

# InterNutrition POINT

Aktuelles zur grünen Biotechnologie

Nr. 153  
September 2014

## Inhalt

<i>Ertrags-Steigerung: Auf dem Weg zu Pflanzen mit Turbo-Photosynthese .....</i>	<i>S. 1</i>
<i>Bananen: Peperoni-Gen schützt auch in Freilandversuchen vor bakterieller Welke-Krankheit.....</i>	<i>S. 3</i>
<i>GVO Futtermittel: Keine nachteiligen Auswirkungen bei hundert Milliarden Nutztieren in den USA beobachtet .....</i>	<i>S. 4</i>
<i>Biologische Sicherheit: 25 Jahre Forschungsprogramme des deutschen BMBF zu Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen.....</i>	<i>S. 5</i>

## Ertrags-Steigerung



### **Pflanzen nutzen die Kraft der Sonne**

Photo: © Can Stock Photo Inc. / dink101

## Auf dem Weg zu Pflanzen mit Turbo-Photosynthese

Können Menschen etwas verbessern, was sich im Laufe der Evolution über einen Zeitraum von über einer Milliarde Jahren entwickelt hat? «Yes, we can» sagen Wissenschaftler des britischen Rothamsted Research – Instituts und der US-amerikanischen Cornell University in einem gemeinsamen Projekt unter Federführung von Maureen R. Hanson, und wagen sich daran, die pflanzliche Photosynthese zu verbessern.

Die Verwendung von Sonnenenergie durch Pflanzen zur Fixierung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre zum Aufbau organischer Zuckerverbindungen als Baustoff und Energiespeicher, auch als Photosynthese bekannt, ist von entscheidender Bedeutung für das Leben auf der Erde – nicht nur das der Pflanzen selber, sondern auch aller Tiere und Menschen, die sich davon ernähren. Ein zentraler Schritt der Photosynthese ist die Bindung von Kohlendioxyd aus der Atmosphäre durch ein pflanzliches Enzym mit dem fast unaussprechlichen Namen Ribulose-1,5-bisphosphat-Carboxylase/Oxygenase, vereinfacht auch RuBisCO genannt. Dieser Prozess ist allerdings langsam und ineffizient. Um überhaupt genug Photosynthese treiben zu können, enthalten Pflanzen grosse Mengen von RuBisCO (bis zu 50% des löslichen Proteins in den Blättern). So ist das Enzym wahrscheinlich das häufigste Eiweiss auf der Erde. Ein Problem mit RuBisCO ist, dass sich das Enzym zu einer Zeit entwickelt hat, in der die Erdatmosphäre noch viel mehr CO<sub>2</sub> und viel weniger Sauerstoff enthielt. Für die heutigen Verhältnisse ist die Bindungskraft des Enzyms für CO<sub>2</sub> zu gering, und ausserdem kann es durch die nutzlose Bindung von Sauerstoff blockiert werden. Höhere Pflanzen haben daher die RuBisCO modifiziert, um sie weniger empfindlich gegen Sauerstoff zu machen. Der Preis dafür ist, dass das Enzym dabei noch langsamer geworden ist.

Hier sehen Forscher einen Ansatzpunkt, um die Effizienz der Photosynthese zu verbessern. Cyanobakterien, früher als Blaualgen bezeichnet, verfügen über eine schnellere Version der RuBisCO, die allerdings noch empfindlicher gegenüber Sauerstoff ist. Um effizient Photosynthese treiben zu können, ist die RuBisCO in Cyanobakterien in kleine Abteile (Carboxysomen) verpackt, in denen die CO<sub>2</sub>-Konzentration durch einen biochemischen Prozess erhöht wird. So wird das Enzym wirksam mit dem gewünschten Reaktionspartner

versorgt und zugleich gegen Sauerstoff abgeschirmt. Theoretische Berechnungen gehen davon aus, dass die Erträge von Nutzpflanzen um über 30% steigen würden, wenn der Photosynthese-Mechanismus der Cyanobakterien in höhere Pflanzen übertragen werden könnte. Dies wäre eine ganz entscheidende Verbesserung zur Sicherung der Nahrungsversorgung der wachsenden Weltbevölkerung.

Aber: wäre die RuBisCO aus Cynaobakterien in höheren Pflanzen überhaupt aktiv? Immerhin unterscheiden sich der Aufbau der Zellen und damit die Arbeitsbedingungen für Enzyme zwischen den Organismen deutlich. Um diese Frage zu klären, tauschten die Forscher in Tabakpflanzen durch Transfer der erforderlichen Gene die natürliche Tabak-RuBisCO gegen die aus dem Cyanobakterium *Synechococcus elongatus*, das in Süßwasser vorkommt, aus. Es gelang ihnen, lebensfähige Tabakpflanzen zu erzeugen, die ihre gesamte Photosynthese mit Hilfe der Cyanobakterien-RuBisCO abwickelten. Damit war der Beweis erbracht, dass es grundsätzlich möglich ist einen zentralen Teil des Photosynthese-Apparats von Cyanobakterien in höhere Pflanzen einzubauen. Biochemische Messungen zeigten, dass die Geschwindigkeit der CO<sub>2</sub>-Fixierung in den transgenen Tabakpflanzen, bezogen auf den RuBisCO-Gehalt, wie erhofft deutlich gesteigert war. Allerdings gediehen die umprogrammierten Tabakpflanzen nur in einer Atmosphäre mit künstlich erhöhtem CO<sub>2</sub>-Anteil, und wuchsen auch langsamer als unveränderte Kontrollpflanzen. Dieses Resultat kam nicht unerwartet, da die Cyanobakterien-RuBisCO empfindlicher gegenüber Sauerstoff reagiert, und in den Tabakpflanzen nicht in schützende Carboxysomen verpackt war.

Bereits vor einigen Monaten hatte das Forscherteam gezeigt, dass nach Transfer von Cyanobakterien-Genen, die für den Aufbau der Carboxysomen verantwortlich sind, auch in Tabakpflanzen Strukturen gebildet werden die Carboxysomen ähneln. Um die gesamte effizientere Photosynthese-Maschinerie aus Cyanobakterien in höhere Pflanzen zu übertragen, müssen neben den Strukturproteinen für die Carboxysomen und dem RuBisCO-Enzym noch ein weiteres Enzym, das für die CO<sub>2</sub>-Anreicherung verantwortlich ist, sowie Transportproteine für eine wirksame CO<sub>2</sub>-Aufnahme übertragen und zum Funktionieren gebracht werden. Es ist daher noch nicht klar, ob dieser Ansatz eines Tages tatsächlich zu produktiveren Nutzpflanzen führen wird, und es werden auch im günstigsten Fall hierfür noch einige Jahre vergehen und viel Arbeit investiert werden müssen.

Mit den aktuell verfolgten Züchtungsansätzen bleibt die jährliche Produktivitätssteigerung der Nutzpflanzen hinter dem steigenden Bedarf der wachsenden Weltbevölkerung zurück, und eine Ausweitung der Anbauflächen auf bisher unberührte Flächen ist keine Alternative, wenn die Biodiversität erhalten bleiben soll. Die Aussicht, durch die Turbo-Photosynthese aus Cyanobakterien die Erträge von Nutzpflanzen vielleicht eines Tages deutlich zu steigern zu können und so einen Beitrag zur Ernährungssicherheit leisten zu können, motiviert die Forscher bei diesem anspruchsvollen Projekt.

**Quellen:** Myat T. Lin et al. 2014, [A faster Rubisco with potential to increase photosynthesis in crops](#), Nature 513:547–550; Myat T. Lin et al. 2014, [β-Carboxysomal proteins assemble into highly organized structures in Nicotiana chloroplasts](#), The Plant Journal 79:1–12; Justin M. McGrath & Stephen P. Long 2014, [Can the Cyanobacterial Carbon-Concentrating Mechanism Increase Photosynthesis in Crop Species? A Theoretical Analysis](#), Plant Physiology 164:2247-2261; [Plant engineered for more efficient photosynthesis](#), Cornell Chronicle, 17.09.2014; Heidi Ledford 2014, [Hacked photosynthesis could boost crop yields](#), Nature News, 17.09.2014

## Bananen

### Peperoni-Gen schützt auch in Freilandversuchen vor bakterieller Welke-Krankheit

Bananen sind in Ostafrika in vielen Regionen ein wichtiges Grundnahrungsmittel. In Uganda, Ruanda und Burundi tragen sie zu mehr als einem Drittel zur täglichen Kalorienversorgung der Bevölkerung bei, in manchen Regionen sogar bis zu 60%. Die durch das Bakterium *Xanthomonas campestris* verursachte Bananen-Welke-Krankheit wurde 2001 nach Uganda eingeschleppt und hat sich seither in Ost- und Zentralafrika ausgebreitet. Die verheerende Krankheit zerstört komplette Pflanzen innerhalb kurzer Zeit und bedroht so die Ernährungssicherheit der Kleinbauern der Region. Für das letzte Jahrzehnt werden die wirtschaftlichen Einbussen aufgrund der Pflanzenkrankheit auf zwei bis acht Mia. US\$ geschätzt, der Produktionsrückgang hat zu einem deutlichen Preisanstieg für die Bevölkerung geführt.

Bisher existiert keine wirksame Behandlung gegen die Krankheit, sobald sie einmal ausgebrochen ist. Auch sind keine krankheitsresistenten Bananensorten kommerziell verfügbar. Vorbeugende Massnahmen, wie die Verwendung gesunden Pflanzguts und eine Eindämmung der Krankheitsausbreitung, erwiesen sich bisher als nur beschränkt wirksam. Als alternativen Ansatz beschrieben Leena Tripathi vom «International Institute of Tropical Agriculture» in Kampala, Uganda, und ihre Mitarbeiter im Jahr 2010 den Einbau eines an der Abwehr von Krankheitserregern beteiligten Gens aus Peperoni in Bananen, welche im Labor zu einem hervorragenden Schutz der Pflanzen gegen die Welke-Krankheit führte (siehe [POINT 108, Oktober 2010](#)). Jetzt berichten Tripathi und Kollegen über die ersten erfolgreichen Resultate von Freilandversuchen mit den von ihnen hergestellten transgenen Bananenpflanzen.

65 verschiedene gentechnisch veränderte Bananenlinien, mit zwei verschiedenen Peperoni-Abwehrgenen, wurden über zwei Erntezyklen auf einem Versuchsfeld in Uganda angebaut. Während im Treibhaus alle Pflanzen zuvor eine sehr gute Resistenz gegen *Xanthomonas* gezeigt hatten, waren im Freiland nur 11 davon zu 100% gegen die Erkrankung geschützt. Die Beobachtung, dass Pflanzen unter Freilandbedingungen anfälliger sind ist kaum überraschend, da die Bedingungen hier wesentlich wechselhafter sind und zudem ein deutlich höherer Krankheitsdruck herrscht als im Labor.

Auch die Schösslinge der resistenten Bananenstauden, die nach der Ernte sprossen, waren resistent. Die geernteten Bananen zeigten ebenfalls keine Krankheitssymptome oder andere Auffälligkeiten. Gegenwärtig werden die Pflanzen in weiteren Feldversuchen unter verschiedenen klimatischen Bedingungen geprüft. Dabei soll auch die Anfälligkeit gegen andere Krankheitserreger untersucht werden – die gentechnisch übertragenen Peperoni-Gene sollten eine breite, nicht auf einzelne Bakterienarten beschränkte Immunität verleihen. Um das Durchbrechen der Resistenz der Pflanzen durch die bakteriellen Krankheitserreger weniger wahrscheinlich zu machen, werden auch Pflanzen produziert welche die beiden unterschiedlichen Abwehr-Gene aus Peperoni zugleich tragen.

Die Forscher weisen darauf hin, dass die auf die Bananen übertragenen Abwehr-Eiweisse ausser in Peperoni auch in vielen anderen Gemüsesorten vorkommen und nicht allergen seien. Auch sei eine unerwünschte Ausbreitung der gentechnisch vermittelten Eigenschaft durch Pollenflug bei Bananen nicht möglich, da diese ausschliesslich durch Ableger vermehrt werden. Sie hoffen, langfristig mit ihren Arbeiten das Arsenal bei der Bekämpfung

der Bananen-Welke-Krankheit zu erweitern, und so den Lebensunterhalt armer Kleinbauern in Afrika sichern zu können.

**Quelle:** Leena Tripathi et al. 2014, [Field trial of Xanthomonas wilt disease-resistant bananas in East Africa](#), Nature Biotechnology 32:868–870

## GVO Futtermittel

### Keine nachteiligen Auswirkungen bei hundert Milliarden Nutztieren in den USA beobachtet

Seit dem Beginn des grossflächigen Anbaus gentechnisch veränderter Nutzpflanzen in den USA im Jahr 1996 sind diese für viele US-Landwirte zum Standard geworden. 2013 betrug der Anbau-Anteil von Biotech-Sorten bei Zuckerrüben über 95%, bei Soja 93% und bei Mais und Baumwolle (deren Samen als Ölfrucht und Futtermittel dienen) 90%. Ein grosser Teil der Ernte wird als Futtermittel verwendet, über 95% der Nutztiere in den USA wird mit GVO-Futterpflanzen ernährt.

Bei der Zulassung einer GVO-Pflanze als Futter- oder Lebensmittel muss nachgewiesen werden, dass ihre Zusammensetzung und der Nährwert nicht nachteilig verändert sind. Teilweise werden auch Fütterungsstudien mit Versuchstieren durchgeführt, obwohl deren Wert von Fachleuten immer mehr in Frage gestellt wird da sie teuer und zeitaufwändig sind. Auch Langzeit-Versuche, z. T. über mehrere Tier-Generationen und mit einer grösseren Zahl von Tierarten und GVO-Futterpflanzen-Arten ergaben bisher nie Hinweise auf unerwartete schädliche Wirkungen. Die Aussagekraft dieser Studien wird allerdings teilweise angezweifelt, da sie nur über einen begrenzten Zeitraum mit einer begrenzten Anzahl an Tieren durchgeführt werden können. Alison Van Eenennaam und Amy Young von der University of California in Davis haben jetzt Daten einer ungeheuren Zahl von GVO-gefütterten Tieren analysiert: praktisch alle Nutztiere in den USA. Sie verglichen diese Daten mit denjenigen vor Einführung des GVO-Anbaus.

Über einhundert Milliarden Nutztiere wurden in den USA zwischen den Jahren 2000 und 2011 mit GVO-Pflanzen ernährt. Es existieren langjährige Aufzeichnungen zu Milchertrag, Zellzahl in der Milch (als Hinweis auf Eutererkrankungen) und Schlachtgewicht bei Kühen sowie zum Anteil der bei der Fleischschau aussortierten Tiere, da die Tiergesundheit ein entscheidender Produktionsfaktor ist. Ähnliche Zahlen existieren auch für Schweine und Geflügel. Für keinen der untersuchten Faktoren zeigte sich nach 1996, dem Beginn der Fütterung mit GVO-Pflanzen, eine Verschlechterung. Alle Indikatoren wiesen auf einen gleichbleibenden oder kontinuierlich verbesserten Zustand der Nutztiere hin. So nahmen Milchertrag und –Qualität weiter zu, ebenso das Schlachtgewicht. Der Anteil von Tieren, die aus Gesundheitsgründen für eine Verarbeitung nicht geeignet waren, ging stetig zurück. Es zeigten sich keinerlei Hinweise für eine Verschlechterung der Futterqualität, die mit der Umstellung auf GVO-Futterpflanzen einherging.

Die Wissenschaftlerinnen können daher keinen objektiven Vorteil für Tierwohl oder Produktivität durch eine Fütterung ohne Gentech-Pflanzen erkennen. Weniger als 5% der US-Nutztiere werden GVO-frei gefüttert, grösstenteils mit importierten Futtermitteln. Die Autorinnen weisen auf die Problematik der Verfügbarkeit derartigen Futters hin, da die globalen Anbauflächen für GVO-Pflanzen zunehmen und immer mehr GVO-Pflanzensorten mit neuen Eigenschaften zugelassen werden. Hier ist eine Harmonisierung der nationalen Bestimmungen für Zulassung und Umgang mit Biotech-Futterpflanzen dringend erforderlich, um Unterbrechungen der globalen

Warenströme zu vermeiden.

**Quellen:** Alison L. Van Eenennaam & Amy E. Young 2014, [Prevalence and impacts of genetically engineered feedstuffs on livestock populations](#), J. Anim. Sci.92:4255–4278; [New scientific review of genetically engineered feeds in livestock diets](#), EurekAlert.org, 25.09.2014

## Biologische Sicherheit

### 25 Jahre Forschungsprogramme des deutschen BMBF zu Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen

Während der Anbau von gentechnisch veränderten Nutzpflanzen global stetig zunimmt und bereits jetzt einen unverzichtbaren Beitrag zur Produktion von Nahrung und Futtermitteln leistet, werden mögliche schädliche Wirkungen dieser Pflanzen vor allem in Europa intensiv diskutiert. Nachdem jahrzehntelange Erfahrungen keinerlei Hinweis auf Gesundheitsprobleme im Zusammenhang mit GVO-Pflanzen ergaben, wandte sich die Diskussion eher eventuellen Umweltauswirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen zu. Um diese gesellschaftlichen Fragen zu beantworten, wurden umfangreiche Projekte zur biologischen Sicherheitsforschung unterstützt. Das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF hat jetzt einen Überblick über 25 Jahre Forschungsförderung in diesem Bereich vorgelegt. Seit 1987 hat das BMBF über 100 Mio. Euro in über 300 Projekte der biologischen Sicherheitsforschung investiert, davon über 140 Projekte zur Sicherheitsbewertung gentechnisch veränderter Pflanzen.

Mit Labor- und Freilandexperimenten an über 60 beteiligten Forschungseinrichtungen wurden bei gentechnisch verändertem Mais, Kartoffeln, Getreide, Raps und Gehölzen untersucht, wie sich diese auf Agrarsystem und benachbarte Naturräume auswirken, ob sie sich in der Umwelt ausbreiten und wie unerwünschte Verbreitung eingegrenzt werden kann. Die BMBF-Broschüre gibt einen anschaulichen Überblick zu den Projekten, in dem unter anderem mögliche Einflüsse von Bt-Maispollen auf Schmetterlinge und Bienen, das Ausbreitungsverhalten von gentechnisch verändertem Raps oder mögliche Nebenwirkungen pilzresistenter Gerste auf nützliche Bodenpilze untersucht wurden. Im Vergleich zu konventionell gezüchteten Pflanzen zeigten sich dabei keine spezifischen negativen Auswirkungen der GVO-Pflanzen auf die Umwelt. Die Broschüre weist auch auf die Resultate des Schweizer Forschungsprogramms NFP59 hin, das zu einer ähnlichen Schlussfolgerung gelangt. Allerdings: diese Resultate der Sicherheitsforschung werden in Politik und Öffentlichkeit kaum wahrgenommen.

**Quellen:** [Biologische Sicherheitsforschung](#), Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF (D), 04.09.2014; [25 Jahre BMBF-Forschungsprogramme zur biologischen Sicherheitsforschung: Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen](#) (BMBF Programmbroschüre, PDF); [Bilanz der biologischen Sicherheitsforschung in Deutschland: Keine besonderen Risiken bei Gentechnik-Pflanzen](#), [transgen.de](http://transgen.de), 15.09.2014

## Kontakt und Impressum



POINT erscheint monatlich in elektronischer Form auf Deutsch und Französisch ([Archiv](#) der vorherigen Ausgaben). Der Newsletter fasst aktuelle Meldungen aus Forschung und Anwendung rund um die grüne Biotechnologie zusammen. Für ein kostenloses Abonnement können Sie sich per [E-Mail](#) an – und abmelden. Wir freuen uns auf Ihre Fragen und Anregungen!

Text und Redaktion: [Jan Lucht](#)

scienceindustries, Postfach, CH-8021 Zürich  
Telefon: 044 368 17 63

e-mail: [jan.lucht@scienceindustries.ch](mailto:jan.lucht@scienceindustries.ch)

Eine Initiative von

scienceINDUSTRIES  
S W I T Z E R L A N D