

## Golden-Rice: PR Kampagne ohne Glaubwürdigkeit

Christoph Then für Testbiotech, Januar 2014<sup>1</sup>

### Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	2
1. Einführung .....	3
1.1 Vitamin-A-Mangelernährung und ihre Bekämpfung .....	3
1.2 Der Skandal um chinesische Schulkinder und die Verschiebung der Markteinführung.....	5
1.3. Chronologie .....	6
2. Fehlende technische Daten .....	9
2.1 Abbauraten .....	9
2.2 Biologische Verfügbarkeit .....	10
2.3 Umwelteinflüsse .....	10
3. Risiken .....	11
3.1 Gesundheitliche Risiken .....	12
3.2 Risiken für die Umwelt .....	13
4. Golden Lies.....	14
5. Schlussfolgerungen .....	19
Quellen .....	20

---

<sup>1</sup> Dieser Bericht baut u. a. auf Studien auf, die 2009 und 2012 von der Organisation Foodwatch veröffentlicht wurden (Then 2009 und 2012).

## **Zusammenfassung**

Nach vielen Jahren der Produktentwicklung steht der gentechnisch veränderte „Golden Rice“ immer noch vor seiner möglichen Markteinführung. Wäre es nach den Vorstellungen seiner Entwickler gegangen, hätte der Reis spätestens seit 2012 kommerziell angebaut werden sollen. Doch noch 2013 wurden diese Pläne erneut verschoben. Mitarbeiter des internationalen Reisforschungsinstituts IRRI, das bei der Entwicklung des Gentechnik-Reis eine führende Rolle übernommen hat, gaben Anfang 2013 zum ersten Mal offen zu, dass wesentliche Untersuchungen bezüglich der Nahrungsmittelqualität und der Sicherheit des Gentechnik-Reis fehlen. Bei der wiederholten Verschiebung der Markteinführung spielt möglicherweise ein Skandal um Versuche mit chinesischen Schulkindern eine entscheidende Rolle: Weil weder Eltern noch Kinder ausreichend darüber informiert worden waren, dass mit der Schulnahrung auch gentechnisch veränderter Reis verabreicht wurde, wurden in China mehrere Wissenschaftler entlassen und den betroffenen Familien Entschädigungen bezahlt.

Gleichwohl fordern bekannte Befürworter wie Ingo Potrykus nach wie vor die sofortige Marktzulassung für den Gentechnik-Reis. Inzwischen ist die Gruppe der „Golden Rice“-Befürworter daher deutlich gespalten. Manche Befürworter gehen dabei so weit, Behörden und Kritikern vorzuhalten, sich eines „Holocausts“ (Chassy, 2010) oder eines Verbrechens gegen die Menschlichkeit<sup>2</sup> mitschuldig zu machen, wenn die Einführung des Gentechnik-Reis nicht sofort erfolgt. Sie fordern eine generelle Absenkung der Standards für die Risikoprüfung gentechnisch veränderter Pflanzen, um deren Marktzulassung zu beschleunigen (Potrykus, 2010).

Dieser Bericht zeigt, dass es dem Projekt insgesamt an wissenschaftlicher Sorgfalt und Glaubwürdigkeit mangelt. Die Kommunikation weist über Jahre deutliche propagandistische Züge auf und ist ethisch nicht akzeptabel. Das Projekt wird über die Bekämpfung der Vitamin-A-Mangelkrankheit hinaus zum Präzedenzfall gemacht, um Druck auf die Zulassungsbehörden auszuüben und die Einführung der Agro-Gentechnik zu beschleunigen.

Nach wie vor lässt sich nicht beurteilen, ob der „Golden Rice“ technisch überhaupt zur

---

<sup>2</sup> <http://www.allowgoldenricenow.org/crimes-against-humanity>

Bekämpfung des Vitamin-A-Mangels geeignet sein könnte: Es fehlen Daten zu Abbauraten der Inhaltsstoffe (insbesondere bei Lagerung der Reiskörner) und zur tatsächlichen biologischen Verfügbarkeit. Die Risiken beim Anbau und Verzehr von „Golden Rice“ werden weitgehend verdrängt. Es liegen kaum Daten über ungewollte neue Inhaltsstoffe und Veränderungen im Stoffwechsel der Pflanzen vor, auch fehlen Daten über die Reaktion der Pflanzen auf wechselnde Umweltbedingungen. Bis heute wurde keine einzige Fütterungsstudie mit dem Reis veröffentlicht. Trotzdem wurden die erwähnten Versuche an chinesischen Schulkindern durchgeführt.

Ein kommerzieller Anbau des „Golden Rice“ wird mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Eintrag des gentechnisch manipulierten Erbguts in die Umwelt und in das Erbgut der regionalen Reissorten führen, der nicht wieder rückgängig gemacht werden kann. Die langfristigen ökologischen Folgen sind derzeit wissenschaftlich nicht ausreichend abschätzbar.

Verschiedene Berichte verweisen auf die erheblichen Fortschritte, die in den letzten zehn Jahren bei der Bekämpfung des Vitamin-A-Mangels in den Entwicklungsländern erzielt wurden. Es gibt effiziente und kostengünstige Programme, die ein hohes Maß an Akzeptanz und Verlässlichkeit bieten und überdies sehr zielgenau eingesetzt werden können. Vor diesem Hintergrund ist die geplante Einführung des „Golden Rice“ keineswegs alternativlos.

## ***1. Einführung***

Der gentechnisch veränderte Reis, der in seinen Körnern Carotinoide – Vorstufen von Vitamin A – produzieren kann, wurde von seinen Entwicklern auf den Namen „Golden Rice“ getauft, denn die Stoffwechselveränderung verleiht den geschälten Reiskörnern eine gelbliche Farbe. Carotinoide können vom menschlichen Körper als Quelle für die Vitamin-A-Versorgung genutzt werden. Der „Golden Rice“ soll zur Bekämpfung des Vitamin-A-Mangels (englisch: Vitamin A Deficiency, VAD) eingesetzt werden, der vor allem in Entwicklungsländern auftritt.

### **1.1 Vitamin-A-Mangelernährung und ihre Bekämpfung**

Mit dem „Golden Rice“-Projekt soll der in vielen Entwicklungsländern verbreitete Vitamin-A-Mangel bekämpft werden. Dieser kann unter anderem zu Augen- und Hauterkrankungen, zu

Störungen des Immunsystems und der Fortpflanzung sowie zu Wachstumsstörungen bei Kindern führen. Auch Todesfälle werden auf Vitamin-A-Mangel zurückgeführt. Global sind nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation WHO etwa 190 Millionen Kinder von Vitamin-A-Mangel betroffen, wobei das Ausmaß akuter gesundheitlicher Gefährdungen unterschiedlich ist. Die Hauptleidtragenden sind Kinder aus Afrika und Südostasien (WHO, 2009). Es gibt Schätzungen aus dem Jahr 2008 (Black et al., 2008), wonach pro Jahr aufgrund des Vitaminmangels rund 670 000 Kinder sterben und über 250 000 Kinder erblinden.

Einem UN-Report zufolge (UNSCN, 2010) ist man bei der Bekämpfung des Vitamin-A-Mangels in mehreren Regionen der Welt dem sogenannten Millenniumsziel erheblich näher gekommen, wonach die Anzahl der Menschen, die von Mangelernährung betroffen sind, bis zum Jahr 2015 halbiert werden soll. Insbesondere in Nordafrika, Süd- und Mittelamerika, in Ostasien und in der Karibik wurden ermutigende Fortschritte erzielt. Dagegen müssen in Süd- und Zentralasien sowie in Zentral- und Südafrika die Anstrengungen noch erheblich verstärkt werden. Bei allen involvierten Experten und Institutionen besteht Einigkeit darüber, dass zur Bekämpfung des Vitamin-A-Mangels verschiedene Maßnahmen nötig sind, die an die jeweiligen regionalen Besonderheiten angepasst werden müssen: Dazu gehören die Ernährung mit Muttermilch, der Anbau von regionalem Gemüse, die Verwendung von Palmöl, das Halten von Fischen in den Reisfeldern, die Anreicherung von Lebensmitteln wie Zucker mit Vitamin A und das Verteilen von Vitamin-A-Präparaten.<sup>3</sup> Auch der Einsatz von Pflanzen wie Cassava und Mais, deren Vitamin-A-Gehalt durch traditionelle Züchtung gesteigert werden konnte, ist Erfolg versprechend.<sup>4</sup> Es gibt also bereits vielfältige Ansätze und erfolgreiche Programme zur Bekämpfung des Vitamin-A-Mangels, mit denen – trotz finanzieller und politischer Restriktionen – in vielen Regionen der Welt erhebliche Fortschritte erzielt wurden. 1999 wurde das „Golden Rice“-Projekt erstmals der Öffentlichkeit präsentiert. Doch entgegen den ersten Erwartungen brachte es bis heute keine Lösungen. Vor diesem Hintergrund ist die geplante Einführung des „Golden Rice“ keineswegs alternativlos.

---

<sup>3</sup> Siehe z. B.: [www.who.int/nutrition/topics/vad/en/](http://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/)

<sup>4</sup> Siehe z.B.: <http://www.vanguardngr.com/2010/10/stakeholders-plan-release-of-vitamin-a-cassava-in-nigeria/> und: [http://www.theecologist.org/News/news\\_analysis/1159571/can\\_gmfree\\_biofortified\\_crops\\_succeed\\_after\\_golden\\_rice\\_controversy.html](http://www.theecologist.org/News/news_analysis/1159571/can_gmfree_biofortified_crops_succeed_after_golden_rice_controversy.html)

## 1.2 Der Skandal um chinesische Schulkinder und die Verschiebung der Markteinführung

Im Februar 2009 wurde erstmals bekannt, dass die Betreiber des „Golden Rice“-Projekts Tests an chinesischen Schulkindern durchgeführt hatten. Dies führte u. a. in England zu einer öffentlichen Kontroverse darüber, ob derartige Versuche ohne vorherige Fütterungsstudien an Tieren ethisch und medizinisch verantwortet werden können.<sup>5</sup>

An einer Schule in der Provinz Hunan waren 68 Schulkinder im Alter von sechs bis acht Jahren in die Untersuchungen einbezogen; 23 von ihnen wurde mit der Schulnahrung der Gen-Reis verabreicht, ohne dass der Reis zuvor an Tieren getestet worden war (Tang et al., 2012).

Vonseiten des „Golden Rice“-Projekts wies man jegliche Kritik und die Forderung nach weiteren Risikostudien pauschal zurück. Adrian Dubock, der für die Firma Syngenta tätig war und auch als „Golden Rice“-Projektmanager auftritt, wurde in der englischen Zeitung *Daily Mail* dazu wie folgt zitiert:

*The Golden Rice contains the food colours found everywhere in coloured natural foods and the environment. There is no possible way the trials could do any harm to the participants.*

Ähnlich äußerten sich auch weitere Wissenschaftler und Befürworter in einem Brief an die *Daily Mail*, der über längere Zeit auf der „Golden Rice“-Homepage (<http://goldenrice.org/>) zu finden war:

*The experiments were no more dangerous than feeding the children a small carrot since the levels of beta-carotene and related compounds in Golden Rice are similar. Contrary to the assertions published in the Daily Mail, beta-carotene itself is safe to consume at levels far in excess of those present in Golden Rice. The objections to these studies make as much scientific sense as objecting to giving the children a vitamin pill.*

Der Umgang mit den gesundheitlichen Risiken beim Verzehr von gentechnisch verändertem Reis wird von den zitierten Experten also mit dem Risiko gleichgesetzt, eine Karotte zu verspeisen. Ohne eine umfassende Analyse der Inhaltsstoffe des „Golden Rice“ vorgelegt oder Fütterungsstudien an

---

<sup>5</sup> Siehe: <http://www.dailymail.co.uk/news/worldnews/article-1147635/British-scientists-condemn-using-children-GMfood-trials-unacceptable.html>

Tieren durchgeführt zu haben, wird verkündet, dass man gesundheitliche Risiken gar nicht untersuchen müsse, weil es schlicht keine gebe.

Als dann im August 2012 die Ergebnisse der Untersuchungen an den chinesischen Schulkindern veröffentlicht wurden (Tang et al., 2012), schlug die Debatte erstmals auch in China hohe Wellen. Es stellte sich heraus, dass die Eltern und Schulkinder nicht ausreichend unterrichtet worden waren. In der chinesischen Presse wurden Eltern zitiert, man habe ihnen kostenloses Schulessen versprochen, das „Reis, Spinat und Tofu“ enthalten sollte.<sup>6</sup> Die beteiligten chinesischen Wissenschaftler leugneten sogar, dass überhaupt gentechnisch veränderter Reis verabreicht worden war.<sup>7</sup> Die drei verantwortlichen Wissenschaftler in China wurden schließlich entlassen, jede der beteiligten Familien erhielt 12 800 US-Dollar Schadensersatz von den lokalen Behörden.<sup>8</sup>

Vermutlich haben diese Ereignisse auch dazu beigetragen, dass die Markteinführung des „Golden Rice“ auf den Philippinen nicht wie angekündigt im Jahr 2013 erfolgte: Wie das International Rice Research Institute (IRRI) auf den Philippinen im Februar 2013 bekannt gab, müsse erst eine Umweltprüfung durchgeführt werden. Zudem sei nicht gewährleistet, dass der Reis überhaupt geeignet sei, den Vitamin-A-Mangel zu bekämpfen.<sup>9</sup> Gleichwohl fordern bekannte Befürworter wie Ingo Potrykus nach wie vor die sofortige Marktzulassung für den Gentechnik-Reis.

### 1.3. Chronologie

Das „Golden Rice“-Projekt wurde bereits in den 1980er-Jahren geplant. Hierbei lassen sich zwei Phasen unterscheiden: Die erste Variante des gentechnisch veränderten Reis wurde im Jahr 2000 vorgestellt (Ye et al., 2000). Vermutlich hatte der Reis damals noch einen wesentlich geringeren Gehalt an Carotinoiden, als von den Betreibern angegeben wurde (siehe Then, 2009).

---

<sup>6</sup> CHINA OFFICIALS TO PROBE STUDY THAT FED GOLDEN RICE TO HUNAN PRIMARY PUPILS South China Morning Post, China, Stephen Chen, <http://www.scmp.com/news/china/article/1031148/china-officialsprobe-study-fed-goldenrice-hunan-primary-pupils>, 07.09.2012

<sup>7</sup> GOLDEN RICE LEAVES BITTER TASTE Economic Observer, China, Anchalee Kongrut, <http://www.eeo.com.cn/ens/2012/0921/233859.shtml>, 21.09.2012

<sup>8</sup> PARENTS OF STUDENTS IN GM RICE TEST WIN PAYOUT, China Daily, China, URL: <http://english.eastday.com/e/121208/u1a7046985.html>, 08.12.2012

Hvistendahl & Enserink, Chinese researchers punished for role in GM rice study, <http://news.sciencemag.org/people-events/2012/12/chinese-researchers-punished-role-gm-rice-study?ref=hp.%2012>

<sup>9</sup> [http://www.irri.org/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=12483&lang=en](http://www.irri.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=12483&lang=en)

2005 publizierte die Firma Syngenta dann Daten eines gentechnisch veränderten Reis mit einem wesentlich höheren Carotinoid-Gehalt (Paine et al., 2005). Nach Ansicht der Betreiber des „Golden Rice“-Projekts hätte bei dieser Konzentration an Carotinoiden schon mit einer Schale Reis pro Tag und Person ein substanzieller Beitrag zur Bekämpfung des Vitamin-A-Mangels geleistet werden können (Paine et al., 2005).

Nachfolgende Tabelle 1 gibt einen kurzen Überblick über die inzwischen 25-jährige Geschichte des „Golden Rice“-Projekts. Die Hoffnung, mithilfe gentechnisch veränderter Pflanzen schnelle technologische Lösungen für die Bekämpfung von Armutproblemen wie der Vitamin-A-Mangelernährung verfügbar machen zu können, hat sich nicht erfüllt.

**Tabelle 1: Chronologischer Überblick über die Entwicklung des „Golden Rice“-Projekts**

<b>Jahr</b>	<b>Projektabschnitt</b>
1984	Die Idee des „Golden Rice“-Projekts entsteht während einer Tagung auf den Philippinen.
1999	Eine erste Generation des „Golden Rice“ wird hergestellt.
2000	Es gibt eine weltweite Ankündigung, dass dieser Reis Millionen von Kindern das Leben retten kann.
	Der Reis wird zum Patent angemeldet (WO2000/053768).
2004	Eine zweite Generation des „Golden Rice“ weist einen wesentlich höheren Gehalt an Beta-Carotinoiden auf.
	Auch die neue Variante des gentechnisch veränderten Reis wird (von der Firma Syngenta) zum Patent angemeldet (WO2004/085656).
2005	Die Betreiber des Projekts werfen Kritikern und Behörden vor, am Tod von Kindern mitschuldig zu sein.
2009	Publikation über Versuche an fünf freiwilligen Testpersonen, bei denen überprüft wurde, ob die Carotinoide biologisch verwertet werden können.
	Berichte über Tests an chinesischen Schulkindern.
	Vertreter des „Golden Rice“-Teams fordern bei einer Konferenz im Vatikan eine deutliche Absenkung der Sicherheitsprüfungen bei der Marktzulassung gentechnisch veränderter Pflanzen.
2010	Befürworter behaupten, dass es zu Millionen von Todesfällen wegen bisher fehlender Anbaugenehmigungen gekommen sei („Holocaust“-Vorwurf).
2011	Auf den Philippinen wird „Golden Rice“ im Versuchsanbau geerntet. Die Gates-Stiftung stellt dem Internationalen Reisforschungszentrum IRRI weitere 10 Millionen US-Dollar für das „Golden Rice“-Projekt zur Verfügung. Der kommerzielle Anbau auf den Philippinen soll 2013 beginnen, 2017 soll dann auch Bangladesch folgen.
2012	Die Ergebnisse der Untersuchungen an chinesischen Schulkindern werden veröffentlicht. Der Bericht führt zu heftigen Kontroversen in China, weil Eltern und Schüler nicht ausreichend informiert wurden. Die verantwortlichen Wissenschaftler in China werden entlassen.
2013	Der kommerzielle Anbau auf den Philippinen wird vom IRRI um einige Jahre verschoben.



## **2. Fehlende technische Daten**

Wichtige technische Daten, die für den technischen Erfolg des Projekts ausschlaggebend sind, sind insbesondere die Abbauraten der Carotinoide sowie deren biologische Verfügbarkeit (Konversionsrate). Die Untersuchung der Abbauraten ist wichtig, um die Carotinoid-Verluste bei der Lagerung und beim Kochen der Reiskörner beurteilen zu können. Die biologische Verfügbarkeit gibt Aufschluss darüber, wie effektiv die Carotinoide im Körper in das gewünschte Vitamin A umgewandelt werden.

### **2.1 Abbauraten**

Der „Golden Rice“ ist nur dann zur Bekämpfung des Vitamin-A-Mangels geeignet, wenn man ihn lagern und kochen kann, ohne dass es zu einem drastischen Abbau der Carotinoide kommt. Obwohl der Gehalt an Carotinoiden mit relativ einfachen Mitteln zu messen ist, gibt es zu diesen Fragen bisher nur wenige bzw. keine Daten. Zwar scheinen die Carotinoide den Kochvorgang zu überstehen (Tang et al., 2009), jedoch wurden systematische Untersuchungen darüber, ob und welche Art der Reiszubereitung (Kochen, Dünsten, Braten) zu Verlusten führen kann, bisher nicht veröffentlicht.

Daten fehlen vor allem bezüglich der Lagerungsfähigkeit des Reis. Welche Temperaturen, Lichtverhältnisse und Luftfeuchtigkeit zu welcher Abbauraten der Carotinoide führen, gehört zu den entscheidenden Fragen für eine Einschätzung des Potenzials von „Golden Rice“. Reis wird nach der Ernte oft über Monate gelagert, bevor er verzehrt wird. Es darf angenommen werden, dass es dabei zu erheblichen Verlusten an dem Gehalt von Carotinoiden kommen kann. Auch die WHO weist darauf hin, dass es u. a. durch Lagerung zum Abbau von Carotinoiden kommen kann (WHO, 2006). Tang et al. (2009), die die ersten Studien an Freiwilligen in den USA durchführten, lagerten ihren Reis vor der Zubereitung bei  $-20^{\circ}\text{C}$  bzw. sogar bei  $-80^{\circ}\text{C}$ . Auch bei den Versuchen an chinesischen Schulkindern (Tang et al., 2012) wurde der Reis bis unmittelbar vor dem Verzehr bei  $-70^{\circ}\text{C}$  bzw.  $-20^{\circ}\text{C}$  gelagert. Bei diesen Minustemperaturen ist ein Abbau von Carotinoiden unwahrscheinlich. Es fehlen jedoch weiterhin verlässliche Daten über die Lagerungsfähigkeit des Reis unter Praxisbedingungen. Diese sind bis heute nicht verfügbar, obwohl sie mehrfach von den Betreibern des „Golden Rice“-Projekts angekündigt wurden (siehe dazu Then, 2009).

## **2.2 Biologische Verfügbarkeit**

Über die Konversionsrate (biologische Verfügbarkeit) der im „Golden Rice“ gebildeten Carotinoide wurden von Tang et al. (2009) und Tang et al. (2012) erste Daten vorgelegt. Diese Daten (Tang et al., 2009) wurden bei Tests mit fünf freiwilligen erwachsenen Personen (drei weiblich, zwei männlich) in den USA gewonnen (s.o., „Chronologischer Überblick“). Zudem wurde der Reis an 23 Schulkindern in China getestet (Tang et al., 2012). Bei den Experimenten wurde zusätzlich Butter (Tang et al., 2009) verabreicht bzw. es wurden Menüs angeboten, die unter anderem Fleisch enthielten, wodurch die für die Aufnahme von Carotinoiden notwendigen Fette in der Mahlzeit enthalten waren. Wie die Konversionsrate des „Golden Rice“ unter Praxisbedingungen in den Entwicklungsländern aussehen könnte, wird von den Autoren nicht diskutiert. Auch die Frage des Abbaus der Carotinoide durch Kochen und Lagerung wird nicht erörtert.

Die Autoren (Tang et al., 2009 und 2012) kommen zu dem Schluss, dass „Golden Rice“ ein geeignetes Mittel zur Bekämpfung des Vitamin-A-Mangels sei. Krawinkel (2009) warnt in seiner Analyse der Studie von Tang et al. (2009) vor solchen allgemeinen Schlussfolgerungen. Er weist unter anderem darauf hin, dass die in der Studie gewählte Diät nicht geeignet sei, die Konversionsrate von Carotinoiden im Rahmen einer Mangelernährung zu untersuchen. Unklar ist, welche anderen Öle oder Fette unter realistischen Bedingungen zusätzlich zum Reis verzehrt werden müssten, um die Aufnahme der Carotinoide aus dem Darm zu ermöglichen. In Ländern mit Mangelernährung ist der Zusatz von Ölen oder Fetten nicht immer gewährleistet.

## **2.3 Umwelteinflüsse**

Es ist bekannt, dass die Menge der Inhaltsstoffe in Pflanzen von Interaktionen zwischen Genom und Umwelt abhängig sein kann. Bei gentechnisch veränderten Pflanzen entziehen sich die zusätzlich eingeschleusten Gene der natürlichen Genregulation. Über die genetische Stabilität gentechnisch veränderter Pflanzen unter wechselnden Umweltbedingungen ist oft wenig bekannt. So zeigt der Gehalt an Bt-Toxinen in gentechnisch verändertem Mais erhebliche Schwankungen, wobei die jeweiligen Ursachen nicht vollständig aufgeklärt sind (Then & Lorch, 2008).

Bis heute fehlen beim „Golden Rice“ Daten darüber, welche Umweltbedingungen zu höheren und

welche zu niedrigeren Carotinoid-Werten führen und wie hoch die Schwankungen jeweils sind. Die Untersuchung von Schwankungen der verschiedenen Inhaltsstoffe ist sowohl im Hinblick auf die erwünschte Versorgung mit Vitamin A als auch in Bezug auf deren Risiken von Bedeutung.

### **3. Risiken**

Gentechnisch veränderte Pflanzen müssen als technisch hergestellte Produkte spezifischen Sicherheitsprüfungen unterzogen werden. Insgesamt ist auffällig, wie wenige Daten bisher über den „Golden Rice“ veröffentlicht wurden. Es fehlen fast alle sonst übliche Daten, wie die Beschreibung des Ortes der Insertion der zusätzlichen DNA, die mögliche Bildung ungewollter Inhaltsstoffe und ein Vergleich der allgemeinen ackerbaulichen Eigenschaften des Gentechnik-Reis im Unterschied zu konventionellen Sorten. Diese und weitere Daten sind jedoch für eine Risikobewertung unerlässlich.

Beim „Golden Rice“ wird durch gentechnologische Eingriffe ein zusätzlicher Stoffwechselweg in das Erbgut der Pflanzen eingefügt. Dadurch kommt es zur Bildung neuer Inhaltsstoffe, der Carotinoide, die bisher nicht im Reiskorn vorhanden waren. Im Gegensatz zur Mutations- oder Kreuzungszucht werden aber bei der Gentechnik die Mechanismen der natürlichen Genregulation nicht genutzt, sie werden vielmehr übergangen. Der gentechnische Eingriff kann zu einer ganzen Reihe von Effekten führen, die für die Risikoabschätzung relevant sind. Möglich sind eine Schwächung der Pflanzen (erhöhte Krankheitsanfälligkeit, geringerer Ertrag), geringere Toleranz gegenüber Stressoren (wie klimatische Einflüsse), aber auch höhere Fitness (zum Beispiel die Ausbildung einer höheren Anzahl von Pollen und Samen) oder die Bildung ungewollter (antinutritiver, immunogener oder toxischer) Inhaltsstoffe.

Es ist möglich, dass unbeabsichtigte Reaktionen gentechnisch veränderter Pflanzen sich erst unter dem Einfluss bestimmter Umweltbedingungen oder erst nach einigen Generationen zeigen. Inzwischen gibt es eine ganze Reihe von Publikationen über unvorhergesehene Stressreaktionen gentechnisch veränderter Pflanzen, z. B. bei Petunien (Meyer et al., 1992), Baumwolle und Mais (siehe Then & Lorch, 2008), Kartoffeln (Matthews et al., 2005), Weizen (Zeller et al., 2010) und

Soja (Gertz et al., 1999). Zu diesen Fragen wurden im Rahmen des „Golden Rice“-Projekts bisher keine Daten vorgelegt. Eine Anfrage von Testbiotech beim Internationalen Reisforschungszentrum IRRI wegen dieser fehlenden Daten blieb ohne konkrete Antwort.

### 3.1 Gesundheitliche Risiken

Überraschenderweise sind bisher beim „Golden Rice“ keine Daten über die Konzentration von Inhaltsstoffen, Stoffwechselprodukten und Genaktivitäten verfügbar; auch Untersuchungen zur Überprüfung der subchronischen Toxizität, der Wirkungen auf das Immunsystem oder von antinutritiven Effekten wurden bislang nicht veröffentlicht. Publikationen über systematische Untersuchungen, in denen die Inhaltsstoffe und Stoffwechselprofile von „Golden Rice“ im Vergleich zu den konventionellen Ausgangspflanzen untersucht worden wären, sind ebenfalls nicht verfügbar.

Die Betreiber des „Golden Rice“-Projekts haben bisher auch keine Fütterungsstudien, bei denen mögliche gesundheitliche Auswirkungen an Tieren untersucht werden, vorgelegt. Daher gehen u. a. auch Tang et al. (2009) davon aus, dass über ihre Untersuchungen hinaus weitere Tests nötig sein werden, um die Sicherheit des „Golden Rice“ zu überprüfen:

*A much longer exposure with a larger cumulative consumption of Golden Rice would be needed to make definitive assertions regarding the inherent safety of this food for human use.*

Erst 2011 kam es zu konkreten Ankündigungen für weitere Risikobewertungen des „Golden Rice“: Zunächst soll das internationale Reisforschungsinstitut IRRI die Sicherheit der Pflanzen nach internationalen Standards überprüfen. Danach ist Helen Keller International, eine gemeinnützige Einrichtung, die unter anderem auch auf den Philippinen vertreten ist, am Zug. Sie soll untersuchen, ob der Reis für die menschliche Ernährung und zur Deckung des Vitamin-A-Bedarfs überhaupt geeignet ist.<sup>10</sup> 2013 stellte das IRRI fest, dass eine Markteinführung nicht erfolgen könne und stattdessen zunächst weitere Prüfungen erfolgen müssten.<sup>11</sup> Auch eine erste Fütterungsstudie wurde für 2013 angekündigt. Damit wurde zum ersten Mal auch vonseiten der Betreiber zugegeben, dass entscheidende Daten für eine Marktzulassung fehlen.

<sup>10</sup> <http://irri.org/knowledge/publications/rice-today/features/golden-grains-for-better-nutrition>

<sup>11</sup> [http://www.irri.org/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=12483&lang=en](http://www.irri.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=12483&lang=en)

### **3.2 Risiken für die Umwelt**

Wird gentechnisch veränderter Reis in Regionen freigesetzt, in denen auch Wildreis als Bei- oder Unkraut (Weedy Rice) wächst, kann sich der transgene Reis per Pollenflug mit diesem Wildreis kreuzen. Wilde Reisarten sind in vielen Anbauregionen weitverbreitet (Ferrero, 2003; Chen et al., 2004). Zwischen den auf dem Acker angebauten Reispflanzen und den in der Umgebung wachsenden Wildarten findet in erheblichem Umfang ein Austausch von Erbgut statt (Chen et al., 2004). Eine unkontrollierte Ausbreitung des durch technische Eingriffe in seiner natürlichen Genregulation veränderten Erbguts in der Umwelt kann unter diesen Bedingungen kaum verhindert werden. Bei den wilden Verwandten der Reispflanzen kann sich das veränderte Erbgut unter Umständen vermehren und anreichern (Chen et al., 2004). Untersuchungen in China belegen, dass die Hybride, die zwischen gentechnisch verändertem Kulturreis und seinen wilden Verwandten gebildet werden, unerwartete biologische Eigenschaften aufweisen können. So erhöhte sich beispielsweise die Konzentration an insektengiftigen Bt-Toxinen in manchen Pflanzen, die aus den Kreuzungen mit den wilden Arten hervorgegangen waren (Xia et al., 2009). Weiterhin zeigten Pflanzen, die sich mit dem gentechnisch veränderten Reis gekreuzt hatten, im Vergleich zu den Ausgangspflanzen ein erhöhtes Potenzial zur Ausbreitung (Lu & Yang 2009).

Diese Effekte können zu einer großflächigen Ausbreitung der Pflanzen in der Umwelt führen. Die erhöhte Fitness der Pflanzen trat unerwartet auf und kann nicht aus den spezifischen gentechnischen Veränderungen abgeleitet werden. Das bedeutet, dass man das Ausbreitungspotenzial und die biologischen Eigenschaften gentechnisch veränderter Reispflanzen und deren Kreuzungsprodukten nur begrenzt vorhersagen kann. In jedem Fall erscheint es sehr unwahrscheinlich, dass sich die fremden Gene, sobald sie sich einmal in den Wildpopulationen verbreitet haben, wieder zurückholen lassen (siehe Bauer-Panskus et al., 2013). Neue Studien haben dabei unter anderem gezeigt, dass Klimaveränderungen zu einer verstärkten Ausbreitung von transgenem Reis in Wilden Reis und Unkraut-Reis führen können (Ziska et al., 2012).

Die Eigenschaft von Reispflanzen, ihr Erbgut über den Acker hinaus dauerhaft in der Umwelt zu verbreiten, birgt nicht nur Risiken für die Ökosysteme, sondern kann auch zu einer erheblichen

Beeinträchtigung des gesamten Reisanbaus führen. Der Gen-Austausch ist keine Einbahnstraße, sondern findet in beide Richtungen statt. Zwischen dem Acker und den umgebenden Wildpflanzen kann sich ein regelrechter Kreislauf etablieren: Mit den Pollen der wilden Reissorten können die fremden Gene wieder zurück auf den Acker gelangen – auch wenn dort konventioneller Reis angebaut wird. Diese Erfahrungen zeigen, dass beim großflächigen Anbau von „Golden Rice“ ein nicht kalkulierbares und äußerst problematisches Szenario droht:

1. Die Kreuzungen zwischen dem gentechnisch veränderten Kulturreis und seinen wilden Verwandten können überraschende biologische Eigenschaften aufweisen, die u. a. zu einer raschen Ausbreitung in der Umwelt mit nicht vorhersehbaren ökologischen Folgen führen können.
2. Hat das fremde Erbgut einmal den Sprung in die Populationen wilder Reispflanzen geschafft, kann seine Ausbreitung nicht mehr kontrolliert oder rückgängig gemacht werden.
3. Hat sich das fremde Erbgut in den Populationen der wilden Reispflanzen ausgebreitet, sind Kontaminationen auch beim Anbau konventioneller Reissorten unvermeidbar.

Die mittel- bis langfristigen Folgen einer Freisetzung für evolutionäre Prozesse, für die biologische Vielfalt und für die menschliche Gesundheit können wissenschaftlich nicht mit ausreichender Sicherheit abgeschätzt werden. Verantwortet werden können Freisetzungen nur dann, wenn sie räumlich und zeitlich begrenzt sind (siehe Bauer-Panskus et al., 2013).

#### **4. Golden Lies**

Von Anfang an waren mit dem „Golden Rice“ höchste moralische Ansprüche verbunden. So hieß es im Titel des *Time Magazine* im Jahr 2000: „This rice could save a million kids a year“ (*Time Magazine*, 2000). In eklatantem Widerspruch zu diesen hohen Erwartungen steht jedoch die Tatsache, dass zu diesem Zeitpunkt eine ausreichende Bewertung des Projekts bezüglich seiner technischen Eignung überhaupt nicht möglich war – ein Problem, das bis heute nicht behoben ist. Es war damals lediglich zum ersten Mal möglich, per Gentechnik in Reiskörnern Carotinoide zu produzieren, allerdings nur in einer geringen Konzentration. Vermutlich war die tatsächliche Konzentration in den Reiskörnern sogar erheblich niedriger als ursprünglich angegeben (siehe Then, 2009).

Seither werden von den Betreibern des „Golden Rice“-Projekts immer wieder hohe Erwartungen

geschürt und moralische Argumente ins Feld geführt, um auf eine rasche Anbaugenehmigung zu drängen. So geschehen zum Beispiel in einem Vortrag von Ingo Potrykus, einem der Erfinder des „Golden Rice“, bei der Tagung der Biotechnologie-Industrie 2005 (siehe Then, 2012). Dabei wird nicht nur das Potenzial des „Golden Rice“ hervorgehoben, sondern den Behörden auch vorgeworfen, zu hohe Anforderungen an die Risikoprüfung gentechnisch veränderter Pflanzen zu stellen. Auf der Tagung stellte es Ingo Potrykus so dar, dass es keine wesentlichen Unterschiede zwischen konventioneller Zucht und Gentechnik gebe – warum also sollten diese dann überhaupt auf Risiken geprüft werden?

Die Befürworter erheben den schwerwiegenden moralischen Vorwurf, die „Überregulierung“ koste Menschenleben. Gentechnik müsse „entdämonisiert“ werden, sonst begehe die Gesellschaft ein „Verbrechen gegen die Menschlichkeit“. Derartige Argumente wurden auch 2010 in einem Meinungsbeitrag von Ingo Potrykus in der Zeitschrift *Nature* geäußert (Potrykus, 2010). Die Anforderungen für die Risikoabschätzung müssten demnach abgesenkt werden. Dabei behauptete Potrykus (2010) erneut, es gebe keinen Unterschied zwischen Züchtung und Gentechnik. Nur die überzogenen Anforderungen der Behörden seien daran schuld, dass das Produkt noch nicht auf dem Markt sei:

*Golden Rice will probably reach the market in 2012. It was ready in the lab by 1999. This lag is because of the regulatory differentiation of genetic engineering from other, traditional methods of crop improvement. The discrimination is scientifically unjustified. It is wasting resources and stopping many potentially transformative crops such as Golden Rice making the leap from lab to plate.*

Potrykus lässt bei seiner Darstellung völlig außer Acht, dass die Realisierung des Projekts ganz wesentlich aufgrund technischer Fragen und Probleme verzögert wurde, die nichts mit einer Risikoabschätzung zu tun hatten. So besaß der Reis zunächst nur eine sehr geringe Carotinoid-Konzentration. Über seine Bioverfügbarkeit war bis 2009 nichts publiziert worden, technische Daten über seine Lagerungsfähigkeit liegen bis heute nicht vor (s. o.). Darüberhinaus fehlen auch fast alle Angaben, um mit einer konkreten Risikoabschätzung überhaupt beginnen zu können. Die Wahl der Argumente und die Darstellung der Tatsachen sprechen dafür, dass bei der geforderten Einführung des „Golden Rice“ andere als humanitäre Interessen im Spiel sind. Für Protagonisten wie Potrykus geht es ganz allgemein um die Anforderungen bei der Risikoabschätzung

gentechnisch veränderter Pflanzen. Diese sollen den Pflanzen aus konventioneller Zucht gleichgestellt und von einer eingehenden Risikoprüfung befreit werden.

Ähnlich wie Potrykus äußern sich auch andere Experten, die in das „Golden Rice“-Projekt involviert sind (siehe z. B. Dubock, 2009). Auf die Spitze treibt die Argumentation Bruce Chassy (Chassy, 2010), der sich für den geplanten Anbau des „Golden Rice“ auf den Philippinen starkmacht. Er vergleicht die Folgen der Verzögerung einer Marktzulassung von „Golden Rice“ (bei ihm GR abgekürzt) sogar mit dem Holocaust. Nach seiner Meinung hätte man den „Golden Rice“ schon 2002 oder 2003 ohne weitere Prüfungen an die Landwirte abgeben sollen. Unter dem Titel „The silent holocaust“ führt er aus (Chassy, 2010):

*As noted previously, VAD kills approximately 2 million people a year – most of them rice-eating children. If GR had been bred by conventional means, two or three years might have been required to propagate and distribute the seeds, and – assuming a reasonable adoption rate – perhaps the lives of a half a million or a million people a year might have been saved until now. (...) GR has instead been confronted with critics who have delivered a long list of ill-founded claims about safety and efficacy. The consequence of these misperceptions about real risks is that GR has also confronted an intransigent regulatory system that requires millions of US\$ and many years to navigate for each new product. (...) Considering the minimal safety concerns associated with GR and the staggering annual toll of VAD, would it not have been a better choice to distribute the seeds just as would have been done if they were conventionally bred? The moral calculus is surprisingly simple: if GR had been distributed in 2002 or 2003, millions of lives might have been saved. Not to have disseminated the seeds of GR until now has allowed as many people to die silently as were killed in the holocaust.*

Die unglaublichen Holocaust-Vergleiche von Chassy (2010) können wohl nur als Teil einer internationalen Kommunikationskampagne verstanden werden. Die Argumentationsmuster des „Golden Rice“-Teams und der Industrie sind mehr oder weniger deckungsgleich und nicht auf den „Golden Rice“ beschränkt. Vielmehr wird dieser zum Anlass genommen, um eine generelle Absenkung des Niveaus der Risikoabschätzung gentechnisch veränderter Pflanzen zu fordern.



Die wesentlichen gemeinsamen Argumentationsstrukturen sind:

- Die Risiken gentechnisch veränderter Pflanzen werden den Risiken der konventionellen Zucht gleichgesetzt.
- Für die Verzögerung in der Projektentwicklung des „Golden Rice“ werden ausschließlich die Behörden und Kritiker verantwortlich gemacht.
- Bestehende effektive Methoden zur Bekämpfung der Vitamin-A-Mangelernährung werden nicht oder nur am Rande thematisiert.
- Die Verpflichtung, hungernden Kindern zu helfen, wird ohne jegliche moralische Bedenken ins Feld geführt, um eine generell beschleunigte Zulassung gentechnisch veränderter Pflanzen zu erreichen.

Insgesamt ist die Kommunikation der Betreiber des „Golden Rice“-Projekts ethisch fragwürdig, propagandistisch und alarmistisch. Sie steht im klaren Widerspruch zum humanitären Anspruch des Projekts und behindert eine sachliche Diskussion. Die fast hysterische Rhetorik wurde in den letzten Jahren immer weiter zugespitzt und findet in Kampagnen wie „Golden Rice Now“<sup>12</sup> ihren jüngsten Höhepunkt der Absurdität.

Bei anderen Betreibern des „Golden Rice“-Projekts scheint dagegen ein Meinungswechsel stattgefunden zu haben. Insbesondere der Skandal um die Schulkinder in China hat möglicherweise bei einigen Verantwortlichen zu einem Umdenken geführt. 2013 wurde vom IRRI, das derzeit beim „Golden Rice“ federführend ist, erstmals zugegeben, dass wesentliche Untersuchungen fehlen:<sup>13</sup>

*The Philippine Rice Research Institute, in partnership with the International Rice Research Institute and other partners, have recently finished two seasons of field trials in the Philippines, but this doesn't mean that Golden Rice is now ready for planting by farmers.*

---

<sup>12</sup> <http://www.allowgoldenricenow.org/crimes-against-humanity>

<sup>13</sup> [http://www.irri.org/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=12483&lang=en](http://www.irri.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=12483&lang=en)

*Data from these trials must next be submitted to Philippine government regulators for their evaluation as part of the biosafety approval process. (...) However, it has not yet been determined whether daily consumption of Golden Rice does improve the vitamin A status of people who are vitamin A deficient and could therefore reduce related conditions such as night blindness.*

Erstmals wurden auch Fütterungsstudien mit Tieren angekündigt.<sup>14</sup> Auch für 2014 kann demnach eine Marktzulassung nicht erwartet werden:

*As of September 2013, Golden Rice is still under development and evaluation by leading nutrition and agricultural research organizations. Golden Rice will not be broadly available to farmers and consumers unless and until it is (a) deemed safe for humans, animals, and the environment and approved by national regulators and (b) shown to reduce vitamin A deficiency in community conditions—a process that may take another two years in the Philippines.*

Es wird klargestellt, dass der Reis noch im Entwicklungsstadium ist und daher noch Jahre vergehen werden, bis alle Prüfungen abgeschlossen sind:

*The development of Golden Rice is on pace with this timeframe. In 2006, IRRI and others began working with a new version of the Golden Rice trait that produces significantly more beta carotene than the 1999 prototype, and it is this version of Golden Rice that is still under development and evaluation. Golden Rice will only be made available broadly to farmers and consumers if it is approved as safe by national regulators and shown to reduce vitamin A deficiency in community conditions, a process that is likely to take another two to three years*

Die Ankündigung weiterer Untersuchungen ist zu begrüßen. Die Unabhängigkeit der beteiligten Institutionen muss allerdings bezweifelt werden. Bei IRRI wird das Projekt von Gerard Barry, einem ehemaligen Monsanto-Mitarbeiter, betreut.<sup>15</sup> Der US-Konzern ist weltweit Marktführer bei gentechnisch veränderten Pflanzen. Zudem hat das IRRI für dieses Thema die Agentur Seed Stories angeheuert<sup>16</sup>, die auch für Industrieverbände wie CropLife International und Konzerne wie

<sup>14</sup> <http://irri.org/golden-rice/faqs/will-golden-rice-be-tested-on-animals>

<sup>15</sup> <http://www.lobbywatch.org/archive2.asp?arcid=4222>

<sup>16</sup> <http://irri.org/news-events/hot-topics/golden-rice/golden-rice-blog/potential-benefits-of-golden-rice-highlightedin-recent-media-articles>

Monsanto arbeitet.<sup>17</sup> Helen Keller International (HKI) erhält Spenden von Lebensmittelkonzernen ebenso wie von der pharmazeutischen Industrie. Auch Monsanto unterstützt HKI schon seit Jahren.<sup>18</sup>

## **5. Schlussfolgerungen**

Im Hinblick auf die notwendige Transparenz und die nötige wissenschaftliche Sorgfalt weist das „Golden Rice“-Projekt unübersehbare gravierende Mängel auf, die seine Glaubwürdigkeit unterminieren. Gleichzeitig wird auf eine schrille und aggressive Rhetorik gesetzt, die bis hin zu aberwitzigen Holocaust-Vergleichen reicht. Wichtige Befürworter des „Golden Rice“-Projekts fordern eine generelle Absenkung der Sicherheitsstandards und Prüfaufgaben bei der Marktzulassung gentechnisch veränderter Pflanzen. Dabei werden Argumente bemüht, die ganz offensichtlich interessengeleitet sind. Dieses Vorgehen ist mit einem humanitären Anspruch nicht vereinbar, es ist zudem auch wissenschaftlich und ethisch nicht akzeptabel.

---

<sup>17</sup> <http://www.seed-stories.com/clients.html>

<sup>18</sup> <http://www.hki.org/about-us/financial-information/annual-reports>

## Quellen

- Bauer-Panskus, A., Breckling B., Hamberger S., Then C. (2013) Cultivation-independent establishment of genetically engineered plants in natural populations: current evidence and implications for EU regulation, *Environmental Sciences Europe* 2013, 25:34.  
<http://www.enveurope.com/content/25/1/34>
- Black, R.E., Allen, L.H., Bhutta, Z.A., Caulfield, L.E., de Onis, M., Ezzati, M., et al. (2008) Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. *Lancet*, 371(9608): 243-260.
- Chassy, B.M. (2010) Food safety risks and consumer health. *New Biotechnology*, 27(5): 534-544.
- Dubock A.C. (2009) Crop Conundrum. *Nutrition Reviews*, 67(1), 17–20.
- Enserink, M. (2008) Tough Lessons from Golden Rice. *Science*, 230: 468-471.
- Ferrero, A. (2003) Weedy rice, biological features and control, in: *FAO plant production and protection paper 120 Add. 1, Weed Management for Developing Countries, Addendum 1*, edited by R. Labrada, FAO, Rome, 2003, <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y5031E/y5031e09.htm>.
- Gertz, J.M., Vencill, W.K., Hill, N.S. (1999) Tolerance of Transgenic Soybean (*Glycine max*) to Heat Stress, *British Crop Protection Conference – Weeds*, 15-19 Nov 1999, Brighton, 835-840.
- Jiao, Z., Si X.X., Li, G.K., Zhang, Z.M., Xu X.P. (2010) Unintended Compositional Changes in Transgenic Rice Seeds (*Oryza sativa* L.), Studied by Spectral and Chromatographic Analysis Coupled with Chemometrics Methods, *J. Agric. Food Chem.*, 58: 1746–1754.
- Krawinkel, M. (2009) b-Carotene from rice for human nutrition? *Am J Clin Nutr*, 90: 695-696.
- Lu, B.R. & Yang, C. (2009) Gene flow from genetically modified rice to its wild relatives: Assessing potential ecological consequences. *Biotechnology Advances*, 27(6): 1083-1091.
- Matthews, D., Jones, H., Gans, P., Coates, S., Smith, L.M. (2005) Toxic secondary metabolite production in genetically modified potatoes in response to stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20): 7766-7776.
- Meyer, P., Linn, F., Heidmann, I., Meyer, H., Niedenhof, I., Saedler H. (1992) Endogenous and environmental factors influence 35S promoter methylation of a maize A1 gene construct in transgenic petunia and its colour phenotype. *Molecular Genes and Genetics*, 231: 345-352.
- Paine J.A., Shipton, C.A., Chaggar, S., Howells, R.M., Kennedy, M.J., Vernon, G., Wright, S.Y., Hinchliffe, E., Adams, J.L., Silverstone, A.L. & Drake, R. (2005) Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nature Biotechnology*, 23: 482-487.
- Potrykus, I. (2010) Regulation must be revolutionized. *Nature*, 466: 561.
- Tang, G., Hu, Y., Yin, S., Wang, Y., Dallal, G.E., Grusak, M.A., Russell, R.M. (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.
- Tang, G., Qin, J., Dolnikowski, G.G., Russell, R.M., Grusak, M.A. (2009) Golden Rice is an effective source of vitamin A. *Am J Clin Nutr*, 89: 1776-1783.

Then, C. (2012) Golden Lies, the seed industry's Questionable Golden Rice Project, [http://www.foodwatch.org/uploads/media/golden\\_lies\\_golden\\_rice\\_project\\_2012\\_01.pdf](http://www.foodwatch.org/uploads/media/golden_lies_golden_rice_project_2012_01.pdf)

Then, C. (2009) The campaign for genetically modified rice is at the crossroads: A critical look at Golden Rice after nearly 10 years of development, foodwatch e.V., [http://www.abgespeist.de/abgespeist/foodwatch/content/e6380/e49257/e49261/e49263/GoldenRice\\_english\\_final\\_ger.pdf](http://www.abgespeist.de/abgespeist/foodwatch/content/e6380/e49257/e49261/e49263/GoldenRice_english_final_ger.pdf)

Then C. & Lorch A. (2008) A simple question in a complex environment: How much Bt toxin do genetically engineered MON810 maize plants actually produce? in Breckling B, Reuter H, Verhoeven R (eds.) (2008) Implications of GM-Crop Cultivation at Large Spatial Scales, Theorie in der Ökologie 14. Frankfurt, Peter Lang, <http://www.gmls.eu/index.php?contact=ja>.

United Nations System Standing Committee on Nutrition, UNSCN (2010) 6th report on the world nutrition situation, Progress in Nutrition, <http://www.unscn.org/files/Publications/RWNS6/html/index.html>.

WHO (2009) Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995–2005, WHO Global Database on Vitamin A Deficiency, World Health Organisation, ISBN 978 92 4 159801 9.

WHO (2006) Guidelines on food fortification with micronutrients/edited by Lindsay Allen. [et al.], ISBN 92 4 159401 2, [www.who.int/entity/nutrition/publications/guide\\_food\\_fortification\\_micronutrients.pdf](http://www.who.int/entity/nutrition/publications/guide_food_fortification_micronutrients.pdf).

Xia, H., Lu, B.R., Su, J., Chen, R., Rong, J., Song, Z., Wang, F. (2009) Normal expression of insect-resistant transgene in progeny of common wild rice crossed with genetically modified rice: its implication in ecological biosafety assessment. Theoretical and applied genetics, 119(4): 635-644.

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.

Zeller, S.L., Kalinina, O., Brunner, S., Keller, B., Schmid, B. (2010) Transgene $\times$  environment interactions in genetically modified wheat. PLoS One, 5(7): e11405.

Ziska, L.H., Gealy, D.R., Tomecek, M.B., Jackson, A.K., Black, H.L. (2012) Recent and projected increases in atmospheric CO<sub>2</sub> concentration can enhance gene flow between wild and genetically altered rice (*Oryza sativa*). PloS one, 7(5): e37522.