

# Die Goldene Illusion

Gentechnisch veränderter „goldener“ Reis hält nicht, was er verspricht

Oktober 2013

**GREENPEACE**

## Zusammenfassung

Der sogenannte „goldene“ Reis ist eine von der Biotech-Industrie entwickelte gentechnisch veränderte Reissorte, die eine deutlich erhöhte Menge an Provitamin A (Beta-Carotin) enthält. Befürworter sehen ihn als Patentlösung gegen Vitamin-A-Mangel, ein häufiges Gesundheitsproblem in vielen Entwicklungsländern. Doch dieser Reis ist nicht nur ein unwirksames Mittel gegen den Mangel, seine Verbreitung ist auch ökologisch unverantwortlich, birgt Risiken für die menschliche Gesundheit und gefährdet die Ernährungssicherheit.

Der „goldene“ Reis befindet sich seit über 20 Jahren in der Entwicklung, doch er wird bislang nicht kommerziell angebaut – vor allem wegen der Komplexität der gentechnischen Veränderungen. Es ist nicht klar, wie die Pflanze das Beta-Carotin produziert. Die komplizierte gentechnische Veränderung erhöht das Risiko unerwarteter und unvorhersehbarer Effekte. Das macht ihn zu einem unsicheren Projekt. Doch die Beurteilung der Sicherheit ist für die Regulierungsbehörden problematisch: Das zugrunde liegende Konzept der substantiellen Äquivalenz lässt sich auf gentechnische veränderte Pflanzen wie den „goldenen“ Reis nicht anwenden. Grundlage dieser Bewertungsmethode ist die Annahme, dass der genveränderte Reis völlig mit nicht gentechnisch verändertem Reis übereinstimmt - bis auf genau die erwünschte Veränderung. In diesem Fall gelten beide Pflanzen als gleich sicher. Die Manipulation eines kompletten Stoffwechselweges macht es aber unmöglich, einen nicht gentechnisch veränderten Reis zum Vergleich heranzuziehen – ein solcher Reis existiert nicht.

Es gibt viele technische Fragen im Zusammenhang mit dem Beta-Carotin in diesem Reis: Was genau wird produziert? Wie stabil ist es, und was genau passiert, wenn der menschliche Körper es verarbeitet? Während die Sicherheit von „goldenem“ Reis zweifelhaft ist, gibt es *keinen* Zweifel, dass er den nicht gentechnisch veränderten Reis verunreinigen wird, vor allem traditionelle Sorten und Landrassen. Die Verunreinigung von Lebensmitteln durch gentechnisch veränderte Organismen (GVO) birgt Gesundheitsrisiken.

Indem der „goldene“ Reis zu einer Ernährungsweise verleitet, die auf einem einzigen Grundnahrungsmittel basiert anstatt auf besserem Zugang zu den vielen vitaminhaltigen Gemüsesorten, könnte der „goldene“ Reis – sofern er in großem Maßstab eingeführt wird – die Mangelernährung verschlimmern und letztlich Ernährungssicherheit unterminieren.

Die vielen Millionen Dollar, die dieses Projekt verschlungen hat, wären für bereits verfügbare und bewährte Lösungen gegen Vitamin-A-Mangel besser angelegt gewesen. „Goldener“ Reis ist der falsche Ansatz und reine Geldverschwendung: Er lenkt beträchtliche Ressourcen weg von der Bekämpfung der Ursachen von Unter- und Mangelernährung. Dies sind hauptsächlich Armut und fehlender Zugang zu einer abwechslungsreicheren Ernährung. Der „goldene“ Reis lenkt also von echten Lösungen ab. Es gibt andere, längst erfolgreiche Maßnahmen gegen Vitaminmangel und Unterernährung, ohne die Bevölkerung unbekanntem Gesundheitsrisiken auszusetzen. Dazu zählen die Verteilung von Präparaten, einfache Beimischungen in Grundnahrungsmittel und Gärten in armen Bezirken, um Obst und Gemüse zu erzeugen.

## **Gefährlicher Glanz: Die Risiken gentechnisch veränderten „goldenen“ Reises**

### **Wie eine Illusion genährt wird**

Der „goldene“ Reis wird bereits seit 1990 entwickelt (Potrykus, 2000). Von Anfang an schien das Projekt eher dafür gedacht zu sein, die Biotech-Industrie bei der Überwindung der unter Verbrauchern verbreiteten Ablehnung der Grünen Gentechnik zu unterstützen als Mangelernährung zu überwinden. Der erste Prototyp (GR1) wurde im Jahr 2000 vorgestellt (Ye et al., 2000), doch er wurde wegen seiner geringen Menge Beta-Carotin kritisiert. 2001 wies Greenpeace darauf hin, dass der niedrige Gehalt an Beta-Carotin – abgesehen von Umwelt- und Gesundheitsbedenken – bedeutete, dass die Menschen gewaltige Mengen Reis vertilgen müssten (mehr als das Zwölfwache einer normalen Tagesration), um die empfohlene tägliche Zufuhr an Vitamin A zu erreichen (Greenpeace, 2001).

2005 kündigte der weltweit größte Agrarkonzern Syngenta den „goldenen“ Reis 2 an (GR2; Paine et al., 2005), der mehr Beta-Carotin enthielt als GR1. Doch trotz Millionen Dollar an Investitionen und mehr als 20 Jahren Forschungs- und Entwicklungsarbeit bleibt der „goldene“ Reis ein Forschungsprojekt und ist immer noch mindestens einige Jahre von der kommerziellen Nutzung entfernt (IRRI, 2013). Das liegt vor allem daran, dass die gentechnische Veränderung eines komplexen biochemischen Syntheseweges in Pflanzen (d. h. die Produktion von Beta-Carotin) enorme Schwierigkeiten mit sich bringt. Der gentechnisch veränderte „goldene“ Reis ist schlicht das falsche Mittel gegen den Vitamin-A-Mangel.

Obwohl schwer einzuschätzen ist, wie viel Geld bislang genau für den „goldenen“ Reis ausgegeben wurde, steht fest, dass sich die Summe auf etliche Millionen US-Dollar beläuft, darunter beträchtliche Investitionen seitens der Bill & Melinda Gates-Stiftung (Greenpeace, 2010)

**Geld, das für gentechnisch veränderten „goldenen“ Reis ausgegeben wird, bewirkt mehr gegen den Vitamin-A-Mangel, wenn es in Lösungsansätze investiert würde, die auf bewährten und verlässlichen Methoden beruhen.**

### **Reis in Gefahr: Verunreinigungen von konventionellem Reis sind unvermeidbar**

Die mit gentechnisch veränderten Organismen (GVO) verbundenen Umweltrisiken bestehen ausnahmslos auch beim „goldenen“ Reis. Man weiß fast nichts über die Wechselwirkungen von gentechnisch verändertem Reis mit der Umwelt – zum Beispiel über seine Auswirkungen auf nützliche Insekten, die Reisschädlinge fressen. Noch wichtiger: Reis ist in vielen Teilen der Welt ein Hauptnahrungsmittel, daher ist die Verunreinigung der Lebensmittelproduktion mit gentechnisch verändertem Reis eine echte Gefahr.

Reis wird in vielen Teilen der Welt großflächig angebaut, vor allem in Asien. Nachbau, d.h. die Wiederaussaat eines Teiles der eigenen Ernte ist üblich. Das bedeutet: Falls das Saatgut vermischt oder Fremdbestäubung Verunreinigungen verursachen würde, wäre das kaum zu beheben. Fremdbestäubung (Auskreuzung) ist bei Reis ein bekanntes Phänomen, wilde und unkrautartige Verwandte wachsen in nächster Nachbarschaft von Reisanbaugebieten (Lu et al., 2003; Chen et al., 2004). Daher würden sich die veränderten Gene mit der Zeit wahrscheinlich auf Landrassen und

Wildsorten ausbreiten. Das könnte sowohl Wildpopulationen als auch kultivierte Saatgutvorräte genetisch verunreinigen. Wie hoch dieses Risiko ist, zeigen zwei Beispiele:

Obwohl nirgendwo auf der Welt gentechnisch veränderter Reis kommerziell angebaut wird, hat es bislang mindestens zwei Vorfälle von Verunreinigung bei Reis gegeben, die Probleme beim Export zur Folge hatten: 2005 in China (Europa Press Release, 2008) und 2006 in den USA (Nature Biotechnology, 2006). Es liegt auf der Hand, dass gentechnisch veränderter Reis nicht zu kontrollieren ist.

**Die Freisetzung von gentechnisch verändertem Reis in Asien könnte unumkehrbare Auswirkungen auf Landrassen, traditionelle und wilde Reissorten haben und die künftige Nutzung dieser wertvollen genetischen Ressourcen einschränken. Sollten beispielsweise bei gentechnisch verändertem Reis gefährliche und unerwartete Effekte wie erhöhte Toxizität oder Anfälligkeit für Krankheiten auftreten, ließe sich das Gen aufgrund der Verunreinigung nicht mehr aus Nahrung und Umwelt zurückholen. Es ist denkbar, dass dies die Ernährungssicherheit einer Region unterminieren könnte, wenn das Problem sich weiter ausbreitete.**

### **Potenzielle unerwartete Folgen durch „goldenen“ Reis**

Sogar die einfachsten genetischen Veränderungen können unerwartete Folgen haben, weil die Chemie von Pflanzen so komplex ist. Die beim „goldenen“ Reis (GR1 und GR2) vorgenommenen gentechnischen Umbauten sind komplizierter als bei vielen der bereits genutzten gentechnisch veränderten Nutzpflanzen. Roundup-Ready-Soja und Bt-Mais enthalten im Allgemeinen ein bis zwei Gene mit sehr wenigen zusätzlichen Bestandteilen. Ihre Funktion ist relativ simpel: Sie sollen ein Protein produzieren. Im Gegensatz dazu versucht man sich beim „goldenen“ Reis an einer kompletten Biosynthese mit viel komplexeren genetischen Konstrukten. Man weiß, dass sogar bei vergleichsweise einfachen gentechnisch veränderten Nutzpflanzen Bruchstücke der Genkonstrukte in anderen Bereichen des Erbguts sowie Neuarrangements oder Deletionen (Löschungen kleiner oder auch großer DNA-Abschnitte) innerhalb der Pflanzen-DNA auftreten (Windels et al., 2001; Hernández et al., 2003). Es ist zu befürchten, dass diese Unregelmäßigkeiten den Stoffwechsel der Pflanze beeinflussen oder stören könnten, indem sie etwa ein unerwünschtes neues Protein hervorbringen beziehungsweise die Produktion eines bestehenden Proteins der Pflanze beeinflussen oder stören. Angesichts der komplizierten gentechnischen Veränderungen, die beim „goldenen“ Reis versucht wurden, besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit für unerwartete und unvorhersehbare Auswirkungen.

Der Versuch, einen neuen biochemischen Syntheseweg gentechnisch in eine Pflanze einzubringen, wird mit hoher Wahrscheinlichkeit auch andere biochemische Abläufe verändern. Die genetische Manipulation eines Stoffwechselweges kann die Struktur der Pflanze unbeabsichtigt verändern.

Beim „goldenen“ Reis wurden solche unerwarteten Effekte bereits beobachtet. GR1 wurde mit zwei gentechnischen Konstrukten entwickelt: Ein (*Psy + Crt1*) für die Synthese des Carotinoids Lycopin (tomatenrot), das andere (*Lcy*) für die Umwandlung von Lycopin in Beta-Carotin (gelb) (Ye et al., 2000). Doch die Entwickler entdeckten „zu unserer Überraschung“ (Beyer et al., 2002), dass Reiskörner, bei denen das *Lcy*-Gen fehlte, gelb waren, obwohl sie eigentlich rot hätten bleiben müssen. Das lag daran, dass es im Reis einen unerwarteten Stoffwechselweg gab, der Lycopin in

Beta-Carotin umwandelte. Das gentechnische Konstrukt für die Umwandlung von Lycopin in Beta-Carotin, war folglich überflüssig. Fünf Jahre später fand man heraus, dass spezifische Reisgene die Umwandlung von Lycopin in Beta-Carotin verursachen (Schaub et al., 2005). Zudem veränderte sich unerwartet der Gehalt an ähnlichen Carotinoiden, insbesondere Lutein und Zeaxanthin (Ye et al., 2000; Schaub et al., 2005).

Andere Verbindungen im Reis könnten sich ebenfalls verändert haben. Es könnten mehr oder weniger geworden oder ganz neue entstanden sein. Der Fall „goldener“ Reis ist ein typisches Beispiel dafür, wie wenig wir tatsächlich über die Komplexität der pflanzlichen Physiologie wissen – es wäre keine Überraschung, wenn zusätzliche unerwartete Veränderungen in der Pflanze aufträten, die neue Risiken für die Umwelt oder die menschliche Gesundheit darstellen.

**Es ist außerordentlich wichtig, die Bedeutung auftretender unerwarteter Veränderungen beim „goldenen“ Reis für die Sicherheit von Ernährung und Umwelt abzuschätzen. Es ist jedoch praktisch unmöglich, gezielt nach allen unerwartbaren Veränderungen im Stoffwechsel der Pflanzen zu suchen – es liegt in der Natur der Sache, dass man nicht vorhersehen kann, welche Veränderungen und welche Folgen das sein könnten. Daher kann man nicht gezielt danach suchen!**

### **Gesundheitsrisiken**

Viele Pflanzen enthalten von Natur aus Beta-Carotin. Dessen Biosynthese ist ungemein komplex und an ihrem Ende stehen nicht nur zwei verschiedene Carotin-Typen (Alpha und Beta) sondern auch verschiedene Isomere (mit derselben chemischen Zusammensetzung, jedoch unterschiedlicher Struktur) (Cazzonelli, 2011). Das wirft technische Fragen darüber auf, welche Isomere vorhanden und ob sie wirksam sind. Haben andere als die natürlich vorkommenden Isomere gesundheitliche Folgen? Der genaue Syntheseweg, den der Reis über die eingebauten genetischen Konstrukte nutzt, um im „goldenen“ Reis Beta-Carotin zu erzeugen, ist nur sehr unzureichend bekannt (siehe [goldenrice.org](http://goldenrice.org)), könnte aber von zentraler Bedeutung für die menschliche Gesundheit sein.

Hohe Dosen von Beta-Carotin können negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben, vor allem in Kombination mit Zigarettenrauchen (siehe z. B. Eroglu et al., 2012). Auch die Umwandlung von Beta-Carotin zu Vitamin A bringt Verbindungen hervor, die in hoher Konzentration gesundheitsschädlich sein können (Schubert 2008). Forscher haben herausgefunden, dass solche Verbindungen wichtige Signalübertragungen der Zellen blockieren können (Eroglu et al., 2012). Es kommt daher ganz entscheidend darauf an, um welchen Typ von Beta-Carotin es sich genau handelt und wie dieser im menschlichen Körper verarbeitet wird. Doch die genaue Verarbeitung von Beta-Carotin aus gentechnisch verändertem „goldenen“ Reis im Körper ist ebenso unbekannt wie mögliche Unterschiede zur Verstoffwechslung natürlichen pflanzlichen Beta-Carotins..

Jede Beurteilung der Sicherheit von gentechnisch verändertem „goldenen“ Reis wäre äußerst kompliziert. Die meisten Regelwerke beruhen auf dem Konzept der substantiellen Äquivalenz, bei dem die Pflanze als gleichwertig mit ihrem nicht gentechnisch veränderten Pendant betrachtet wird, abgesehen von den Proteinen, das die eingesetzten Gene produzieren. Da beim „goldenen“ Reis jedoch versucht wird, einen ganz neuen biochemischen Weg einzubringen, lässt sich das Konzept der substantiellen Äquivalenz hier nicht anwenden. Falls der „goldene“ Reis jemals das Stadium erreichen sollte, in dem die Entwickler eine kommerzielle Nutzung beantragen würden, müssten die

Regulierungsbehörden ganz neue Wege finden, die Sicherheit von „goldenem“ Reis zu beurteilen (Glenn, 2008; ILSI, 2008; Schubert, 2008).

**Die Sicherheit jeder gentechnisch veränderten Reissorte ist von zentraler Bedeutung, weil Reis in Asien und anderen Teilen der Welt einen großen Teil zur menschlichen Ernährung beiträgt. Doch es ist unmöglich, die Sicherheit von gentechnisch verändertem „goldenem“ Reis umfassend und abschließend zu bewerten.**

### **Beeinträchtigung der Ernährungssicherheit**

Die Wirksamkeit des gentechnisch veränderten „goldenen“ Reises bleibt fraglich. Zerfällt das Beta-Carotin während der Lagerung oder beim Kochen? Wäre es bioverfügbar (also verfügbar für die Aufnahme und Umwandlung zu Vitamin A im menschlichen Körper) für Menschen mit Vitamin-A-Mangel? Die Entwickler und Forscher behaupten, dass das Beta-Carotin im Körper wirksam zu Vitamin A umgewandelt wird und einen bedeutenden Beitrag zur Vitamin-A-Zufuhr leisten kann (Tang et al., 2009; Tang et al., 2012). Doch die ersten Resultate wurden angezweifelt, weil die Teilnehmer der Studie nicht an Vitamin-A-Mangel litten, andernfalls hätte auf ihrem Speiseplan vermutlich das für die Umwandlung nötige Fett gefehlt (Krawinkel, 2009). Dieselbe Kritik gilt auch für die neueren Ergebnisse:

*„Eines der Argumente, mit dem für den „goldenen“ Reis geworben wird, lautet, dass die Ernährung von Menschen mit einem Risiko für Vitamin-A-Mangel so schlecht ist, dass ihnen keine anderen Quellen für Beta-Carotin und Vitamin A zur Verfügung stehen. Weil die Ernährungsweise definitiv Auswirkungen auf die Bioverfügbarkeit von Beta-Carotin ganz gleich aus welchen Beta-Carotinhaltigen Nahrungsmitteln hat, gibt die für die Studie ausgewählte Ernährung zu denken, die ja keineswegs schlecht ist und beispielsweise Fleisch, Öl und Nüsse enthält. Die Ergebnisse der Studie sind für uns nicht sehr hilfreich bei der Vorbeugung gegen Vitamin-A-Mangel in entsprechend gefährdeten Bevölkerungsgruppen.“* (So kommentiert Krawinkel, 2009 die Studie von Tang et al., 2009)

Darüber hinaus wurden die Wissenschaftler, die die Tests durchgeführt haben, dafür kritisiert, in einer experimentellen Studie menschliche Probanden eingesetzt zu haben, insbesondere Kinder (Tuffs Daily, 2009; Greenpeace, 2012). Vor allem waren die Eltern der Kinder aus der chinesischen Ernährungsuntersuchung (Tang et al., 2012) nicht darüber informiert, dass der Reis, der ihren Kindern zu Testzwecken verabreicht wurde, gentechnisch verändert war (Hvistendahl & Enserink, 2012). Diese Verletzung ethischer Regeln führte dazu, dass gegen die beteiligten Wissenschaftler Disziplinarmaßnahmen eingeleitet wurden (Hvistendahl & Enserink, 2012; Hvistendahl, 2013).

**Neben der technischen Frage der Verstoffwechslung von Beta-Carotin im menschlichen Körper gibt es Anlass zu der Sorge, dass gentechnisch veränderter „goldener“ Reis die Ernährungssicherheit unterminieren könnte: Er verleitet zu einer Ernährungsweise, die auf nur einem Grundnahrungsmittel beruht statt auf verbessertem Zugang zu verschiedenen vitaminreichen Gemüsesorten. So kann der „goldene“ Reis, wenn er in großem Maßstab eingeführt wird, Mangelernährung verschlimmern und schließlich die Ernährungssicherheit gefährden.**

## **„Goldener“ Reis ist weder gewollt noch erforderlich**

Die Bekämpfung von Vitamin-A-Mangel und anderen durch Mangelernährung verursachten Problemen hat im vergangenen Jahrzehnt große Fortschritte gemacht. Bewährte Lösungen für Vitamin-A-Mangel, mehrere ernährungsbedingte Defizite und Unterernährung sind bekannt, verfügbar und kostengünstig. So geht man derzeit in Bangladesch mit einer Kombination aus Nahrungszusätzen und Subsistenzwirtschaft in Hausgärten erfolgreich gegen Vitamin-A-Mangel vor, der vor 20 Jahren noch als eines der größten Gesundheitsprobleme galt (für einen Überblick siehe Greenpeace, 2010). Trotz solcher Erfolge bleibt Vitamin-A-Mangel in vielen Ländern ein gravierendes Gesundheitsproblem, allerdings nicht aus Mangel an Instrumenten, sondern aufgrund politischer Instabilität, fehlender Geldmittel oder nicht vorhandenem politischem Willen, die Ursachen zu bekämpfen.

Vitamin-A-Mangel tritt häufig in Verbindung mit anderen Defiziten bei der Versorgung mit Spurenelementen auf. Auf gentechnisch veränderten Pflanzen basierende Ansätze müssen versagen, weil sie diese Probleme nicht an der Wurzel anpacken. Wirksame kurz- und mittelfristige Maßnahmen werden bereits ergriffen, so zum Beispiel die Anreicherung von Lebensmitteln mit Vitaminen und Mineralien oder Nahrungszusätze und -ergänzungen. Mit einer abwechslungsreichen Ernährung kann man vielen Defiziten begegnen. Die Selbstversorgung aus Kleingärten versetzt Menschen in die Lage, ihre Ernährung abwechslungsreicher zu gestalten. Eine Reihe von Projekten geht die Grundursachen des Problems an: Kleingärten und landwirtschaftliche Diversifizierung beheben nicht nur der Mangel an Vitamin A, wie auch an anderen Nährstoffen und helfen Mangelernährung zu bekämpfen. Nachhaltige Lösungen für Vitamin-A-Mangel und andere Nährstoffdefizite sind erprobt und werden bereits angewendet. Die tatsächliche Aufgabe besteht darin, dafür zu sorgen, dass diese Lösungen für die Menschen bereitgestellt werden, die sie brauchen.

Nahrungsanreicherung kann mittelfristig eine wirksame Maßnahme gegen Defizite bei der Versorgung mit Nährstoffen sein. Gentechnik ist dafür nicht erforderlich. Während gentechnische Ansätze bei der Nahrungsanreicherung in den vergangenen Jahren viel Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben, ist der breiten Öffentlichkeit weitgehend verborgen geblieben, dass konventionelle Züchtung und markergestützte Selektion (*Marker Assisted Selection*, MAS) eine echte Alternative zu gentechnischen Strategien der Biofortifikation darstellen. MAS ist eine moderne Züchtungsmethode, die traditionelle Züchtung ergänzt und effizienter macht (für einen Überblick siehe Greenpeace, 2009). Sie nutzt unser Wissen, wie Gene und Genome funktionieren, ohne dabei die Pflanzen gentechnisch zu verändern. HarvestPlus ist zum Beispiel ein interdisziplinärer Verbund von Einrichtungen und Wissenschaftlern, die sich mit der Züchtung nährstoff-angereicherter Nutzpflanzen beschäftigen. Er setzt 85 Prozent seiner Ressourcen für die konventionelle Zucht ein, zum einen wegen behördlicher und politischer Restriktionen bei der Anwendung gentechnischer Verfahren und zum anderen, weil konventionelle Züchtung beachtliche Fortschritte erzielt (Nestel et al., 2006). Mit MAS wurden bereits Erfolge bei der Anreicherung von Mais mit Beta-Carotin erzielt (Harjes et al., 2008), der in Sambia bereits zur Bekämpfung von Vitamin-A-Mangel beiträgt (HarvestPlus, 2010).

**Greenpeace plädiert für eine langfristige Lösung. Sie besteht darin, Menschen dabei zu unterstützen, ihren Speiseplan mit ökologisch angebauten Lebensmitteln abwechslungsreicher zu**

gestalten (ökologischer Landbau ist eine besonders geeignete Technik, die einen minimalen Einsatz von Ressourcen und Kapital erfordert). Außerdem erkennt Greenpeace als Zwischenschritte Nahrungsergänzung und -anreicherung als notwendig an. Der Schlüssel zur Grundversorgung mit Mikronährstoffen ist eine gesunde, ausgewogene Ernährung (IAASTD, 2008). Dazu ist der Zugang zu einer Vielzahl verschiedener Lebensmittel erforderlich.

## Schlussfolgerungen

- Nach über 20 Jahren und nachdem Millionen von US-Dollar dafür ausgegeben worden sind, bleibt der „goldene“ Reis eine Illusion. Es ist nichts weiter als ein Forschungsprojekt mit viel PR.
- Gentechnisch veränderter Reis wird (durch Auskreuzung und die Vermischung von Saatgut) traditionelle Reissorten, Landrassen sowie wilde und unkrautartige Verwandte des Reises verunreinigen. Dies ist in kultureller, landwirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht bedenklich und könnte die Ernährungssicherheit negativ beeinflussen.
- Der genaue Biosyntheseweg von Beta-Carotin in Pflanzen ist noch weitgehend unverstanden. Die Komplexität der gentechnischen Manipulation erhöht das Risiko unerwarteter und unvorhersehbarer Folgen.
- Die Auswirkungen des gentechnisch veränderten „goldenen“ Reises auf die menschliche Gesundheit sind unbekannt. Unerwartete Veränderungen in der pflanzlichen Biochemie sind wahrscheinlich. Die genaue Verstoffwechslung des im „goldenen“ Reis enthaltenen Beta-Carotins im menschlichen Körper ist nicht bekannt.
- Es gibt keinen stofflich entsprechenden nicht gentechnisch veränderten Reis. „Goldener“ Reis kann daher nicht als substantiell äquivalent mit anderen Reissorten betrachtet werden. Das bedeutet: Er lässt sich mit den in vielen Ländern existierenden Regelwerken nicht bewerten.
- Der gentechnisch veränderte „goldene“ Reis ist keine Lösung für das Problem des Vitamin-A-Mangels, egal wie viel Beta-Carotin er enthält. Es ist ganz einfach der falsche Ansatz. In den vergangenen 20 Jahren hat die Welt den Vitamin-A-Mangel mit sichereren und effektiveren Techniken bekämpft: die Verteilung von Präparaten, einfache Beimischungen in Grundnahrungsmittel und Nachbarschaftsgärten, um Obst und Gemüse zu erzeugen.
- Sofern sie als Übergangslösung notwendig ist, erfordert Biofortifikation (die natürliche Anreicherung mit Nährstoffen durch Züchtung) keine gentechnischen Verfahren. Nutzpflanzen, die mittels anderer Verfahren mit Nährstoffen angereichert wurden, gibt es längst, sowohl auf den Feldern der Landwirte als auch auf den Tellern der Verbraucher.

## LITERATUR

Beyer P, Al-Babili S, Ye X, Lucca P, Schaub P, Welsch R & Potrykus I (2002).

GE 'Golden' rice: introducing the  $\beta$ -carotene biosynthesis pathway into rice endosperm by genetic engineering to defeat vitamin A deficiency. *Journal of Nutrition* 132: 506S-510S.

Cazzonelli CI (2011). Carotenoids in nature: insights from plants and beyond. *Functional Plant, Biology* 38: 833-847.

Chen LJ, Lee DS, Song ZP, Suh HS & Lu B-R (2004). Gene flow from cultivated rice (*Oryza sativa*) to its weedy and wild relatives. *Annals of Botany* 93: 67-73

Europa Press release (2008). Commission requires certification for Chinese rice products to stop unauthorised GMO from entering the EU. IP/08/219. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-08-219\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-08-219_en.htm)

Eroglu A, Hruszkewycz DP, dela Sena C, Narayanasamy S, Riedl KM, Kopec RE, Schwartz SJ, Curley RW & Harrison EH (2012). Naturally occurring eccentric cleavage products of provitamin A beta -carotene function as antagonists of retinoic acid receptors. *Journal of Biological Chemistry* 287: 15886–15895.

Glenn KC (2008). Nutritional and safety assessment of foods and feeds nutritionally improved through biotechnology – case studies by the International Food Biotechnology Committee of ILSI. *Asia Pacific Journal Clinical Nutrition* 17 (S1): 229-232.

Greenpeace (2001). Vitamin A: Natural Sources vs. GE 'Golden' rice. <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet-2/report/2001/1/vitamin-a-natural-sources-vs.pdf>

Greenpeace (2009). Smart Breeding. <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/smart-breeding/>

Greenpeace (2010). GE 'Golden' rice's Lack of Lustre. <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/Golden-rice-report-2010/>

Greenpeace (2012). Chinese children used in US-backed GE food trial. <http://www.greenpeace.org/international/en/news/Blogs/makingwaves/chinese-children-used-in-genetically-engineer/blog/41960/>

HarvestPlus (2010). Scientists find that 'orange' maize is a good source of vitamin A. Press release, 7 September 2010. <http://www.harvestplus.org/content/scientists-find-%E2%80%98orange%E2%80%99-maize-good-source-vitamin>

Harjes CE, Rocheford TR, Bai L, Brutnell TP, Kandianis CB, Sowinski SG, Stapleton AE, Vallabhaneni R, Williams M, Wurtzel ET, Yan J & Buckler ES (2008). Natural genetic variation in lycopene epsilon cyclase tapped for maize biofortification. *Science* 319: 330 – 333.

Hernández M, Pla M, Esteve T, Prat S, Puigdomènech P & Ferrando A (2003). A specific real-time quantitative PCR detection system for event MON810 in maize YieldGard based on the 3-transgene integration. *Transgenic Research* 12: 179–189.

Hines PJ & Zahn LM (2012). Green Pathways. (Introduction to special section on plant metabolism). *Science* 336: 1657.

Hvistendahl M (2013). Golden Rice Not So Golden for Tufts. <http://news.sciencemag.org/asiapacific/2013/09/golden-rice-not-so-golden-tufts>. 18 September 2013.

Hvistendahl M & Enserink M (2012). Chinese researchers punished for role in GM rice study. <http://news.sciencemag.org/scienceinsider/2012/12/chinese-researchers-punished-for.html?ref=hp>. 12 December 2012.

IRRI (2013). Clarifying recent news about GE 'Golden' rice.

[http://www.irri.org/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=12483](http://www.irri.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=12483). 21 February 2013

Krawinkel MB (2009). Beta-carotene from rice for human nutrition? *American Journal of Clinical Nutrition* 90: 695–703.

IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development) (2008). Dietary diversity is a key element of a healthy diet. Section 3.2.3.2.2 Global Report. pg. 197.

ILSI (2008). GE 'Golden' rice 2. Prepared by a Task Force of the ILSI International Food Biotechnology Committee. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 7: 92-98.

Lu B-R, Song Z & Chen J (2003). Can transgenic rice cause ecological risks through transgene escape? *Progress in Natural Science* 13: 17-24.

Nature Biotechnology (2006). EU and Japan block unapproved GM rice. *News in Brief. Nature Biotechnology* 24: 1186.

Nestel P, Bouis HE, Meenakshi JV & Pfeiffer W (2006). Biofortification of staple food crops. *Journal of Nutrition* 136: 1064 – 1067.

Paine JA, Shipton CA, Chaggar S, Howells RM, Kennedy MJ, Vernon G, Wright SY, Hinchliffe E, Adams JL, Silverstone AL & Drake R (2005). Improving the nutritional value of GE 'Golden' rice through increased pro-vitamin A content. *Nature Biotechnology* 23: 482-487.

Potrykus I (2000). The "GE 'Golden' rice" Tale. Available at

[http://www.agbioworld.org/newsletter\\_wm/index.php?caseid=archive&newsid=864](http://www.agbioworld.org/newsletter_wm/index.php?caseid=archive&newsid=864)

Schaub P, Al-Babili S, Drake R & Beyer P (2005). Why is GE 'Golden' rice golden (yellow) instead of red? *Plant Physiology* 138: 441–450.

Schubert DR (2008). The problem with nutritionally enhanced plants. *Journal of Medicinal Food* 11: 601–605.

Tang G, Qin J, Dolnikowski GG, Russell RM & Grusak MA (2009). GE 'Golden' rice is an effective source of vitamin A. *American Journal of Clinical Nutrition* 89: 1776–83.

Tang G, Hu Y, Yin S, Wang Y, Dallal GE, Grusak MA & Russell RM (2012).  $\beta$ -carotene in GE 'Golden' rice is as good as  $\beta$ -carotene in oil at providing vitamin A to children. *American Journal of Clinical Nutrition* 96: 658-664.

Tuffs Daily (2009). Friedman researchers' ethics questioned for feeding children genetically modified rice. 6 April 2009. <http://www.tuftsdaily.com/friedman-researchers-ethics-questioned-for-feeding-children-genetically-modified-rice-1.1644770>

Windels P, Taverniers I, Depicker A, Van Bockstaele E & De Loose M (2001). Characterisation of the Roundup Ready soybean insert. *European Food Research Technology* 213:107-11.

Ye X, Al-Babili S, Klöti A, Zhang J, Lucca P, Beyer P & Potrykus I (2000). Engineering the provitamin A ( $\beta$ -carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 287: 303-305.

Impressum: Greenpeace e.V., Hongkongstr. 10, 20457 Hamburg, Tel. 040 / 30618-0

[www.greenpeace.de](http://www.greenpeace.de)

V.i.S.d.P. Dr. Dirk Zimmermann