



SüBe Basis: Die sogenannte Kallus-Bildung an jungem Zuckerrohr-Blattgewebe ist der erste Schritt zur genetischen Veränderung von Zuckerrohr.

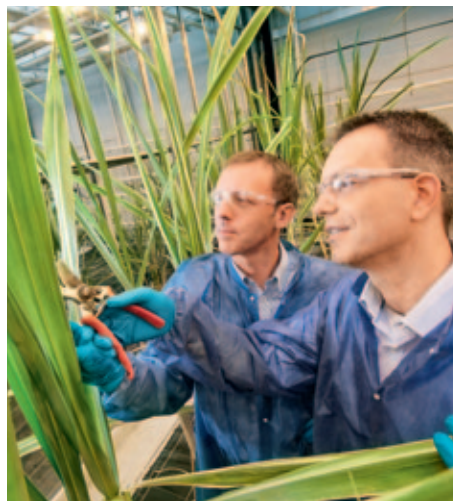
## BIOTECHNOLOGIE STEIGERT ZUCKERROHRAUSBEUTE

# Die süße Energie

*Brasilien fährt mit Biosprit aus Zuckerrohr. Forscher von Bayer CropScience entwickeln eine Technologie, die den Zuckrertrag von Zuckerrohrpflanzen und damit deren Energieausbeute erhöhen könnte. In Zusammenarbeit mit einem führenden brasilianischen Zuckerrohrspezialisten soll die Technologie in kommerziellen Sorten zur Anwendung kommen.*

In dem süßen Saft steckt Energie für ganz Brasilien: Die Südamerikaner setzen beim Biosprit vor allem auf Zuckerrohr. Denn aus den mehr als mannshohen Stauden lassen sich nicht nur Zucker und Ethanol-Treibstoff für Autos gewinnen. Die Pflanzenreste – die sogenannte „Bagasse“ – liefern auch noch Energie für Strom und Wärme. Soviel, dass die brasilianischen Zuckermühlen und Biosprit-Destillieren in dieser Hinsicht nicht auf fossile Energiequellen angewiesen sind. „Zuckerrohr hat das Potenzial, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken und uns weniger abhängig von Erdöl zu machen“, sagt Dr. Michael Bäuerlein, Projektleiter bei Bayer CropScience in Monheim. Mit einem Liter Ethanol – gebrannt aus Zuckerrohr – lässt sich neunmal so viel Energie gewinnen, wie bei der Produktion eingesetzt wurde. Dank Zuckerrohr kommt Sonnenenergie in Brasilien also besonders effizient in den Benzintank: „Die Bioenergiebilanz des Zuckerrohrs in Brasilien lässt sich weltweit mit keinem anderen Agrarrohstoff erreichen“, so Bäuerlein. Und weil die modernsten Destillieren mit der Bagasse sogar mehr Elektrizität erzeugen als sie verbrauchen, speisen sie diese in die Stromnetze ein. Experten gehen davon aus, dass die brasilianische Zuckerrohrindustrie bald etwa 15 Prozent der Stromnachfrage in dem südamerikanischen Land decken wird.

Für die Entwicklung der brasilianischen Volkswirtschaft ist Bioethanol aus Zuckerrohr also ein wichtiger Faktor. Aus diesem Grund hat das südamerikanische Land in den vergangenen 40 Jahren große Anstrengung unternommen, seinen Vorsprung rund um das saftig-süße Gewächs auszubauen. Erstaunlicherweise kann diese Energie auf weniger als zwei Prozent der derzeit landwirtschaftlich nutzbaren Flächen gewonnen werden, so die Vereinigung der brasilianischen Zuckerrohrindustrie UNICA. Um auch künftig nicht mit der Produktion von Nahrungsmitteln zu konkur-



Expertenschnitt: Die beiden Bayer-Forscher Dr. Michael Bäuerlein und Dr. Ralf Christian Schmidt (v. li.) nehmen im Gewächshaus Proben von Zuckerrohrpflanzen. Experimente im Innovationszentrum von Bayer CropScience in Gent geben ihnen schließlich detaillierte Einblicke in die Eigenschaften und Merkmale der neu erzeugten transgenen Pflanzen, die das Hoch-Zucker-Gen enthalten.

rieren, haben die Zuckerrohrexperten in Brasilien vor allem eines im Blick: „Unser Ziel ist die Ertragssteigerung ohne eine nennenswerte Veränderung der genutzten Landfläche“, erklärt William Lee Burnquist, Business Director am Centro de Tecnologia Canavieira – kurz CTC – in der Nähe von São Paulo. Es gilt als das größte Zuckerrohrforschungszentrum in Brasilien und ist eines der weltweit renommiertesten Institute auf diesem Gebiet. Denn dort werden innovative Forschungsprojekte entwickelt, die alle Aspekte rund um die Zuckerrohr-Produktionskette berücksichtigen – von der Züchtung bis hin zur Produktion von Zucker, Ethanol und Energie. Das Institut ist damit in etwa 60 Prozent der Zuckerrohrproduktion Brasiliens involviert. Um höhere Zuckererträge im Zuckerrohr zu erreichen, arbeitet Bayer CropScience jetzt intensiv mit dem CTC zusammen. Die Bayer-Forscher

wollen ihre „Hoch-Zucker-Technologie“ in die CTC-Hochleistungssorten für Zuckerrohr integrieren. „Wir bringen mehr als 30 Jahre Erfahrung mit Zuckerrohr in die Kooperation ein“, so Burnquist.

Die Forscher von CTC und Bayer CropScience wollen die Biotechnologie nutzen, um den Zuckergehalt der Pflanze um bis zu 20 Prozent zu erhöhen. Das würde den Zuckerertrag erhöhen,

**83**  
Prozent

aller Neuzulassungen 2012 in Brasilien waren Flex-Fuel-Fahrzeuge, die Biosprit und Benzin gleichzeitig tanken können.

Quelle: ANFAVEA



Entwicklungspotenzial: Aus den Zuckerrohrschößlingen im Forschungslabor (Foto oben) wachsen mannshohe Stauden. Doch ehe die neuen Zuckerrohrsorten aus den Laborgefäßen auf die Felder Brasiliens kommen, analysieren Dr. John Lohrenz (Foto links) und seine Forscherkollegen die Pflanzen genau auf ihre genetischen Veränderungen, deren Nutzen sowie mögliche Gefahren für Mensch und Umwelt.

ohne mehr Biomasse zu erzeugen und dabei die Logistik-Kosten für den Transport des geernteten Zuckerrohrs für die Fabriken auf dem aktuellen Level halten. Das bietet einen deutlichen Vorteil gegenüber konventionellen Züchtungen. Denn diese erzeugen immer auch mehr Biomasse – und damit steigende Produktionskosten für einen Liter Ethanol. „Dadurch lässt sich der Ertrag auf den Plantagen um einige 1.000 Liter Treibstoff pro Hektar steigern“, sagt Bäuerlein. Und das bedeutet niedrigere Spritpreise für brasilianische Autofahrer und gewinnbringende Exporte. Denn

das, was Brasilianer als normales Benzin kennen, ist eigentlich E25 – ein Benzingemisch mit 25 Prozent Bioethanol. „Es gibt in Brasilien kein reines Benzin mehr. Landesweit verkaufen die Tankstellen neben E25 auch das sogenannte ‚Etanol‘ oder E100“, sagt Burnquist. Denn die seit 2003 in Brasilien breit eingeführten Flex-Fuel-Fahrzeuge können sowohl mit E25 als auch mit E100 oder mit beliebigen Mischungen von beiden fahren.

### Ein Gen aus Gemüsepflanzen hilft, den Stoffwechsel des Zuckerrohrs auszutricksen

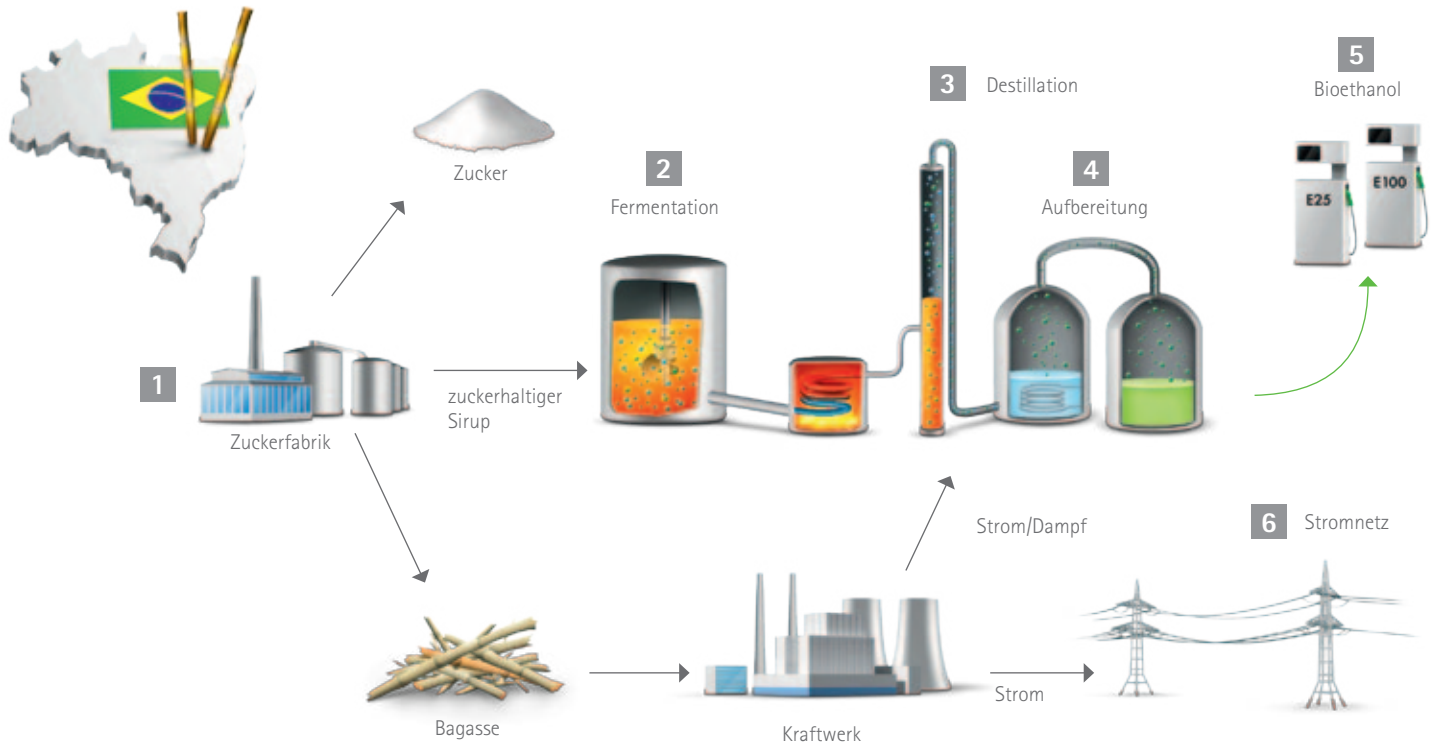
Mit dem biotechnologischen Know-how möchte das Team von Bayer CropScience den Farmern jetzt helfen, die Produktivität von Zuckerrohr weiter zu steigern. Der Ursprung reicht bis ins Jahr 2003 zurück: Denn als der Flex-Fuel-Motor auf Brasiliens Straßen erschien, forschte man bei Bayer bereits an Möglichkeiten, den natürlichen Zucker in Pflanzen umzuwandeln. John Lohrenz, R&D Portfolio Manager bei Bayer CropScience, erkannte das Potenzial dieser wissenschaftlichen Arbeiten für die Zuckerrohrindustrie Brasiliens: „Normalerweise stellt die Pflanze ab einer bestimmten Sättigung den weiteren Zuckeraufbau ein. Aber indem wir der Pflanze ein Gen einpflanzen, das in anderen Gemüsen, wie beispielsweise Zwiebeln, den Zuckerrumbau steuert, tricksen wir den Stoffwechsel des Zuckerrohrs aus“, sagt der Bayer-Forscher. Denn normalerweise produziert die Pflanze Saccharose. Dank des neu eingeschleusten Gens stellt sie um und erzeugt eine andere Zuckerart – die Kestose. Und während die Zuckerrohrpflanze ihre Speicher mit der aus Saccharose umgewandelten Kestose anreichert, bemüht sie sich, die Vorräte des „normalen Zuckers“ zu erneuern. Lohrenz: „Es ist ein bisschen so, als hätten wir dem

## Zuckerboom statt Ölkrise

*Die Entwicklung des Biosprits in Brasilien geht zurück auf die Ölkrise zu Beginn der 1970er-Jahre. Damals sattelte die brasilianische Regierung auf die zukunftsweisende Ethanolalternative um. Schon 1979 erschien das weltweit erste Fahrzeug, das mit 100 Prozent Biosprit – dem sogenannten E100 – vorwärts kam. Und bis zum Ende der 1980er-Jahre fuhr bereits ein Drittel der brasilianischen PKW-Flotte mit Ethanol. Die jüngste Einführung der Flex-Fuel-Autos führte zu einem weiteren Boom des Bioethanols. Doch steigende Produktionskosten und turbulente Wetterkapriolen stellen die Industrie vor die Herausforderung, der zunehmenden Nachfrage mit annehmbaren Preisen gerecht zu werden. Die Einführung neuer Technologien gilt für eine nachhaltige Ethanolproduktion in Brasilien als unerlässlich.*

# Vom Feld in den Tank: Biosprit aus Zuckerrohr

Bei der Produktion von Zucker entsteht zunächst zuckerhaltiger Sirup, der in der **1** Zuckerfabrik mittels **2** Fermentation direkt zu Ethanol vergoren werden kann. In der **3** Destillation schließlich wird das Bioethanol-Wasser-Gemisch von Rückständen getrennt. Da das Gemisch danach allerdings noch nicht den notwendigen Reinheitsgrad hat, wird ihm in der **4** Aufbereitung noch das Wasser entzogen. Erst der hochwertige **5** Bioethanol wird an den Tankstellen verkauft. Das Zuckerrohr liefert jedoch nicht nur Biosprit. Die Pflanzenreste, die sogenannte Bagasse, liefern Energie – und machen die Zuckerfabriken so unabhängig von fossilen Energiequellen und erlauben eine Einspeisung von Elektrizität ins Stromnetz **6**.



Zuckerrohr einen zweiten Tank eingebaut, der seine Gesamt-Speicherkapazität um bis zu 20 Prozent erhöht." Was sich so einfach anhört, beruht auf etlichen Jahren intensiver Forschungsarbeit. „Und bis die Technologie die Marktreife erreicht, wird sicher noch ein weiteres Jahrzehnt vergehen“, so Lorenz.

Denn: „Zuckerrohr ist eine Herausforderung“, sagt Dr. Ralf-Christian Schmidt, Forschungsprogrammleiter am Innovation Center von Bayer CropScience in Gent, Belgien. Die Pflanze hat zehn oder mehr Chromosomenkopien. „Das macht es uns sehr schwer, das entsprechende Gen an die eine Position zu schleusen, die zu den optimalen Pflanzeigenschaften führt. Im Vergleich zu Pflanzen wie Raps oder Mais ist die genetische Transformation bei Zuckerrohr um einiges komplexer“, so Schmidt. Und da die Vorgehensweise für jede Zuckerrohrsorte neu angepasst werden muss, haben die Forscher unbekannte Pfade eingeschlagen: vom Einbringen des neuen Gens in das pflanzliche Erbgut bis zur Auswahl der einen neuen Pflanze – dem sogenannten transgenen Event – aus Hunderten Kandidaten. Dieser kann dann für eine kommerzielle Weiterentwicklung berücksichtigt werden. „Wichtig beim Gentransfer ist, dass wir andere Teile des Erbguts nicht beschädigen. Damit vermeiden wir unerwünschte Auswirkungen auf die

agronomische Leistungsfähigkeit der Pflanze wie beispielsweise verkümmertes Wachstum“, sagt Schmidt.

## Mit zehn und mehr Chromosomenkopien ist Zuckerrohr eine Herausforderung der Natur

Finden die Forscher bei ihren Experimenten Zellen, von denen sie annehmen, dass diese das Gen an einer vorteilhaften Position des Genoms integriert haben, gehen diese Keimlinge als nächstes ins Gewächshaus. Dort wachsen die Pflänzchen dann über ein Jahr lang zu etwa drei Meter großen Stauden heran. Nur so können die Zuckerrohrexperten herausfinden, ob die veränderte Pflanze auch wirklich mehr Zucker herstellt. „Es müssen mindestens zehn Prozent mehr Zucker dabei herauskommen, damit sich der Aufwand lohnt“, sagt Burnquist. Im letzten Schritt untersuchen er und seine Kollegen, wie sich die Pflanze unter natürlichen agronomischen Bedingungen verhält: Sie bauen das Zuckerrohr in Feldversuchen an und testen dabei verschiedene Standorte mit unterschiedlichen Böden, um Biomasse und Zuckergehalt der vielversprechenden Events zu beobachten. Die Forschungsarbeiten zu diesem bemerkenswerten Zuckeranstieg



Ernte unter Kontrolle: Die modernen Zuckerrohr-Erntemaschinen in Brasilien sind GPS-gesteuert. So soll verhindert werden, dass unnötig Boden oder Erträge zerstört werden.

laufen am Innovation Center von Bayer CropScience in Gent: Die Bayer-Wissenschaftler stellen den CTC-Forschern die besten genetischen Konstrukte zur Verfügung und helfen ihnen so bei der Optimierung ihrer Analysemethoden. Schmidt: „Mit unseren Methoden lassen sich die vielversprechendsten Events in Bezug auf ihr molekulares Profil sowie ihre Zuckerzusammensetzung

auswählen.“ Ein weiterer Aspekt, an dem die Gruppe forscht, ist die Verbesserung der derzeitigen Technologie: „Durch die Veränderung oder Optimierung der Gensequenzen oder entsprechender genetischer Kontrollelemente ist ein noch höherer Zuckerertrag möglich“, sagt Schmidt.

### Zuckerrohrexperten mit weltweitem Renommee arbeiten an den neuen ertragreichen Sorten

„Unsere besten Zuckerrohrsorten werden nun bald mit der neuen Technologie ausgestattet sein“, sagt Burnquist. In den kommenden Jahren nehmen CTC- und Bayer-Forscher aber ihre neuen Zuckerrohrentwicklungen erst einmal ganz genau unter die Lupe. Es gilt, noch Fragen zu klären wie: Wie viel zusätzlicher Zucker kann erzeugt werden? Wie stabil bleibt das eingeschleuste Gen im Erbgut erhalten? Können Gefahren für Mensch oder Umwelt entstehen? Denn wie andernorts sind die gesetzlichen Vorschriften auch in Brasilien sehr streng. „Wir müssen jeden Schritt dokumentieren und jede Veränderung nachweisen“, sagt Lohrenz. Mit dem Abschluss der Arbeiten rechnen er und seine Kollegen beidseits des Ozeans in den 2020er-Jahren.



[www.research.bayer.de/zuckerrohr](http://www.research.bayer.de/zuckerrohr)  
Weitere Infos zum Thema

## „Bioenergie und Ernährungssicherheit“

„research“ sprach mit Maria Michela Morese, Geschäftsführerin der Global Bioenergy Partnership (GBEP). Die internationale Initiative verbindet Regierungen, internationale Organisationen sowie private und zivilgesellschaftliche Akteure zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung der Bioenergie.



**MARIA  
MORESE**



### Warum ist die Bioenergie ein oft kontrovers diskutiertes Thema?

Ernährungs- und Energiesicherheit gehören zu den größten Herausforderungen von Entwicklungsländern. Nachhaltige, moderne Bioenergie kann die landwirtschaftliche, soziale und wirtschaftliche Entwicklung fördern – und dabei helfen, diese Herausforderungen zu bewältigen. Trotz all dieser positiven Effekte ist uns durchaus bewusst, dass die Zusammenhänge zwischen Bioenergie und Ernährungssicherheit komplex und facettenreich sind.

### Wie passen Bioenergie und Ernährungssicherheit zusammen?

Investitionen und Verbesserungen der landwirtschaftlichen Systeme könnten zu einer erhöhten Produktion von Lebensmitteln, Futtermitteln, Fasern und Rohstoffen für Bioenergie beitragen. Dies fördert wiederum die ländliche Entwicklung und verbessert den Wohlstand der einzelnen Haushalte. Zugleich kann Bioenergie aber natürlich auch die Nachfrage für bestimmte landwirtschaftliche Erzeugnisse

erhöhen, was wiederum die Preise steigen lässt. Darüber hinaus sind viele Rohstoffe, die für die Produktion von Bioenergie wichtig sind – wie Land, Wasser und Düngemittel –, auch für die Produktion von Lebens- und Futtermitteln erforderlich. Deshalb sollten Bioenergieprojekte aus unserer Sicht immer auf eine rationale und gut durchdachte Weise entwickelt werden.

### Welchen Beitrag leistet die Arbeit der GBEP zu diesem Thema?

Die GBEP hat 24 Indikatoren für Bioenergie entwickelt, die vielen Ländern helfen können, nachhaltige Produktion und Nutzung der Bioenergie zu entfalten. Die Indikatoren geben an, welche Auswirkungen die Bereitstellung und Verwendung der Bioenergie auf die Ernährungs- und Energiesicherheit hat. Die GBEP-Indikatoren befinden sich schon in mehreren Ländern in der Umsetzung. Um ihre Wirksamkeit zu erhöhen und um zur besseren Entscheidungsfindung beizutragen, werden sie so auf ihre Praxistauglichkeit untersucht und bewertet.