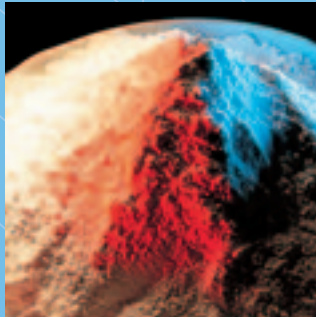
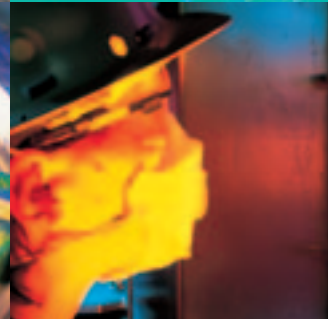
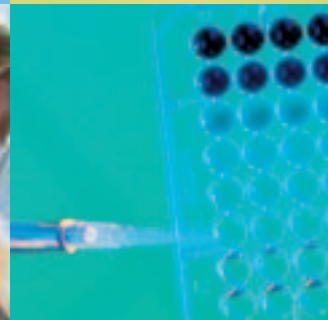
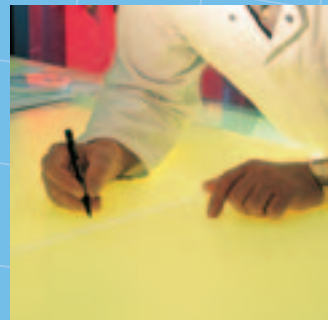




Forschung aktuell

Ein Service der Bayer AG für die Unterrichtsgestaltung



Ein Service für den Unterricht

„Forschung aktuell“ ist ein Service der Bayer AG für den naturwissenschaftlichen Unterricht und die Ausbildung.

Dieses Material soll es Lehrern und Dozenten erleichtern, zusätzlich zu den Themen in den Schulbüchern auch aktuelle Forschungsarbeiten aus Physik, Chemie, Umwelt- und Biowissenschaften im Unterricht aufzugreifen. Wir hoffen, dass wir damit dazu beitragen, die Faszination und die Bedeutung moderner Forschung für das tägliche Leben zu vermitteln und so die Schüler für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu motivieren.

Die Bayer AG ist ein forschungsorientierter, international agierender Konzern – mit einem breiten Spektrum von Produkten und Leistungen von Arznei- und Pflanzenschutzmitteln bis zu Polymeren. In „Forschung aktuell“ werden die Themen allgemein verständlich und fächerübergreifend dargestellt.

Die Materialien lassen sich in verschiedenen Unterrichtsfächern einsetzen. Alle Arbeitsblätter und Folien sind didaktisch aufeinander abgestimmt. Die Entwicklung wurde von Fachpädagogen begleitet. Das vorliegende Material soll Lehrer bei der Vorbereitung und bei der Gestaltung einer Unterrichtseinheit unterstützen. Anhand von konkreten, die Schüler motivierenden und leicht fassbaren Beispielen erklären die Arbeitsblätter und Folien einzelne Gesichtspunkte neuer Entwicklungen aus der Forschung, setzen sie in den Kontext der naturwissenschaftlichen Bildung und machen so für die Schüler die praktische Umsetzung von theoretischem Wissen in Forschungsergebnisse anschaulich und nachvollziehbar. Das Thema ist dem Bayer-Forschungsmagazin „research“ entnommen. Texte, Grafiken und Fakten wurden speziell für die Verwendung im Unterricht unter pädagogischen Gesichtspunkten überarbeitet.

Seit 16 Jahren stellt das Unternehmen seine Forschung im jährlich erscheinenden Magazin „research“ einer breiten Öffentlichkeit vor: Es richtet sich an naturwissenschaftlich orientierte Schüler, Lehrer und Studenten, aber auch an Wissenschaftler, Hochschullehrer und Kunden des Unternehmens. Das rund 100-seitige Magazin erscheint in einer Auflage von 300.000 Exemplaren auf Deutsch, Englisch und Spanisch.

Weitere Exemplare können Sie bestellen bei:

Bayer AG
Konzernkommunikation
Geb. W11
Ute Bode
51368 Leverkusen

Inhalt

Pflanzenschutz: Gentechnik erhöht Ernteertrag

Arbeitsblätter

- Die Weltbevölkerung wächst und muss ernährt werden
- Weniger Stress für den Reis
- Leben unter Stress
- Gentechnik im Pflanzenschutz – wofür?

Folien

- Intakter Lebensrhythmus
- Stress contra Lebenskraft
- Biotechnologie schafft Kraft

Gentechnik erhöht Ernteertrag bei Nutzpflanzen

Die Weltbevölkerung wächst und muss ernährt werden



Karges Land:
Vor allem in Entwicklungsländern sind die landwirtschaftlichen Anbaubedingungen sehr ungünstig.

Der jüngste Jahresbericht der Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen FAO zeichnet erneut ein düsteres Bild: Trotz erheblicher Anstrengungen leiden noch heute weltweit mehr als 840 Millionen Menschen an Hunger und Unterernährung.

Eine Lösung ist bisher nicht in Sicht. Denn in vielen bevölkerungsreichen Gebieten der Erde sind die Rahmenbedingungen für den Anbau von Weizen, Mais und Reis – den wichtigsten Nahrungsmitteln der Menschheit – äußerst schlecht. Trockenheit, Unwetter, starke Hitze und versalzten Böden bringen Bauern in Asien, Afrika und Südamerika immer wieder um große Teile ihrer Ernte. Selbst bei bester Pflege ihrer Felder verlieren sie regelmäßig 30 bis 70 Prozent ihrer Ernte. Jedes Jahr entstehen so landwirtschaftliche Schäden in Milliardenhöhe. Die Verluste treffen vor allem die Ärmsten der Armen: 96 Prozent der Hungernden der Welt leben in den Entwicklungsländern und hängen existenziell von Ackerbau und Viehzucht ab.

Und das Problem wird sich noch zuspitzen. In den nächsten 30 Jahren wird die Agrarindustrie nach Schätzungen der FAO rund zwei Milliarden mehr Menschen zu ernähren haben als heute – einen Großteil davon in Ländern wie Indien und China, die aufgrund ihrer tropischen und subtropischen Lage teilweise ariden Klimabedingungen ausgesetzt sind.

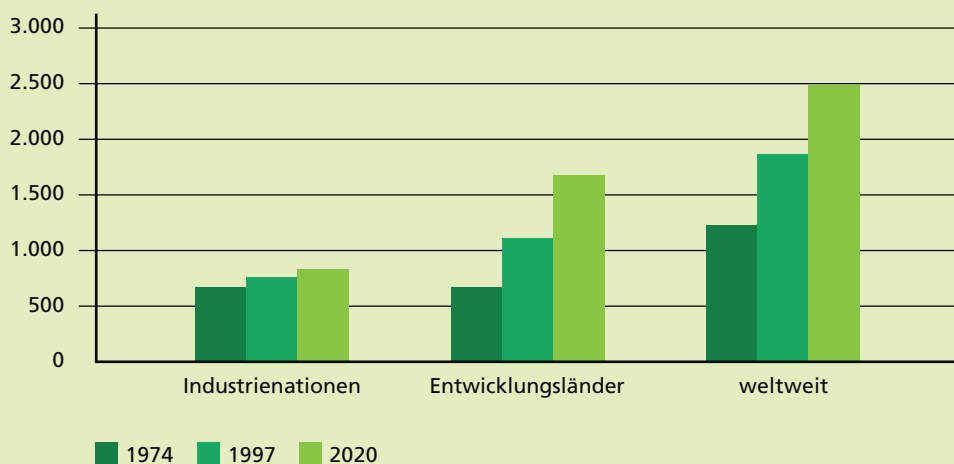
Noch ist unklar, wie der wachsende Bedarf gedeckt werden soll. Denn die Anbauflächen lassen sich kaum noch ausdehnen. Schon jetzt ist in manchen Teilen Asiens der letzte irgendwie nutzbare Berg terrassiert. Auch in vielen Regionen Afrikas ist eine Ausweitung der Nutzflächen kaum möglich. Sei es, weil die Böden dafür gar nicht geeignet sind. Oder aber, weil man dadurch Landschaft unwiederbringlich zerstört und auf Dauer der Verwüstung preisgeben würde.

Eine nennenswerte Steigerung der Nahrungsproduktion, darin sind sich viele Experten einig, wird daher nur über eine Erhöhung der Produktivität von Nutzpflanzen möglich sein.

Hungrige Menschheit

Die Weltbevölkerung wächst rasant – und mit ihr die Nachfrage nach Getreide, dem wichtigsten Nahrungsmittel der Menschheit. Allein bis 2020, so schätzen Experten, werden jährlich 700 Millionen Tonnen mehr Mais, Weizen und Reis benötigt als etwa noch vor sieben Jahren.

Nachfrage an Getreide
in Millionen Tonnen



Gentechnik erhöht Ernteertrag bei Nutzpflanzen

Weniger Stress für den Reis



Ausgereizt:
In manchen asiatischen
Ländern wie Indonesien
ist heute schon jeder
nutzbare Berg mit
Reisterrassen versehen.

Immer deutlicher zeichnet sich ab, dass sich die Nahrungsmittelproduktion mit herkömmlicher Züchtung allein nicht ausreichend steigern lässt. Forscher versuchen daher mit Hilfe der Gentechnik, einen Ausweg aus der Ernährungskrise zu finden.

Zwar konnten Saatguthersteller in den vergangenen 50 Jahren durch vielfache Kreuzung und zeitaufwändige Auswahl neuer Sorten die Leistungsfähigkeit von Mais-, Gersten- und Reispflanzen zum Teil beträchtlich erhöhen. Doch die Kluft zwischen potenzieller und tatsächlicher Produktivität von Nutzpflanzen ist so groß wie eh und je. 30 bis 70 Prozent der Optimalernte büßen Bauern nach wie vor dadurch ein, dass die Pflanzen in sensiblen Wachstumsphasen wie der Keimung, der Pollenbildung oder Fruchtreifung durch Nachtfrost, Hitze oder Trockenheit Stress erleiden und dadurch massiv Energie verlieren.

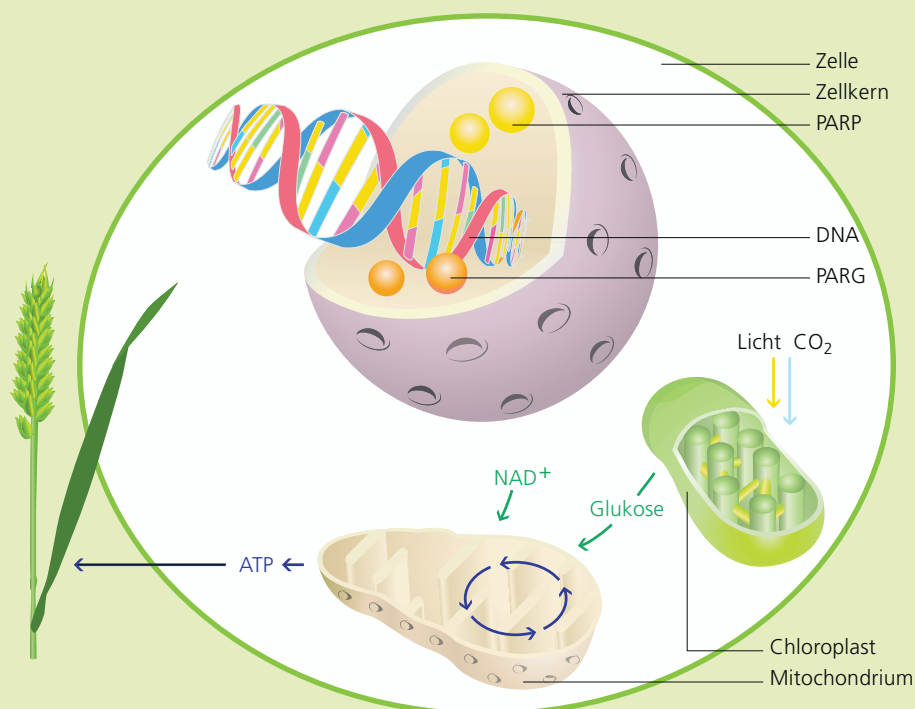
Wie eine Pflanze auf nichtbiologische Stressfaktoren reagiert, hängt vom Zusammenspiel mehrerer Gene ab, insbesondere solche, die den Energieverbrauch und die Photosynthese-Prozesse steuern. Mit klassischer Züchtung aber ist es nahezu unmöglich, Organismen zu erhalten, in denen die optimalen Varianten mehrerer Gene vereint sind. Denn bei jedem Kreuzungsschritt kommt es zu einer Vermischung von Erbgut, sodass immer auch einige erwünschte Eigenschaften verloren gehen.

Viel präziser lässt sich Erzeugung stresstoleranter Pflanzen mit der Gentechnik erreichen, mit der Forscher gezielt DNA-Stücke in das Erbgut von Pflanzen schleusen können. In der Tat ist es Wissenschaftlern kürzlich auf diese Weise gelungen, beispielsweise Reispflanzen deutlich toleranter gegenüber einer ganzen Reihe klimatischer Stressfaktoren zu machen. Erstmals wurde es dadurch möglich, Pflanzen vor einem fatalen Prozess zu schützen, den sie bei zu starker Hitze, Kälte, Trockenheit oder zu großer Sonneneinstrahlung selbst in Gang setzen und der häufig zum Kamikaze-Kommando wird: Wann immer eine Pflanze übermäßigen Belastungen ausgesetzt ist, erhöht sie ihren Energieverbrauch so stark, dass sie am Ende das Energietransportmolekül ATP nicht mehr bilden kann – jenen universellen „Treibstoff“, den alle Zellen zum Leben dringend benötigen. Am Ende geht der Pflanze auf diese Weise regelrecht die „Puste“ aus: Sie kann manche Gewebe nicht mehr richtig mit Energie versorgen. Nach und nach sterben einzelne Zellen, Blätter oder gar die ganze Pflanze ab.

Mit ihrer neu entwickelten Technik können die Forscher diesen genetisch programmierten Mechanismus ausschalten. Selbst unter widrigen Witterungsbedingungen sind die Pflanzen nicht nur weitgehend gegen Stress gewappnet. Ihnen bleibt auch viel mehr Energie, um Früchte, Samen und wertvolle Biomasse zu erzeugen.

Lebenskraft

Mithilfe von Sonnenlicht produziert der Chloroplast aus Kohlendioxid- (CO_2) und Wassermolekülen Glucose. Im Inneren der Mitochondrien, den Kraftwerken der Zelle, wird die in dem Zuckermolekül gespeicherte Energie in ATP verwandelt, den universellen „Treibstoff“ aller lebenden Zellen. Dafür benötigt die Zelle neben Sauerstoff auch das Molekül NAD^+ . Solange die Zelle keinem Stress ausgesetzt ist, „schlummern“ die Enzyme PARP und PARG im Zellkern (s. a. Kapitel „Leben unter Stress“).



Gentechnik erhöht Ernteertrag bei Nutzpflanzen

Leben unter Stress



Stress unter Folie:
Reispflanzen werden im
Gewächshaus künstlich
in Stress versetzt.

Hektik, Prüfungsangst oder Ärger mit der Familie – fast jeder hat das Phänomen Stress schon am eigenen Leib erfahren. Doch nicht nur der Mensch, auch Tiere und Pflanzen können durch äußere Einflüsse unter Druck geraten. Manche Belastungen sind dabei so massiv, dass sie den Organismus krank machen.

Schon seit längerer Zeit weiß man, dass es in den Zellen von Maus und Mensch – zum Beispiel bei Entzündungen oder nach einer Hirnverletzung – zur Bildung großer Mengen an freien Sauerstoffradikalen kommt. Die aggressiven Substanzen sind Gift für die Zellen: Sie schädigen Proteine, greifen Fettmoleküle in der Zellmembran an und verursachen Brüche in den DNA-Strängen des Erbguts, die zu gefährlichen Mutationen führen können. Diese Schäden rufen das Enzym Poly-ADP-Ribose-Polymerase (PARP) auf den Plan. Innerhalb kürzester Zeit bringt die Zelle große Mengen dieses Reaktionsbeschleunigers hervor. Die Folge: Die Zellen verbrauchen ihren gesamten Vorrat an dem für ihre Energieerzeugung wichtigen Molekül NAD^+ . Dadurch können sie kein ATP mehr bilden und verlieren massiv Energie.

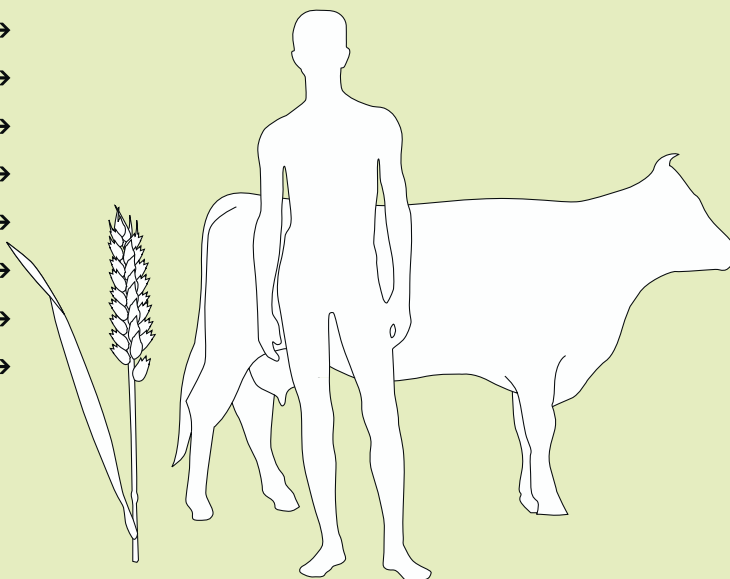
Bei Pflanzen waren solche Energie verbrauchenden Prozesse noch vor wenigen Jahren so gut wie unbekannt. Doch vor einigen Jahren stießen Forscher erstmals auf eine erstaunliche Parallele zwischen Pflanzen- und Tierreich. Sie entdeckten, dass Pflanzen in ihrem Erbgut zwei Gene tragen, die mit jenen für das Enzym PARP in den Zellen von Tieren nahezu identisch sind.

Wie sich in den darauf folgenden Untersuchungen herausstellte, spielen die Produkte dieser neu entdeckten pflanzlichen Gene – die Enzyme PARP-1 und PARP-2 – nicht nur eine zentrale Rolle bei dem fatalen Energieverlust von Pflanzen, die unter Stress geraten sind. Ihre Entdeckung lieferte auch den Schlüssel zur Entwicklung eines neuen genetischen „Shock Absorbers“ für Nutzpflanzen:

Wird die Wirkung der Stress-Enzyme PARP-1 und PARP-2 mit Hilfe molekularbiologischer Methoden gedrosselt, kann der Stress den Zellen kaum noch etwas anhaben. Selbst bei extremer UV-Strahlung, Hitze oder Wassermangel bleiben die Pflanzen „gelassen“ – und verbrauchen kaum noch unnötig Energie.

Stressfaktoren für Menschen, Tiere und Pflanzen

- Wassermangel →
- Hektik →
- Mangelernährung →
- Hitze →
- Kälte →
- Lärm →
- Krankheiten →
- Schädlinge →



Gentechnik erhöht Ernteertrag bei Nutzpflanzen

Gentechnik im Pflanzenschutz – wofür?



Reis:
Das wichtigste
Nahrungsmittel in
vielen asiatischen
Ländern

Noch vor wenigen Jahren hatten viele Menschen generell erhebliche Bedenken gegen die Gentechnik. Die so genannte „rote Gentechnik“, mit deren Hilfe heute zahlreiche Krankheiten erfolgreich behandelt werden können, hat inzwischen weltweit Anerkennung gefunden. Anders ist es noch bei der „grünen Gentechnik“.

Dabei halten viele Experten die Chancen für deutlich größer als die Risiken. Die folgende Zusammenstellung zeigt aktuelle Stellungnahmen von Vertretern unterschiedlicher unabhängiger Einrichtungen zu den häufigsten Einwänden gegenüber der grünen Gentechnik:

Stellungnahmen zu den häufigsten Einwänden gegenüber der grünen Gentechnik:

1. Der Nahrungsmittelmangel ist in den meisten betroffenen Ländern kein Mengen-, sondern ein Verteilungsproblem

„Vielleicht würden die heute vorhandenen Nahrungsmittel tatsächlich bei optimaler Verteilung gerade noch ausreichen, um die gesamte Weltbevölkerung zu ernähren. In Zukunft aber werden wir auf jeden Fall Probleme haben, ausreichende Mengen an Getreide und pflanzlichen Futtermitteln für Nutztiere zu produzieren.“ Dr. Stefan Krall, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn

Hintergrund: Die weltweit nutzbare Ackerfläche beträgt rund 1,5 Milliarden Hektar und lässt sich kaum mehr ausdehnen. Im Jahr 1975, bei vier Milliarden Einwohnern, stand für jeden Menschen eine Ackerfläche von 4000 Quadratmetern zur Verfügung. 2020, bei voraussichtlich 7,5 Milliarden Menschen, werden es nur noch 2000 Quadratmeter sein.

2. Mit Züchtung kann man dasselbe erreichen wie mit Gentechnik

„Züchtung funktioniert nach dem Zufallsprinzip: Wenn man Pflanzen mit einer ganz bestimmten Eigenschaft erhalten will, ist man immer auf einen Glückstreffer angewiesen. Das kann Jahrzehnte dauern. Zudem ist das Ergebnis, das man mit einem gezielten Gentransfer erzielen kann, viel präziser und effizienter.“ Dr. Stefan Krall, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn

Hintergrund: Um eine Pflanze mit den gewünschten Erbanlagen zu erhalten, gehen bei der klassischen Züchtung oftmals bis zu 30 Jahre ins Land – je nachdem, wie lange der Generationszyklus der jeweiligen Spezies dauert und wie viele Zyklen erforderlich sind. Mit Hilfe der Gentechnik kann dieser Prozess in der Regel auf ein Zehntel der Zeit verkürzt werden. Zudem lassen sich mit dieser Technologie Pflanzen mit völlig neuen Eigenschaften ausstatten. Ein Beispiel dafür ist gentechnisch veränderter angereicherter Reis mit Vitaminen, die normalerweise gar nicht in der Pflanze vorkommen.

3. Züchten ist ungefährlich – Gentechnik nicht

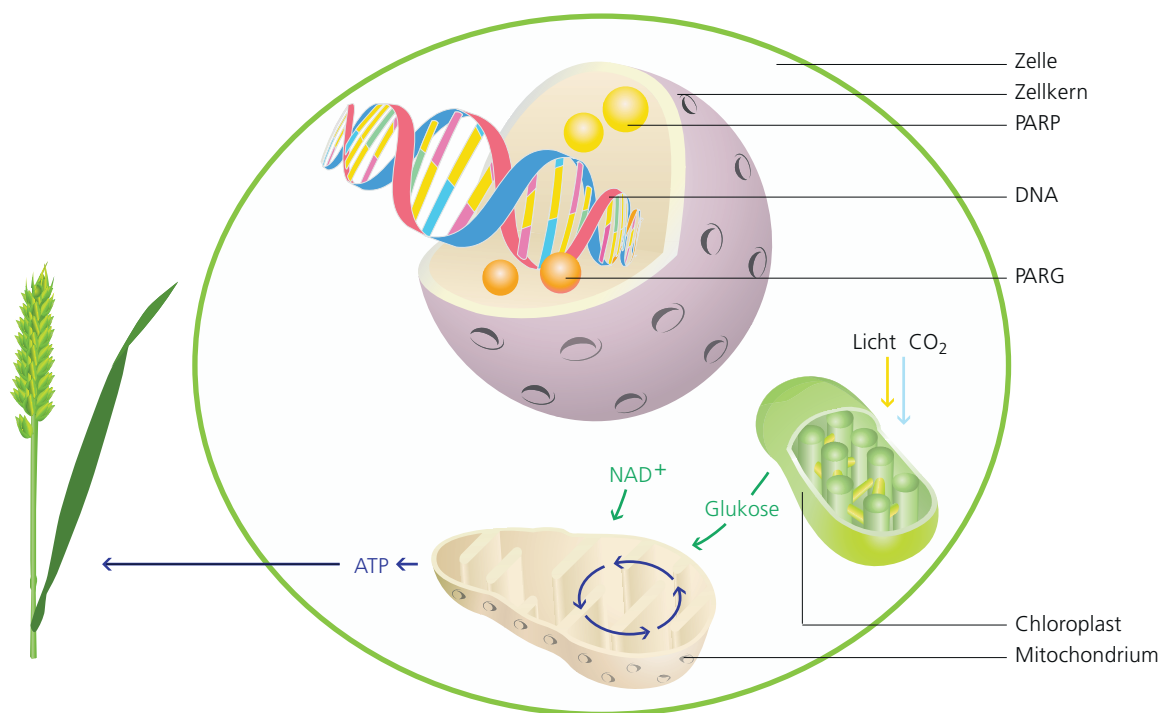
„Bei einer klassischen Züchtung durch Kreuzung von Pflanzen können Wissenschaftler beispielsweise gar nichts über Allergierisiken sagen. Durch die Gentechnik wissen wir erstmals, welche Proteine wir in eine Pflanze einbringen. An diesem Protein können wir abschätzen, ob es eine Allergiegefahr gibt. Wir können sehr viel über natürlich vorkommende Gifte erfahren: bei Kartoffeln Solanin, bei Tomaten Tomatin. Das wird heute geprüft. Früher kam das mehr oder minder zufällig heraus.“ Prof. Dr. Klaus-Dieter Jany, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe

Hintergrund: Bereits heute werden gentechnisch veränderte Pflanzen auf fast 70 Millionen Hektar angebaut – ohne dass es bisher zu irgendwelchen Gesundheitsproblemen gekommen wäre. Laut Welternährungsorganisation FAO können diese Pflanzen und ihre Produkte ohne Bedenken verzehrt werden. Gleichzeitig können Pflanzenschutzmittel viel zielgerichteter eingesetzt werden. Das führt nicht nur zu einer Steigerung der Erträge, sondern ist auch umweltschonender.



Gentechnik erhöht Ernteertrag bei Nutzpflanzen

Intakter Lebensrhythmus

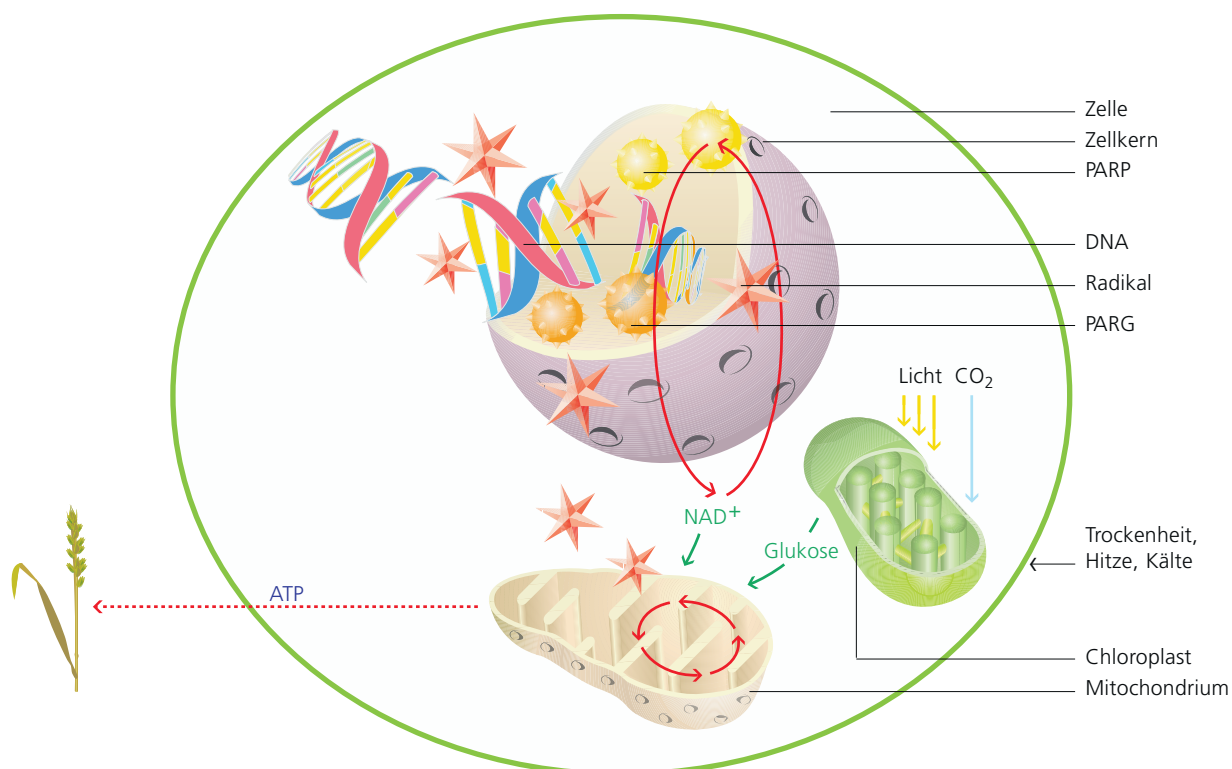


Die Abläufe in einer Pflanzenzelle sind komplex: Mithilfe von Sonnenlicht produziert der Chloroplast aus Kohlendioxid- (CO_2) und Wassermolekülen Glukose. Im Inneren der Mitochondrien, den Kraftwerken der Zelle, wird die in dem Zuckermolekül gespeicherte Energie in ATP verwandelt, den universellen „Treibstoff“ aller lebenden Zellen. Für

diesen „Atmungsprozess“ benötigt die Zelle neben Sauerstoff das für die Energieerzeugung wichtige Molekül NAD^+ . Solange die Zelle keinem Stress ausgesetzt ist, „schlummern“ die Enzyme PARP (Poly-ADP-Ribose-Polymerase) und PARG (Poly-ADP-Ribose-Glykohydrolase) im Zellkern, und die Pflanzen gedeihen prächtig.

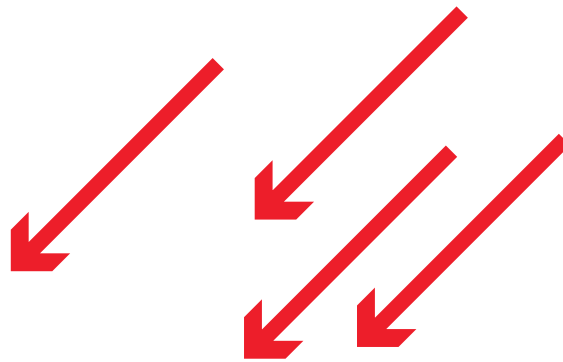
Gentechnik erhöht Ernteertrag bei Nutzpflanzen

Stress contra Lebenskraft



Erfahren Pflanzen extreme Stresssituationen wie Dürre, Hitze oder Kälte, erhöhen sie die Atmungsrate in den Mitochondrien so stark, dass große Mengen an freien Sauerstoffradikalen und aktiviertem Sauerstoff (Peroxiden) gebildet werden. Diese Substanzen sind Gift für die Zellen, denn sie verursachen Brüche in der DNA. Das ruft die Enzyme PARP und PARG auf den Plan: Innerhalb kürzester

Zeit stellt die Zelle große Mengen dieser beiden „Reaktionsbeschleuniger“ her. Die Folge: Die Zellen verbrauchen ihren gesamten Vorrat an NAD^+ und können kein ATP mehr bilden. Der Pflanze geht regelrecht die „Puste“ aus. Manche Gewebe können nicht mehr mit Energie versorgt werden: Einzelne Zellen, Blätter oder gar die ganze Pflanze sterben ab.



Biotechnologie schafft Kraft

Ihre neue Widerstandskraft verdanken die Pflanzen einem genialen Trick der Forscher. Mit molekularbiologischen Methoden schleusten sie kurze DNA-Stücke in das Erbgut der Pflanzen, die dazu führen, dass nahezu keine PARP-Moleküle mehr in den Zellen entstehen können. Die eingeschmuggelten DNA-

Stücke enthalten die Bauanleitung für RNAs, die sich gezielt an die mRNAs der PARP-Gene heften und so den Abbau der Gen-Abschriften auslösen. Die Gene sind also nach wie vor aktiv, doch ihre Wirkung ist so gut wie aufgehoben – ein Effekt, den Experten als „gene silencing“ bezeichnen.



Herausgeber:

Bayer AG
Konzernkommunikation
Ute Bode
51368 Leverkusen

Tel. 0214/30-58992
Fax. 0214/30-71985
E-Mail: ute.bode.ub@bayer-ag.de

Konzeption und Redaktion:
Science&Media, München

Pädagogische Beratung:
Sylva Poks, München

Stand: November 2004