

# Landwirtschaft: Mehr Effizienz auf dem Acker

**Der Blick ins Pflanzengenom und die Nutzung biotechnologischer Verfahren liefern die Basis dafür, dass Landwirte und Züchter von heute effizienter arbeiten können. Im Mittelpunkt stehen hierbei vor allem Möglichkeiten, bei Pflanzen die Widerstandskraft gegen extreme klimatische Bedingungen zu stärken und den Ertrag zu erhöhen.**

Wer im Supermarkt nach Gemüse oder Obst greift, geht vor allem nach äußeren Merkmalen. Äpfel, Tomaten oder Kartoffeln sollen aber nicht nur lecker aussehen, sondern auch gut schmecken. Für den Landwirt sind diese Produkte die Grundlage seiner wirtschaftlichen Existenz. Aus seiner Sicht sind Pflanzen vor allem Hersteller von Rohstoffen, die mit möglichst robusten Eigenschaften ausgestattet sein sollten, damit sie am Ende die erwarteten Erträge liefern. Demnach müsste die perfekte Nutzpflanze mit wenig Wasser auskommen, kalten und warmen Temperaturen ohne Ertragsverlust standhalten, sich selbständig gegen gefährliche Schädlinge wehren, ohne mit chemischen Pflanzenschutzmitteln behandelt zu werden und im Zweifel auch salzige Böden überleben. Die Realität sieht jedoch anders aus. Wie wir Menschen auch reagieren Pflanzen auf all diese



Reagiert auf Kälte mit Stress: Der aus Mexiko stammende Mais.

Umweltbedingungen natürlicherweise mit Stress. Dieser Stress ist Teil eines normalen Abwehrprogramms und dient im Grunde dem Selbstschutz. Pflanzen können sich schließlich nicht vom Fleck bewegen und müssen sich notgedrungen ihrer Umgebung anpassen, wenn sie überleben wollen. Diese Anpassung äußert sich auf ganz unterschiedliche Art und Weise: Die Zellen verändern u. a. die Zusammensetzung ihrer Zellwände und damit ihre Durchlässigkeit für überlebenswichtige Moleküle. Die Pflanze kann sich aber auch mit der Produktion von Entgiftungsstoffen vor schädlichen Einflüssen schützen. Mitunter sondern sie auch spezielle Duftstoffe ab, um damit wiederum die Feinde ihrer Feinde anzulocken oder andere Pflanzen zu „warnen“. Was für die Pflanze ein nützliches Schutzprogramm ist, bedeutet für den Landwirt jedoch meist Ertragsverlust, den es aus seiner Sicht möglichst gering zu halten gilt. Denn oft gehen diese Abwehrmechanismen mit verringertem Wachstum, verschobenem Blühzeitpunkt oder ähnlichen Eigenschaften einher, die den Ertrag der Ernte senken. Auf dem Acker haben daher Elite-Zuchtpflanzen oberste Priorität, die angepasst an die jeweiligen Anbau- und Klimaverhältnisse ganz spezielle Eigenschaften aufweisen. Die Zielsetzungen der Züchter haben sich dabei in den vergangenen Jahren immer wieder verändert und gewinnen durch neueste Erkenntnisse in der Pflanzengenomforschung ganz neue Dimensionen. Was mit den Verfahren der klassischen Züchtung bislang zu aufwendig und teuer war, ist heute machbar. Darüber hinaus erzwingen heutzutage etwa durch den Klimawandel bedingte extreme Witterungsverhältnisse sowie der stetig steigende Nahrungsbedarf einer wachsenden Weltbevölkerung die Entwicklung neuer Sorten. Die Stärkung von Pflanzen gegen abiotischen Stress – also klimabedingter Faktoren – steht deshalb inzwischen ganz oben auf der Tagesordnung der Züchter.

## Suche nach Kältegenen im Mais

Beispiel Temperatur: Bei einem an Wärme gewöhnten Gewächs wie Mais, der ursprünglich aus Mexiko stammt, gerät das Energiesystem schon bei zwölf Grad Celsius aus dem Rhythmus. In Nordeuropa sind solche Temperaturen nach der Aussaat nicht selten und führen daher regelmäßig zu Ernteaussfällen. Nun ist auch dem ambitioniertesten Züchter klar, dass aus dieser lateinamerikanischen Pflanze kein Hochalpengewächs wird. Doch lässt sich die Fitness steigern, wie in den Anden zu beobachten ist: Dort gibt es Maissorten, die auch in über 3.000 Meter Höhe angebaut werden – offenbar kann der prinzipiell wärmeliebende Mais also auf natürliche Weise durch seine Sortenvielfalt mit Kälte umgehen. Dies war der Ausgangspunkt für ein Forschungsprojekt unter dem Dach des vom BMBF bereits Ende der 90er Jahre gestarteten Förderprogramms „Genomanalyse im biologischen System Pflanze“ (GABI). Im Jahr 2004 hat sich

ein Team von Wissenschaftlern der Universitäten Hohenheim und Düsseldorf sowie des Max-Planck-Instituts für molekulare Physiologie in Golm gemeinsam mit der in Niedersachsen ansässigen KWS Saat AG zum Ziel gesetzt, dem in hiesigen Breitengraden großflächig angebauten Mais eine größere Fitness für kühlere Tage zu verleihen. Die enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft geschieht nicht ohne Grund, denn der erste Schritt zu einer neuen Sorte ist stets mit erheblicher Grundlagenforschung verbunden. Zunächst muss Klarheit darüber herrschen, von welchen Abschnitten im Genom der Umgang mit Kälte eigentlich reguliert wird. Dem Forscherteam war dabei bewusst, dass es sich bei einer komplexen Eigenschaft wie Kältetoleranz nicht um einzelne überschaubare Gene handeln würde, sondern um ein ganzes Netzwerk an relevanten Genregionen. Diesem Zusammenspiel auf die Spur zu kommen, war das Ziel des als GABI-COOL bezeichneten Projekts. 2007 haben die Forscher erste Ergebnisse auf den Tisch gelegt. Sie konnten sogenannte *quantitative trait loci* (QTL) für

Kältetoleranz beim Mais kartieren – also Abschnitte im Erbgut, in denen besonders viele relevante Gene für dieses Merkmal liegen. Gefunden haben die Wissenschaftler diese Abschnitte durch die Kombination von klassischen Züchtungsmethoden mit molekularbiologischen Verfahren wie z. B. der *Genexpressionsanalyse*. Als Basis hierzu dienten zwei Maislinien, die ganz unterschiedlich mit Kälte umgehen. Diese wurden nun auf der einen Seite hinsichtlich sichtbarer – also *phänotypischer* – Merkmale untersucht. Auf diesem Weg haben die Forscher versucht, durch äußere Eigenschaften auf wertvolle Gene zu stoßen und diese als QTL zu kartieren. Diese Daten wurden auf der anderen Seite mit molekularbiologischen Analysen verglichen, bei denen die Aktivitäten der Gene beider Maislinien bei kalten und warmen Witterungsverhältnissen beobachtet und ausgewertet wurden. Auf diese Weise haben die Forscher phänotypische und *genotypische* Merkmale miteinander abgeglichen. Stück für Stück konnten die Wissenschaftler dadurch den Kreis an verdächtigen und besonders in Frage kommenden Regionen im

### Dem Weizen das Single-Dasein abgewöhnen

Um Pflanzen mit neuen Eigenschaften zu erzeugen, nutzen Landwirte schon seit Jahrzehnten die *Hybridzucht*. Hierunter wird die Kreuzung von genetisch unterschiedlichen Pflanzenlinien verstanden – entweder der gleichen oder einer anderen Art. Dies führt in der Regel zum sogenannten *Heterosis-Effekt*, also verbesserten Eigenschaften wie optimiertem Wuchs, erhöhte Fruchtausbeute oder Stresstoleranz.

Mit Hybridansätzen konnte der Ertrag bei Mais, Raps und Roggen bereits deutlich erhöht werden, allerdings gilt es stets, eine Selbstbefruchtung der Pflanzen zu verhindern. Ein natürlicher Selbstbestäuber wie Weizen stellt die Züchter nun vor ein Problem: Hier erfolgt die Selbstbefruchtung schon vor Öffnung der Blüten. Eine Kastration auf mechanischem Wege, etwa durch die Entfernung der Fortpflanzungsorgane, fällt aus wirtschaftlichen Gründen aber aus. Um dem Weizen dennoch sein Single-Dasein abzugewöhnen, wurden stattdessen diverse chemische und genetische Ansätze der Sterilisation verfolgt, aber sie funktionieren entweder nur unzureichend oder beruhen auf dem Einsatz giftiger Reagenzien. Unter dem Dach des GABI-FUTURE-Projektes „HYBWHEAT“ haben sich Wissenschaftler des IPK in Gatersleben nun gemeinsam mit der Nordsaat GmbH in Böhnshausen zum Ziel gesetzt, die chemische Kastration des Weizens durch einen gentechnologischen Ansatz zu ersetzen.

Der Weg zu einem pollensterilen Weizen verläuft dabei in mehreren Schritten, bei dem die Pflanze am Ende zwei Fragmente eines Fremdgens aufweist, die durch eine molekularbiologische Kopplung zusammen für die Sterilität des



*Weizen ist normalerweise ein Selbstbestäuber.*

Pollens sorgen. Dieses Vorgehen hat einen großen Vorteil: Wird eine derart veränderte Pflanze gekreuzt, erben die ertragreichen Nachkommen jeweils nur eines der beiden Genfragmente, also eine Art halbes Fremdgen. Damit bleiben die Nachkommen weiterhin fruchtbar.

Das bedeutet, die Forscher schlagen zwei Fliegen mit einer Klappe: Die Nachkommen sind fruchtbar und die Ausbreitung eines funktionsfähigen Fremdgens ist per se ausgeschlossen. Für dieses System soll nun ein *Proof of concept* im Labormaßstab etabliert werden.

#### *Projekt im BMBF-Programm GABI-FUTURE:*

*„HYBWHEAT: Die Etablierung eines neuartigen transgenen Systems zur Erzeugung von Hybridweizensaatgut“*

*Partner: Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) Gatersleben; Nordsaat GmbH Böhnshausen*

Erbgut auf zwei offenbar besonders bedeutende Abschnitte eingengen, die nun tiefer auf einzelne wichtige Gene hin untersucht werden müssen.

### Pflanzen mit erhöhter Fitness für Dürrezeiten

Beispiel Trockenheit: Wasser ist mitunter ein knappes Gut, doch ohne ausreichend Wasser kommt keine Landwirtschaft aus. Auf Niederschläge allein können sich Landwirte dabei angesichts des Klimawandels nicht immer verlassen. Zudem ist künftig mit noch größeren Schwankungen und Unsicherheiten zu rechnen, so dass auch bestimmte Gebiete in Deutschland, etwa am Oberrhein oder an der Oder, mit immer geringeren Niederschlagsmengen und steigenden Temperaturen umgehen müssen. Solche Bedingungen stellen Landwirte vor große Herausforderungen, bei denen veränderte Bewässerungsstrategien nur eine kurzfristige Lösung sein können.

Wissenschaft und Wirtschaft versuchen nun, diesem Problem mit der Entwicklung trockenoleranter Sorten zu begegnen. Ähnlich wie Kältetoleranz ist eine Widerstandsfähigkeit gegenüber Dürrezeiten aber ein ziemlich komplexes Problem: Zeitpunkt, Dauer und Intensität der Trockenheit spielen eine

ebenso große Rolle wie der Wasserhaushalt des Bodens, Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Windgeschwindigkeit. Um damit umgehen zu können, brauchen Pflanzen zum einen ein gutes Wasseraufnahmevermögen: Das wenige vorhandene Wasser sollte von der Pflanze möglichst reichlich gebunden werden. Zum anderen ist der Faktor Wassernutzungseffizienz von hoher Bedeutung: Das erhaltene Wasser muss so effektiv wie möglich weiterverarbeitet werden. Jede Pflanzenart geht damit natürlicherweise anders um. Wasserbedürftige Arten wie Reis, die quasi im Wasser stehen müssen, um zu gedeihen, haben andere Ansprüche als eine Kartoffel- oder Tomatenpflanze. Um zu verstehen, wie die Pflanzen in Trockenperioden auf genetischer Ebene reguliert werden, verfolgt die Forschung zwei Strategien. Zum einen werden generell trockenheitsunempfindliche Arten wie etwa Kakteen molekularbiologisch untersucht, um artunabhängig nach bedeutenden Kandidatengenen für Trockentoleranz zu suchen, die sich für eine spätere Züchtung nutzen lassen. Auf der anderen Seite stützen sich Wissenschaftler und Saatgutfirmen auf jene Wildtypen der entsprechenden zu bearbeitenden Kulturart, die sich natürlicherweise als robust gegenüber Dürreperioden erweisen. Die Molekularbiologie hilft, bei der Suche nach relevanten Genen Zeit und Kosten zu

### Kampf gegen Pilzkrankungen im Weinbau: Dilemma mit neuen Sorten

Zu den größten Problemen im Weinbau gehören Pilz- und Viruserkrankungen, die die Winzer selbst mit Pflanzenschutzmitteln nur schwer in den Griff bekommen. Nur fünf Prozent der landwirtschaftlichen Kulturfläche in Europa sind mit Reben bepflanzt, aber im Weinbau werden siebzig Prozent der Fungizide – organische Präparate, Schwefel und Kupfer – eingesetzt. Mit der Züchtung neuer Sorten können Weinbauern dieses Problem nicht angehen, denn neue Sorten können dem Verbraucher nur schwer vermittelt werden, wie das Beispiel Regent zeigt. Diese Rotweinsorte ist in jahrzehntelanger klassischer Züchtungsarbeit entstanden, wobei pilzresistente



Die moderne Forschung und Nutzung biotechnologischer Verfahren stecken beim Wein noch in den Kinderschuhen.

amerikanische Rebsorten mit qualitativ hochwertigen europäischen Sorten gekreuzt wurden. Seit 1997 ist Regent nun auf dem Markt, fristet aber trotz hoher Qualität immer noch ein Nischendasein. Der langwierigen und kostenintensiven klassischen Züchtung sind also aus wirtschaftlicher Sicht die Hände gebunden. Ein Ausweg aus diesem Dilemma könnte die Pflanzenbiotechnologie bieten. Denn wenn ein Gen für eine Pilzresistenz in eine Sorte wie Riesling eingebracht wird, ist es danach immer noch ein Riesling. Die Forschung an solchen Verfahren steckt jedoch noch in den Kinderschuhen, die meisten Unternehmen wagen sich angesichts der Verbraucherskepsis noch nicht in dieses Gebiet vor. Dabei konnte in einem vom BMBF geförderten Projekt zur Sicherheitsforschung festgestellt werden, dass gentechnisch veränderte pilzresistente Weinreben keine negativen Effekte auf die Umwelt haben. Experten gehen jedoch davon aus, dass zunächst Ansätze zur Unterlagenzüchtung umgesetzt werden, die mittels gentechnischer Verfahren resistent gegen Viren gemacht werden. Auf diese Weise wären die Trauben selbst unbehandelt, aber die Gefahr von Infektionen reduziert.

Auf diesem Gebiet tätige Forschungseinrichtungen in Deutschland: AlPlanta Institut für Züchtungsforschung in Neustadt; Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz; Institut für Rebenzüchtung in Geilweilerhof  
Mehr Informationen zum Thema: [www.biosicherheit.de](http://www.biosicherheit.de)



sparen und ist zudem ein nützliches Werkzeug des klassischen Kreuzens und Rückkreuzens zur Entwicklung neuer Sorten. Ist ein besonders wertvolles Merkmal gefunden, können anhand von speziellen Genmarkern entsprechende Nachkommen zielgerichtet entwickelt und weiter untersucht werden. Dies beschleunigt den sonst über Jahre dauernden Prozess erheblich, da der Anbau von Nachkommenpflanzen deutlich reduziert werden kann. Auf diese Weise entwickelte trocken-tolerante Sorten befinden sich inzwischen weltweit in der Pipeline aller großen Saatgutkonzerne und werden in drei bis sieben Jahren auf dem Markt erwartet. So wurde beispielsweise in den USA eine Maissorte entwickelt, die trotz Wassermangels eine Ertragssteigerung von 50 Prozent aufweist. Auch ein trocken-toleranter Weizen, der 10 Prozent mehr Ertrag liefert (Australien) und eine Kichererbse, die schneller reift und somit vor Trockenperioden geerntet werden kann (Indien), wurden gezüchtet. Auch für deutsche Unternehmen ist Trockenheit ein wichtiges Thema: BASF arbeitet seit März 2007 unter anderem genau an diesem Thema mit dem US-Agrarunternehmen Monsanto zusammen. Aber auch im GABI-Programm haben ertragssteigernde Eigenschaften wie der geringere Bedarf an Wasser und Dünger eine hohe Relevanz: So werden etwa im Projekt GABI-IMPROVE Strategien zur Entwicklung von Nutzpflanzen gesucht, mit der sich unter anderem der Bedarf an Wasser und Dünger bei Raps und Reis signifikant reduzieren lässt. Dabei setzen die Wissenschaftler unter Koordination der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen, u. a. in Zusammenarbeit mit der Bayer CropScience AG, auf einen Ansatz, die sogenannte Photorespiration zu reduzieren. Diese energieverbrauchende Reaktion bedeutet wörtlich übersetzt „Lichtatmung“, mit der sich Pflanzen vor allem bei hohen Temperaturen vor speziellen Schädigungen schützen. In ersten Untersuchungen konnten die Forscher bereits zeigen, dass eine Reduktion dieses Vorgangs durch die Aktivierung eines speziellen Enzyms bei den Pflanzen zu verbesserten Erträgen führt.

### Ertrag von Pflanzen steigern

Die erhöhte Robustheit einer Pflanze gegenüber klimatischen Umweltbedingungen ist allerdings nur eine Art und Weise, der Pflanze zu mehr Ertrag und Qualität zu verhelfen. Dank der immer besseren Kenntnis der Genome von Nutzpflanzen streben Züchter auch danach, andere ertragsrelevante Merkmale wie etwa Blüh- und Reifezeitpunkt, Wuchshöhe oder Fruchtqualität gezielt zu verbessern. Im Fokus der deutschen Forscher stehen hier insbesondere Getreidearten wie Weizen, Roggen und Gerste. Diese Pflanzen bilden nicht nur die Grundlage für die Nahrungsproduktion für große Teile der Welt, sondern rücken auch hinsichtlich ihrer Nutzung als Energiepflanze zunehmend in den Fokus der Landwirtschaft. Eine ganze Reihe von GABI-Projekten beschäftigt sich deshalb mit der Suche nach möglichen Kandidatengenen, die sich als Basis einer Ertragsverbesserung nutzen lassen. Ein Großteil der Forschungsarbeiten betrifft auch hier die Kartierung der Genome, die Lokalisierung potenziell relevanter Genregionen und die Speicherung dieser

### Zukunftsvision: Anspruchslöse Zierpflanzen

Balkonpflanzen, die längere Perioden ohne Gießen auskommen, oder solche, die auch bei plötzlichem Frost nicht gleich eingehen, sind derzeit noch fern der Realität. Ein kleiner Kreis an Firmen beschäftigt sich jedoch inzwischen mit biotechnologischen Ansätzen, solche trocken- und kälteresistenten Zierpflanzen zu entwickeln. Darüber hinaus könnten mittels Gentransfer Züchterträume wie blaue Nelken oder blaue Rosen verwirklicht werden, die sich mit klassischen Methoden nicht erzeugen lassen.



Daten in für Züchter zugänglichen Datenbanken. So konnten in großangelegten Gen-Screenings bereits die genetischen Grundlagen für Ährenschieben, Tausendkorngewicht, Pflanzenhöhe, Rohprotein- und Stärkegehalt hunderter Sorten aufgedeckt und zwischen verschiedenen Getreidearten verglichen werden.

Auf der anderen Seite führen die Forscher aber auch gezielte Analysen einzelner Eigenschaften wie der genetischen Regulierung der Stoffwechselprozesse bei der Entwicklung des Gerstenkorns durch. In welchen Dimensionen solche Untersuchungen ablaufen, zeigt ein Blick auf die Zahlen: So wurden im GABI-SEED-Projekt in einer ersten Beobachtungsrunde über 1.300 signifikante Genregionen (QTLs) bei der Gerstenkornentwicklung identifiziert, von denen 700 in einem zweiten Schritt bestätigt wurden. Die Analyse von löslichen Eiweißen aus dem reifen Korn lieferte zudem mehr als 1.500 unterschiedliche Eiweiße. Ein anderes Projekt (GABI-WHEAT) hat sich wiederum zum Ziel gesetzt, züchterisch interessante Gene in Weizen-Wildtypen zu identifizieren und diese für die Einkreuzung in deutsche Elite-Weizensorten zu nutzen.

### Widerstandskraft gegen Krankheiten erhöhen

Beispiel Krankheiten: Hinter so klangvollen Namen wie *Phytophthora infestans*, *Uncinula necator*, *Plasmopara viticola* oder *Venturia inaequalis* verbergen sich Pilze, die für Pflanzen ziemlich gefährlich werden können. So ist allein *Phytophthora*, der Erreger der Kraut- und Knollenfäule bei Kartoffeln, weltweit für Ernteeinbußen von etwa 20 Prozent verantwortlich. Der

kleine Schadpilz ist so flexibel, dass er bislang noch jede gegen ihn gerichtete Bekämpfungsstrategie überlebt und mit neuen, entsprechend angepassten Formen in relativ kurzer Zeit beantwortet hat. Die klassische Züchtung ist dem Krankheits-erreger stets hintergeht: Keine der über jahrzehntelanges Einkreuzen entwickelten resistenten Sorten hat dauerhaften Erfolg gebracht, weil der Erreger diese Barriere immer wieder durchbrechen konnte. Den Landwirten bleiben bislang vor allem chemische Bekämpfungsmittel, um die Pilzkrankheit in Schach zu halten.

Pflanzenbiotechnologen am Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung in Köln haben nun ein Verfahren entwickelt, das den natürlichen Abwehrmechanismus der Kartoffeln gegen den Pilz unterstützt. Die Pflanze bildet nämlich rund um den Infektionsherd einen Schutzwall aus abgestorbenen Pflanzenzellen, der den Pilz daran hindern soll, weiter vorzudringen. Diese so genannte hypersensitive Reaktion ist aber meistens nicht ausreichend, um die Pflanze effektiv zu schützen. Aus diesem Grund haben die Forscher das natürliche Abwehrsystem mit einem Fremdgen aufgerüstet: Es stammt aus dem Bodenbakterium *Bacillus amyloliquifaciens*, das ein für den Pilz giftiges Enzym (Barnase) produziert. Damit dieses Enzym allerdings nur bei einem Pilzangriff gebildet wird und auch nur dort, wo der Infektionsherd auftritt, haben die

Forscher einen Trick angewandt und das fremde Gen mit der regulatorischen Sequenz eines pflanzeigenen Abwehrgens ausgestattet. Wird die Pflanze nun vom Pilz befallen, so sorgt dieser molekulare Schalter dafür, dass das fremde Gen zur Enzymproduktion am Ort des Geschehens aktiviert wird. Diese gentechnische Stärkung der Widerstandskraft der Kartoffel hat sich in ersten Testversuchen als möglicher Weg herausgestellt, mit *Phytophthora* umzugehen.

Es gibt aber auch andere Ansätze. Der Ausgangspunkt hierfür war die Entdeckung zweier bedeutender Resistenzgene in der wilden, in Mexiko vorkommenden Kartoffelart *Solanum bulbocastanum*, die von US-Wissenschaftlern der Universität Wisconsin aufgespürt und mithilfe molekularbiologischer Verfahren isoliert wurde. Da diese wilde Art jedoch mit heutigen Kulturkartoffeln nicht kreuzbar ist, bot die Gentechnik den einzig möglichen Ansatz, die zwei Gene in heutige Linien zu übertragen. Diese Sorte befindet sich beim deutschen Großunternehmen BASF nun im Testprozess: Nach erfolgreichen Gewächshausversuchen wird sie seit 2006 in Schweden, den Niederlanden, Großbritannien, Irland und Deutschland auch im Freiland auf Effizienz und Sicherheit geprüft. Sollte sich die Kartoffel tatsächlich bewähren, ist nach Abschluss der Freisetzungversuche eine Markteinführung geplant.

### Sicherheit geht vor: Neue gentechnisch veränderte Sorten auf dem Prüfstand

Wenn ein Agrarunternehmen eine neue gentechnisch veränderte Pflanze als Futter- oder Lebensmittel auf den Markt bringen will, braucht es dafür zwei Zulassungen: eine Genehmigung des Inverkehrbringens nach der EU-Freisetzung-Richtlinie 2001/18 (Schwerpunkt: Umweltverträglichkeitsprüfung) und eine Genehmigung nach der EU-Verordnung für gv-Lebens- und Futtermittel (1829/2003) (Schwerpunkt: gesundheitliche Unbedenklichkeit für Mensch und Tier). Ohne diese Zulassungen darf kein Produkt auf den Markt gebracht werden. Die Prüfung eines Antrags erfolgt bei der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA), die im italienischen Parma angesiedelt ist. Dort erarbeitet ein für Gentech-



Gentechnisch veränderter Mais wurde 2007 in Deutschland auf einer Fläche von mehr als 2.000 Hektar angebaut.

nik zuständiges Gremium (GMO Panel) ein wissenschaftliches Gutachten auf der Basis der vom Unternehmen eingereichten Daten. Als Vergleichsmaßstab dient dabei stets das vergleichbare konventionelle Produkt. Die Sicherheitsbewertung erfolgt hinsichtlich des neu eingeführten Genprodukts und seinen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sowie auf Tiere und andere Pflanzen. Darüber hinaus werden die Folgen von Wechselwirkungen des neuen Genprodukts mit anderen Genprodukten der Pflanze betrachtet. Für all diese Effekte muss der Antragsteller Studien vorlegen. Aber auch in der Wissenschaft werden schon frühzeitig in der Entwicklung neuer transgener Ansätze begleitende Sicherheitsforschungsprojekte durchgeführt. Allein in Deutschland laufen derzeit 24 Projekte unter dem Dach des aktuellen BMBF-Programms „Biologische Sicherheitsforschung“. Eines der am meisten untersuchten Objekte ist der in der Öffentlichkeit stark diskutierte Bt-Mais, der ein Gen des Bakteriums *Bacillus thuringiensis* enthält. Seit 1999 wurden dazu 34 Projekte durchgeführt, die sich mit Auswirkungen von Bt-Mais auf sogenannte „Nicht-Zielorganismen“ beschäftigt haben.

Ausführliche Informationen über Ergebnisse aus der biologischen Sicherheitsforschung: [www.biosicherheit.de](http://www.biosicherheit.de)