

Samstag, 18. September 2010

Prof. Martin Qaim

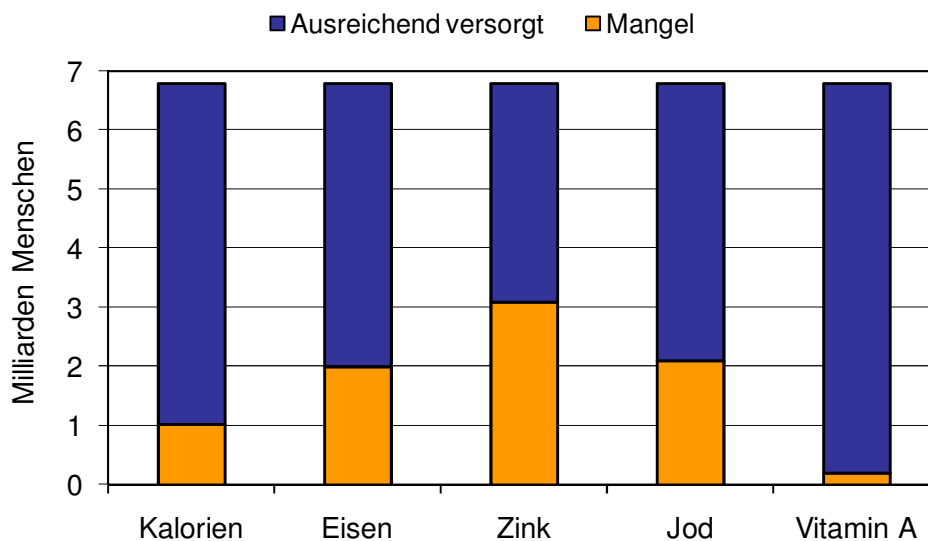
Der Mensch lebt nicht vom Brot allein – Weltweite Nährstoffmangel und Rolle der Pflanzenzüchtung zur Verbesserung der Situation

1. Einleitung

Derzeit sind weltweit rund eine Milliarde Menschen unterernährt, d.h. sie leiden unter Kalorienmangel, was landläufig als Hunger bezeichnet wird (FAO 2009). Leider ist diese Zahl in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen. Dies ist ein riesiges Problem, welches mehr öffentliche und politische Aufmerksamkeit verdient. Dennoch gibt neben Kalorienmangel noch andere Formen der Mangelernährung, nämlich die Unterversorgung mit bestimmten Vitaminen und Mineralstoffen, die zusammen als Mikronährstoffe bezeichnet werden. Abbildung 1 zeigt, dass Mikronährstoffmangel rein zahlenmäßig sogar noch weiter verbreitet ist als Kalorienmangel. Rund 2 Milliarden Menschen leiden unter Eisenmangel, 3 Milliarden Menschen sind dem Risiko von Zinkmangel ausgesetzt, 2 Milliarden Menschen sind von Jodunterversorgung betroffen, und über 200 Mio. Menschen leiden unter Vitamin A Mangel. Dies sind nur einige der bedeutenden Mikronährstoffe; auch bei anderen (z.B. Kalzium, Magnesium, Kalium, Folsäure, Vitamin B12 und Vitamin D) ist weit verbreitete Unterversorgung zu beobachten (Ramakrishnan 2002). Aufgrund des höheren physiologischen Bedarfs sind Kinder und Frauen die Hauptrisikogruppen.

Viele Formen der Mangelernährung sind je nach Schweregrad mit schlimmen Gesundheitsfolgen verbunden. Eisenmangel kann zur Anämie führen und behindert gerade bei Kindern die körperliche und geistige Entwicklung. Bei Erwachsenen sind Müdigkeit und reduzierte Arbeitsproduktivität die Folge (Horton und Ross 2003). Auch Jodmangel löst geistige Entwicklungsstörungen aus und zieht häufig Hör- und Sprachdefekte nach sich. Zink und Vitamin A spielen für das menschliche Immunsystem eine wichtige Rolle, so dass ein Mangel Infektionskrankheiten begünstigt und zu erhöhter Kindersterblichkeit beiträgt. Vitamin A Mangel kann zudem auch Augenleiden auslösen – bis hin zu permanenter Erblindung (WHO 2002). Insofern ist das Problem Mikronährstoffmangel als eine Art „Weltseuche“ zu betrachten.

Abbildung 1: Zahl der mangelernährten Menschen relativ zur Weltbevölkerung



Quellen: FAO (2009), WHO (2009), Stein und Qaim (2007).



Wissenschaftliches Programm

Während Mangelernährung bei Risikogruppen auch in reicheren Ländern auftritt, ist das Problem bei Armutshaushalten in den Entwicklungsländern am stärksten ausgeprägt. Der Grund ist naheliegend: Arme Menschen ernähren sich in erster Linie von Grundnahrungsmitteln wie Weizen, Reis, Mais oder Maniok, die zwar billige Kalorienträger sind aber relativ wenig Mikronährstoffe enthalten. Mehr Mikronährstoffe befinden sich in Obst, Gemüse und tierischen Produkten, die aber für arme Menschen zu teuer sind oder die aufgrund kultureller Faktoren in manchen Ländern und Regionen wenig konsumiert werden. Niedriger Lebensstandard und schlechtes Ausbildungsniveau tragen auch dazu bei, dass arme Menschen in den Entwicklungsländern kaum ein Bewusstsein für ausgewogene Ernährung haben. Die meisten Betroffenen wissen nicht, dass sie unter Mikronährstoffmangel leiden, weil dieser – anders als Kalorienmangel – nicht mit einem Hungergefühl verbunden ist. Man spricht deswegen bei Mikronährstoffmangel auch von „verdecktem Hunger“.

In diesem Beitrag sollen vor allem drei Aspekte näher beleuchtet werden. Im nächsten Abschnitt wird aufgezeigt, welche gesellschaftlichen Kosten durch Mikronährstoffmangel entstehen, dadurch dass Menschen krank sind oder frühzeitig versterben. Hierbei wird auch die volkswirtschaftliche Dimension des Problems offensichtlich. In weiteren Abschnitten werden dann existierende Ansätze zur Bekämpfung des Mikronährstoffmangels diskutiert und ein neuer Ansatz – nämlich die so genannte Biofortifizierung – vorgestellt. Biofortifizierung ist die Züchtung von Nahrungspflanzen auf höhere Gehalte an Mikronährstoffen. Erörtert werden sowohl die potentielle Wirksamkeit als auch die Wirtschaftlichkeit im Vergleich mit anderen Ansätzen.

2. Gesellschaftliche Kosten des Mikronährstoffmangels

Die gesellschaftlichen Kosten eines Gesundheitsproblems zu erfassen ist wichtig, um abschätzen zu können, welche Priorität der Bekämpfung eingeräumt werden sollte, gerade auch im Vergleich mit anderen Problemen und vor dem Hintergrund knapper Finanzressourcen. Die Quantifizierung ist nicht ganz trivial, denn Mikronährstoffmangel kann sehr unterschiedliche Gesundheitsfolgen haben, die nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar sind. Wie kann man z.B. den Tod eines Kleinkinds mit der geistigen Behinderung eines Erwachsenen vergleichen? Hierzu gibt es gesundheitsökonomische Bewertungsansätze.

Im internationalen Kontext wird das Ausmaß und die Schwere eines Gesundheitsleidens auf Bevölkerungsebene – d.h. seine Krankheitslast – oftmals anhand der verlorenen "behinderungsbereinigten Lebensjahre" (engl. "disability-adjusted life years" oder "DALYs") gemessen. In die Berechnung von DALYs fließen die Verbreitung des Leidens (Inzidenz), seine durchschnittliche Dauer und seine Schwere ein. Diese Berücksichtigung der Schwere eines Leidens, bzw. seine Gewichtung, macht die Jahre vergleichbar, die mit verschiedenen Krankheiten oder Behinderungen gelebt werden. Hierbei zählt z.B. ein Jahr, das in Blindheit verbracht wird, als ein halbes verlorenes DALY, während ein durch vorzeitigen Tod verlorenes Lebensjahr einem ganzen DALY entspricht. Auch Infektionskrankheiten lassen sich entsprechend einordnen. So können auf Basis von Gesundheitsstatistiken die gesellschaftlichen Kosten, die durch Mikronährstoffmangel in einem Land hervorgerufen werden, in Form von verlorenen DALYs ausgedrückt werden (Stein et al. 2005).

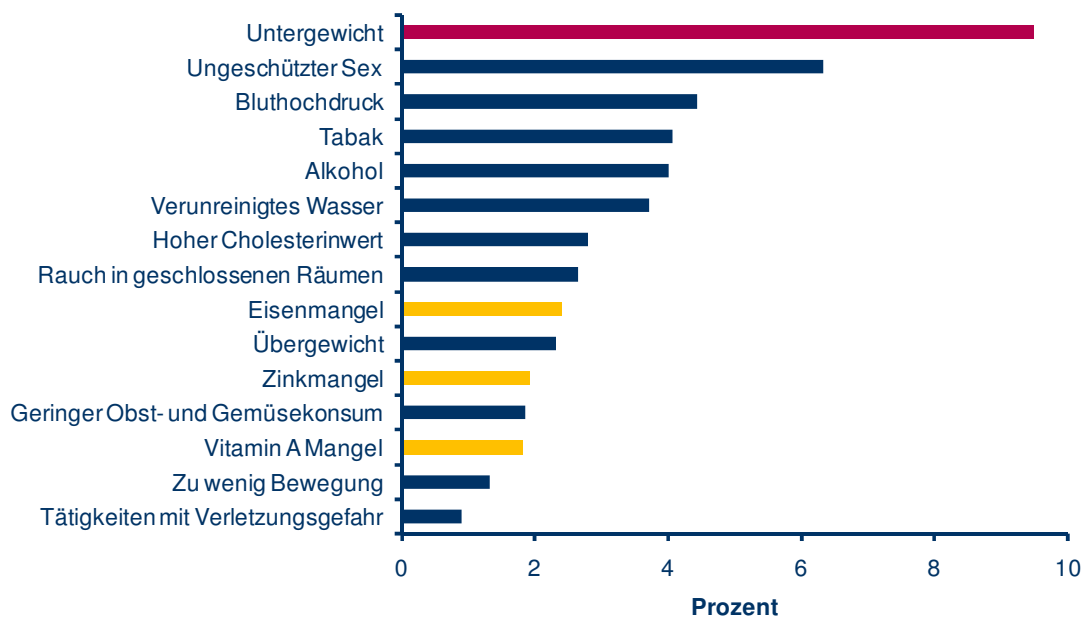
Diese Methode haben wir kürzlich für das Beispiel Indien angewandt, wobei wir vor allem die Nährstoffe Eisen, Zink, Jod und Vitamin A berücksichtigten, deren Mangel auch in anderen Studien als öffentliches Gesundheitsproblem herausgestellt wurde (Stein und Qaim 2007). Tabelle 1 zeigt, dass in Indien jedes Jahr mehr als 9 Millionen gesunde Lebensjahre (DALYs) durch Mikronährstoffmangel verloren gehen. Eisen-, Zink- und Vitamin A Mangel machen hierbei mit Abstand den größten Anteil aus. In monetäre Kosten umgerechnet entspricht dies jährlich 17,3 Milliarden US\$, die der indischen Volkswirtschaft verloren gehen, was 2,6% des Bruttosozialprodukts (BSP) ausmacht. Diese Zahlen verdeutlichen, dass neben den humanitären Kosten des Mikronährstoffmangels auch die wirtschaftlichen Kosten beträchtlich sind. Andere Studien auf Basis höher aggregierter Daten kommen zu ähnlichen Ergebnissen: Die volkswirtschaftlichen Kosten des Mikronährstoffmangels machen in vielen Entwicklungsländern 2-5% des BSP aus (Weltbank 1994, FAO 2004).

Tabelle 1: Jährliche Gesellschaftliche Kosten des Mikronährstoffmangels in Indien

	Eisen	Zink	Vitamin A	Jod	Gesamt
Verlorene DALYs (Mio.)	4,0	2,8	2,3	0,2	9,3
Monetäre Kosten (Mrd. US\$)	7,4	5,2	4,3	0,4	17,3
Kosten relativ zum BSP (%)	1,1	0,8	0,6	0,1	2,6

Quelle: Stein und Qaim (2007).

Abbildung 2: Anteil einzelner Risikofaktoren an den globalen Gesundheitskosten



Quelle: WHO (2002).

Eine etwas andere Art der Darstellung, die das globale Ausmaß des Problems anschaulich aufzeigt, ist in Abbildung 2 gezeigt. Hierbei wurden die Gesundheitskosten aller Krankheiten weltweit erfasst, in Form von verlorenen DALYs bewertet und dann nach den zugrunde liegenden Risikofaktoren aufgeschlüsselt. Abbildung 2 zeigt die 15 Top-Risikofaktoren. Nummer eins ist mit Abstand das Problem der durch Kalorienmangel hervorgerufenen Unterernährung, verantwortlich für rund 10% der weltweiten Gesundheitskosten. Eisen, Zink- und Vitamin A Mangel zusammen machen aber immerhin auch 6% der Kosten aus, so dass Mikronährstoffmangel eindeutig mit zu den Hauptrisikofaktoren gehört.

3. Existierende Bekämpfungsstrategien

Vor dem Hintergrund der aufgezeigten und immensen humanitären und wirtschaftlichen Kosten des Mikronährstoffmangels steht außer Frage, dass der Bekämpfung dieses Problems hohe Priorität eingeräumt werden sollte. Ein existierender Ansatz ist die Ernährungsaufklärung, also der Versuch durch gezielte Ausbildung und Informationskampagnen auf eine Nahrungsdiversifizierung hinzuwirken. Eine ausgewogene Ernährung sollte natürlich immer das Ziel sein, aber kurzfristig sind viele Leute gerade in den Entwicklungsländern schlichtweg zu arm, um sich ausgewogen zu ernähren. Außerdem sind für teilweise gravierende Umstellungen im traditionellen Speiseplan Verhaltensänderungen nötig, die Zeit kosten und schwierig zu forcieren sind. Insofern sind Aufklärung und Nahrungsdiversifizierung zwar wichtige Ziele, aber sie sind eher langfristiger Natur, so dass kurz- bis mittelfristig auch andere Maßnahmen erforderlich sind (Allen 2003).



Wissenschaftliches Programm

Ein potentiell schnell wirksamer Ansatz ist die so genannte Supplementierung, also das Einnehmen von Ergänzungspräparaten, die hohe Dosen an Vitaminen und Mineralstoffen enthalten können. In Industrieländern werden solche Präparate weit verbreitet eingenommen; neben den Ernährungseffekten sind sie auch zu einem wichtigen Wirtschaftszweig geworden. Die Präparate sind meist billig in der Herstellung. In Entwicklungsländern ist das Hauptproblem allerdings das regelmäßige Erreichen der Zielgruppe, was vor allem in ländlichen Regionen teuer und aufwendig ist, weil Bewusstsein und entsprechende Infrastruktur kaum vorhanden sind (Qaim et al. 2007). Gerade in ländlichen Gegenden der Entwicklungsländer lebt aber die Mehrzahl der mangelernährten Menschen.

Ein weiterer Ansatz ist die so genannte Fortifizierung – also die industrielle Anreicherung von Lebensmitteln mit Vitaminen und Spurenelementen, wie z.B. die Vitaminsierung von Margarine, Frühstückscerealien oder Obstsaften. Solche fortifizierten Produkte gelangen über den normalen Lebensmittelhandel an den Endverbraucher, so dass zumindest für die Verbreitung keine zusätzlichen Kosten entstehen (Allen 2003). Ein Problem ist allerdings, dass arme Menschen im ländlichen Raum der Entwicklungsländer wenig industriell verarbeitete Lebensmittel konsumieren, so dass wiederum eine der Hauptzielgruppen kaum erreicht werden kann.

Diese Argumente bedeuten nicht, dass existierende Ansätze prinzipiell schlecht sind. Im Gegenteil: Supplementierung und Fortifizierung haben in einigen Ländern mit dazu beigetragen, den Mangel einzelner Nährstoffe drastisch zu senken. Jodiertes Speisesalz ist beispielsweise eine Erfolgsgeschichte. Aber solche Erfolge sind leider nicht auf alle Nährstoffe übertragbar, und vor allem entlegene ländliche Regionen werden mit existierenden Ansätzen häufig nicht ausreichend abgedeckt. Ein ergänzender Ansatz ist die Biofortifizierung, die im folgenden Abschnitt näher erläutert wird.

4. Biofortifizierung: Ein Ansatz aus der Pflanzenzüchtung

Als Biofortifizierung wird ein neuer Ansatz bezeichnet, bei dem Getreide und andere Grundnahrungsmittel auf höhere Gehalte an Mikronährstoffen gezüchtet werden (Nestel et al. 2006). Reis, Weizen, Mais oder Süßkartoffeln produzieren dann also selbst mehr Vitamine und Mineralstoffe, die für die menschliche Ernährung von Bedeutung sind. Da arme Menschen größere Mengen an Grundnahrungsmitteln essen, nehmen sie die benötigten Nährstoffe automatisch auf, so dass die Zielgruppenerreichung einfacher erscheint als bei anderen Maßnahmen. Bauernfamilien können biofortifiziertes Saatgut selbst anbauen und weiter vermehren, so dass auch ländliche Regionen gut und nachhaltig erreicht werden können (Qaim et al. 2007). Auch im Hinblick auf Lebensmittelsicherheit werden keine Probleme erwartet. Zwar können einige Mikronährstoffe überdosiert auch toxisch wirken, dies ist aber für die Biofortifizierung weniger relevant, weil die züchterisch erreichbaren Dosen weit unterhalb des toxischen Bereichs liegen.

Bisher sind noch so gut wie keine biofortifizierten Nahrungsmittel auf dem Markt erhältlich, aber es sind verschiedene Produkte in der Forschungs- und Entwicklungspipeline. Mehrere internationale Großprojekte arbeiten an der Biofortifizierung unterschiedlicher Pflanzen, teils mit konventionellen und teils mit gentechnischen Züchtungsansätzen (Tabelle 2). Eines der sicherlich bekanntesten Projekte ist der Goldene Reis, in den Provitamin A gezüchtet wurde, um Vitamin A Mangel in Entwicklungsländern zu bekämpfen. Da normaler Reis keinerlei Vitamin A im Innern des Korns enthält, konnte dies nur mit Hilfe der Gentechnik erreicht werden. Der Prototyp des Goldenen Reis wurde an der ETH Zürich und der Universität Freiburg entwickelt. 1999 gelang das vorher für unmöglich gehaltene Phänomen, dass Reis Provitamin A im Endosperm produziert (Ye et al. 2000). Bei diesem Provitamin handelt es sich um Betakarotin, welches dem Reis auch seine goldgelbe Farbe verleiht. Allerdings waren zunächst die Mengen an Provitamin A noch sehr gering. Im Jahr 2005 gelang durch Verbesserung des Prototyps eine 20-fache Steigerung des Provitamin A Gehalts; diese neuen Linien werden derzeit erprobt und mit lokalen asiatischen Sorten gekreuzt. Voraussichtlich wird dann ab 2012 die Zulassung erfolgen, zunächst auf den Philippinen, in Indien und Bangladesch, aber später vermutlich auch in anderen Ländern (Potrykus 2010).

Tabelle 2: Übersicht über ausgewählte Großprojekte im Bereich Biofortifizierung

Pflanzen	Mikronährstoffe	Organisationen	Ansatz
Weizen, Reis, Mais, Maniok, Süßkartoffel, Bohnen	Eisen, Zink, Provitamin A	HarvestPlus (verschiedene internationale Agrarforschungszentren)	Konventionelle Züchtung
Reis (Goldener Reis)	Provitamin A	ETH Zürich, Universität Freiburg, internationales Reisforschungsinstitut	Gentechnik
Sorghum, Banane, Maniok	Eisen, Zink, Provitamin A	Verschiedene Organisationen im Rahmen der "Grand Challenges in Global Health" Initiative	Gentechnik

Quelle: Eigene Übersicht.

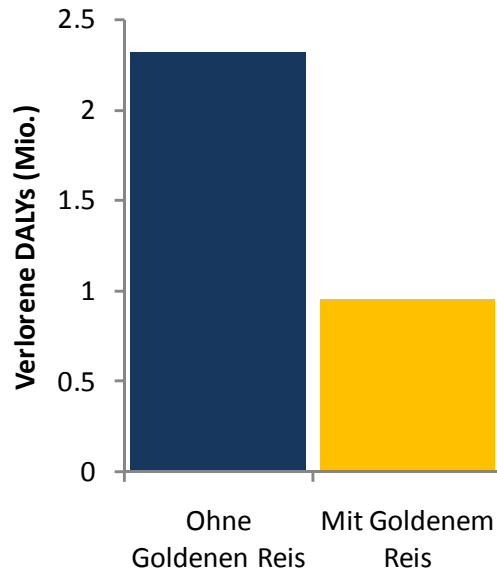
Wirksamkeit von Biofortifizierung

Wie wirksam biofortifizierte Pflanzen tatsächlich in der Bekämpfung des Mikronährstoffmangels sind, lässt sich bisher noch nicht beobachten. Bei Pflanzen, die schon weit entwickelt und getestet wurden, kann die Wirksamkeit auf Basis vorhandener Daten aber prognostiziert werden (Stein et al. 2005). Wichtig sind insbesondere Kenntnisse über den Mikronährstoffgehalt, der im essbaren Teil der Pflanze produziert und eingelagert wird, dessen Bioverfügbarkeit für den menschlichen Körper sowie Daten über die verzehrte Menge des jeweiligen Nahrungsmittels in unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen.

Durch den weit verbreiteten Konsum der biofortifizierten Sorten werden sich die mit Mikronährstoffmangel verbundenen Ernährungs- und Gesundheitsprobleme tendenziell reduzieren. Diese Gesundheitsprobleme können mit Hilfe der oben beschriebenen DALY-Methode quantifiziert werden. Zunächst berechnet man die Zahl der durch den Mangel verlorenen DALYs ohne Biofortifizierung (das entspricht dem Status Quo). Auf Basis der vorhandenen Technologie- und Ernährungsdaten wird dann simuliert, wie stark diese Zahl der verlorenen DALYs durch Biofortifizierung reduziert werden kann. Diese Reduktion – also die Differenz der verlorenen DALYs mit und ohne Biofortifizierung – kann auch als Zahl der durch Biofortifizierung geretteten DALYs interpretiert werden – ein geeignetes Maß für die prognostizierte Wirksamkeit der jeweiligen Technologie (Stein et al. 2005).

Für das Beispiel Goldener Reis in Indien sollen hier die Ergebnisse einer solchen Wirksamkeitsstudie kurz vorgestellt werden (siehe Stein et al. 2008 für weitere Details). Momentan gehen in Indien jährlich 2,3 Mio. DALYs durch Vitamin A Mangel verloren (siehe auch Tabelle 1). Goldener Reis wird das Problem und die damit verbundenen Kosten nicht gänzlich beseitigen können, aber mit realistischen Annahmen wird die Technologie jährlich 1,4 Mio. DALYs retten, was einer Reduktion der mit Vitamin A Mangel verbundenen Gesundheitskosten von rund 60% entspricht (Abbildung 3); vor allem könnte durch Goldenen Reis die Kindersterblichkeit um 40.000 Fälle pro Jahr reduziert werden. Dies verdeutlicht die hohe potentielle Wirksamkeit dieser Technologie.

Abbildung 3: Prognostizierte Gesundheitskosten durch Vitamin A Mangel in Indien mit und ohne Goldenen Reis (pro Jahr)



Quelle: Stein et al. (2006 und 2008).

Wirtschaftlichkeit von Biofortifizierung

Neben der Wirksamkeit einer neuen Technologie ist auch ihre Wirtschaftlichkeit zu prüfen – im Falle der Biofortifizierung muss also die Frage gestellt werden, zu welchen Kosten die Ernährungs- und Gesundheitsverbesserung erreicht werden kann. Ein in der Gesundheitsökonomie übliches Maß für die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen ist die Höhe der Kosten pro gerettetem DALY. Für biofortifizierte Pflanzen teilt man also die Forschungs- und Entwicklungskosten durch die Zahl der prognostizierten geretteten DALYs, wobei Zeitpunkt der Kosten und des Gesundheitsnutzens durch Diskontierung zu berücksichtigen sind. Für das Beispiel Goldener Reis in Indien wurden die Kosten auf 3,1 US\$ pro gerettetem DALY berechnet (Stein et al. 2006). Die Weltbank verwendet allgemein einen Standard, der einem Gesundheitsprojekt dann hohe Wirtschaftlichkeit bescheinigt, wenn pro gerettetem DALY weniger als 200 US\$ an Kosten entstehen (Stein et al. 2005). Dieses Kriterium wird für den Goldenen Reis also klar erfüllt. Selbst unter sehr pessimistischen Annahmen über die Wirksamkeit der Technologie, würde Goldener Reis nur ca. 20 US\$ pro gerettetem DALY kosten, wie eine Sensitivitätsanalyse verdeutlicht (Stein et al. 2008). Auch ein Vergleich mit anderen, existierenden Maßnahmen zur Bekämpfung des Vitamin A Mangels ist interessant. Vitamin A Supplementierung kostet in Indien etwa 134 US\$ pro gerettetem DALY; industrielle Fortifizierung kostet 84 US\$. Auch diese Maßnahmen sind folglich als wirtschaftlich einzustufen, aber Goldener Reis ist offensichtlich noch deutlich kostengünstiger.

Woran genau liegt es, dass die Wirtschaftlichkeit von Goldenem Reis im Vergleich so positiv ausfällt? In die Forschung und Entwicklung dieser Technologie wurden mehrere Millionen Dollar investiert, aber diese Kosten müssen nur einmal getätigt werden und treten nicht wiederkehrend auf. Mit relativ geringen zusätzlichen Kosten für die lokale Anpassung kann die gleiche Technologie in verschiedenen Ländern genutzt werden. Und wenn die lokal angepassten Goldenen Reissorten einmal fertig entwickelt und in die existierenden formellen und informellen Saatgutkanäle eingespeist wurden, können die Bauern das Saatgut selbst vermehren und weiter verbreiten (an Kleinbauern in Entwicklungsländern wird die Technologie ohne Lizenzgebühren abgegeben werden). Dies ist bei der Supplementierung und Fortifizierung anders, denn dort entstehen relativ hohe wiederkehrende Kosten (Qaim et al. 2007).

Tabelle 3: Prognostizierte Wirtschaftlichkeit verschiedener biofortifizierter Pflanzen

Mikronährstoff	Pflanze	Land	Kosten pro gerettetem DALY (US\$)
Eisen	Reis	Bangladesch	3-10
		Philippinen	49-197
Zink	Reis	Bangladesch	2-6
		Philippinen	7-46
	Bohnen	NO-Brasilien	95-799
		Honduras	48-423
Eisen, Zink	Reis, Weizen	China	4-14
Provitamin A	Reis	Philippinen	18-102
	Süßkartoffel	Uganda	4-10
	Mais	Kenia	10-44
	Maniok	Nigeria	3-35
		NO-Brasilien	84-434

Quelle: Qaim und Stein (2009). Anmerkung: NO-Brasilien = Nordost-Brasilien.

Wie oben erwähnt gibt es neben Goldenem Reis noch andere biofortifizierte Pflanzen, die entwickelt und in Kürze auf den Markt kommen werden. Für einige dieser anderen Pflanzen wurden ebenfalls Wirtschaftlichkeitsstudien in unterschiedlichen Ländern durchgeführt. Tabelle 3 bestätigt, dass in den meisten Fällen ebenfalls eine hohe Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit prognostiziert wird. Es werden aber auch noch andere wichtige Aspekte deutlich. Betrachtet man beispielsweise eisenhaltigen Reis, fällt auf, dass die prognostizierte Wirtschaftlichkeit in Bangladesch deutlich höher ist als auf den Philippinen. Grund ist der, dass auf den Philippinen neben Reis auch relativ viel Mais gegessen wird. Erfolgreiche Biofortifizierung muss also die Konsummuster im jeweiligen Land berücksichtigen. Auf den Philippinen wäre es z.B. sinnvoll, neben Reis auch Mais zu biofortifizieren. Gleichzeitig sehen wir am Beispiel zinkhaltige Bohnen bzw. Provitamin A haltiger Maniok in Nordost-Brasilien, dass hier – je nach zugrunde liegenden Annahmen – Biofortifizierung gar nicht mehr das Weltbank-Wirtschaftlichkeitskriterium von 200 US\$ unterschreitet. Insgesamt erscheint der Ansatz in ärmeren Ländern und Bevölkerungsgruppen, wo der Speiseplan häufig auf ein bis zwei Grundnahrungsmittel beschränkt ist, versprechender als in reicheren Ländern, wo die Diät oftmals bereits weiter diversifiziert ist (wo aber teilweise dennoch Mikronährstoffmangel in bestimmten Schichten auftritt). Biofortifizierung ist also kein Patentrezept, welches in jeder Situation die beste Wahl darstellt.

Akzeptanz von biofortifizierten Pflanzen

Die Mikronährstoffproblematik ist bei den Zielgruppen in Entwicklungsländern wenig bekannt, so dass nicht automatisch mit einer großen Nachfrage nach biofortifizierten Pflanzen gerechnet werden kann. Die neuen Sorten müssen von den Bauern und Verbrauchern zunächst akzeptiert werden. Die Akzeptanz neuer Pflanzensorten durch Bauern hängt in maßgeblicher Weise von den agronomischen Eigenschaften der Sorten ab – vor allem Ertrag, aber auch Resistenzen gegen Schädlinge, Krankheiten und andere Stressfaktoren. Darüber hinaus sind Produkteigenschaften wie Lagerfähigkeit, Kochzeit, Geschmack, Konsistenz oder Aussehen relevant, weil Kleinbauern häufig die angebauten Pflanzen selbst konsumieren. Produkteigenschaften sind aber auch für den Verkauf von Bedeutung. Darüber hinaus ist der zu erzielende – bzw. aus Sicht städtischer Verbraucher der zu bezahlende – Marktpreis von Bedeutung. Wenn davon ausgegangen wird, dass Bauern und Verbraucher sich des Problems des verdeckten Hungers nicht bewusst sind und daher auch keine speziellen Präferenzen für biofortifizierte Pflanzen entwickeln, dann stellt deren Akzeptanz dann kein Problem dar, wenn sie gleichwertige oder bessere agronomische und Produkteigenschaften aufweisen als herkömmliche Pflanzensorten und für die Verbraucher nicht teurer sind.



Wissenschaftliches Programm

Bei Pflanzen, die durch konventionelle Züchtung mit Mineralstoffen angereichert werden, ist nicht davon auszugehen, dass sich die erkennbaren Produkteigenschaften ändern.

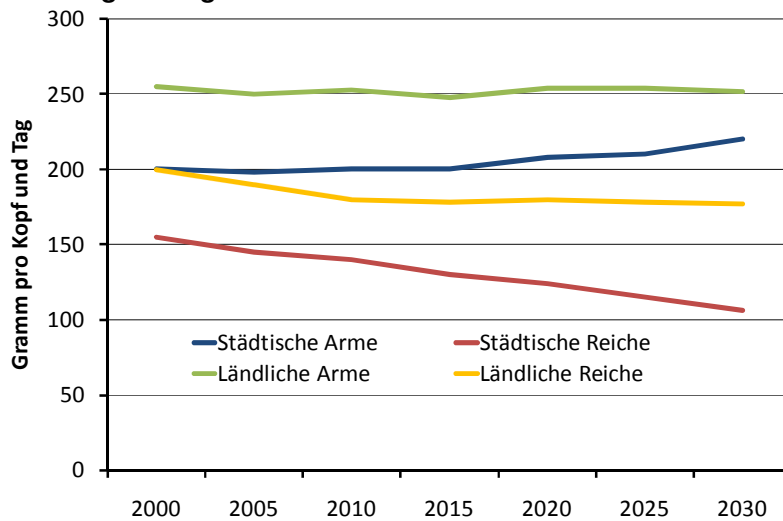
In Ländern mit funktionierenden Verbreitungskanälen für neue Pflanzensorten reicht es daher aus, den Mineralstoffreichtum in Sorten einzukreuzen, die bei den Bauern populär sind, oder ihn mit anderen erwünschten agronomischen Eigenschaften zu kombinieren. Auf diese Weise werden die biofortifizierte Pflanzen aufgrund ihrer anderen Eigenschaften durch die Bauern angenommen und angebaut – und somit automatisch Bestandteil der Nahrungskette; eine Verhaltensänderung bei den Verbrauchern ist nicht nötig. In Ländern mit weniger ausgeprägten ländlichen Infrastrukturen kann hingegen erhebliche Unterstützung nötig sein, um bestehende Hindernisse für die Einführung neuer Sorten aus dem Weg zu räumen (Nestel et al. 2006). Dort ist es jedoch auch unabhängig von Biofortifizierung notwendig, Entwicklungshemmnisse ab- und ländliche Infrastrukturen aufzubauen. Im Fall von Biofortifizierung mit Provitamin A (Betakarotin) ändern sich die Produkteigenschaften hingegen sichtbar: Bei den angereicherten Pflanzen (bzw. deren essbaren Bestandteilen) tritt eine gelbliche Färbung auf, wie oben bereits für Goldenen Reis beschrieben. Eine Unterscheidung von biofortifizierten und herkömmlichen Feldfrüchten ist auch dann möglich, wenn die Anreicherung durch Einsatz der Gentechnik erfolgt und die Lebensmittel entsprechend gekennzeichnet werden müssen. In beiden Fällen müssen sich die Konsumenten bewusst für die biofortifizierten Sorten entscheiden, d.h. es ist nötig zu klären, ob und unter welchen Umständen Konsumenten bereit sind, diese Produkte anzunehmen.

Hierzu gibt es mittlerweile mehrere Studien, aus denen hervorgeht, dass solche erkennbaren biofortifizierten Sorten – wie auch die "unsichtbaren" mineralstoffreichen Sorten – um erfolgreich zu sein für die Bauern agronomisch interessant sein müssen. Um für die Verbraucher akzeptabel zu sein, muss die Beschaffenheit (insbesondere Geschmack und Konsistenz) denen der herkömmlichen Sorten entsprechen; nur wenn dies gegeben ist, können die Bauern ihre Produkte auch verkaufen. Sind diese Bedingungen gegeben, dann scheint es durchaus möglich zu sein, durch entsprechende Verbraucherbildungsmaßnahmen eine breite Akzeptanz auch farb- oder gentechnisch veränderter biofortifizierter Pflanzen innerhalb der Zielgruppen zu erreichen (Pray et al. 2007; Gonzalez et al. 2009; Qaim und Stein 2009).

Wandel in den Konsumgewohnheiten

Konsumgewohnheiten können sich im Zeitablauf ändern, was prinzipiell auch für Verbraucher in Entwicklungsländern zutrifft. Insbesondere in den großen Städten vieler asiatischer Länder werden zunehmend höherwertige Nahrungsmittel nachgefragt und westliche Konsummuster übernommen (Pingali 2007). Dieser Trend könnte sich gegebenenfalls auch schrittweise auf ländliche Regionen übertragen. Vor diesem Hintergrund muss hinterfragt werden, inwieweit Biofortifizierung mittel- bis langfristig überhaupt sinnvoll ist, wenn der Konsum der entsprechenden Grundnahrungsmittel abnimmt. Für das Beispiel Reis in Indien zeigt Abbildung 4 jedoch, dass zwar für reichere Bevölkerungsschichten in den kommenden 20 Jahren ein abnehmender Konsum prognostiziert wird, dass aber der Konsum in ärmeren Schichten – sowohl in der Stadt als auch auf dem Land – konstant bleiben oder sogar leicht ansteigen wird. Ähnlich sehen auch die Prognosen für den Konsum von Grundnahrungsmitteln in vielen anderen Entwicklungsländern aus (Msangi et al. 2010). Da Armutshaushalte die Hauptzielgruppe sind, kann Biofortifizierung demnach auch mittel- und längerfristig eine wichtige Rolle spielen.

Abbildung 4: Prognostizierter Reiskonsum in Indien bis 2030



Quelle: Msangi et al. (2010).

Schlussfolgerung

In diesem Beitrag wurde das Problem Mikronährstoffmangel diskutiert und ein Ansatz zur Quantifizierung der gesundheitlichen Folgekosten aufgezeigt. Des Weiteren wurden Bekämpfungsstrategien erörtert und bewertet – mit besonderem Augenmerk auf Biofortifizierung, also die Züchtung von Grundnahrungsmittelpflanzen auf höhere Gehalte an Vitaminen und Mineralstoffen. Die Ergebnisse zeigen, dass Mikronährstoffmangel tatsächlich eine „Weltseuche“ ist, die riesige humanitäre und wirtschaftliche Kosten verursacht. Am stärksten betroffen sind Armutshaushalte in den Entwicklungsländern, weil sich arme Menschen überwiegend von Grundnahrungsmitteln ernähren, die zwar billige Kalorienträger sind aber relativ wenig Mikronährstoffe enthalten. Arme Menschen leben bildlich gesprochen doch „vom Brot allein“ – mit zahlreichen negativen Gesundheitsfolgen.

Vor diesem Hintergrund liegt es nahe, billige Grundnahrungsmittel mit Mikronährstoffen auszustatten, was durch Biofortifizierung geschieht. Dieser Ansatz sollte nicht missverstanden werden. Es geht nicht darum, die Situation einseitiger und auf billige Grundnahrungsmittel ausgerichtete Ernährung in armen Bevölkerungsschichten zu perpetuieren. Langfristig muss eine Diversifizierung der Ernährung das Ziel sein, aber kurzfristig ist dies vielfach unrealistisch, weil Diversifizierung neben höherer Kaufkraft auch schwierige Verhaltensänderungen voraussetzt. Die hier dargestellten Analysen haben gezeigt, dass biofortifizierte Pflanzen sehr wirksam und wirtschaftlich zur Reduktion des Mikronährstoffmangels beitragen können. Dennoch sollte Biofortifizierung nicht als Ersatz, sondern als sinnvolle Ergänzung zu existierenden Maßnahmen verstanden werden. Das Potential ist besonders für den ländlichen Raum der Entwicklungsländer beträchtlich, der mit existierenden Maßnahmen zur Bekämpfung des Mikronährstoffmangels nur unzureichend erreicht wird. Diese Ergebnisse unterstreichen, dass durch Agrarforschung und –technologie nicht nur die globale Nahrungsmenge gesteigert, sondern auch ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Qualität und physiologischen Wertigkeit von Lebensmitteln geleistet werden kann. Agrar-, Ernährungs- und Medizinforschung müssen eng ineinander greifen, um das komplexe Problem der Mangelernährung nachhaltig reduzieren zu können.



Wissenschaftliches Programm

Zusammenfassung

Weltweit sind über drei Milliarden Menschen nicht ausreichend mit bestimmten Vitaminen und Mineralstoffen versorgt. Besonders betroffen sind Frauen und Kinder in den Entwicklungsländern – oftmals mit schwerwiegenden Gesundheitsfolgen, die hohe humanitäre und wirtschaftliche Kosten verursachen. Bisherige Bekämpfungsprogramme waren nur begrenzt erfolgreich, weil sie teuer sind und vor allem ländliche Zielgruppen kaum erreichen. Hier wird ein neuer Ansatz vorgestellt, nämlich die „Biofortifizierung“, also die Züchtung von Getreide und anderen Nahrungspflanzen auf höhere Mikronährstoffgehalte, zum Teil auch unter Nutzung der Gentechnik. Ein Beispiel ist der so genannte Goldene Reis, der im Korn Provitamin A produziert und einlagert. Erste Analysen zeigen, dass dieser Ansatz sehr wirksam und wirtschaftlich sein kann. Mögliche Vor- und Nachteile der Biofortifizierung werden aus sozioökonomischer Sicht erörtert.

Literaturverzeichnis

- Allen, L.H. (2003). Interventions for micronutrient deficiency control in developing countries: Past, present and future. *Journal of Nutrition* 133, S 3875S-3878S.
- FAO (2009). *The State of Food Insecurity in the World*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom.
- FAO (2004). *The State of Food Insecurity in the World*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom.
- Gonzalez, C., Johnson, N., Qaim, M. (2009). Consumer acceptance of second-generation GM foods: The case of biofortified cassava in the north-east of Brazil. *Journal of Agricultural Economics* 60, S. 604-624.
- Horton, S., Ross, J. (2003). The economics of iron deficiency. *Food Policy* 28, S. 51–75.
- Nestel, P., Bouis, H.E., Meenakshi, J.V., Pfeiffer, W. (2006). Biofortification of staple food crops. *Journal of Nutrition* 136, S. 1064-1067.
- Msangi, S. Sulser, T.B., Bouis, A., Hawes, D., Batka, M. (2010). Integrated Economic Modeling of Global and Regional Micronutrient Security. *Harvest Plus Working Paper 5*, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Pingali, P. (2007). Westernization of Asian diets and the transformation of food systems: implications for research and policy. *Food Policy* 32, S. 281-298.
- Pray, C., Paarl berg, R., Unnevehr, L. (2007). Patterns of political response to biofortified varieties of crops produced with different breeding techniques and agronomic traits. *AgBioForum* 10, S. 135-143.
- Potrykus, I. (2010). Lessons from the 'Humanitarian Golden Rice' project: Regulation prevents development of public good genetically engineered crop products. *New Biotechnology*, doi:10.1016/j.nbt.2010.07.012.
- Qaim, M., Stein, A.J. (2009). Biologische Anreicherung von Grundnahrungspflanzen: Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit. *Ernährungs Umschau* 56, S. 274-280.
- Qaim, M., Stein, A.J., Meenakshi, J.V. (2007). Economics of biofortification. *Agricultural Economics* 37(s1), S. 119-133.
- Ramakrishnan, U. (2002). Prevalence of micronutrient malnutrition worldwide. *Nutrition Reviews* 60, S. 46-52.
- Stein, A.J., Qaim, M. (2007). The human and economic cost of hidden hunger. *Food and Nutrition Bulletin* 28, S. 125-134.
- Stein, A.J., Sachdev, H.P.S., Qaim, M. (2008). Genetic engineering for the poor: Golden Rice and public health in India. *World Development* 36, S. 144-158.
- Stein, A.J., Sachdev, H.P.S., Qaim, M. (2006). Potential impact and cost-effectiveness of Golden Rice. *Nature Biotechnology* 24, S. 1200-1201.
- Stein, A.J., Meenakshi, J.V., Qaim, M., Nestel, p., Sachdev, H.P.S., Bhutta, Z.A. (2005). Analyzing the health benefits of biofortified staple crops by means of the disability-adjusted life years approach: A handbook focusing on iron, zinc and vitamin A. *HarvestPlus Technical Monograph Series 4*, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Weltbank (1994). *Enriching Lives: Overcoming Vitamin and Mineral Malnutrition in Developing Countries*. Weltbank, Washington, DC.
- WHO (2009). *Global Prevalence of Vitamin A Deficiency in Populations at Risk 1995-2005; WHO Global Database on Vitamin A Deficiency*. World Health Organization, Genf.
- WHO (2002). *The World Health Report*. World Health Organization, Genf.
- Ye, X., Al-Babili, S., Klöti, A., Zhang, J., Lucca, P., Beyer, P., Potrykus, I. (2000). Engineering the provitamin A (β -carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 287, S. 303-305.