

## Risiko Gentechnik

### Genmanipulation mit überraschenden Folgen

Genmanipulierte Pflanzen zeigen immer wieder überraschende Eigenschaften. Zum Beispiel haben Sojabohnen, die mittels Gentechnik gegen ein Unkrautvernichtungsmittel widerstandsfähig gemacht wurden, völlig unerwartet auf Temperaturänderung reagiert: Der Stängel riss in der Hitze auf. Für betroffene Farmer könnte das Ernteeinbussen von bis zu 40 Prozent bedeuten. Um Millionen Dollar ging es auch in Mississippi: Genmanipulierte Baumwollpflanzen auf ca. 12.000 Hektar Anbaufläche haben die Blüten vor der Erntereife abgeworfen.

Der Unterschied zwischen Theorie und Praxis ist der Hauptgrund dafür, dass die Gentechnik die eigenen Versprechen nicht halten kann und zugleich Gefahren mit sich bringt“, so die britische Biophysikerin Dr. Mae-Wan Ho. Sie kritisiert damit die mechanistische Annahme, dass ein Gen für eine Eigenschaft eines Organismus zuständig sei. Diese Annahme ist in vielerlei Hinsicht falsch. Denn die Funktion von Genen ist eine komplexe, vernetzte Angelegenheit, bei der eine Wirkung viele Ursachen hat und Rückkopplungen verschiedener Prozesse eine grosse Rolle spielen. Gene „funktionieren“ nicht immer gleich, sondern reagieren dynamisch auf Umwelteinflüsse. Deshalb kann bei einer Pflanze, die ein Herbizidresistenz-Gen trägt, plötzlich durch Hitzeeinwirkung der Stängel aufreißen. Somit werden Eingriffe in das Erbgut zu einem unpräzisen Unterfangen mit nicht vorhersehbaren Folgen.

Wissenschaftler in Neufundland haben versucht, Lachsen ein „Antigefrier-Gen“ eines anderen Fisches einzubauen. Sie wollten die Tiere gegen die Kälte nordischer Winter widerstandsfähig machen. Die transgenen Lachse erwiesen sich aber nicht als kälteresistent. Dafür löste die Genmanipulation bei einem Teil der Fische eine im Vergleich zu natürlichem Lachs zehnmal höhere Wachstumsrate aus. Die überraschenden Folgen gentechnischer Manipulation an Lebewesen fallen leider nicht immer so „glimpflich“ aus. Wie die folgenden Beispiele zeigen, sind sie oft mit grossen Risiken für Natur und Mensch verbunden.

### Unsichtbar und dennoch von grösster ökologischer Bedeutung: Mikroorganismen

Mikroorganismen sind Kleinstlebewesen, die zumeist einzellig und nur unter dem Mikroskop sichtbar sind. Dazu zählen unter anderem Bakterien und manche Pilze. Im Stoffkreislauf der Natur spielen sie eine enorme Rolle – etwa für die Fruchtbarkeit von Böden.

Auf Grund ihres relativ einfachen Aufbaus sowie der unkomplizierten und raschen Vermehrung durch Zellteilung sind sie beliebte Forschungsobjekte der Genetik. Sie dienen einerseits als ein „Werkzeug“ der Gentechnologie und werden andererseits selbst manipuliert, um bestimmte Aufgaben zu erfüllen.

Beispielsweise werden Bakterien zur Herstellung chemischer Stoffe verwendet. Das Bakterium *Klebsiella* etwa wurde gentechnisch manipuliert, um mit möglichst hoher Effizienz aus biologischen Abfällen durch Vergärung Alkohol zu erzeugen. Damit sollten letztendlich Pflanzenreste aus der Landwirtschaft zur Treibstoffherstellung genutzt werden. Ein Forschungsteam ging der Frage nach, welche Auswirkungen es hat, wenn Produktionsabfälle einer solchen Vergärung als Dünger auf landwirtschaftliche Nutzflächen ausgebracht werden. Das unerwartete Versuchsergebnis: Das Einbringen des genmanipulierten Bakteriums änderte die Zusammensetzung der Bodenlebewesen, und das Wachstum von Weizenpflanzen wurde bis hin zum Absterben gehemmt. Interessant ist, dass sich ohne Pflanzenbewuchs keine nachweisbare Änderung einstellte. Bei einer Versuchsanordnung ohne Kulturpflanzen wäre man also nicht auf diesen Effekt gestossen. Die Wissenschaftler leiten aus den Ergebnissen die Notwendigkeit ab, bei Risikobewertungen möglichst alle Glieder der Nahrungskette mit einzubeziehen. Da die Zusammenhänge in Ökosystemen sehr komplex und grossteils unerforscht sind, bleibt die Frage, ob dies praktisch durchgeführt werden kann.

2,4-D ist ein synthetisches Unkrautbekämpfungsmittel. Weil diese Chemikalie Boden und Grundwasser langfristig vergiftet, kamen findige Wissenschaftler auf die Idee, das Bakterium *Pseudomonas* so zu manipulieren, dass es 2,4-D abbaut. Und das tat es auch. Als Abbauprodukt entstand jedoch eine Chemikalie mit Namen 2,4-DCP, die sich für Bodenpilze als giftig erwies. Binnen kurzer Zeit wurden auf der Versuchsfläche alle Bodenpilze abgetötet. Ein überraschender Effekt, der weder bei den natürlichen, nicht manipulierten Bakterien, noch beim ursprünglich verwendeten Pflanzenschutzmittel auftrat. Der Einsatz genmanipulierter Organismen als „Umweltschutz“-Technologie hat sich in diesem Fall also als Bumerang erwiesen.

**Horizontaler Gentransfer** Unter horizontalem Gentransfer versteht man den Austausch von Genmaterial zwischen verwandten oder nicht verwandten Individuen der selben Generation – z. B. zwischen Mikroorganismen untereinander oder zwischen Mikroorganismen und Pflanzen. Im Gegensatz dazu steht die Vererbung an Nachkommen durch ungeschlechtliche Zellteilung oder sexuelle Fortpflanzung.

Eine wichtige Frage bei der Risikobewertung der Freisetzung gentechnisch manipulierter Mikroorganismen lautet: Kann die genetische Information zwischen Individuen derselben Generation ausgetauscht werden? Forschungen im letzten Jahrzehnt haben gezeigt, dass dies zwischen Bakterien leichter möglich ist als ursprünglich angenommen. Dieser „Horizontale Gentransfer“ ist aber auch von Pflanzen auf Pilze oder Bakterien möglich. 1998 wiesen deutsche Wissenschaftler von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig in Laborexperimenten nach, dass Gene manipulierter Zuckerrüben unter bestimmten Umständen vom Bakterium *Acinetobacter* aufgenommen werden. Auf diese Weise

beeinflussen genmanipulierte Kulturpflanzen auch die Bodenökosysteme. Jüngste, noch unveröffentlichte Forschungsergebnisse aus Deutschland haben gezeigt, dass eine Übertragung von Genen manipulierter Rapspflanzen auf Bakterien und Pilze im Darm von Bienen stattfindet. Mittels „Horizontalem Gentransfer“ können sich manipulierte Gene in der freien Natur rasch und unkontrolliert ausbreiten – mit unabsehbaren Folgen.

### Genmanipulierte Nutzpflanzen: Massgeschneidert für den Acker ?

Die gentechnische Veränderung von Kulturpflanzen zum Zwecke der Lebensmittelerzeugung ist ein in der Öffentlichkeit heiss diskutiertes Thema. Das Ziel der Manipulation kann die Veränderung pflanzeigener Speicherstoffe (z. B. bei der Kartoffel) oder pflanzlicher Entwicklungsprozesse (wie bei der „Anti-Matsch“-Tomate) sein. Am häufigsten hat sie jedoch Herbizidresistenz, Insektenresistenz oder Resistenzen gegen Krankheitserreger zum Ziel. Soja, Raps, Mais, Kartoffeln und Baumwolle gehören zu den derzeit bedeutendsten Beispielen genmanipulierter Kulturpflanzen.

**Herbizid- und Insektenresistenz** Ist eine Pflanze gegenüber einem bestimmten Umwelteinfluss resistent, so bedeutet dies, dass sie dagegen widerstandsfähig ist und durch dessen Einwirken keinen oder kaum Schaden erleidet. Im Fall der Herbizidresistenz sind die Pflanzen widerstandsfähig gegen ein Unkrautvernichtungsmittel (obwohl sie es aufnehmen). Insektenresistente Pflanzen produzieren selbst ein Gift, das ihre Frassfeinde tötet.

Eine genmanipulierte Soja-Pflanze der Firma Monsanto (RRS) beispielsweise ist herbizidresistent. Im Gegensatz zu den „Unkräutern“ verträgt sie die Behandlung mit dem Unkrautvernichtungsmittel „Roundup-Ready“ (Glyphosat), das Monsanto im Kombi-Paket mit der Pflanze liefert. Es handelt sich dabei um ein Totalherbizid, das alle Pflanzen auf dem Acker abtötet – ausser die kultivierten Gentech Pflanze selbst. Das mag auf den ersten Blick von Vorteil sein, stellt jedoch ein grosses Naturschutzproblem dar. Viele der Ackerunkräuter sind bereits heute in ihrem Bestand gefährdet und der Einsatz von Totalherbiziden könnte sie zum Aussterben bringen. In der Folge sind auch jene Tiere betroffen, die an diese Ackerunkräuter gebunden sind.

Eine weitere Gefahr genmanipulierter Pflanzen liegt in der Möglichkeit, dass sie sich mit verwandten wilden Arten kreuzen. Verschiedene Untersuchungen haben diese Möglichkeit etwa für genmanipulierten Raps (*Brassica napus*) nachgewiesen, der sich beispielsweise mit wildem Kohl (*Brassica rapa*) oder Hederich (*Raphanus raphanistrum*) kreuzen kann.

In einer Studie dänischer Wissenschaftler wurde mittels Versuchen nachgewiesen, dass die durch Kreuzung von herbizidresistentem Raps mit Wild-Kohl entstandenen „Hybride“ fruchtbar sind und sich mit dem natürlichen Wildkohl „rückkreuzen“ lassen. Nach nur zwei Rückkreuzungsversuchen mit dem Wild-Kohl waren 40 Prozent der Nachkommen ebenfalls herbizidresistent. Die Autoren folgern, dass „diese Ergebnisse darauf hinweisen, dass eine schnelle Ausbreitung manipulierter Gene von Gentech-Raps auf den verwandten Wild-Kohl möglich ist“. So könnten beispielsweise „Superunkräuter“ entstehen, denen auch Totalherbizide nichts anhaben können. Das würde den Gedanken von herbizidresistenten Pflanzen ad absurdum führen.

Die Annahme, dass sich Hybride (Kreuzungen) in der freien Natur nicht behaupten könnten, ist leider nicht stichhaltig. Untersuchungen mit Hybriden von Raps und Senf (*Hirschfeldia incana*) haben gezeigt, dass diese unter bestimmten Umweltbedingungen sogar konkurrenzfähiger sind als die Senf-Mutterpflanzen. Neben Raps wurde die Möglichkeit der Auskreuzung auch für eine Reihe weiterer Kulturpflanzen – wie z. B. Zuckerrüben und Reis – auf verwandte Wild-Arten nachgewiesen. Auskreuzung ist besonders problematisch, wenn genmanipulierte Formen von Pflanzen in jenen Gebieten angebaut werden, wo sich die ursprüngliche Art im Rahmen der Evolution entwickelt hat. Denn dort wachsen in freier Natur viele nah verwandte Arten, die mögliche Auskreuzungs-Partner darstellen. Dies gilt z. B. für den Anbau von Raps in Europa und im Mittelmeerraum, Mais in Mexiko oder Reis in Asien. Wenn das eingebaute Gen den Wild-Pflanzen einen Konkurrenz-Vorteil verschafft (etwa durch erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Schädlinge oder Krankheiten), dann ist es auch wahrscheinlich, dass sich diese Pflanzen in der freien Natur durchsetzen können. Die Folgen davon kann niemand abschätzen.

Herbizidresistenz kann aber nicht nur durch Auskreuzung entstehen, sondern auch durch natürliche Anpassungserscheinungen: Durch massiven Einsatz eines Giftes entsteht ein enormer Selektionsdruck auf die betroffenen Organismen. Individuen, die Abwehrmechanismen entwickeln, pflanzen sich schneller fort als andere und so entwickeln sich über kurz oder lang widerstandsfähige Populationen. 1997 wurde erstmals berichtet, dass in Australien ein Weidelgras (*Lolium rigidum*) gegen das Unkrautvernichtungsmittel „RoundupReady“ resistent wurde. Ebenfalls 1997 tauchte eine resistente Form des Gänsegrases (*Eleusina indica*) in Malaysia auf. Und in den USA entwickeln offenbar Amaranth-Pflanzen derzeit gesteigerte Toleranz gegen Roundup-Ready. Roundup-Ready ist ein Totalherbizid, das die Firma Monsanto mit ihren herbizidresistenten Pflanzen liefert. Der grossflächige Anbau dieser Pflanzen fördert somit die Resistenzbildung bei Unkräutern.

Grundsätzlich können die gleichen Mechanismen bei virusresistenten Pflanzen zur Bildung von Infektionserregern und bei Insektizid-produzierende Pflanzen zur Bildung von Insekten beitragen, welche die Abwehrmechanismen durchbrechen

Die Idee scheint auf den ersten Blick einleuchtend: Pflanzen produzieren selbst ein Gift, das sie davor bewahrt, von Insekten aufgefressen zu werden. Doch so einfach ist die Sache nicht, denn das Gift tötet nicht nur die Schädlinge (Zielorganismen), sondern kann auch Nicht-Zielorganismen (darunter wertvolle Nützlinge) töten und damit das ökologische Gleichgewicht in der freien Natur stören. Das Gift von Bt-

Pflanzen kann auch im Pollen produziert werden. Amerikanische Untersuchungen zeigen, dass durch den Wind verbreiteter Pollen von Bt-Pflanzen die Larven des Monarch-Falters schädigen kann. In Laborexperimenten wurden die Larven des Falters auf Seidenpflanzen aufgezogen, die mit Pollen von genmanipulierten Bt-Pflanzen bestäubt waren. Nach vier Tagen lebte von diesen Tieren beinahe nur mehr die Hälfte (56 Prozent), während auf den mit Nicht-Bt-Pollen verunreinigten Pflanzen alle Tiere überlebten.

**Bt-Pflanzen** Sogenannten „Bt-Pflanzen“ wurde ein Gen des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis* (Bt) eingebaut. Dadurch produzieren sie ein Gift, das Insekten tötet, wenn sie die Pflanze fressen. Derartige Sorten sind unter anderem von Mais, Kartoffel und Baumwolle erhältlich

Weiter führte der Bt-Pollen dazu, dass die Larven weniger fressen und daher langsamer wuchsen. Seidenpflanzen sind die wichtigsten Futterpflanzen des Monarch-Larven. Da diese Pflanzen vor allem in und am Rand von Äckern vorkommen und viele Bt-Pflanzen zu jener Zeit blühen, zu der auch die Monarch-Larven schlüpfen, besteht für die Monarch-Larve ein erhöhtes Risiko durch die Bt-Pflanzen zu sterben. Ähnliche Untersuchungen an der Iowa State-Universität deuten darauf hin, dass die im Bereich von Bt-Pflanzen real auftretenden Pollen-Ablagerungen tatsächlich ausreichen, um Larven des Monarchfalters zu töten. Für den Grossteil der Schmetterlings-Arten liegen keine vergleichbaren Untersuchungen vor.

Und was passiert, wenn sich Insekten von Insekten ernähren, die Bt-Pflanzen fressen? Forscherinnen der Schweizer Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau haben dazu folgenden Laborversuch durchgeführt: Maiszünsler-Larven wurden mit Maispflanzen gefüttert – und zwar einmal mit gentechnisch manipuliertem Bt-Mais und einmal mit natürlichem, nicht manipuliertem Mais. Diese Insekten wurden dann an Florfliegen-Larven verfüttert. Jene Florfliegen, die mit Insekten von Bt-Mais gefüttert wurden, starben mit doppelter Häufigkeit verglichen mit jenen, die Maiszünsler von natürlichen Pflanzen fressen. Zwei Folgestudien haben bestätigt, dass Bt-Pflanzen über die Nahrungskette Nützlinge töten können. Neue Untersuchungen haben gezeigt, dass das Bt-Gift von Gentech Maispflanzen auch über die Wurzeln in den Boden abgegeben wird.

Negative Auswirkungen auf Nützlinge wurden auch bei genmanipulierten Kartoffeln festgestellt. Es handelte sich dabei um bisher am Markt nicht erhältliche, im Versuchsstadium befindliche Kartoffeln, welche ein Gen des Schneeglöckchens eingepflanzt wurde, das sie gegen Insektenfrass schützen sollte. Wurden Läuse, die sich von diesen Pflanzen ernährten, an Marienkäfer verfüttert, so verschlechterte sich dadurch die Fruchtbarkeit, die Lebensfähigkeit der Eier und die Lebensdauer der Marienkäfer.

Florfliegen und Marienkäfer gehören zu den wichtigsten Nützlingen in der biologischen Schädlingsbekämpfung, da deren Larven Blattläuse und andere Schädlinge mit grossem Appetit fressen ohne selbst Schaden anzurichten. Über den beschriebenen Mechanismus können Insektengift-produzierende Pflanzen diese Nützlinge töten und somit die biologische Schädlingsbekämpfung schwächen.

Von Seiten der Gentech-Industrie wurde immer wieder versucht, herbizid- und insektenresistente Pflanzen als „ökologisch“ zu verkaufen. Damit würde, so die Argumentation, der Einsatz an umweltschädlichen Chemikalien reduziert.

Doch vor dem geschilderten Hintergrund wird klar, dass diese Argumentation nicht haltbar ist. Denn wenn Unkräuter resistent werden und Nützlinge sterben, dann wird man immer mehr und immer neue Chemikalien benötigen, um dieses System aufrechtzuerhalten – eine endlose Giftspirale.

Der „World Wide Fund for Nature“ (WWF) Kanada ging in einer Studie der Frage nach, ob der Anbau gentechnisch manipulierter Pflanzen zu einer Verringerung des Pestizid-Einsatzes führt. Eine Auswertung der in den Jahren 1997 und 1998 gesammelten Erfahrungen zeigt, dass dies nicht der Fall ist. Ein Detail aus der Studie: In der Praxis ist es häufig so, dass – gerade weil die kultivierte Pflanze widerstandsfähig ist – häufiger Chemikalien eingesetzt werden.

Der amerikanische Wissenschaftler C. Benbrook sieht die Situation ähnlich. Benbrook war jahrelang als landwirtschaftlicher Berater des amerikanischen Präsidenten und des Repräsentantenhauses sowie als Mitarbeiter der Amerikanischen Akademie der Wissenschaften tätig. In einer Studie hat Benbrook Daten über den Anbau genmanipulierter Soja im Jahre 1998 ausgewertet. Farmer die gentechnisch manipulierte Soja-Bohnen angebaut hatten, brauchten zwei- bis fünfmal mehr Herbizide (gemessen in Gewicht/Fläche) als Farmer, die konventionelle Unkrautvernichtungsmethoden anwenden. Farmer, die beim Pflanzenschutz nicht nur auf Chemie, sondern auch auf andere Kulturmassnahmen setzen, brauchen oft nur ein Zehntel dieser Menge. Ein Grund dafür liegt in der Tatsache, dass das Herbizid RoundupReady nur Pflanzen im Wachstumsstadium abtötet. Da sich aber nicht alle Unkräuter zum selben Zeitpunkt in dieser Phase befinden, wird ein mehrfacher Gifteinsatz notwendig. Ein anderer Grund liegt in der Bildung toleranter Unkräuter, wie weiter oben im Text beschrieben wurde. Die Studie von Benbrook brachte ebenfalls zu Tage, dass der erzielte Ertrag bei Gen-Soja durchschnittlich geringer ist als bei konventioneller Soja. In Summe kostet der Anbau genmanipulierte Soja den Farmern bis zu 50 Prozent mehr als bei herkömmlichen Kultursorten.

### **Wachstumssteigerung um jeden Preis: Genmanipulierte Tiere**

Seit Jahrzehnten wird versucht, durch Genmanipulation die tierische Produktion zu steigern. Im Unterschied zu den Kulturpflanzen stehen hier nicht Resistenzen im Vordergrund, sondern das Ziel, mit möglichst wenig Futter möglichst viel Fleisch zu produzieren. Bereits Ende der Achtzigerjahre wurde versucht, das Wachstum

von Nutztieren durch den Einbau von Hormon-Genen zu beschleunigen. Hormone sind chemische Botenstoffe, die über den Blutkreislauf im Körper verteilt werden und so in den Stoffwechsel eingreifen. Viele dieser Versuche verliefen problematisch, da Hormone und Wachstum sehr komplex zusammenspielen und diese Vorgänge bis heute nur wenig verstanden sind. Beispielsweise wurden Schafen Gene für ein Wachstumshormon eingebaut. Das Hormon wurde zwar in einigen der Schafe tatsächlich erzeugt, das Wachstum stieg dadurch aber nicht an. Dafür litten die Tiere an Diabetes und starben früh.

Vergleichbare Versuche mit Schweinen brachten ähnliche Ergebnisse. Die Schweine zeigten zwar den gewünschten Wachstumseffekt, litten aber an unzähligen Krankheiten: Magengeschwüre, Gelenkentzündungen, entzündliche Hautreaktionen, Herzvergrößerung und Nierenerkrankung.

Trotz dieser negativen Erfahrungen mit Eingriffen in das Hormonsystem wurde 1994 in den USA als erstes Gentech-Produkt im Lebensmittelbereich das so genannte BST (Rindersomatropin), ein Rinder-Wachstumshormon, zugelassen. Es handelt sich dabei um ein mittels genmanipulierter Bakterien erzeugtes Hormon, das Kühen injiziert wird, damit sie mehr Milch geben. Ganz abgesehen von der Fragwürdigkeit solcher Massnahmen angesichts landwirtschaftlicher Überproduktion ist dies für Tier und Mensch riskant. Es hat sich gezeigt, dass die Tiere vermehrt an Euterentzündung leiden. Der Konsum der Milch durch den Menschen, wird mit erhöhtem Risiko an Brust- oder Prostata-Krebs zu erkranken in Verbindung gebracht. In der Europäischen Union wurde daher die Anwendung des Hormons verboten.

Als erste gentechnisch manipulierte Tiere könnten Fische in Kürze für den kommerziellen Einsatz zugelassen werden. Hauptziel der Manipulation ist es auch hier, durch Einpflanzung fremder Gene das Wachstum bei gleichzeitig möglichst wenig Nahrungsbedarf zu beschleunigen. Die amerikanische „A/F Protein Inc.“ bietet beispielsweise Lachse mit dem Handelsnamen „AquAdvantage Bred Salmon“ an, die vier- bis sechsmal schneller wachsen als natürliche Lachse.

Was passiert, wenn solche Fische in die freie Natur gelangen? Forscher aus den USA haben diese Fragestellung mittels Computermodell untersucht und festgestellt, dass unter bestimmten Voraussetzungen schon wenige genmanipulierte Fische die natürlichen Fisch-Bestände ausrotten können.

Erfahrungen mit der Freisetzung ortsfremder Fische zeigen, dass die Ergebnisse durchaus realistisch sind. In den Sechzigerjahren wurde beispielsweise der Nilbarsch in den afrikanischen Victoriasee eingesetzt. 25 Jahre nach dem Einsetzen des ersten Nilbarsches waren bereits 70 Prozent der heimischen Fischarten ausgerottet und die Grösse der natürlichen Fischgemeinschaften stark reduziert. Wenn genmanipulierte Fische in die freie Natur gelangen und sich gegen die natürlich vorkommenden Fische durchsetzen, dann könnte dies ähnliche Katastrophen auslösen.

### **Gentechnik und Bio-Landwirtschaft: ein Widerspruch**

„Wir brauchen und wollen keine Gentechnik“ lautet die Devise von Biobauern auf der ganzen Welt. Mittlerweile ist durch EU-Recht vorgeschrieben, dass Bio-Produkte Gentechnik-frei sein müssen. Doch die Biobauern leben nicht in einer isolierten Umwelt. Der verstärkte Einsatz von Gentechnik in der Landwirtschaft gefährdet den biologischen Landbau durch verschiedene Wechselwirkungen.

Wind oder Insekten können den Pollen von genmanipulierten Pflanzen verbreiten. Werden dadurch natürliche, nicht genmanipulierte Pflanzen bestäubt, dann enthält auch diese Ernte die manipulierten Gene. Unter bestimmten Bedingungen kann fruchtbarer Mais-Pollen bis zu 180 Kilometer weit verweht werden. Eine Studie des Ökologie-Instituts Freiburg hat gezeigt, dass unter realen Bedingungen die transgene Erbinformation durch Pollenflug von genmanipuliertem Mais auf Pflanzen eines Nachbarfeldes übertragen werden kann. Der Pollen von Gentech-Raps kann durch den Wind über mindestens 2,5 km verbreitet werden.

Der Pflanzenschutz im biologischen Landbau erfolgt durch eine Kombination mehrerer Massnahmen. Eine davon ist die Förderung von nutzbringenden Insekten, die Schädlinge fressen. Auch Bacillus thuringiensis-Präparate werden seit Jahren erfolgreich in der biologischen Landwirtschaft als natürliches Pflanzenschutzmittel verwendet. Wird dieses Gift vermehrt eingesetzt, so steigt dadurch der „Selektionsdruck“ auf die betroffenen Insekten. Das bedeutet, dass sich mit höherer Wahrscheinlichkeit Individuen bilden, die gegen das Gift immun sind.

Die Wirkung von konventionellen Bt-Präparaten unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht von jener der Bt-Pflanzen. In der Natur treten eine Vielzahl verschiedener Variationen des Giftes auf, weshalb sich Insekten nicht so leicht anpassen können. Die Gentech-Pflanzen dagegen produzieren nur eine Art des Giftes. Und Bt-Präparate werden in der biologischen Landwirtschaft sehr selektiv eingesetzt, das heisst nur zu dem Zeitpunkt und an dem Ort, wo es die Situation erfordert. Die Bt-Pflanzen bilden im Gegensatz dazu in der ganzen Pflanze grosse Mengen des Giftes - und zwar immer und überall.

Der vermehrte Einsatz von Bt-Pflanzen könnte Insekten daher widerstandsfähig gegen dieses Mittel machen und damit die biologische Landwirtschaft um ein wichtiges Pflanzenschutzmittel bringen. Wissenschaftliche Erkenntnisse der letzten Jahre zeigen, dass dies schneller möglich ist, als ursprünglich angenommen. In 10 Jahren, bei manchen Insektenarten bereits innerhalb weniger Jahre, könnte Bt-Resistenz bereits zum Problem werden. Die aktuelle Diskussion über „Resistenz-Management-Pläne“ in den USA bestätigt diese Befürchtungen.

## Am Ende der Gentechnik-Nahrungskette steht der Mensch

Über verschiedene Wege landen die Produkte der Gentechnik auf unserem Tisch. Entweder direkt im Fall von genmanipulierten Tomaten oder Öl aus genmanipuliertem Raps. Oder indirekt als Fleisch von Tieren, die mit genmanipulierten Sojabohnen gefüttert wurden. Und auch weniger offensichtliche Wege führen vom Acker auf das Frühstücksbrot: Englische Wissenschaftler haben in Versuchen nachgewiesen, dass genmanipuliertes Eiweiss aus dem Pollen von Gentechnik Pflanzen mehrere Wochen in Bienen-Honig stabil erhalten bleiben kann.

Mit Fütterungsversuchen an Mäusen haben deutsche Wissenschaftler nachgewiesen, dass fremde DNA nicht im Magen zerstört, sondern über den Darm in den Körper aufgenommen werden kann. Sie haben Viren-DNA an Mäuse verfüttert und jene in der Folge in Blutzellen, der Milz und der Leber gefunden. Nach der Verfütterung an trächtige Mäuse wurde die Fremd-DNA auch in Föten und Neugeborenen gefunden. Auf diese Weise kann über Lebensmittel gentechnisch manipulierte DNS aufgenommen werden – die Folgen sind unbekannt.

Es besteht die Gefahr, dass mit der Anzahl neuer Proteine in Lebensmitteln auch die Häufigkeit von Nahrungsmittel Allergien ansteigt. Wissenschaftler aus den USA lieferten neuen Diskussionsstoff, als sie ihre diesbezüglichen Analysen mit genmanipulierten Soja-Bohnen veröffentlichten. Um den Nährstoffgehalt der Sojabohnen zu erhöhen, wurden den Pflanzen Gene der brasilianischen Paranuss eingebaut. Es hat sich gezeigt, dass Menschen, die auf die Paranuss allergisch reagieren, auch auf Gentechnik-Soja allergisch sind. Dies konnte nur festgestellt werden, da die Paranuss bereits als Allergieauslöser bekannt war. Einen eindeutigen Test für neue Allergene gibt es nämlich nicht. Die Gentechnik könnte somit unkontrollierbar allergie-auslösende Lebensmittel auf den Markt bringen – ein gross angelegter Versuch am Konsumenten.

**Antibiotika-Resistenz als Marker-Gene** Einige der derzeit für den Markt zugelassenen Gentechnik-Pflanzen enthalten Gene, die ihnen Resistenz gegen Antibiotika verleihen. Der Bt-Mais der Firma Novartis kann beispielsweise die Wirkung des Antibiotika Ampicillin und einiger Penicilline inaktivieren. Die Gene dienen nur als sogenannte „Marker-Gene“, sind also ein „Werkzeug“ der Gentechnik. Sie haben in der Pflanze letztendlich keine Funktion mehr und wären durch andere Methoden ersetzbar.

1928 entdeckte Arthur Fleming das Antibiotikum Penicillin. Seither haben sich Antibiotika als wichtige und teilweise einzige Medikamente gegen Krankheiten wie Hirnhautentzündung, Tuberkulose und Lungenentzündung bewährt. Seit geraumer Zeit wird jedoch ein Ansteigen resistenter Krankheitserreger verzeichnet. Dies kommt einem medizinischen Albtraum gleich: Wie vor der Entdeckung von Penicillin könnten dadurch kleine Verletzungen zu schweren Krankheiten führen.

Die breite Anwendung von Gentechnik-Pflanzen mit Antibiotikaresistenz Genen könnte die Bildung antibiotikaresistenter Krankheitserreger wesentlich verstärken. Bakterien können im Darm von Tieren (zum Beispiel von Gentechnik-Futtermittel) oder Menschen (etwa von Gentechnik-Tomaten) Antibiotika-Resistenzgene aufnehmen und dadurch selbst resistent werden. Dies ist ein Problem der Human- und Tiermedizin gleichermaßen.

Prof. P. Courvalin (Pasteur Institut) ist der Meinung, dass gentechnisch veränderte Organismen das Problem der Antibiotika-Resistenz verstärken können. Er stellt die rhetorische Frage: „Ist es angebracht, in den transgenen Pflanzen Gene verbleiben zu lassen, die für sie nutzlos sind und zur Resistenz beitragen gegen grössere Antibiotikaklassen? Ist all dies angebracht, wo doch seit über zwanzig Jahren keine einzige neue Antibiotikaklasse in der klinischen Medizin eingeführt wurde?“

## Zusammenfassende Analyse

Der vorliegende Report zeigt anhand von Fallbeispielen aus Wissenschaft und Forschung, dass der Einsatz von Gentechnik in Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion mit einer Reihe von Gefahren verbunden ist:

- Genmanipulierte Organismen zeigen in der freien Natur häufig völlig unerwartete Eigenschaften
- Gentechnik-Mikroorganismen können Bodenökosysteme massiv stören
- Durch „Horizontalen Gentransfer“ können manipulierte Gene in der freien Natur unkontrolliert verbreitet werden
- Herbizidresistente Gentechnik-Pflanzen ermöglichen den Einsatz allesvernichtender Totalherbizide. Das gefährdet bestimmte Pflanzenarten sowie von den Pflanzen abhängige Tiere (z. B. Insekten, Vögel, etc.) in ihrem Bestand. Weiters wird dadurch die Bildung resistenter Superunkräuter gefördert.
- Insektengift-produzierende Gentechnik-Pflanzen können auch NichtZiel-Organismen und Nützlinge schädigen
- Durch Auskreuzung können Gene und damit Eigenschaften von Gentechnik-Kulturpflanzen auf nah verwandte Wildarten übertragen werden
- Genmanipulation an Tieren verursacht Krankheit und Leid
- Die Freisetzung genmanipulierter Tiere (wie Fische) stellt für die natürlichen Lebensgemeinschaften eine Bedrohung dar
- Die Nutzung der Gentechnik in der Landwirtschaft gefährdet über verschiedene Wechselwirkungen den ökologischen Landbau
- Genmanipulierte Lebensmittel stellen eine neue Form der Nahrung dar, die mit unabsehbaren Risiken – etwa neuen Allergien – verbunden ist.

Gentechnik ist nicht per se gut oder schlecht. Zweifelsohne handelt es sich aber um eine harte Technologie. Eine sanfte Technologie ist fehlertolerant, wieder rückgängig machbar, dezentral, öffentlich zugänglich, lokal orientiert und lokal kontrollierbar. Gentechnik ist eine harte Technologie: Kleine Fehler können zu Katastrophen führen, die Wirkung ist unabsehbar und nicht wieder rückgängig zu machen, und sie ist von den grossen Gentech-Konzernen in fester Hand. Mit dem Eingriff in das Erbgut werden Lebewesen geschaffen, die in der Natur keinen angestammten Platz haben. Im Laufe der Evolution entstehen Arten innerhalb extrem langer Zeiträume und immer in Interaktion mit der Umwelt. Die Gentechnik umgeht diese Mechanismen und schafft von heute auf morgen völlig neuartige Lebewesen. Ähnlich schwerwiegende Eingriffe in die Natur stellen die synthetische Chemie und die Atomtechnologie dar. Und die negativen Folgen dieser Technologien sind mittlerweile leider hinlänglich bekannt.

Das Zahlenspiel mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung kann nicht beruhigen. Denn auch wenn manche potentiellen Gefahren gentechnisch veränderter Organismen nur mit geringer Wahrscheinlichkeit eintreffen: Durch die wachsende Anzahl zugelassener Gentech-Lebewesen und deren vermehrter Einsatz ist es nur mehr eine Frage der Zeit, bis der „grösste anzunehmende Unfall“ (GAU) eintritt.

Politik und Industrie versprechen daher, dass genmanipulierte Lebewesen nur dann erlaubt werden, wenn sie „für Mensch und Natur ungefährlich“ sind. Doch wie wird das beurteilt? Die Ökosysteme sind bis heute nur wenig verstanden. Wie Boden, Wiesen oder Wälder „funktionieren“ ist grossteils unbekannt. Ähnliches gilt für die menschliche Gesundheit – etwa das Immun- oder Hormonsystem. Daher ist es praktisch unmöglich die Gefahr abzuschätzen, die von genmanipulierten Lebewesen für Mensch und Natur ausgehen. Und wer bestätigt die Sicherheit? Es sind die Antragsteller selbst die die Studien durchführen bzw. in Auftrag geben! Eine Analyse der Untersuchungen zu den Auswirkungen von Insektengift produzierenden Pflanzen auf Nützlinge hat gezeigt, dass die Untersuchungen teilweise nicht einmal vom methodischen Ansatz her geeignet sind, die bekannten Gefahren zu untersuchen. Wie sonst ist es erklärbar, dass Österreich ein Importverbot für den genmanipulierten Bt-Mais mit Antibiotikaresistenz-Genen verhängt hat? Dies obwohl der Mais zuvor im Rahmen der Risikobeurteilungsverfahren nach europäischem Recht geprüft, für sicher befunden und daher zugelassen wurde.

Die Naturwissenschaften sind weder heute, noch werden sie in Zukunft im Stande sein, mit Sicherheit ein Gentech-Produkt als „sicher“ oder „gefährlich“ zu beurteilen. Es ist Aufgabe der Politik mit dieser Unsicherheit umzugehen. Das kann aber nicht bedeuten, dass man etwas als ungefährlich erklärt, wenn die Gefahr wissenschaftlich noch nicht bekannt, nachweisbar oder abschätzbar ist. Denn so wird Unwissenheit zum Garant für Sicherheit erklärt. Die Lösung liegt im Vorsorgeprinzip, das im Zweifelsfall für die Natur spricht. Eher unterlassen als riskieren, besser zuwarten als blind lospreschen lautet die Devise.

Für Gentechnik in Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion ist das Vorsorgeprinzip besonders leicht zu realisieren. Denn es ist nicht nur sicher, dass die Gentechnik in diesem Bereich ein Risiko in sich birgt. Es ist auch sicher, dass die Bauern die Gentechnik nicht brauchen und die Konsumenten keine Gentech-Lebensmittel wollen. Das hat das Gentechnik-Volksbegehren in Österreich eindeutig gezeigt. Warum dennoch versucht wird, die Bevölkerung mittels Zwangsernährung von Gentech-Lebensmittel zu überzeugen, bleibt unverständlich. Es muss wohl am Einfluss der wenigen grossen Chemie-, Agrar- und Lebensmittelkonzerne liegen, denn sie sind es, die vorrangig davon profitieren.

Für die Bauern bedeutet Gentechnik, ein Stück Freiheit aufzugeben. Sie werden zu Leibeigenen der Gentech-Multis. Ihnen wird in Knebelverträgen genauestens vorgeschrieben, was sie dürfen und was sie vor allem nicht dürfen. Zu letzterem gehört zum Beispiel die Saatgutgewinnung aus der Ernte. Sie müssen jedes Jahr das Saatgut und die zugehörigen Chemikalien neu kaufen, ansonsten drohen deftige Strafen. Die Entwicklung des Terminatorgens geht ebenfalls in diese Richtung. Durch diese Genmanipulation wird erreicht, dass die Samen genmanipulierter Pflanzen nicht mehr keimfähig sind.

Um Gentechnik dennoch zu rechtfertigen, werden letztendlich immer wieder die Argumente „Arbeitsplätze“ und „Ernährung der Entwicklungsländer“ angeführt. Aber Arbeitsplätze bieten auch die alternativen, umweltfreundlichen Technologie-Sparten. Und zwar im Gegensatz zur Gentechnik nicht risikobehaftet und dafür nachhaltig. Eine Studie des Europäischen Zentrums für Wirtschaftsforschung und Strategieberatung „prognos“ stellte fest, dass die Umstellung auf ökologische Landwirtschaft in Summe positive Effekte auf die Beschäftigungsbilanz hätte.

Und die Hungersnöte in den Entwicklungsländern kann Gentechnik leider nicht lösen. Denn es handelt sich dabei vor allem um ein Verteilungs- und nicht ein Produktionsproblem.

Nach jahrelangem Ignorieren sind Politik und Industrie mittlerweile zumindest in der EU gezwungen, die ablehnende Haltung der Bevölkerung gegen Gentechnik in der Landwirtschaft ernst zu nehmen. Händler listen Gentech-Nahrung aus, mehrere Länder verbieten einzelne Gentech-Pflanzen und die Kennzeichnungs-Pflicht für Gentech Lebensmittel soll verschärft werden. Die kritische Haltung ist auch schon von Europa auf die USA und Asien übergeschwappt. Selbst das „Wall Street Journal“ riet 1999 von Investitionen in den Gentech-Sektor ab. Doch der Kampf ist noch lange nicht gewonnen. Für die GentechMultis bedeutet dies alles nur, dass sie mit noch mehr Druck ihre Produkte am Markt durchsetzen müssen.