of endogenous and exogenous genes of roundup-ready soybean during food processing." *J Agric Food Chem* **53**(26): 10239-43.

Coghlan, A. (2002). "Animal experiments on trial." *New Sci* **176**(2370): 16-7.

Coghlan, A. (2002). "Race is on to stop human cloning." *New Sci* **175**(2362): 11.

Coghlan, A. (2002). "Say no to stem cell patents: Europe advised to take a different stance to the US." *New Sci* **174**(2343): 5.

Coghlan, A. (2002). "Vive les animaux." *New Sci* **175**(2352): 14-5.

Corbisier, P., S. Trapmann, et al. (2005). "Quantitative determination of Roundup Ready soybean (Glycine max) extracted from highly processed flour." *Anal Bioanal Chem* **383**(2): 282-90.

Cotten, J. H., Jr. (1994). "Biosphere science news roundup. The Center for Biospheric Education and Research." *Life Support Biosph Sci* **1**(1): 23-6.

Cromwell, G. L., M. D. Lindemann, et al. (2002). "Soybean meal from roundup ready or conventional soybeans in diets for growing-finishing swine." *J Anim Sci* **80**(3): 708-15.

Davanzo, F., L. Settini, et al. (2004). "[Agricultural pesticide-related poisonings in Italy: cases reported to the Poison Control Centre of Milan in 2000-2001]." *Epidemiol Prev* **28**(6): 330-7.

De Wilde, C., N. Podevin, et al. (2001). "Silencing of antibody genes in plants with single-copy transgene inserts as a result of gene dosage effects." *Mol Genet Genomics* **265**(4): 647-53.

Dinelli, G., A. Bonetti, et al. (2006). "Quantitative-competitive polymerase chain reaction coupled with slab gel and capillary electrophoresis for the detection of roundup ready soybean and maize." *Electrophoresis* **27**(20): 4029-38.

- Feriotto, G., M. Borgatti, et al. (2002). "Biosensor technology and surface plasmon resonance for real-time detection of genetically modified Roundup Ready soybean gene sequences." J Agric Food Chem **50**(5): 955-62.
- Funke, T., H. Han, et al. (2006). "Molecular basis for the herbicide resistance of Roundup Ready crops." Proc Natl Acad Sci U S A **103**(35): 13010-5.
- Genet (2002). "2-Plants: GE pollution in Spanish maize and soya revealed."
- Greenpeace (2004). "Gen-Brot kommt nicht in die Tüte - Versuchsfelder mit Gen-Weizen."
- Greenpeace (2005). "10 Jahre Anbau von Gen-Pflanzen – eine Bilanz."
- Guadagnuolo, R., D. S. Bianchi, et al. (2001). "Specific genetic markers for wheat, spelt, and four wild relatives: comparison of isozymes, RAPDs, and wheat microsatellites." Genome **44**(4): 610-21.
- Haeflinger, J. (2005). "Biotechnologie: Landwirtschaft Lehrmittelautor und Publizist,."
- Hagen, M. and B. Beneke (2000). "[Detection of genetically modified soy (Roundup-Ready) in processed food products]." Berl Munch Tierarztl Wochenschr **113**(11-12): 454-8.
- Hardell, L. and M. Eriksson (1999). "A case-control study of non-Hodgkin lymphoma and exposure to pesticides." Cancer **85**(6): 1353-60.
- Hartnell, G. F., T. Hvelplund, et al. (2005). "Nutrient digestibility in sheep fed diets containing Roundup Ready or conventional fodder beet, sugar beet, and beet pulp." J Anim Sci **83**(2): 400-7.
- Hees (2005). "Gensoja und Globalisierung, sind Saatgutinitiativen eine Alternative?, Soja-Projekt « Agenda 21 – Stoffstromorientierter Diskurs zur Futtermittelproblematik « " Evangelische Akademie Loccum.
- Hird, H., J. Powell, et al. (2003). "Determination of percentage of RoundUp Ready soya in soya flour using real-time polymerase chain reaction: interlaboratory study." J AOAC Int **86**(1): 66-71.
- Hodgson, J. (1999). "GMO roundup." Nat Biotechnol **17**(11): 1047.
- Hodgson, J. (2001). "GMO roundup." Nat Biotechnol **19**(1): 5.
- Holland, A. W. (1966). "Getting ready for Girl Scout Roundup." Am J Nurs **66**(8): 1796-8.
- Hori, Y., M. Fujisawa, et al. (2002). "Quantitative determination of glufosinate in biological samples by liquid chromatography with ultraviolet detection after p-nitrobenzoyl derivatization." J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci **767**(2): 255-62.
- Hossain, K. G., O. Riera-Lizarazu, et al. (2004). "Radiation hybrid mapping of the species cytoplasm-specific (scsae) gene in wheat." Genetics **168**(1): 415-23.
- Huang, C. C. and T. M. Pan (2005). "Event-specific real-time detection and quantification of genetically modified Roundup Ready soybean." J Agric Food Chem **53**(10): 3833-9.
- Hyun, Y., G. E. Bressner, et al. (2004). "Performance of growing-finishing pigs fed diets containing Roundup Ready corn (event nk603), a nontransgenic genetically similar corn, or conventional corn lines." J Anim Sci **82**(2): 571-80.
- Jennings, J. C., D. C. Kolwyck, et al. (2003). "Determining whether transgenic and endogenous plant DNA and transgenic protein are detectable in muscle from swine fed Roundup Ready soybean meal." J Anim Sci **81**(6): 1447-55.
- Kan, C. A. and G. F. Hartnell (2004). "Evaluation of broiler performance when fed Roundup-Ready wheat (event MON 71800), control, and commercial wheat varieties." Poult Sci **83**(8): 1325-34.
- Kasama, K., T. Watanabe, et al. (2005). "[Laboratory performance study of the quantitative detection method for genetically modified soybeans (roundup ready soybeans 40-3-2)]." Shokuhin Eiseigaku Zasshi **46**(6): 270-6.
- Kihara, E. N., M. S. Andrioli, et al. (2004). "Endovascular treatment of carotid artery stenosis: retrospective study of 79 patients treated with stenting and angioplasty with and without cerebral protection devices." Arq Neuropsiquiatr **62**(4): 1012-5.
- Kozower, B. D., M. H. Windels, et al. (2001). "A complicated case of acute bacterial endocarditis." Conn Med **65**(7): 391-3.
- Lerat, S., L. S. England, et al. (2005). "Real-time polymerase chain reaction quantification of the transgenes for roundup ready corn and roundup ready soybean in soil samples." J Agric Food Chem **53**(5): 1337-42.

- Lerat, S., R. H. Gulden, et al. (2007). "Quantification and persistence of recombinant DNA of Roundup Ready corn and soybean in rotation." J Agric Food Chem **55**(25): 10226-31.
- Levy-Booth, D. J., R. G. Campbell, et al. (2008). "Real-time polymerase chain reaction monitoring of recombinant DNA entry into soil from decomposing roundup ready leaf biomass." J Agric Food Chem **56**(15): 6339-47.
- Levy-Booth, D. J., R. H. Gulden, et al. (2009). "Roundup Ready soybean gene concentrations in field soil aggregate size classes." FEMS Microbiol Lett **291**(2): 175-9.
- LEWIN, B. (2000). Genes VII. Oxford Press, Oxford, Kap. 2, S. 54.
- Marc, J., R. Belle, et al. (2004). "Formulated glyphosate activates the DNA-response checkpoint of the cell cycle leading to the prevention of G2/M transition." Toxicol Sci **82**(2): 436-42.
- Marc, J., O. Mulner-Lorillon, et al. (2004). "Glyphosate-based pesticides affect cell cycle regulation." Biol Cell **96**(3): 245-9.
- Marc, J., O. Mulner-Lorillon, et al. (2002). "Pesticide Roundup provokes cell division dysfunction at the level of CDK1/cyclin B activation." Chem Res Toxicol **15**(3): 326-31.
- McMullan, G., J. M. Christie, et al. (2004). "Habitat, applications and genomics of the aerobic, thermophilic genus *Geobacillus*." Biochem Soc Trans **32**(Pt 2): 214-7.
- Mitka, M. (2001). "Radiological roundup highlights new technology." Jama **285**(1): 32-3.
- Monsanto (RoundupReady Soja).
- Nair, R. S., R. L. Fuchs, et al. (2002). "Current methods for assessing safety of genetically modified crops as exemplified by data on Roundup Ready soybeans." Toxicol Pathol **30**(1): 117-25.
- Nelson, M. (1994). "Biosphere science news roundup. Biosphere 2 completes first two year closure experiment." Life Support Biosph Sci **1**(1): 19-22.
- Neumann, S. K., E. Landsberg, K. Stock-Oliveira Souza, T. Yamada, V. Römheld (2006). "Einfluss des Rhizosphären-Transfers von Glyphosat auf Nicht-Zielpflanzen. ." Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XX,###(2006).
- Nielsen, J. B., F. Nielsen, et al. (2007). "Defense against dermal exposures is only skin deep: significantly increased penetration through slightly damaged skin." Arch Dermatol Res **299**(9): 423-31.
- Nordstrom, M. L. and S. Cnattingius (1996). "Effects on birthweights of maternal education, socioeconomic status, and work-related characteristics." Scand J Soc Med **24**(1): 55-61.
- Petkewich, R. (2001). "Do roundup ready soybeans require more herbicide?" Environ Sci Technol **35**(13): 276A-277A.
- Prescott, V. E., P. M. Campbell, et al. (2005). "Transgenic expression of bean alpha-amylase inhibitor in peas results in altered structure and immunogenicity." J Agric Food Chem **53**(23): 9023-30.
- Quist, D. and I. H. Chapela (2001). "Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico." Nature **414**(6863): 541-3.
- Richard, S., S. Moslemi, et al. (2005). "Differential effects of glyphosate and roundup on human placental cells and aromatase." Environ Health Perspect **113**(6): 716-20.
- Rott, M. E., T. S. Lawrence, et al. (2004). "Detection and quantification of roundup ready soy in foods by conventional and real-time polymerase chain reaction." J Agric Food Chem **52**(16): 5223-32.
- Sharma, R., D. Damgaard, et al. (2006). "Detection of transgenic and endogenous plant DNA in digesta and tissues of sheep and pigs fed Roundup Ready canola meal." J Agric Food Chem **54**(5): 1699-709.
- Smart, T. and G. Torres (1996). "Antiviral roundup." GMHC Treat Issues **10**(8): 6-7.
- Szarek, J., A. Siwicki, et al. (2000). "Effects of the herbicide Roundup on the ultrastructural pattern of hepatocytes in carp (*Cyprinus carpio*)." Mar Environ Res **50**(1-5): 263-6.
- Taylor, M. L., G. F. Hartnell, et al. (2003). "Comparison of broiler performance when fed diets containing grain from YieldGard (MON810), YieldGard x Roundup Ready (GA21), nontransgenic control, or commercial corn." Poult Sci **82**(5): 823-30.
- TransGen (2009).

- Urbanek-Karłowska, B., M. Fonberg-Broczek, et al. (2001). "[Usefulness of an immunoassay test TRAIT for detection of genetically modified Roundup ready soybean in food products]." Rocz Panstw Zakl Hig **52**(4): 313-20.
- Vaitilingom, M., H. Pijnenburg, et al. (1999). "Real-time quantitative PCR detection of genetically modified Maximizer maize and Roundup Ready soybean in some representative foods." J Agric Food Chem **47**(12): 5261-6.
- Viard, F., J. Bernard, et al. (2002). "Crop-weed interactions in the Beta vulgaris complex at a local scale: allelic diversity and gene flow within sugar beet fields." Theor Appl Genet **104**(4): 688-697.
- Walsh, L. P., C. McCormick, et al. (2000). "Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (StAR) protein expression." Environ Health Perspect **108**(8): 769-76.
- Wauchope, R. D., T. L. Estes, et al. (2002). "Predicted impact of transgenic, herbicidetolerant corn on drinking water quality in vulnerable watersheds of the mid-western USA." Pest Manag Sci **58**(2): 146-60.
- Windels, F. W., S. Vanaverbeke, et al. (2001). "Thin coating characterization by Rayleigh waves: an analytical model based on normal-mode theory." J Acoust Soc Am **110**(3 Pt 1): 1349-59.
- Yang, R., W. Xu, et al. (2007). "Event-specific qualitative and quantitative PCR detection of roundup ready event GT73 based on the 3'-integration junction." Plant Cell Rep **26**(10): 1821-31.
- Zhang, H., L. Yang, et al. (2008). "Development of one novel multiple-target plasmid for duplex quantitative PCR analysis of roundup ready soybean." J Agric Food Chem **56**(14): 5514-20.
- Zhu, Y., D. Li, et al. (2004). "Nutritional assessment and fate of DNA of soybean meal from roundup ready or conventional soybeans using rats." Arch Anim Nutr **58**(4): 295-310.

Ideen zur Unterrichtsgestaltung | Kopiervorlage

§1 Gentechnikgesetz

Im Februar 2005 ist das neue Gentechnikgesetz in Kraft getreten. Es setzt mehrere EU-Richtlinien in nationales Recht um und gibt für Deutschland einen Handlungsrahmen zwischen Forschungsfreiheit und verantwortungsvoller Begrenzung des Risikos vor. Im ersten Paragraphen nimmt das Gesetz Bezug auf mögliche ökologischer Auswirkungen des Anbaus von gentechnisch veränderten Pflanzen auf Nicht-Zielorganismen. *Beschreibe den Inhalt mit eigenen Worten!*

Das bunte Leben im Maisfeld

BMBF-Forschungsprojekte haben sich in den vergangenen Jahren mit möglichen Auswirkungen von Bt-Mais auf das komplexe ökologische Geschehen im Maisfeld beschäftigt. Welche Aspekte sie untersucht haben, kann man in einem interaktiven Modul erkunden:

- [Das bunte Leben im Maisfeld](#)

Agrarökosystem und Nützlinge

Auf unseren Feldern leben zahlreiche Arthropodenarten, die untereinander sowie zur Umwelt in bestimmten trophischen Verhältnissen (Ernährungsbezügen) stehen. Das Zusammenspiel von Schädlingen und Nützlingen spielt hier eine besondere Rolle. *Schildere diese Beziehung kurz am Beispiel des Maiszünslers.*

Bt-Mais und Monarchfalter

„Nature“, 1999: Ein amerikanisches Forscherteam hatte in Laborversuchen Hinweise dafür gefunden, dass Pollen aus Bt-Mais den Monarchfalter schädigt.

- [Monarchfalter: Gefahr für einzelne Raupen, aber nicht für die Population](#)

Finde mindestens ein weiteres Beispiel für eine Beeinträchtigung des Ökosystems durch gentechnisch veränderte Pflanzen!

Um die Auswirkungen eines GVO auf Nichtzielorganismen beurteilen zu können, müssen zunächst folgende Fragen geklärt werden: welche Position hat der betreffende GVO im System? Mit welchen Tier-/Pflanzengruppen innerhalb der Nahrungskette kommt er in Kontakt? Wie kommen die Organismen in Kontakt?

Solche und ähnliche Fragestellungen dienen den Behörden als Basis für die Risikobewertung von schädlingsresistenten Nutzpflanzen in der Landwirtschaft.

- [Bt-Mais und Nicht-Zielorganismen](#)

Diskutiere und bewerte die aktuellen Ergebnisse aus wissenschaftlicher Sicht. Beachtet dabei, dass die EU-Zulassungsentscheidung auf den Ergebnissen der internationalen Forschungsgemeinschaft basiert. Die BMBF geförderte Sicherheitsforschung ist dagegen primär auf Deutschland fokussiert, die Ergebnisse fließen aber in die Bewertung mit ein, sofern sie international relevant sind. Folgende Texte können als Zusatzinformation verwendet werden.

- [Interview mit Dr. Detlef Bartsch](#)
- [Zulassung MON810](#)
- [Umweltwirkungen von Bt-Mais](#)
- [Entscheidung die Inverkehrbringung von MON 810](#)

Diskutiere, warum Umweltschutzorganisationen und andere gesellschaftliche Gruppen mit der Entscheidung der Behörden teilweise nicht übereinstimmen und zu einer anderen Risikobewertung kommen.

- [Forschungsergebnisse Bt-Mais: Konträre Sichtweisen](#)

Wie stehst Du zur Gentechnik ? Gib Deine persönliche Einschätzung zum Thema und begründe sie kurz.