

# Gentechnologie und naturnahe Landwirtschaft

*Klaus Ammann (Text) und Richard Braun (Kasten), Universität Bern*

Die Gentechnologie hat in den letzten Jahren einen grossen Aufschwung erlebt. Sie wird in Zukunft in wichtige Bereiche menschlichen, tierischen und pflanzlichen Lebens eingreifen. Es ist wohl kaum übertrieben, von einem neuen Technologieschub zu sprechen, nur dass er diesmal das Leben selbst betreffen wird. Eine wahre Revolution steht in der Medizin bevor und läuft zum Teil schon ab, ohne dass wir dies schon voll realisieren. Gentechnologie ist die Schlüsseltechnologie für die Aufklärung so dringender Problemkrankheiten wie Aids und vor allem Krebs in den verschiedenen, vorläufig noch weitgehend rätselhaften Formen.

Doch nicht von der Medizin der Zukunft soll hier die Rede sein, sondern von den bereits sich abzeichnenden Veränderungen der Zuchtmethoden für die wichtigsten Kulturpflanzen unseres Landes. Ob wir das nun wahrhaben wollen oder nicht, die Zukunft der Zuchtmethoden liegt sicherlich bei der Gentechnologie, ohne dass sie allerdings die bisher übliche Züchtung verdrängen wird. Bereits hat sich im Verlaufe der letzten Jahrzehnte die Zuchtmethodik für die Kulturpflanzen immer mehr verändert. Dies wird besonders deutlich, wenn wir die Abfolge der 4 in den Artikel eingefügten Kästen betrachten: Es ist ganz klar ein Trend zu einer immer grösseren Zielgenauigkeit im Hervorbringen neuer gewünschter Merkmale zu erkennen. Die Gen-

technologie ermöglicht es erstmals, einzelne Gene mit genau bekannten Eigenschaften in die Pflanzen einzubringen.

Noch steckt die ganze Technik in den Anfängen, und es ist schwierig abzuschätzen, in welcher Richtung und wie schnell die Entwicklung läuft und wo neben den obigen Vorteilen die eventuellen Gefahren und Nebenwirkungen zu suchen sind. Es kann aber bereits jetzt fest-

gehalten werden, dass in den Hunderten von Feldversuchen mit transgenen Pflanzen (d. h. Pflanzen, die mittels Gentechnologie in ihrem Erbgut verändert sind) keine dramatischen und offensichtlichen Nebenwirkungen in der jeweiligen Umgebung aufgetreten sind. Noch sind wir aber weit davon entfernt, den Masseneinsatz von transgenen Kulturpflanzen pauschal als unbedenklich für die Natur

und die benachbarten Ökosysteme zu erklären. Sorgfältiges Abwägen von Nutzen und Risiko in jedem Falle einer Neueinführung einer transgenen Kulturpflanze muss Voraussetzung bleiben. Diese Abklärungen müssen auch die speziellen Verhältnisse unserer schweizerischen Regionen berücksichtigen.

Andererseits wäre es aber verfehlt, in Panik zu machen: Mittels Gentechnologie werden einzelne Gene eingebracht, die nach aller Voraussicht keine grossen unvorhergesehenen Wirkungen erzeugen können. Als annähernd schlimmstes Szenario wäre ein Unkraut mit höchstens wenigen neuen Eigenschaften vorstellbar, ein Fall, wie er täglich durch die normalen Einschleppungsvorgänge oder auch durch neue Einkreuzungen passieren kann. Ich würde jedoch zögern, dieses Szenario, wie dies einzelne Gegner tun, mit einem nuklearen GAU (Grösster Anzunehmender Unfall) gleichzusetzen, der gefährliche und über Jahrtausende tödlich wirkende Strahlenmengen freisetzen könnte. Ja, es ist geradezu Verhältnissblödsinn, diesen Vergleich anzustellen. Die Eleganz und Präzision der Methodik ist eigentlich auch ein alter Wunschtraum der Ökologie, denn hier wird erstmals ein bereits seit Jahrtausenden wirksamer Artbildungsprozess nachgeahmt, allerdings in einem weit höheren Tempo.

Es wäre auch verfehlt, den traditionellen Zuchtverfahren pauschal Unbedenklichkeit zu attestieren. Bei den herkömmlichen Züchtungsmethoden werden ganze Hunderttausendschaften von Genen als Pakete manipuliert und mit anderen Erbanlagen gemischt, die natürlichen Kreuzungsbarrieren werden dabei mit vielerlei

## Alle Erbinformation ist chemisch codiert

Die Genetik hat in den letzten 50 Jahren eine Revolution durchgemacht, die massive Auswirkungen auf die ganze Biologie hat. Dass die Nachkommen den Eltern gleichen, wussten Menschen von jeher. Vor über 100 Jahren hat Gregor Mendel mehrere Vererbungsregeln entdeckt, ohne jedoch zu wissen, welches Material in den Lebewesen die Information für die Erbeigenschaften in sich trägt. Seit rund 50 Jahren weiss man, dass alle Erbeigenschaften von allen Lebewesen in der gleichen Molekülart codiert sind, die man Desoxyribonukleinsäure oder DNS nennt. In diesem fadenförmigen DNS-Molekül sind nur vier verschiedenartige Typen von Bausteinen aneinandergereiht, so als würde man einen langen Text mit nur gerade vier Buchstaben schreiben. Die gesamte Zahl der Buchstaben ist gewaltig: In jeder menschlichen, tierischen oder pflanzlichen Zelle sind über eine Milliarde solcher Zeichen hintereinander gereiht. Im wesentlichen ist es nur die Abfolge dieser vier Buchstaben, welche bestimmt, dass das eine Lebewesen ein Löwe, das andere eine Lilie ist. Über die Art und Weise, wie genetische Information abgelesen wird, ist in den letzten Jahren sehr viel geforscht worden. Mindestens im Prinzip ist es klar, dass jedes einzelne Gen, ein Paket an Erbinformation, das für ein einzelnes Eiweiss codiert, für sich allein in geregelter Weise abgelesen wird. Bei Menschen und Tieren sind etwa 20 000 bis 50 000 verschiedene Gene vorhanden. Alle Gewebe eines Lebewesens enthalten alle Gene, aber zu jedem Zeitpunkt werden in einem bestimmten Gewebe nur eine kleine Minderheit aller Gene abgelesen. Das Erbgut der Lebewesen ist nie völlig stabil: Durch Veränderungen (Mutationen) kommt erst, mit der Selektion, die Evolution zustande.

## Traditionelle Züchtung

Seit die Menschen ihre Nahrung nicht mehr bloss als Jäger und Sammler beschaffen, trieben sie Landwirtschaft und damit auch Züchtung von Pflanzen und Tieren. Aus den Auerochsen wurden nach 10 000 bis 20 000 Jahren Simmentaler und Holstein-Rinder, aus verschiedenen Gräsern entstanden Mais, Weizen und Hafer. Alle traditionellen Züchtungen beruhten darauf, dass durch Mutation entstandene Varianten ausgelesen, mit einem geeigneten Geschlechtspartner zusammengebracht und die gewünschten Nachkommen selektiert wurden. So sind alle Pflanzensorten und Tierrassen entstanden. Man hat sich ein Zuchtziel gesetzt und versucht mit künstlicher Auslese eine Annäherung an dieses Zuchtziel zu erreichen. Auf diese Weise hat die Genetik einen wesentlichen Anteil an den Leistungssteigerungen der Landwirtschaft in den letzten 100 Jahren. Neben der Genetik haben selbstverständlich verbesserte Kenntnisse in verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen ebenfalls zu den Leistungssteigerungen beigetragen. Die künstliche Besamung bei den Nutztieren und die kontrollierte Bestäubung bei den Kulturpflanzen sind längstens Routine geworden, ohne dass dabei in zelluläre Prozesse eingegriffen würde. Man muss klar sehen, dass die traditionelle Züchtung einen massiven Eingriff in die Natur darstellt: Ohne den Menschen gäbe es keine Bernhardiner und keine Zwergpinscher, die Wölfe wären Wölfe geblieben.

Der Aufwand, neue Pflanzensorten zu entwickeln, ist gross. Züchtungsprogramme für neue Sorten dauern häufig zehn und mehr Jahre, und die Kosten laufen in die Dutzende von Millionen Franken. Eine Unzahl von Züchtungen kommen überhaupt nie auf den Markt. So ist beispielsweise von einer Kartoffelzüchtung bekannt, dass sie nach vielen Jahren aufgegeben werden musste, weil es sich herausstellte, dass die Knollen zuviel Solanin enthielten, eine Substanz, die für die Menschen giftig ist und die sich immer in den Stengeln und Blättern findet, in der Regel aber nur in Spuren in den Knollen. Die Züchtungsprodukte müssen, ob gentechnisch oder traditionell erhalten, vor ihrem Einsatz als Lebensmittel gründlich auf ihre Wirkung auf den Menschen geprüft werden.

Hilfsmitteln durchbrochen. Der Vorteil der natürlichen Ausfilterung unerwünschter Eigenschaften solcher herkömmlicher Züchtungen besteht nur bei oberflächlicher Betrachtungsweise: Überraschende und unerwünschte Eigenschaften stellen sich unter Umständen auch bei traditionellen Züchtungsvorgängen ein, so z. B. beim 00-Raps: Hier wurde ein Bitterstoff weggezüchtet, der nun offenbar bei Wildtieren Probleme verursacht: Das Wild kann sich an dieser Rapsorte buchstäblich zu Tode fressen, weil der Bitterstoff kein Völlegefühl mehr

signalisieren kann. Aber auch hier gilt es zu relativieren: Auch Kühe können sich an Raps und Klee zu Tode fressen, wenn sie längere Zeit nicht mehr auf der Weide waren.

Deshalb braucht es für die gentechnologisch hergestellten Neuzüchtungen genauso wie bei den traditionellen Züchtungen ein sorgfältig durchgeführtes Sortenprüfungsverfahren. Als Ökologe sehe ich zwar die Risiken, auf der anderen Seite jedoch gilt es zu überlegen, ob man sich diese neue faszinierende Technik nicht auch ökologisch sinnvoll nutzbar ma-

## Protoplastenfusion

Die Kultur von Pflanzenzellen wurde vor rund 100 Jahren begonnen und ist heute eine Routinetechnik der Pflanzenzüchtung. Auf kleinem Raum können Pflanzenstücke, insbesondere Meristemstücke aus Sprossspitzen und Wurzelspitzen, in Kultur gebracht werden und bilden viele tausend kleine Pflänzlein. Diese in vitro Propagation erlaubt in wenigen Wochen oder Monaten grosse Zahlen von genetisch identischen Nachkommen zu erhalten. In der Praxis wird die Technik insbesondere für die Vermehrung von virusfreien Setzlingen von Kartoffeln, Erdbeeren, Ölpalmen usw. angewendet. Es sei klar festgehalten, dass bei der in vitro Propagation nicht in die Erbanlagen eingegriffen wird. Natürliche oder induzierte Mutationen können selbstverständlich auch bei der in vitro Kultur auftreten: davon wird für die Züchtung neuer Sorten tatsächlich Gebrauch gemacht.

Mit der eigentlichen Protoplastenfusion können dagegen gezielt Kreuzungen durchgeführt werden. Ein Protoplast ist eine nackte pflanzliche Zelle, von der man absichtlich die Zellwand weggenommen hat. Das «Schälen» der Zellen lässt sich mit Enzymen, die Zellulose und Pektine abbauen, bewerkstelligen. Unter geeigneten Bedingungen kann man Protoplasten auch wieder dazu veranlassen, zu intakten Zellen und zu ganzen Pflanzen zu regenerieren. Nun ergibt sich hier eine neue Züchtungsmöglichkeit, indem man Protoplasten von zwei verschiedenen Pflanzenarten fusionieren lässt. Das geht lange nicht mit allen Kombinationen von Arten, wohl aber, wenn die Arten nahe miteinander verwandt sind. So hat man durch die Verschmelzung eines Tomaten- und eines Kartoffelprotoplasten eine neue Pflanze erhalten, welche die Forscher sinnigerweise als Tomoffel bezeichneten. In der Praxis angebaut werden bisher nur ganz wenige Pflanzen, deren Züchtung auf Protoplastenfusion zurückgeht, z. B. eine Sorte von Stechapfel (*Datura*). Die Protoplastenfusion kann als Übergang zur Gentechnik aufgefasst werden, da sie erlaubt Kreuzungen zu machen, die in der Natur nicht oder doch nur extrem selten vorkommen. Mais und Weizen sind beide durch zufällige Hybridisierung verschiedener Arten entstanden.

chen könnte. Noch ist der Aufwand für die Herstellung einer transgenen Kulturpflanze so gross, dass nur jene, die grössere Investitionen tätigen können, sich auch dieser Aufgabe widmen können. Das hat (wenigstens vorläufig) leider oft zur Folge, dass eine erfolgreich gezüchtete transgene Pflanze dann auch entsprechend konsequent vermarktet werden muss, genauso, wie dies bei aufwendig, aber konventionell hergestellten Neuzüchtungen bereits der Fall ist. Dadurch würden die Monokulturen noch gefördert, was ökologisch gese-

hen unerwünscht ist. Es ist jedoch zu hoffen, dass die Gentechnologie bereits in absehbarer Zeit verfeinerte und vereinfachte Methoden bereitstellen wird, um gewünschte Gene einzubringen. Dies lässt dann den Aufwand bedeutend kleiner werden, der Zwang zur Vermarktung einiger weniger Kulturpflanzen wird abnehmen, und es kann die Möglichkeit ins Auge gefasst werden, ökologische Einsichten des naturnahen Pflanzenbaus mit einzubeziehen. Davon soll nun im nächsten Abschnitt die Rede sein.

## Gentechnologie und naturnaher Pflanzenbau, ein Widerspruch?

Ist es wirklich so undenkbar, Gentechnologie und naturnahen Pflanzenbau miteinander zu verbinden? Sicher grenzt es für viele Leserinnen und Leser an eine «Gotteslästerung», diese Frage überhaupt zu stellen. Als Ökologe muss ich jedoch aus verschiedensten Gründen sagen, dass wir ernsthaft darüber nachdenken sollten, ob nicht gerade die Gentechnologie uns die Chance gibt, öko-gerechteren Pflanzenbau zu betreiben. Wir sollten uns mit dieser neuen Zuchttechnik im Pro und Kontra in einer Art und Weise auseinandersetzen, die denkenden Menschen würdig ist. Hier einige der Gründe:

### Resistenzprobleme

Mittels Gentechnologie können wir heute Resistenzen einbauen in Kulturpflanzen, um damit den Pestizideinsatz entscheidend einzudämmen.

Es sollen drei konkrete Beispiele gegeben werden:

**Schädlingsresistenz beim Mais:** Mais ist eine vor Jahrhunderten aufgetretene Zufallskreuzung zwischen süd- und mittelamerikanischen Wildgräsern. Sie muss derart plötzlich aufgetreten sein, dass die Mayakultur sie als von Gott direkt gegeben betrachtete, was auch in der Kunst der Mayas zum Ausdruck kam. Falls diese Kreuzung heute neu in Erscheinung träte, würden wir sie geradezu als Monstrosität zu bezeichnen haben, sie ist total verschieden von den Wildgras-Eltern, und die Fruchtkörper sind wesentlich grösser. Solche Monstrositäten können durch die Manipulation einzelner Gene nicht erzeugt werden, dazu braucht es die massenhafte Mischung Hunderttausender von Genen, die diesen glücklichen Zufall eines solchen Leistungssprunges

einer alten Kulturpflanze vor Jahrhunderten ergaben. Die modernen Zuchtmaissorten sind noch wesentlich leistungsstärker geworden, der nochmalige grosse Leistungssprung innert Jahrzehnten steten Bemühens wurde durch die Massenproduktion von Hybrid-Maiskörnern, also eigentlich durch eine Weiterentwicklung traditioneller Zuchtmethoden ermöglicht. Nun setzt auch hier die Gentechnologie ein, um z. B. ein altes leidiges Schädlingsproblem zu lösen: Es gelang, ein Bakterien-Eiweiss so in die Maispflanze einzubauen, dass diese für den berüchtigten Maiszünsler, der jährlich grosse Schäden anrichtet, ungeniessbar wird. Dasselbe Bakterien-Eiweiss wird seit vielen Jahren im grossen Stil über die Maisfelder gesprüht, es hat so bisher seine Wirkung nicht verloren. Bisher wurden keine Nebenwirkungen beim Menschen gefunden, und zukünftige gentechnisch erzeugte Maispflanzen mit diesem eingebauten Eiweiss würden gründlich auf dessen Wirkung auf den Menschen geprüft. Dieses Eiweiss (auch Bt-Toxin genannt, weil dahinter die Abkürzung des weitverbreiteten Boden-Bakteriums *Bacillus thuringiensis* steht) wird derart perfekt eingebaut, dass scheinbar die Maiszünsler keine Chance mehr haben, die Pflanze anzugreifen. Paradoxe Weise muss man jedoch befürchten, dass diese neue Resistenz die Maiszünsler geradezu herausfordert, ihrerseits mit der Zeit gegen das Bakterien-Eiweiss resistent zu werden. Die Antwort einer ökologisch ausgerichteten Gentechnologie darauf muss heissen, vielfältige Resistenzmuster innerhalb der Maisfelder zu schaffen, die dem naturgerechten Landbau, sei er nun biologisch oder integriert, näherkommen. Denkbar wäre zum Beispiel aus der Sicht der Gentechnologie, diese Bakterien-Eiweisse in vielfältiger Weise abzuändern.

Ökologisch gesehen ist es eben immer problematisch, in einer allzu perfekten Art und Weise vorzugehen: Beim Einsatz von sogenannten «perfekt» wirkenden Herbiziden (Beispiel Atrazin), aber auch beim gentechnologischen Einbau von Resistenzgenen, die nahezu hundertprozentig wirken, können innerhalb weniger Jahre resistente Schädlinge entstehen, die nur noch schwierig oder mit ganz neuen Mitteln zu bekämpfen sind. Sicher wäre es besser, etwas

weniger vollständig wirkende Resistenzen zu erzeugen, so wie sie in der Natur bei vielen Wildarten zu finden sind. Noch besser wäre es, wenn es uns gelingen würde, naturnahe Resistenzmuster in ganze Felder derselben Kulturpflanzenarten einzubringen, um damit die Natur etwas nachzuahmen. Damit könnten die Probleme, die aus einer allzu perfekten künstlich erzeugten Resistenz erwachsen, vermieden werden. Die Ertrags- einbusse würde sich demge-

### Gentechnik: Übertragung von isolierten Genen

Als es vor rund 30 Jahren möglich wurde, bestimmte Erbeigenschaften (Gene) auf bestimmte Abschnitte der DNS zu lokalisieren, wurde es leicht, sich vorzustellen, dass man diese Abschnitte von einem Organismus auf einen anderen übertragen könnte. Tatsächlich gelang das bei Bakterien das erste Mal vor 20 Jahren: das war die Geburtsstunde der Gentechnik. Diverse, allerdings recht aufwendige biochemische Verfahren gestatten fast jeden beliebigen DNS-Abschnitt zu isolieren. Heute ist die Einführung fremder Gene bei allen wichtigen Kulturpflanzen möglich, und so kann man mehr oder minder jedes beliebige Gen aus einem Mikroorganismus, einem Tier oder aus einer anderen Pflanze in Empfängerpflanzen übertragen. Die angewendeten Verfahren erfordern viel technisches Können. Wichtig ist, dass die modifizierte Pflanze nur gerade in einer einzigen Eigenschaft verändert, sonst aber völlig normal ist. Was noch Schwierigkeiten bereitet, ist das eingeführte Gen am richtigen Ort reinzustecken. Die Suche nach der günstigsten Stelle gestaltet sich etwa so, als wollte man in einem dicken Buch einen einzigen Satz durch einen neuen ersetzen, ohne dass man weiss, in welchem Kapitel oder auf welcher Seite der zu ersetzende Satz zu finden ist. Für den Landwirt steht noch nirgends auf der Welt gentechnisch verändertes Saatgut zur Verfügung, doch stehen mehrere Entwicklungen kurz vor der Markteinführung. Die meisten gentechnischen Züchtungen streben an, die agronomischen Eigenschaften von Pflanzen zu verbessern. Im Vordergrund stehen verbesserte Resistenzen gegen Schädlinge und Pflanzenkrankheiten. Weltweit sind schon über 500 Freilandversuche mit gentechnisch veränderten Kulturpflanzen gemacht worden, ohne dass dabei irgendwelche ökologischen Probleme sichtbar wurden. In den USA sind seit letztem Frühjahr Freilandversuche mit Mais, Kartoffeln, Soja und einigen anderen Pflanzen, die gentechnisch verändert wurden, nicht mehr bewilligungspflichtig, sondern müssen nur noch bei den Behörden angemeldet werden, sofern bestimmte Versuchsbedingungen eingehalten werden. In den USA zeigt sich eine deutlich bessere Akzeptanz der Gentechnik, verglichen mit den deutschsprachigen Ländern Europas. Man kann hoffen, dass die schweizerische Landwirtschaft den Anschluss an eine moderne Technologie nicht verpasst.

genüber in Grenzen halten, und die Bilanz wäre langfristig gesehen sicher positiv. Grundsätzlich sollte es der Gentechnologie möglich sein, die Fehlerfreundlichkeit der Natur mindestens nachzuahmen.

*Resistenz gegen Virusbefall bei Kartoffeln:* Der Freilandversuch mit virusresistenten Kartoffeln von Changins hat auch in der Schweiz Befürworter und Gegner der Gentechnologie zu Diskussionen herausgefordert. Im zweiten Jahr dieses Freilandversuches ist nun klar geworden, dass die Virusresistenz, hervorgerufen durch gentechnische Veränderung von Bintje-Kartoffelpflanzen, nicht hundertprozentig wirkt. Vom Mais her wissen wir, dass dies aus ökologischer Sicht nur zu begrüssen ist. Die resistenten Pflanzen des ersten Versuchsjahres sehen wesentlich besser aus als die normalen, nichtresistenten (vgl. Abb.).

Noch gilt es, viele Grundsatzfragen zu klären, die mit diesem Freilandversuch zusammenhängen, die an kontrollierten Gewächshausversuchen nicht erfassbar sind, da diese Gewächshauspflanzen keinen normalen Wuchs und Knollenbesatz aufweisen. Es gilt vorab festzuhalten, dass die vielbeschworene Gefahr einer Neubildung anderer Virusarten bei den nichttransgenen Pflanzen wesentlich grösser ist als dies bei den resistenten transgenen Pflanzen der Fall ist, denn die transgen resistente grüne Pflanze ist grossenteils frei von dem einen bekämpften Virus, und somit ist auch die natürlicherweise immer vorhandene Neubildung von Virustypen, bei den das Potyvirus Y beteiligt ist, wesentlich herabgesetzt, weil die Menge an vorhandenen Viren um viele Zehnerpotenzen kleiner ist. Es findet eine Art genetisch fixierte Impfung statt, die auch eine Weiterverbreitung der schädlichen Kartoffelviren gründlich er-



**Gesunde Kartoffelpflanze:** Genetisch veränderte Kartoffelpflanze der Sorte Bintje aus dem Versuch der Station Fédérale de Recherches Agronomiques de Changins bei Nyon (1992); Sie widerstehen im zweiten Jahr der Infektion durch das Potyvirus PVY.



**Kranke Kartoffelpflanze:** Normalpflanzen, die nicht resistent sind gegen das PVY-Virus, das jährlich grosse Ernteverluste verursacht, sie sind durch die gleichartige Virusinfektion schwer in Mitleidenschaft gezogen. Freisetzungsversuch (Dr. Pia Malnoë) in Changins. Fotos K. Ammann

schwert. Nichtresistente Kartoffelpflanzen enthalten jedoch millionenfach dieselben Viren, die ihrerseits in reichem Masse immer neue Typen produzieren, ein in der Natur immer anzutreffendes normales Verhalten vieler Viren, denken wir z. B. an die jährlich neu auftretenden Typen der Grippeviren. Es sei hier jedoch ausdrücklich festgehalten, dass es noch weiterer Forschung bedarf, um die Risiken der möglichen Genübertragung über den Luftweg oder den Bodenweg besser einschätzen zu können. Die Bintje-

Sorten, die bisher verwendet wurden, haben nur sterilen Blütenstaub, können also über den Bestäubungsweg keine Gene weitergeben. (Dennoch wurden beim Versuch in Changins alle Blüten weggeschnitten, um mehr als sicher vorzugehen.) Noch sind wir aber nicht in der Lage, andere Luftwegübertragungen von Genen völlig auszuschliessen oder ihre unerwünschten Nebenwirkungen (wenn es überhaupt solche geben sollte) einzuschätzen: Es ist zum Beispiel durchaus möglich, dass Blattläuse Genübertra-

gungen verursachen können, auch über den Bodenweg der Genübertragung via Bodenmikroorganismen wissen wir noch zuwenig. Diesen Fragen wird weltweit in vielen Forschungsprojekten nachgegangen, auch in der Schweiz geschieht dies im Rahmen eines Schwerpunkt-Forschungsprogrammes mit mehreren Forschergruppen, finanziert durch den Nationalfonds (SPP Biotechnologie, Modul 5b, Sicherheitsforschung). Obwohl der Freilandversuch in Changins nur der Abklärung grundsätzlicher

## Gentechnische Veränderung von Pflanzen mit der Genkanone

Vorerst wird die isolierte, fremde DNS, die für irgendeine erwünschte Eigenschaft codiert und die man in eine Pflanze einbringen möchte, an kleine Kügelchen (Mikroprojekteile) gebunden. Ein Wassertropfen mit den Kügelchen drin wird an das grosse Geschoss (Makroprojektil) gehängt und das Pflanzengewebe, das beschossen werden soll, wird vor die Mündung der Kanone gebracht. Nun wird die Pulverladung gezündet. Die beiden Geschosse fliegen nach unten, das Makroprojektil wird an der Stopp-Platte angehalten und die Flüssigkeit wird mit hoher Geschwindigkeit auf das Pflanzengewebe geschleudert. Ein Teil der Kügelchen dringt in das Gewebe ein und die ihnen anhaftende DNS wird gelegentlich in Zellkerne eindringen. Dabei kann sie unter Umständen die Erbeigenschaften der betroffenen Pflanzenzelle verändern. Neben dieser ballistischen Methode gibt es noch mehrere, ganz andere Verfahren, die gestatten, pflanzliche Zelle mit fremder DNS gentechnisch zu verändern.



Vorgänge dient, wird er natürlich wichtige Signalwirkung haben. Diesbezügliche Forschung kann nicht aufgehalten werden, der Dürrenmatt'sche Spruch: «Was einmal gedacht worden ist, kann nicht zurückgenommen werden», ist nur allzu wahr. Wir haben jedoch die Pflicht, dafür zu sorgen, dass die Richtung einer ökogerechten Entwicklung eingeschlagen wird. Eine solche weitere Richtung sei im nächsten Abschnitt kurz skizziert.

## Anpassung der Kulturpflanzen an Grenzbedingungen

Besonders in der Schweiz haben wir immer wieder mit klimatischen und bodenmässigen Bedingungen in der Landwirtschaft zu kämpfen, wie sie im Tiefland Europas unbekannt sind. Es

wäre wünschenswert, mit gentechnologischen Verfahren unsere Kulturpflanzen zu verbessern: Wir denken da zum Beispiel beim Weizen an eine verbesserte Kälteresistenz, einen höheren Ertrag auf weniger gedüngten Böden, an höhere Toleranz gegenüber Trockenperioden und anderes mehr. Ein besonderes Problem stellt bei vielen Kultursorten deren Frostempfindlichkeit dar: Gerade während der Blütezeit sind unsere Obstsorten derart empfindlich, dass der Bestäubungs- und anschliessende Befruchtungsvorgang durch Frühjahrsfröste massiv gestört werden können, was grosse Ernteinbussen zur Folge hat. Im Prinzip können viele dieser Zuchtziele auch durch die konventionelle Züchtung erreicht werden, aber mit Hilfe der Gentechnologie gelingt dies wahrscheinlich wesentlich eleganter und in Zu-

kunft auch mit weniger Aufwand.

## Neue Aufmerksamkeit für das Erbgut traditioneller Kulturpflanzen und eingeschleppter Arten

Es ist erfreulich zu beobachten, wie gerade die Gentechnologie mit ihren neuen Einsichten in die Artbildungsprozesse uns geholfen hat, den eigentlichen Wert des Erbgutes alter Kulturpflanzen und Tiere wieder zu erkennen. Es werden grosse Anstrengungen unternommen, diese wertvollen und beim Aussterben unwiederbringlich verlorenen Gene zu erhalten und auch auf ihren züchterischen Wert neu zu überprüfen. Dabei wäre zu wünschen, dass dies nicht nur in Genbanken geschieht, sondern auch im natürlichen Artengefüge gefördert würde. Denn nur so wird es langfristig gelingen, die betreffenden Arten und Sorten vor dem Aussterben zu bewahren. Diese neue Aufmerksamkeit würde es wohl heute gründlich verhindern, dass uns die Freiburger Kuh als Rasse in der Schweiz einfach verloren ging... auf Nimmerwiedersehen. Es scheint nun, dass die früher so oft noch gepflegte Wegwerfmentalität der Züchter, die sich auf einige wenige Zuchtziele beschränken, endgültig der Vergangenheit angehören. Es wäre im übrigen sehr zu wünschen, wenn wir auch der massiven Einführung von fremden Genen über die eingeschleppten Hunderten und Tausenden von Arten (Unkräutern, Exoten, fremdländischen Tieren usw.) mehr Aufmerksamkeit widmen würden. Noch ist die Realität leider die, dass es kaum einen wirksamen Schutz vor dieser gigantischen Geninvasion gibt. Als Ökologe weckt mir diese tägliche und massiv ablaufende Einfuhr fremder Gene, auch ohne Gentechnologie praktiziert, grosse Bedenken. Wir

setzen uns damit einem grossen Risiko aus, indem wir es einfach dem Zufall und der Robustheit unserer Ökosysteme überlassen, mit dieser massiven, nichtgentechnologischen Gen-«Verschmutzung» fertig zu werden. Wir haben aber keine Ahnung, wie gross eigentlich das Schluckvermögen unserer Natur ist. Klar ist schon heute, dass jene Floren und Wildpflanzen-Populationen, die über Jahrtausende stark isoliert waren (z. B. Australien, Inseln usw.), viel empfindlicher auf solche Einschleppungsvorgänge reagierten. Es gibt genug Beispiele katastrophaler Wirkungen in Australien und z. B. auf tropischen Inseln wie Hawaii und Jamaika, wo die einheimischen Regenwaldarten durch die Invasion weltweit verbreiteter Unkräuter und aggressiver Baumarten dramatisch gefährdet sind. Wieweit die Arten unseres europäischen Subkontinentes im grossen Massstab gefährdet sind, wird erst die Zukunft zeigen. Es grenzt insgesamt schon an Verhältnisblödsinn, sich in Sachen Risikoabschätzung ausschliesslich auf die Einführung von Einzelgenen durch die gentechnologisch veränderten Kulturpflanzen zu konzentrieren. Zusammenfassend: Es ist verständlich, dass sich vielerorts auch in der Landwirtschaft ein Misstrauen gegenüber den neuen gentechnologischen Methoden gebildet hat. Noch gibt es viele Probleme bei deren Masseneinführung zu bewältigen, noch stehen die ökologisch sinnvollen Zuchtziele zu wenig im Vordergrund. In unseren Augen ist es jedoch nicht sehr sinnvoll und auch nicht wirkungsvoll, im Geiste eines falsch verstandenen Konservatismus gegen alle diese Neuerungen zu kämpfen. Vielmehr erachten wir es als notwendig, die neuen Zuchttechniken offen und kritisch, aber auch mit Sinn für einen ökogerechten Fortschritt zu begleiten.