

GRÜNE GENTECHNIK

Chancen und Risiken
für die Landwirtschaft

Pflanzenzucht

Die neue grüne Revolution

CRISPR-Cas

Bremse oder Vollgas?

Kritik

Leere Versprechen



Antje Findeklee
E-Mail: findeklee@spektrum.de

Liebe Lesende,
Fluch oder Segen? Nur wenige Themen polarisieren so stark wie gentechnische Verfahren. Besonders deutlich teilen sich die Lager in Ablehnende und Befürwortende, wenn es um den Einsatz solcher Methoden in der Landwirtschaft geht. Die einen sehen darin die Möglichkeit, eine wachsende Weltbevölkerung sicher zu ernähren, die anderen ein riskantes Manipulieren von Erbgut mit nicht abschätzbaren Folgen für Umwelt und Gesundheit. Und wie steht es um Methoden, die in die Genaktivität eingreifen, ohne aber das Genom zu verändern? Ein abschließendes Urteil kann nur fällen, wer Grundlagen und bisher dokumentierte Auswirkungen kennt – und dazu möchte dieses »Spektrum Kompakt« einen Beitrag leisten.

Eine aufschlussreiche Lektüre wünscht Ihnen

Erscheinungsdatum dieser Ausgabe: 20.09.2021

Folgen Sie uns:



CHEFREDAKTION: Dr. Daniel Lingenhöhl (v.i.S.d.P.)
REDAKTIONSLEITUNG: Alina Schadwinkel (Digital),
Hartwig Hanser (Print)
CREATIVE DIRECTOR: Marc Grove
LAYOUT: Oliver Gabriel, Marina Männle
SCHLUSSREDAKTION: Christina Meyberg (Ltg.),
Sigrid Spies, Katharina Werle
BILDREDAKTION: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
REDAKTION: Antje Findeklee, Dr. Michaela Maya-Mrschtik
VERLAG: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,
Tiergartenstr. 15–17, 69121 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600,
Fax: 06221 9126-751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114,
USt-IdNr.: DE229038528
GESCHÄFTSLEITUNG: Markus Bossle
MARKETING UND VERTRIEB: Annette Baumbusch (Ltg.),
Michaela Knappe (Digital)
LESER- UND BESTELLSERVICE: Helga Emmerich, Sabine Häusser,
Ilona Keith, Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.de

BEZUGSPREIS: Einzelausgabe € 4,99 inkl. Umsatzsteuer
ANZEIGEN: Wenn Sie an Anzeigen in unseren Digitalpublikationen interessiert sind, schreiben Sie bitte eine E-Mail an anzeigen@spektrum.de.

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2021 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

SEITE
04

GENTECHNIK IN DER PFLANZENZUCHT
Die neue grüne Revolution



FOTOGRAFIXX / GETTY IMAGES / ISTOCK

SEITE
28

STREITGESPRÄCH ZUR
GRÜNEN GENTECHNIK
»Wir sollten möglichst viel Chemie durch Genetik
ersetzen«



CACTUS OUP / GETTY IMAGES / ISTOCK

NATURPATENTE
Wer hat's erfunden?

SEITE
50



FLOARIA BICHER / GETTY IMAGES / ISTOCK

PESTIZIDE MIT GENETISCHEM EFFEKT
Mit RNA gegen Schädlinge

SEITE
59



CANETTI / GETTY IMAGES / ISTOCK

- 04 GENTECHNIK IN DER PFLANZENZUCHT
Die neue grüne Revolution
- 16 NOBELPREIS FÜR CHEMIE 2020
Zwischen Patentstreit und Ethikdebatte
- 22 GENSCHERE CRISPR
Bremse oder Vollgas?
- 28 STREITGESPRÄCH ZUR GRÜNEN GENTECHNIK
»Wir sollten möglichst viel Chemie durch
Genetik ersetzen«
- 39 GENOME EDITING IN DER KRITIK
»Diese Branche lebt davon, viel
Schaum zu schlagen«
- 48 WISSENSSTAND
Genfoodgegner wissen am
wenigsten darüber
- 50 NATURPATENTE
Wer hat's erfunden?
- 59 PESTIZIDE MIT GENETISCHEM EFFEKT
Mit RNA gegen Schädlinge

GENTECHNIK IN DER PFLANZENZUCHT

DIE NEUE GRÜNE REVOLUTION

von Frank Kempken

Seit rund 40 Jahren gibt es gentechnische Methoden, um das Erbgut von Pflanzen zu verändern. Neue Verfahren kombinieren Präzision, Spezifität und niedrige Kosten auf bisher unerreichte Weise. Doch die Diskussion um die Anwendungssicherheit hält an.

Am 14. Mai 1990 begann in Köln das erste Freisetzungsexperiment mit gentechnisch veränderten Pflanzen in Deutschland. Unter der Leitung des damaligen Direktors des Max-Planck-Instituts (MPI) für Züchtungsforschung, Heinz Saedler, war in das Erbgut von etwa 60000 Petunienpflanzen ein zusätzliches Gen eingebaut worden. Der Erbfaktor stammte aus Maispflanzen und enthielt die Bauanleitung eines Enzyms, das die weißen Blüten der Petunien in lachsrote verwandelte.

Man hoffte damals, Petunien zu finden, bei denen die Erbanlage für die lachsrote Blütenfärbung durch ein springendes Gen zerstört worden war. Da dies ein seltener

Vorgang ist, schien die gentechnische Veränderung zehntausender Pflanzen nötig, um am Ende einige wenige Individuen zu bekommen, die weiß-lachsrot gesprenkelte Blütenblätter tragen würden. Die MPI-Forscher veränderten das Genom der Petunien mit Hilfe des Bakteriums *Agrobacterium tumefaciens* – eine Methode, die etwa zehn Jahre zuvor am gleichen Institut entwickelt worden war.

Überraschenderweise zeigten nach Abschluss des Experiments rund 60 Prozent der Blüten eine weiß-rote Sprenkelung. Dieser völlig unerwartete Befund hatte zwei ganz unterschiedliche Konsequenzen. Zum einen stieß er eine neue Disziplin an, die pflanzliche Epigenetik. Denn wie sich später herausstellte, war die große Zahl gesprenkelter Blüten das Ergebnis eines trockenen und heißen Sommers, der über epigenetische Mecha-

AUF EINEN BLICK

Von transgen zu genomeditiert

01 Seit den 1970er Jahren verändern Molekularbiologen das Erbgut von Pflanzen – anfangs per Einfügen von Fremdgenen, heute oft mittels gezielten Veränderns einzelner Nukleotide.

02 Damit lassen sich etwa herbizid- oder insektenresistente, trocken-tolerante oder ertragreichere Kulturgewächse schaffen.

03 Die weltweite Anbaufläche für solche Pflanzen ist auf rund 200 Millionen Hektar gewachsen. Nach wie vor gibt es aber Bedenken hinsichtlich deren Anwendungssicherheit – vor allem in Europa.

Frank Kempken arbeitet als Professor am Botanischen Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

17 Millionen Landwirte in 26 Ländern bauen gentechnisch veränderte Pflanzen auf 192 Millionen Hektar Fläche an

nismen zu einer veränderten Genaktivität geführt hatte. Zum anderen werteten Kritiker das Experiment als Beleg dafür, dass die Gentechnik mit vermeintlich unberechenbaren Risiken einhergehe.

Seit dieser Zeit hat sich die pflanzliche Gentechnik in verschiedenen Ländern in sehr unterschiedliche Richtungen entwickelt. Während in Deutschland und weiten Teilen der EU – mit Ausnahme Spaniens – die Skepsis überwog und der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen weitgehend untersagt wurde, ist auf den beiden amerikanischen Teilkontinenten die Anbaufläche für gentechnisch veränderte Pflanzen (GV-Pflanzen) auf nunmehr etwa 180 Millionen Hektar gewachsen.

Aus der Mikrobe ins Gewächs

Um fremde Gene in das Erbgut von Pflanzen einzuschleusen, stehen mittlerweile diverse Methoden zur Verfügung. Bereits

in den 1970er Jahren hat ein Team um Jeff Schell vom MPI für Züchtungsforschung erkannt: Das Bakterium *Agrobacterium tumefaciens* erzeugt Tumoren bei Pflanzen und fügt dabei einen kleinen Teil seiner Erbsubstanz dauerhaft in die pflanzlichen Chromosomen ein. Den Kölner Wissenschaftlern gelang es, aus der bakteriellen DNA bestimmte Bereiche zu entfernen und gegen Fremdgene auszutauschen. Werden Pflanzen mit entsprechend veränderten Bakterienstämmen infiziert, kommen die Fremdgene in ihr Erbgut und verändern die Eigenschaften der Gewächse. Anfangs war diese gentechnische Methode auf zweikeimblättrige Pflanzen beschränkt, lässt sich mittlerweile aber auf fast alle Pflanzen, Pilze und sogar tierische Zellen anwenden.

Ein anderes Verfahren ist der »biolistische Gentransfer«. Hier bringen Forscher die gewünschte Fremd-DNA auf kleine

Partikel auf und schießen diese mit einer Art Kanone in die Zielzellen ein. Weil die Partikel sehr klein sind, bleiben die Empfängerzellen dabei weitgehend intakt. Mit jenem Ansatz ist es möglich, fast jede Pflanze gentechnisch zu verändern. Manche Spezies erholen sich allerdings nicht schnell genug, um den Eingriff unbeschadet zu überstehen.

Mit solchen Methoden lassen sich Gene etwa aus Bakterien oder Tieren erfolgreich in Pflanzen übertragen. Hierbei setzen viele Forscher das Prinzip der »substanziellen Äquivalenz« voraus, wonach das Hinzufügen eines Gens nur Auswirkungen auf den Zielorganismus hat, die sich aus der Art des übertragenen Erbfaktors ergeben. Das Prinzip ist umstritten; mit Hilfe der Analyse vollständiger Genome und Transkriptome (Gesamtheit aller Boten-RNAs eines Organismus) haben es Wissenschaftler um Karl-Heinz

Kogel von der Justus-Liebig-Universität Gießen aber beispielsweise bei Gerste überprüft. Dabei kam im Jahr 2010 heraus, dass sich zwei gentechnisch veränderte Gerstensorten jeweils kaum von ihren konventionell gezüchteten Vorgängersorten unterscheiden – zwischen den konventionell gezüchteten Varietäten jedoch erhebliche Unterschiede bestanden, die die Regulation von mehr als 1600 Genen betrafen. Konventionelle Züchtung verändert Pflanzen somit viel stärker als das Einführen einzelner fremder Gene.

Eine der ersten gentechnischen Veränderungen bei Kulturpflanzen, die wirtschaftliche Bedeutung hatten, war die Resistenz gegenüber Unkrautbekämpfungsmitteln, so genannten Herbiziden. Eine Unempfindlichkeit gegenüber dem Herbizid Glyphosat beispielsweise lässt sich durch Einfügen eines Gens erreichen, das für eine bestimmte Variante des Enzyms EPSPS (5-Enolpyruvylshikimat-3-phosphat-Synthase) codiert. Glyphosat greift die pflanzliche Variante dieses Enzyms an und schaltet sie aus, woraufhin die Gewächse keine aromatischen Aminosäuren mehr bilden können und absterben. Bakterielle EPSPS-Varianten hingegen sind

immun gegen das Herbizid und machen auch Kulturpflanzen resistent dagegen.

Vor schädlichen Insekten wiederum lassen sich Pflanzen schützen, indem Forscher die Gene für Giftstoffe des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis* in die Gewächse einschleusen. Diese Toxine wirken sehr spezifisch und töten jeweils nur bestimmte Insektengruppen ab; für Menschen und andere Tiere sind sie nach derzeitigem Kenntnisstand ungefährlich. Pflanzen mit solchen gentechnisch entsprechend hinzugefügten Erbanlagen bekommen den Namenszusatz »Bt« – etwa beim Bt-Mais oder der Bt-Baumwolle.

Auch haben Wissenschaftler verschiedene Gene aus der Narzisse auf Reispflanzen übertragen, die infolgedessen vermehrt den Naturfarbstoff Betacarotin bilden. Weil die Reiskörner somit eine goldene Färbung erhalten, spricht man vom »goldenen Reis«. Dieser könnte möglicherweise helfen, die Folgen der in Entwicklungs- und Schwellenländern weit verbreiteten Vitamin-A-Mangelernährung zu bekämpfen, und auf diese Weise jährlich vielen tausend Menschen das Leben und die Gesundheit retten – so jedenfalls die Hoffnung.

Glossar

Aminosäure: chemische Verbindung mit einer stickstoffhaltigen Aminogruppe und einer Karbonsäuregruppe mit Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff. Aminosäuren sind die Bausteine der Proteine.

Bt-Pflanzen: Gewächse, die infolge eines gentechnischen Eingriffs Gifte des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis* herstellen. Das macht sie gegenüber bestimmten Insektenarten resistent.

Endonuklease: Enzym, das eine Nukleinsäure wie die DNA an einer vorgegebenen Stelle zerschneidet.

Nukleotide: Grundbausteine des menschlichen Erbmoleküls DNA. Ein Nukleotid besteht aus einem Basen-, einem Zucker- und einem Phosphatrest. Viele aneinandergeschaltete Nukleotide bilden zusammen den DNA-Strang. In ihrer Reihenfolge ist unter anderem die Bauanleitung von Proteinen verschlüsselt.

Transgene Organismen: Lebewesen, in deren Erbgut die Gene einer anderen Spezies eingeführt worden sind.