

Weltbevölkerungsentwicklung und Welternährung

Dr. Manfred Kern
Bayer CropScience GmbH
Executive & Technology Communications
Industriepark Höchst, K607
D-65926 Frankfurt am Main

1. Lebensmittelbedarf und Ernährungssicherung: Eine Einführung
 2. Die Folgen von Urbanisierung und Überalterung der Bevölkerung
 3. Diversität der Produktionssysteme und ungleiche Ressourcenverteilung
 4. Schlüsseltechnologien einer Hohertragslandwirtschaft in modernen Industriestaaten
 - 4.1. Präzisionslandwirtschaft
 - 4.2. Biotechnologie (Gentechnik)
 - 4.3. Genomforschung
 5. Nahrungsmittelproduktion in Entwicklungsländern
 - 5.1. Ausgangslage und Problemstellung
 - 5.2. Agro-Produktionsmittel
 6. Elemente einer Landwirtschaft der Zukunft
- Literaturverzeichnis

1. Lebensmittelbedarf und Ernährungssicherung: Eine Einführung

Die Problematik 'Ausreichende Lebensmittelproduktion bzw. Lebensmittelversorgung' ist heute zu Beginn des 21. Jahrhunderts eine noch immer aktuelle Herausforderung der Menschheit. Richtungsweisend sind gemeinsame Studien von Verteidigungs- und Umweltministerien von NATO-Staaten, in denen versucht wird, die 'Stabilität' bzw. die 'Tragfähigkeit von Regionen der Erde' zu ermitteln. Der '*Index of Human Insecurity*' (IHI) basiert auf 13 Faktoren eines 'globalen Frühwarnsystems':

1. Landwirtschaftliche Produktivität
2. Lebensmittelselbstversorgung
3. Importabhängigkeit von Lebensmitteln (t)
4. Wasserverfügbarkeit, Zugang zu Trinkwasser
5. Jährliche Importe von Energie, Verbrauch
6. Ausgaben für Verteidigung versus Gesundheit und Erziehung
7. Wachstumsrate der städtischen Bevölkerung
8. Kindersterblichkeit
9. Müttersterblichkeit
10. Fruchtbarkeitsrate
11. Einkommen pro Kopf
12. Indikatoren für Freiheitsgrade
13. Grad der Demokratisierung

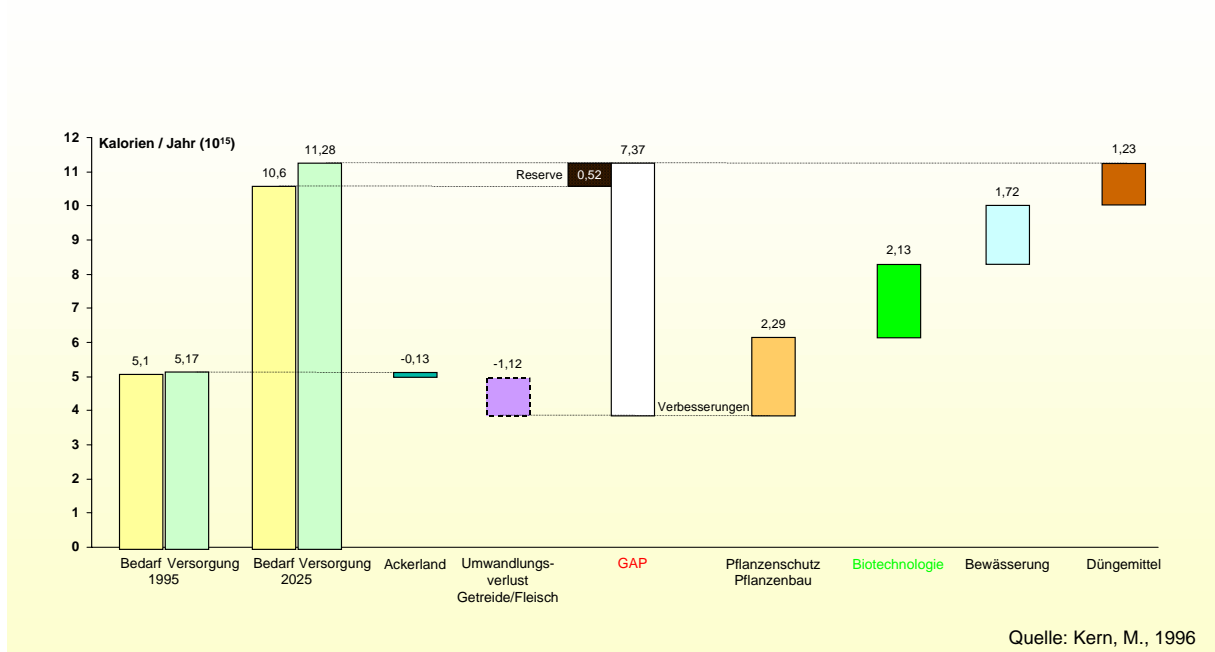
Er soll Richtschnur für zukunftsweisende Entscheidungen sein und richtige Entwicklungen ermöglichen. Die Verknüpfung von nachhaltiger landwirtschaftlicher Produktion, Welternährungssicherung mit Zukunftssicherung vor Ort sowie regionaler und globaler Sicherheit wird immer deutlicher. Unverkennbar ist die zunehmende Wichtigkeit des Themenkomplexes '*Nahrungsmittelproduktion und Nahrungsmittelsicherung*'. Seit 1994 hat sich weltweit die Anzahl der Konferenzen auf diesem Gebiet verdreifacht; 400 bis 500 pro Jahr, Tendenz steigend. Die zentrale Frage lautet: "*Wie läßt sich die zukünftige Weltbevölkerung nachhaltig und menschenwürdig ernähren* (United Nations 1948/1992)?" Das Recht auf Nahrung ist ein Menschenrecht!

Im September 2001 wurde das Problemfeld 'Zukünftige Welternährungssicherung' im Rahmen einer vom IFPRI organisierten internationalen Konferenz intensiv in unsere Gesellschaft getragen. Die Bundesministerin für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Frau *Wieczorek-Zeul*, schrieb dazu einladend u.a.: "*Bisher wird kaum wahrgenommen, daß Armut und Hunger zu sehr ernst zu nehmenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Störungen, Konflikten und sogar zu Kriegen führen können. Eine nachhaltige landwirtschaftliche Entwicklung, die zur Ernährungssicherung beiträgt, ist deshalb ein entscheidender Schritt in Richtung globaler Stabilität (Frieden) und damit letztlich eine Aufgabe, die uns alle angeht.*" Migrationen, d.h. Landflucht, nationale, regionale und globale Völkerwanderungen sind häufig armutsbedingt. Auslösende Faktoren sind dabei unter anderem mangelhafte Landwirtschaft, mangelhafte Ernährung und mangelhafte Gesundheit sowie schlechte Ausbildung. Hinzu kommen religiöse, politische und militärische Einflußgrößen. Letztlich kommt es zu umweltzerstörenden Bumerang-Effekten. Um diese Teufelskreise der Armut zu durchbrechen, gilt es, eine hinreichend gute Landwirtschaft, sowohl global als auch regional, zu realisieren. "*Ohne Landwirtschaft gibt es keine Stabilität, ohne Getreide nur Chaos*" war einer der Kernsätze Deng Xiaopings (1996).

Landwirtschaft war und ist einer der Wege über den der Mensch die Lebensgrundlage für die Menschen auf der Erde erhöht hat. Technologien waren dabei immer integrale Bestandteile der Landwirtschaft. Neue Technologien bzw. Entwicklungen haben diese immer wieder entscheidend geprägt. Hierauf wird unsere Landwirtschaft auch in Zukunft basieren. Seit über 10.000 Jahren haben Einfallsreichtum und Einsatz von Agrotechnologien, angefangen bei Holzpflug, Wasserschöpfrad, Drillmaschinen, verbessertem Saatgut, neuen Kulturpflanzen, Pferdeanspannung, Fäkaliendüngung, über Düngemittel, Hybridsaatgut, Pflanzenschutzmittel, Traktoren, Vollerntemaschinen bis hin zu gentechnisch veränderten Pflanzen, Satelliten gesteuerter Bodenbearbeitung und Ernte dazu beigetragen, daß wir heute im Jahre 2001 Lebensmittel für mehr als 6 Milliarden Menschen zu Verfügung haben.

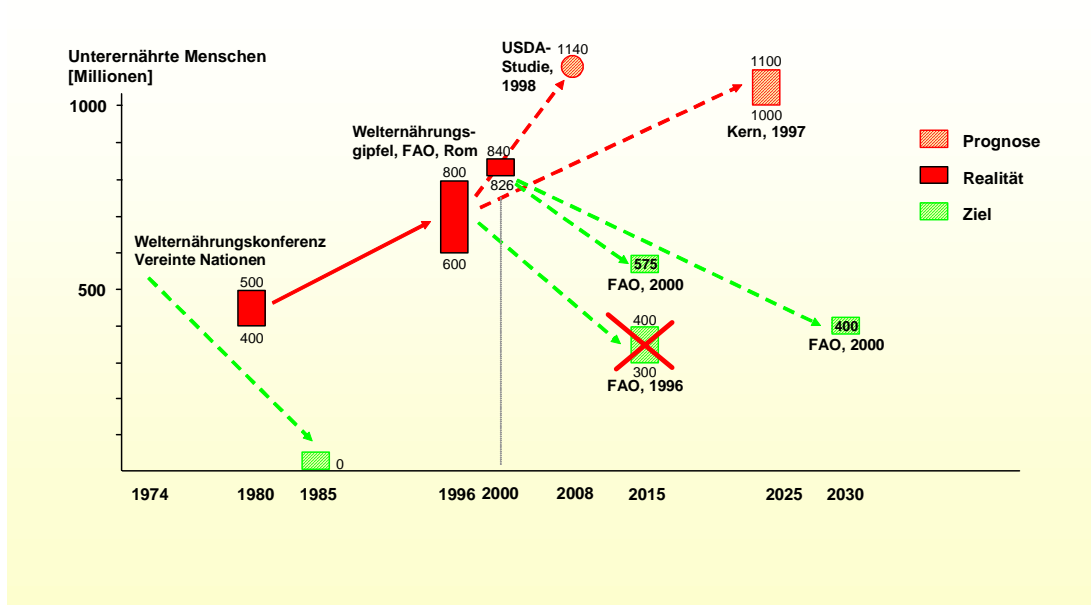
Seit Beginn der Menschheit dürften etwa 106 Milliarden Menschen den Globus bevölkert haben. Um 1850 umfaßte die Weltbevölkerung etwa 1 Milliarde Menschen, 1975 waren es bereits 3 Milliarden Menschen und am 12. Oktober 1999 waren es 6 Milliarden Menschen. Schätzungen der Bevölkerungsentwicklung zeigen, daß im Jahre 2025 etwa 8 Milliarden Menschen auf der Erde leben werden. Dennoch, die zahlenmäßige Zunahme ist nicht das Hauptproblem zukünftiger Lebensmittelversorgung und zukünftiger Ernährungssicherung. Einen viel größeren Einfluß wird das rapide ökonomische Wachstum in den verschiedenen Regionen der Erde haben. Bis zum Jahre 2050 wird sich die Weltwirtschaft im Vergleich zu heute, um den Faktor 5 erhöhen (Heaton et al. 1991). Diese schnelle ökonomische Entwicklung verändert global rapide auch die Eßgewohnheiten und erhöht signifikant den Konsum von Lebensmitteln - zuerst regional und schließlich auch global. Wenn man sich die Zunahme des Kalorienverbrauchs betrachtet, so gibt es regional signifikante Unterschiede. In der westlichen Welt werden heute ca. 3.400 Kilokalorien pro Tag und Kopf verbraucht. Die Zunahme innerhalb der nächsten 30 Jahre auf 3.470 Kilokalorien ist kaum erwähnenswert. Im gleichen Zeitraum aber wird weltweit die durchschnittliche Kalorienverbrauchsrate von 2.700 auf 3.000 steigen. Hier liegt eine der großen Herausforderungen. In Asien wird beispielsweise und ganz besonders in China der Kalorienverbrauch von 2.400 Kilokalorien pro Kopf und Tag auf 2.880 im Jahre 2025 ansteigen. Dies bedeutet, daß sich ca. 50% der Weltbevölkerung von dieser niedrigen Kalorienaufnahme zu einer hochwertigen, wenn auch noch nicht unserem Niveau liegenden Kalorienaufnahme hin bewegen. Betrachtet man den Lebensmittelbedarf und die Lebensmittelproduktion global, so läßt sich heute eine leichte 'Überversorgung' feststellen. Das Wort 'Überfluß' suggeriert, es gäbe alles im Überfluß. Doch dem ist nicht so: Unseren Energiebedarf können wir gerade decken. 1995 lag der weltweite Bedarf an Kalorien bei $5,1 \times 10^{15}$ Kilokalorien und die Produktion bei $5,17 \times 10^{15}$ Kilokalorien pro Kopf und Jahr. Dies bedeutet, daß 1995 weltweit nur 0,26% mehr Lebensmittel produziert als gebraucht wurden (Abb. 1). Unabhängig davon steht die Tatsache, daß man damit noch lange nicht den Hunger in der Welt besiegt hat.

Abb. 1: Global geschätzter Lebensmittelbedarf im Jahr 2025



1996 fand der Welternährungsgipfel in Rom statt. Zu diesem Zeitpunkt gab es, mehr als 800 Millionen Hungernde auf dieser Welt. Selbstbewußt verkündete man, daß man die Anzahl der Hungernden bis zum Jahre 2015 halbieren wolle (300 bis 400 Millionen). Nur 4 Jahre danach, Ende 2000, hat man dieses 'unrealistische Ziel' aufgegeben und hofft auf nunmehr nur 575 Millionen Hungernde im Jahre 2015 und 300 bis 400 Millionen Hungernde im Jahre 2030. Immer wieder werden im Zusammenhang mit dem Hunger in der Welt irreführende Zahlen publiziert - Entscheidungsträger und letztlich die Bevölkerung erhalten falsche Botschaften. Die Zielvorgaben sind zwar verlockend, aber wenn sie zu einer falschen strategischen Beurteilung der Lage führen, kommt es zu falschen Entscheidungen. Eine USDA-Studie (1998) weist bis zum Jahre 2008 schon 1,14 Milliarden Hungernde aus. Fehlt der politische Wille, so wird im Jahr 2025 bestenfalls die Anzahl der Hungernden bei einer Milliarde Menschen liegen (Abb. 2).

Abb. 2: Weltweite Unterernährung: Ziele, Prognosen und Realität



Quelle: Böckle et al. (1983), Weltbank (1993), FAO (1996), USDA (1998), Kern (1997/99), FAO Report: Towards 2015-2030 (2000), FAO: Committee on the World Food Security (2000), <http://www.fao.org/sof/sofi/>, 2001, 2003

Der Hunger in der Welt ist zwar auch, aber nicht ausschließlich, ein Verteilungsproblem. Die Sicherung der Welternährung wird künftig ohne die effiziente Nutzung vorhandener und die konsequente und zeitgerechte Verwirklichung neuer Agrotechnologien langfristig nicht möglich sein (Qaim und Virchow 1999). Priorität müssen technologische Entwicklungen haben, mit deren Hilfe zukünftig, die global notwendige Produktion von kalorienhaltigen und gesunden Nahrungsmitteln sichergestellt werden kann. Es gilt weiterhin festzuhalten, daß sich weltweit in den nächsten 30 Jahren der Bedarf an Lebensmitteln verdoppeln wird und daß mehr als eine Verdopplung in der landwirtschaftlichen Produktion bzw. Versorgung notwendig ist. Im gleichen Zeitraum muß man die Problematik von abnehmenden Ackerlandflächen, zunehmender Wasserknappheit und das Übergleiten von ehemals pflanzlicher zu mehr fleischlicher Ernährung berücksichtigen. In den nächsten 30 Jahren werden wir weltweit mehr Nahrungsmittel zu produzieren haben als in den gesamten letzten 10.000 Jahren zusammen. Der Schwerpunkt wird dabei auf einer nachhaltigen und umweltgerechten Produktion liegen. *"Den Bedürfnissen der Gegenwart zu entsprechen und dabei nicht die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu beeinträchtigen"* ist die Zielsetzung nachhaltiger Entwicklung, wie sie im Brundtland-Kommissions-Bericht von 1987 als auch in der Agenda 21, dem Aktionsprogramm für nachhaltige Entwicklung, in Rio de Janeiro 1992 aufgezeigt wurde. In den Entwicklungsländern wie auch in den entwickelten Ländern bedeutet Nahrungsmittelsicherung, das heißt die Verfügbarkeit von Lebensmitteln für alle Menschen zu jedem Zeitpunkt, die Grundlage für ein aktives und gesundes Leben. Um den steten Zugang zu Nahrungsmitteln in den Entwicklungsländern zu gewähren, bedarf es einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Entwicklung sowohl in Gunstgebieten als auch auf imaginären Standorten.

In Anbetracht der Aufgaben, die eine nachhaltige Landwirtschaft an uns stellt, wird die Gentechnik kombiniert mit verbesserten konventionellen Produktionstechnologien einen wichtigen Beitrag leisten, die Produktion von Nahrungsmitteln und Rohstoffen auf den bereits landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen zu sichern und zu erhöhen. Dabei gilt es, Materialien besser zu reorganisieren und die vorhandenen Ressourcen sinnvoller zu nutzen. Nachhaltige Entwicklung bedeutet ständige Innovationen, Verbesserungen und Einsatz umweltfreundlicher Technologien mit dem Ziel, Umweltprobleme und Ressourcenverbrauch drastisch zu senken. Eine Verbesserung von nachhaltiger Landwirtschaft bedeutet letztlich die Dematerialisierung und die Reorganisation von Ressourcen (Erreiche mehr mit weniger).

Im Zusammenhang mit Sicherung der Welternährung dürfen das Themengebiet Bio-Terrorismus und die biologische Sicherheit von Pflanzen nicht unerwähnt bleiben. Wenn man über Sicherheitspolitik und Friedenssicherung in Verbindung mit terroristischen Zielfeldern spricht, denkt man dabei meist an Anschläge auf Personen, Botschaften oder öffentliche Einrichtungen. Die Landwirtschaft, obwohl in fast allen Ländern der Erde von strategischer Bedeutung, wird als konkretes terroristisches Zielobjekt kaum beachtet. Dabei gehören die landwirtschaftlich genutzten Pflanzen mit zum wertvollsten Kapital der Menschen, von dem sich der größte Teil der Weltbevölkerung ernährt. Deshalb gilt es, die biologische Sicherheit von Pflanzen (Crop Biosecurity) nachhaltig zu erhalten bzw. gegenüber einem möglichen Bio-Terrorismus abzusichern. Von Menschenhand aus terroristischen Gründen geschaffene pflanzen- und erntezerstörende Viren, Pflanzenpathogene, Schadinsekten oder Schadpflanzen müssen weltweit geächtet, verboten und etwaige Entwicklungen im Ansatz unterbunden werden. Hierfür müssen Strategien zur Vermeidung des Mißbrauchs der Gentechnik entwickelt werden. Wissenschaftler und Politiker sind dabei gleichermaßen mehr als nur ethisch gefordert, jeglichen Mißbrauch auszuschließen.

2. Die Folgen von Urbanisierung und Überalterung der Bevölkerung

Landwirtschaft war einstmals das Gebiet, auf dem die Mehrheit der Menschen beschäftigt waren und lebten. Gegenwärtig sind jedoch 55% der Weltbevölkerung nicht in die Agrarwirtschaft involviert. Innerhalb der nächsten 6 Jahre wird mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung, etwa 3,3 Milliarden Menschen in Städten leben. Bis 2025 wird dies für fast zwei Drittel der Weltbevölkerung gelten. Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es keine Stadt in den armen Ländern, in der öffentliche Investitionen für neue Unterkünfte, effizientere Abfallbeseitigungssysteme, neue Straßen, Verkehrswege oder andere infrastrukturelle Elemente ausreichend sind, um dem stetigen städtischen Wachstum der letzten drei Jahrzehnte zu begegnen, eine Aussicht auf Besserung für die nahe Zukunft ist nicht abzusehen. Etwa eine Milliarde Menschen lebt zusammengepfercht in Slums, mindestens 220 Millionen Städter haben nur unzureichenden Zugriff zu sauberem Trinkwasser, mehr als 420 Millionen haben noch nicht einmal Zugang zu einfachsten Toiletten oder hygienischen Minimalstandards für ein menschenwürdiges Dasein. Dies hat beträchtliche Konsequenzen für die Lebensqualität und Gesundheit der Städter bzw. Slum-Bewohner. Dies trifft auch auf den Bereich Nahrungsmittelsicherung zu: die städtische

Bevölkerung ist nicht in der Lage, sich durch Selbstversorgung zu ernähren. Darüber hinaus unterscheiden sich ihre Ernährungsgewohnheiten signifikant von denen einer ländlichen Bevölkerung. Die Menge an hochwertigem, transportierbarem und lagerfähigem Getreide wie Reis und Weizen, tierischem Eiweiß sowie Gemüse dominiert in dieser Art von Ernährung, der Anteil an traditionellen Lebensmitteln nimmt zunehmend ab.

Viele Städter sind mit landwirtschaftlichen Produktionssystemen nicht vertraut, weder zu Hause vor Ort noch in den Entwicklungsländern. Ihre Erfahrungen sind meist nur noch lückenhaft bzw. von virtueller Natur. Unabhängig davon erwarten sie ein unerschöpfliches Angebot und eine freie Auswahl von günstigen, gesunden und vielseitigen Lebensmitteln zu jedem Zeitpunkt rund um die Uhr. Dies ist noch nicht einmal annäherungsweise in den Entwicklungsländern bzw. in den am wenigsten entwickelten Ländern der Fall.

Generell läßt sich sagen *"Die Reichen werden reicher, die Armen haben Kinder, und die Alten werden älter"*. Eine Kalkulation (Weiner 2000), die sich mit den Unterhaltskosten für Kinder und Altenpflegekosten beschäftigt, klingt zynisch, ist jedoch nachvollziehbar: *"Ein ganzes Dorf wird benötigt, um ein Kind zu unterhalten, allerdings ein Dorf, drei Ärzte, fünf Berater und sechs Krankenhausbetten sind notwendig, um einen alten Mann zu versorgen."* Heute leben in Deutschland z.B. etwa 82 Millionen Menschen, im Jahr 2050 werden es nur noch 70 Millionen sein. Heute kommen auf 100 Erwerbstätige etwa 40 Menschen, die älter als 60 Jahre sind. Dieses Verhältnis wird sich nach Aussagen des Statistischen Bundesamtes in 50 Jahren auf 100 zu 80 verdoppeln. In Deutschland gibt es heute etwa 7.000 Hundertjährige, im Jahre 2025 sollen dies bereits 100.000 Hundertjährige sein. Weltweit kommt es im Zuge von demographischen Veränderungen zu überalterten Populationen. Dies gilt vorrangig für hoch industrialisierte Länder, wird zukünftig aber auch für Entwicklungsländer gelten, zumal sich global in den nächsten 50 Jahren das durchschnittliche Lebensalter von heute ca. 26 auf über 44 Jahre erhöhen wird (Schartz und Leyden 1998). Weltweit ist die Lebenserwartung innerhalb der letzten 50 Jahre mehr gestiegen als in den gesamten vergangenen 5.000 Jahren zusammen.

Mehrere Faktoren wie eine alternde Bevölkerung, stetig steigende Gesundheitspflegekosten sowie die zunehmende Verbrauchernachfrage nach gesünderen Nahrungsmitteln, sind Katalysatoren für die Entwicklung und Integration von 'Functional Foods' und Nutraceuticals. Das Interesse an solchen Produkten wächst mit rasanter Geschwindigkeit (Mazza und Oomah 2000). Der 'moderne Verbraucher' verlangt nach Lebensmitteln, die nicht nur dem reinen Überleben dienen. Die traditionelle Rolle eines Lebensmittels verändert sich von der 'Notwendigkeit zum Überleben und Genußmittel' hin zum Nahrungsmittel als Medizin. Antioxidantien, wie Carotinoide, Vitamin E und C, Flavonoide und Glutathione, welche eine wichtige Rolle für die körpereigene Abwehr gegen beispielsweise die kardiovaskuläre Krankheit, Krebs, Arthritis sowie Augenleiden spielen, werden künftig ein bedeutendes Arbeitsgebiet für die 'Functional Food'-Industrie darstellen. Zur Zeit besitzen solche Nahrungsmittel unterschiedlichste Bezeichnungen: Nutraceuticals, Funktionale Nahrungsmittel, Nahrungsergänzungsmittel, Ernährungsergänzungsmittel, medizinische Lebensmittel, Aufbaustoffe, Nahrungsmittel für spezielle Diäten, Gesundheitslebensmittel, pharmakologische Nahrungsmittel, Pflanzeninhaltsstoffe, bioaktive Nahrungsmittel, Bio-Pharmazeutika. Unter den Schlagworten 'Gene-Farming', 'Molecular Farming', 'Bio-Pharming' oder 'Molecular Pharming' verbirgt sich die Produktion von xenogenen Substanzen in transgenen Pflanzenproduktionssystemen. Dabei wird mit 'Farming' in der Regel ein pflanzliches Produktionssystem beschrieben, mit 'Pharming' die Produktion von pharmazeutisch wirksamen Produkten wie Antigenen, Vakzinen, Peptide oder Sekundärmetabolite mit medizinischer Wirkung. Da auch das Einkommen verschiedener städtischer Bevölkerungsgruppen steigt, erhöht sich zudem die Nachfrage nach fleischlichen Produkten. Dies wiederum erhöht die Nachfrage und Produktion von Futtermitteln und benötigt zusätzlich eine größere landwirtschaftliche Nutzfläche.

Menschen, die in Städten leben, sind zu 90% von einer permanenten Nahrungsmittelversorgung abhängig. So bedarf es für jede Person, die vom Land in die Stadt abwandert, notwendigerweise einer zusätzlichen Marktversorgung um den Faktor 2 (McCalla 2000). Die derzeit etwa 400 Millionen Subsistenz-Landwirte sind schon heute nicht in der Lage, 1,5 Milliarden Städter zu ernähren; die voraussichtlich 800 Millionen Subsistenz-Landwirte im Jahre 2025 werden auch nicht in der Lage sein, die fast 4 Milliarden Städter zu versorgen. Dies bedeutet, daß die künftige Nahrungsmittelproduktion durch eine duale Landwirtschaft getragen sein muß. Die Subsistenz-Landwirtschaft wird auch weiterhin die Lebensgrundlage für Menschen sein, die in benachteiligten bzw. wenig entwickelten Gebieten leben. Eine moderne Agrarwirtschaft mit entsprechender hoher Produktivität und Produktion wird letztlich die Stadtbewohner versorgen müssen. Die Verbesserung des Lebensstandards im

ländlichen Raum wird der Landflucht bzw. Emigration entgegenwirken und so den sozialen und ökonomischen Druck auf die städtischen Gebiete reduzieren.

3. Diversität der Produktionssysteme und ungleiche Ressourcenverteilung

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Entwicklungen von industrialisierten Ländern, Schwellenländern, Entwicklungsländern und den am wenigsten entwickelten Ländern sowie dem exponentiell wachsenden Bedarf an Nahrungsmitteln wird die zukünftige Landwirtschaft verstärkt multifunktional, heterogener, vielschichtiger, multikomplexer, wissens- und technologiegetrieben und verstärkt ressourcenangepaßt sein. Die Übergänge zwischen den verschiedenen landwirtschaftlichen Anbausystemen werden bzw. müssen dabei fließend bleiben bzw. werden. Synergien bzw. Symbiosen müssen erforscht, implementiert und genutzt werden. Die Diversität an landwirtschaftlichen Produktionssystemen wird technologiebedingt signifikant zunehmen.

Die optimale Integration von allen verfügbaren Agrotechnologien muß auf der Ebene der Bauern implementiert werden. Extrempositionen wie z.B. die organische Landwirtschaft, die hauptsächlich auf den Erhalt der bestehenden Umwelt fokussiert ist sowie auch eine extrem kapitalintensive Landwirtschaft, welche ausschließlich auf maximierte Produktion fixiert ist, werden zwar ihre Nische haben, können aber, global betrachtet, keine nachhaltigen Lösungsansätze bieten (Kern 1998).

Unabhängig von der hohen Diversität von ressourcenangepaßter Landwirtschaft gilt es immer wieder zu bedenken, daß Ressourcen wie Boden, Klima, Wasser, technisches Können, Wissen, etc. ungleich auf der Erde verteilt sind, daß landwirtschaftlicher, technologischer Fortschritt in manchen Regionen sehr schnell, in anderen, per se benachteiligten Regionen, kaum bzw. nicht vollzogen wurde bzw. nicht vollzogen werden wird. Wenn es um die landwirtschaftliche Produktion geht, gibt es die 'Habenden' und die armen 'Nicht-Habenden'. Die 'Habenden' - Nordamerika, Europa, Brasilien, Argentinien und Australien - verfügen einerseits über genügend ertragreiches Ackerland, um den eigenen Nahrungsmittelbedarf zu decken und andererseits über effiziente landwirtschaftliche Produktionssysteme, die es sogar ermöglichen, Lebensmittel zu exportieren, Landwirtschaft wird in Gunstgebieten betrieben, die reich an fruchtbarem Boden sind, ausreichend Wasser und günstige klimatische Bedingungen haben. Die Bauern sind erfahren, gut ausgebildet, gut informiert und haben Zugang zu allen Agrotechnologien. Sie verfolgen eine forschungs- und wissensgesteuerte Präzisionslandwirtschaft. Weniger als 2% der Bevölkerung sind in der Landwirtschaft beschäftigt und durchschnittlich werden weniger als 15% des Monatseinkommens für gesunde Lebensmittel ausgegeben. In den USA beispielsweise produzieren von den etwa 1,9 Millionen Landwirten nur 300.000 Bauern 80% der gesamten Agrarproduktion, die übrigen 1,6 Millionen Landwirte produzieren weniger als 20% der Gesamtproduktion (McCalla 2000). In einigen modernen Industriestaaten geht die Landwirtschaft allmählich weg von einer ausschließlich auf eine Nahrungsmittelproduktion ausgerichtete Landwirtschaft hin zur Produktion von erneuerbaren bzw. nachwachsenden Rohstoffen, zu Biotoperhaltenden Leistungen, zu von der Gemeinschaft finanzierten Landschaftsschutzarbeiten, welche die Infrastruktur der ländlichen Gebiete stabilisieren.

4. Schlüsseltechnologien einer Hohertragslandwirtschaft in modernen Industriestaaten

Technologische Entwicklungen sind zentrale Katalysatoren für die Gestaltung der Landwirtschaft. Folgerichtig ergibt sich die Frage: *Welches sind die Schlüsseltechnologien, die eine Hohertragslandwirtschaft nachhaltig und entscheidend vorantreiben?* Solche werden sicherlich sein: Präzisionslandwirtschaft, Biotechnologie (Gentechnik) und funktionale Genom-Abschnitte.

4.1 Präzisionslandwirtschaft

Unter Präzisionslandwirtschaft versteht man eine Strategie, bei der der Einsatz von Produktionsmitteln gezielt durch präzise und standortspezifische Informationen bestimmt wird. Präzisionslandwirtschaft ermöglicht langfristig eine Produktivitätssteigerung bei gleichzeitiger Verringerung des Aufwands. d.h. sie ermöglicht eine nachhaltigere Landwirtschaft. Dies bedeutet, sowohl den präzisen Einsatz von Herbiziden, Insektiziden, Fungiziden und Düngemitteln als auch das genaue Ausbringen des Saatguts. Präzisionslandwirtschaft ist in einigen landwirtschaftlichen Kreisen derzeit zum Schlagwort geworden. Sie berücksichtigt u.a. eine umsichtige Bodenbearbeitung und ein präzises Pflanzenschutz-Management, welches den unterschiedlichen Standorten entsprechend angepaßt ist. Sie basiert im wesentlichen auf dem Einsatz von 'geographischen Informationssystemen' (GIS), 'globalen Positionierungssystemen' (GPS) sowie auf dem 'Nah-Infrarot-Vegetations-Index (NVI)System'. Landwirte haben bereits Zugang zu Systemen, die Daten über Satelliten verwalten, lokale

Informationen übertragen und Daten unterschiedlichster Herkunft bereitstellen können. Der Landwirt kann entweder selbst diese satellitengestützte Informationen abrufen oder aber Unternehmen beauftragen, die diese Aufgabe gegen Gebühr übernehmen. GPS z.B. greift auf ein Satellitensystem zurück, das in naher Zukunft eine Auflösung im Bereich von Quadratzentimetern haben wird und somit sehr präzise standortspezifische Informationen liefern wird. Ein solches System ermöglicht es:

- lokale Bodenproben und die entsprechenden Bodenanalysen im Rahmen einer präzisen Kartierung abzubilden,
- die Menge an Düngemitteln und Pestiziden standortangepaßt zu berechnen und zu minimieren,
- eine Anpassung von entsprechenden Kulturmaßnahmen auf unterschiedlich beschaffenen Ackerböden vorzunehmen, und
- Erntedaten über die gesamte Anbaufläche hinweg zu registrieren und auszuwerten.

Der zusätzliche Wert, den der Landwirt durch Präzisionslandwirtschaft erzielen kann, liegt in einer optimierten Saatgutausbringung, einer effizienten Schädlingsbekämpfung, einer fristgerechten Bodenbestellung sowie in der Kenntnis über entsprechende Erntemengen. Alle diese Vorteile zusammen ermöglichen es dem Landwirt, seine gesamte Pflanzenproduktion kosteneffizienter zu gestalten. Der breite Einsatz von satellitengestützter Aussaat, Düngung und Ernte (2010) sowie die durch Roboter kontrollierte Kultivierung, Ernte, Sortierung und Nach-Ernte-Maßnahmen (2014-2018) ist gemäß der Delphi-Studie des *Fraunhofer Instituts* schon bald Realität (Fraunhofer Institut 1998). Diese digitale Technologie wird schon bald völlig neue ökonomische Perspektiven im ländlichen Raum eröffnen.

4.2 Biotechnologie (Gentechnik)

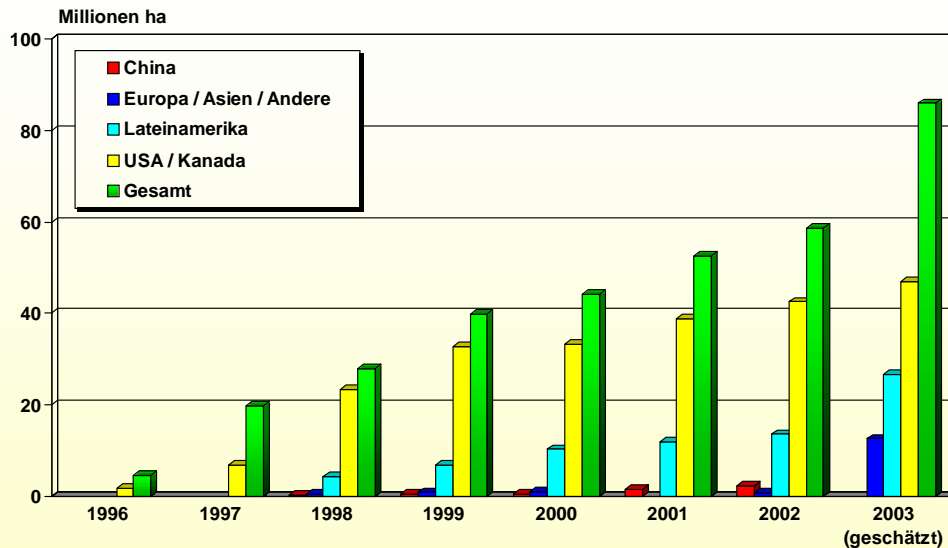
Im Jahre 2000 waren weltweit mehr als 70 transgene Pflanzen registriert. Bis heute wurden weltweit mehr als 25.000 Feldversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen durchgeführt. Mehr als 100 verschiedene Pflanzen, die gentechnisch verändert wurden, wachsen in vielen Ländern entweder in Laboratorien und Gewächshäusern oder werden bereits im Freiland getestet. Die erste Welle von gentechnisch veränderten Pflanzen steht seit einigen Jahren im Feld. Sie bieten den Bauern eine Vielzahl von ökonomischen Vorteilen, die ihm unter anderem den Anbau von Pflanzen erleichtern und auch profitabler machen. Hinzu kommt, daß die gentechnisch veränderten Pflanzen einen Beitrag zur nachhaltigen Landwirtschaft leisten. Die Bauern verwenden weniger Pflanzenschutzmittel, erhalten die Bodenkrume, sparen Wasser und reduzieren den Einsatz von Kraftstoff. Des weiteren trägt die grüne Gentechnik entscheidend zu einer *Integrierten Pflanzenproduktion* bei und fördert damit die Dematerialisierung der Landwirtschaft, eine Präzisionslandwirtschaft und somit eine nachhaltigere Landwirtschaft. Die notwendige Dematerialisierung basiert auf dem besseren Verstehen von landwirtschaftlichen Systemen und ermöglicht eine optimale Nutzung von knappen und teuren Betriebsmitteln, sie führt zu größerer Effizienz und minimiert die Menge an Abfallprodukten (Kern 1999). Es ist ganz offenkundig, daß die Bauern und viele Experten in vielen Teilen der Erde von den Möglichkeiten der grünen Gentechnik überzeugt sind, andernfalls wäre die Implementierung wesentlich langsamer verlaufen.

Allein in Nordamerika (1996-2003) werden auf mehr als 60% der gesamten Anbaufläche gentechnisch veränderte Pflanzen angebaut. Bis zum Jahr 2003 wird aller Voraussicht nach etwa 60% der jeweiligen Kulturanbaufläche mit gentechnisch verändertem Mais, Sojabohne und Baumwolle, 30% mit gentechnisch veränderten Tomaten, 40% mit gentechnisch veränderten Zuckerrüben und etwa 75% mit gentechnisch verändertem Raps bepflanzt sein. Im Jahre 2000 betrug die gesamte Anbaufläche von gentechnisch veränderten Pflanzen bereits 44,2 Millionen Hektar (James 2000). Bis zum Jahr 2003 werden es wahrscheinlich fast 85 Millionen Hektar sein (15 Millionen Hektar in Europa / Asien / andere, 25 Millionen Hektar in Lateinamerika und 45 Millionen Hektar in den USA / Kanada), dies sind 6% der gesamten globalen landwirtschaftlichen Nutzfläche (Abb. 3). In Nord- und Südamerika, Australien, Indien und China ist der kommerzielle Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen schon voll im Gange. In Europa verzögert sich der gesamte Prozeß durch unschlüssige politische Beratungen.

Die zweite Welle von gentechnisch veränderten Pflanzen wird die Felder etwa zwischen 2002-2005 erreichen; die qualitativen (Output) Merkmale werden bis dahin zum Tragen kommen. Diese Merkmale werden die Natur der Pflanzen ändern. 'Hauptkulturpflanzen' (Weizen, Mais, Raps, Sojabohne, Reis) werden sowohl eine bessere Qualität als auch einen höheren Marktwert haben. Es ist nur noch eine Frage der Zeit, bis diese neuen Pflanzen und Produkte an den Markt gelangen. Die dritte Stufe, d.h.

gentechnische Produktion von durch Pflanzen produzierten Nutraceuticals, Probiotika oder sogar Medikamenten sind nach dem Jahr 2005 zu erwarten. Um das Jahr 2010 wird es gentechnisch veränderte Pflanzen geben, die Spezialchemikalien produzieren, beispielsweise Kartoffeln, die dann zur Papierherstellung, Biokleber- oder Waschmittelproduktion eingesetzt werden.

Abb. 3: Anbaufläche gentechnisch verbesserter Pflanzen weltweit, 1996 - 2003



Quelle: Business Intelligence, 1998; James, C., 2000; ISAAA, 2001, 2002

4.3 Genomforschung

Unter Genomforschung versteht man die Kartierung und Sequenzierung von Genen (strukturelle Genomforschung) sowie die Aufklärung der dazugehörigen Funktion (funktionale Genomforschung). Die Genomforschung und ganz speziell die funktionale Genomforschung wird zukünftig ein Schlüsselgebiet innerhalb der vielversprechenden grünen Gentechnik sein. Durch diese neue Technik wird es in der Saatgutentwicklung möglich sein, präziser, leichter und schneller entsprechende qualitative Veränderungen in den Pflanzen weltweit zu erzielen und damit den Lebensstandard für Millionen von Menschen zu verbessern. Die Vielzahl an Möglichkeiten ist beeindruckend: 1.000 Gramm DNS, gelöst in einem Kubikmeter, würde eine größere Speicherkapazität haben als alle Computer, die jemals gebaut wurden oder aber eine 100-Milliarden-fach größere Speicherkapazität besitzen als das menschliche Gehirn. 30 Gramm DNS arbeiten hundert mal schneller als der schnellste Computer unserer Zeit (Kaku 1998). Der genetische Code ist ein gigantisches biologisches Manuskript, das wir gerade erst zu untersuchen und zu entschlüsseln begonnen haben. Eines der Hauptziele ist es, die Genfunktionen *in silico*, *in vitro* und *in vivo* zu bestimmen. Was wird innerhalb der nächsten Jahre erreicht werden?

- Genkarten zur Identifikation und Lokalisierung von bestimmten Merkmalen auf den Chromosomen.
- Zytologische Karten, um Chromosomen und merkmalszugehörige Abschnitte sichtbar zu machen sowie Gene auf der DNS zu lokalisieren.
- Physikalische Karten, die die gesamte Nukleotidsequenz wiedergeben.

Die Genomforschung wird es ermöglichen, neue Wirkorte für Insektizide, Herbizide, Fungizide und Nematizide zu identifizieren sowie die spezifische Wirkungsweise von neuen Wirkstoffen zu bestimmen. Dies wird deshalb besonders wichtig sein, da Pflanzenschutzmittel entscheidend dazu beitragen werden, die notwendige Produktion von Nahrungsmitteln sichern zu helfen (Yudelman et al. 1998; Brooks und Roberts 1999). In Zukunft wird eine nachhaltige Schädlingskontrolle zunehmend von neu zu entwickelnden Strategien und Taktiken abhängig sein, bei der die funktionale Genomforschung ein effizientes Werkzeug darstellt. Sie wird uns in die Lage versetzen, neue Gene und Genfunktionen zu erkennen und damit neue Merkmale zu entdecken, die für eine Optimierung

von Saatgut gebraucht werden (Kern 2000). Über 15 Organismen wurden bereits genetisch voll entschlüsselt und das Genom von mehr oder weniger allen wichtigen Pflanzen wird innerhalb der nächsten 5 bis 10 Jahren analysiert sein. Die funktionale Genomforschung wird helfen zu verstehen, wie das Genom den Phänotyp bestimmt. *Marker*-unterstützte Saatgutentwicklung wird ein elementares Instrument für zukünftige Saatgutverbesserungen sein. Sie wird die Entwicklungszeiten für Saatgut von 10-12 Jahren auf 2-4 Jahre verkürzen. Die Möglichkeit, verbesserte Eigenschaften in Hohertragsorten schneller einzubringen, wird ein wichtiger Faktor der zukünftigen Saatgutverbesserung sein (McLaren 2000).

5. Nahrungsmittelproduktion in Entwicklungsländern

5.1 Ausgangslage und Problemstellung

'Nicht-Habende' bestimmen im wesentlichen das Gesamtbild der Entwicklungsländer. In diesen Ländern leben zur Zeit mehr als drei Milliarden Menschen und aus unterschiedlichen Gründen sind diese Nationen nicht in der Lage, ausreichende Mengen an Lebensmitteln für ihre Bevölkerung zu produzieren. Oftmals korreliert die unzureichende Nahrungsmittelproduktion mit einem drastischen Bevölkerungszuwachs, falscher Agrarpolitik, falschen Anbaumethoden, weit verbreiteter Landdegradierung sowie Kriegen. Diese Länder oder Regionen sind in der Regel arm an Ressourcen, sehr heterogen und sehr risikofähig. In humiden oder subhumiden Regionen sowie in den semiariden Tropen und Subtropen sind die landwirtschaftlichen Produktionssysteme sehr komplex, der Boden sehr anfällig und das Wetter oftmals sehr instabil. Dies sind gleichfalls die Regionen, die am stärksten von der globalen Erderwärmung betroffen sind. Die größte Armut existiert zur Zeit in ariden und semiariden Gebieten sowie in steil abfallenden Gebirgsregionen, die ökologisch sehr instabil sind. Die Landwirtschaft in diesen Zonen ist begrenzt durch spärliche Regenfälle und begrenzte Möglichkeiten zur Bewässerung. Meist ist die landwirtschaftliche Produktion in diesen Ländern sehr gering, der Boden wenig fruchtbar und die Produktion gilt vorwiegend zur Deckung des Eigenbedarfs. Die meisten dort lebenden Menschen haben großen Mangel an fast allen Grundbedürfnissen wie beispielsweise Nahrung, Ausbildung, Gesundheit und Wasser; sie haben außerdem keinen oder kaum Zugang zu Agrotechnologien (Inputs). In dieser Art von Subsistenz-Landwirtschaft arbeiten mehr als 80% der Bevölkerung, zumeist Frauen und Kinder. Zwischen 90% und 100% ihres monatlichen Einkommens müssen ausschließlich für lebensnotwendige Nahrungsmittel ausgegeben werden.

In den meisten Entwicklungsländern sowie den am schwächsten entwickelten Ländern hat sich innerhalb der letzten 4 Jahrzehnte die schon sehr kleine Hofgröße einer Familie nochmals halbiert; die Felder werden in immer kleinere Parzellen von Generation zu Generation meist auf die Söhne verteilt. In 57 Entwicklungsländern sind, nach einer Studie der FAO der frühen 1990er Jahre, mehr als die Hälfte aller Höfe kleiner als ein Hektar; zu klein, um davon eine Familie mit vier bis sechs Kindern ernähren zu können (Hinrichson 2000). Erschwerend kommt hinzu, dass Erosion und Desertifikation schon heute 40% der afrikanischen Nicht-Wüsten-Regionen und 30% der asiatischen Ackerlandflächen bedrohen. Schlüsselfaktoren, die eine zunehmend nachhaltige und eine mit 'wenigen Produktionsmitteln' betriebene Landwirtschaft in den Entwicklungsländern vorantreiben, sind Agro-Produktionsmittel: organische und chemische Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Saatgut / Biotechnologie, Technologietransfer sowie Wissen / Information / Ausbildung.

5.2 Agro-Produktionsmittel

Dünge- und Pflanzenschutzmittel

Kurz- und mittelfristig wird ein effizienter Technologieeinsatz in der Kombination von lokal vorhandenen und ganz bestimmten externen Produktionsmitteln liegen. Neben organischem Dünger, Dung und Kompost werden auch chemische Düngemittel zur Steigerung der Pflanzenproduktion intensiv zum Einsatz kommen. Bauern, welche die quantitativ und qualitativ richtigen Mengen an Düngemitteln verfügbar haben und einsetzen, haben weniger mit Ernteeinbußen zu kämpfen, die durch Licht- und Nährstoffmangel sowie Schädlingsbefall bedingt sind. Ein ausgewogener Einsatz von organischen und chemischen Düngemitteln sowie Pflanzenschutzmitteln kann einerseits dem Bauern helfen, die Boden- als auch Arbeitsproduktivität zu steigern und andererseits ein erfolgreiches nachhaltiges Ressourcen-Management sicherzustellen (Ruben und Lee 2000). Eine Kombination von intern verfügbaren und extremen Produktionsmitteln wird für eine nachhaltige Steigerung der Nahrungsmittel vor Ort unerlässlich sein.

Saatgut / Biotechnologie

Grundlage einer jeden nachhaltigen Landwirtschaft ist das Saatgut (Sehgal 2000). Über 50% der Ertragssteigerung läßt sich auf genetische Verbesserungen zurückführen. Verbesserte Anbautechniken, Agrochemikalien und Geräte sind nur so wirkungsvoll wie das Keimplasma, in dessen Diensten sie stehen. Um gute Ernten zu erzielen, brauchen Landwirte überall eine zuverlässige Quelle hochwertigen Saatguts. Zugang zu verbessertem und den örtlichen Bedingungen angepaßtem Saatgut bietet den Schlüssel für eine nachhaltige Intensivierung der Nahrungsmittelproduktion. Wesentliche Fortschritte werden sowohl aus dem öffentlichen als auch dem privaten Sektor kommen. Das Saatgut, das der Landwirt braucht, muß für sein Anbauggebiet gezüchtet werden. In diesem Anbauggebiet muß es, bevor es in großen Mengen freigegeben werden kann, auch ausführlich bewertet werden. Verbesserte Hybriden oder Sorten sind nutzlos, wenn das dazugehörige Saatgut dem Landwirt nicht in ausreichender Menge bereitsteht oder wenn es den hohen Ansprüchen an Qualität und Reinheit nicht genügt. In den Entwicklungsländern müssen die Landwirte auf lokaler Ebene eine auf die Züchtung, Produktion und Verteilung des von ihnen gewünschten Saatguts ausgerichtete Industrie ins Leben rufen - und dies muß umgehend geschehen.

Viele der für die Entwicklungsländer wichtigen Kulturpflanzen sind für die meisten multinationalen Saatgutfirmen kaum von zentralem Interesse, sogar nicht für solche, die in Entwicklungsländern aktiv sind. Aus diesem Grunde ist es ein wichtiges Anliegen, die Errichtung einer landeseigenen Saatgutindustrie auf öffentlicher und privater Basis zu unterstützen. Von den daraus resultierenden Saatgutverbesserungen wird gerade der Kleinbauer erhebliche Vorteile ziehen. Reishybriden z.B., die mit einem mittleren Ertrag von 6,8 Tonnen pro Hektar die Reisproduktion Chinas von Grund auf verändert haben, werden in fast allen asiatischen Ländern erhältlich sein. Ein weiterer Beitrag zu einer überlebenssichernden Landwirtschaft auf nachhaltiger Basis wäre die Entwicklung von Saatgut mit erhöhter Toleranz gegenüber abiotischen Belastungen, das dann an landwirtschaftliche Gemeinden mit ärmeren Böden verkauft oder verteilt werden könnte.

Auch wenn das große Potential der Biotechnologie gut bekannt ist und sogar in der AGENDA 21 (1992) ausdrücklich propagiert wurde, geht die Entwicklung, Umsetzung und Verwendung gentechnisch veränderter Kulturpflanzen in den Entwicklungsländern viel zu langsam voran. Der quantitative Beitrag der Biotechnologie (Gentechnik) zur Welternährungssicherung - nicht zur Eliminierung von Hunger - in den verschiedenen Regionen der Erde wird wie folgt aussehen: Im Jahre 2025 wird die entwickelte Welt (USA, Europa, Australien, Kanada, CIS) 28% ihrer Nahrungsmittelproduktion mit gentechnisch modifiziertem Material sicherstellen. Asien wird 20% der Lebensmittelproduktion mit GVO-Lebensmitteln realisieren, Lateinamerika 17%, Afrika aber nur 6%. Der geringe Anteil in Afrika hat zwei Gründe: Erstens findet die Biotechnologie in diesen Ländern kaum lukrative Marktsegmente. Privatfirmen konzentrieren sich gerade bei der Einführung dieser Technologie auf profitable Märkte, speziell in den Industrienationen. Der zweite Grund ist, daß in der westlichen Welt die Risiken der GVO's scharf und widersprüchlich diskutiert bzw. beurteilt werden. Die Schlußfolgerungen lauten dann verkürzt wie folgt: Solange die Risiken dieser Technologie nicht hundertprozentig geklärt sind, wird es keinen Transfer dieser Technologie in die Entwicklungsländer geben. Das bedeutet, daß wir, wie so oft, neue Technologien in den industrialisierten Ländern nutzen, viele Entwicklungsländer dagegen erst nach 20 bis 30 Jahren Zugang zu diesen Technologien haben werden. Langjährige Forschungserfahrungen haben gezeigt, daß man 10 bis 15 Jahre benötigt, um mit erfolgreichen Problemlösungen an den Markt zu gelangen. Eine erkennbar verzögerte Einführung der Biotechnologie führt zu dem Ergebnis, daß ihr Beitrag in Afrika im Jahre 2025 bei nur etwa 6% liegen wird.

In Kenia und anderen Ländern Afrikas wurde in mehreren Versuchen (Wambugu 1999; Qaim 1999) gezeigt, daß sowohl die Technologie als auch die Produkte von den Landwirten problemlos übernommen wurden. Die Qualität/Technologie steckt im Saatgut und der Bauer muß die herkömmliche Landbaupraxis nicht verändern, um die entsprechenden Vorteile zu nutzen. Es stellt sich also die Frage, wie diese Schlüsseltechnologie dem Kleinbauern - etwa im Himalaja - zur Verfügung gestellt werden kann? Im Januar 2000 wurden die potentiellen Vorteile einer gentechnisch veränderten Reissorte - des 'Goldreises' - bekannt gegeben. Durch die gentechnische Veränderung, die u.a. die goldene Verfärbung verursacht, wird in den Reiskörnern Provitamin A produziert. Vitamin-A-Mangel, der weltweit zur Blindheit von etwa 124 Millionen Kinder führt, läßt sich hiermit zukünftig reduzieren bzw. vermeiden. Der 'Goldreis' wurde in der Schweiz von der Eidgenössischen Technischen Hochschule entwickelt. In ihn wurden drei Gene eingeführt, die die Pflanze in die Lage versetzen, BetaCarotin bzw. Provitamin A zu produzieren. Er wird zur Zeit kostenlos den Landwirten in den Entwicklungsländern zur Verfügung gestellt.

Ein aktuelles Forschungsergebnis aus der Zusammenarbeit von *Aventis CropScience* und dem *Institut für Biotechnologie der Universität Cambridge* in England zeigt, daß das Pflanzenwachstum durch eine Erhöhung der Zellteilungsgeschwindigkeit beschleunigt werden kann. Durch die Einführung eines für die Zellteilung zuständigen *Arabidopsis*-Gens in eine Tabakpflanze konnte eine Verdoppelung der Wachstumsgeschwindigkeit erzielt werden. Diese Errungenschaft eröffnet die Möglichkeit, künftig Vegetationsperioden zu beschleunigen, mehrere Ernten pro Jahr zu erhalten und letztlich die gesamte Produktivität zu erhöhen. Dieses Resultat könnte auch einen einfachen und kosteneffektiven Beitrag zur Wirkstoffproduktion in Pflanzen liefern.

Eine intensive Implementierung der Biotechnologie könnte speziell in den Entwicklungsländern dazu beitragen, die Ernährungssicherheit zu erhöhen und die Menschen besser zu ernähren.

Technologietransfer

Mit den bisher verfügbaren Agrotechnologien ist man heute in der Lage, technisch weltweit hinreichende Mengen an Lebensmitteln zu produzieren. Oftmals sind es politische Umstände, die für die große Anzahl von Hungernden verantwortlich zu machen sind. Es reicht auch nicht aus, nur Spenden zu sammeln. Eine Minute in der Tagesschau zum Thema 'Hungernde Menschen' mit eingeblendeter Kontonummer ist eine Million Mark an Spenden wert. Auf dieser Basis lassen sich jedoch keine zukunftsorientierte, langfristige und nachhaltige Projekte planen. Geldspenden lösen meist nicht, sondern mildern gegebenenfalls nur das Problem des Hungers. Wenn die Kameras wieder abziehen, ist bei den Spendern das Thema vergessen. Die breite Bevölkerung für existentielle Probleme in den Entwicklungsländern sensibel zu machen, ist nicht ganz einfach. Hungersnöte und Flüchtlingswellen können viele Deutsche nicht mehr erschüttern.

Die Forderung nach Ausbildung anstelle von Almosen ist richtig. Darüber hinaus ist aber der Zugang zu vorhandenen Agrotechnologien und vorrangig zu neuen Schlüsseltechnologien entscheidend, wie sie in den entwickelten Ländern zum Einsatz kommen oder wie sie zur Zeit entwickelt werden. Afrika muß so schnell wie möglich den Anschluß an neue Technologien finden.

Wissen / Information / Ausbildung

Am Ende des in Dresden abgehaltenen Global Forum on Agricultural Research (GFAR) wurde im Mai 2000 eine globale Vision der künftigen landwirtschaftlichen Forschung für Entwicklungsländer herausgegeben. Darin erging der Ruf nach Forschungspartnerschaften zwischen dem öffentlichen und privaten Sektor mit entschlossener Unterstützung der Politiker und Entscheidungsträger. Die Teilnehmer verpflichteten sich, ein globales System für die landwirtschaftliche Entwicklungsforschung auf folgender Basis zu errichten:

- Erstellung einer weltweiten strategischen Forschungsagenda, welche die Vorzüge und Stärken der verschiedenen GFAR-Partner berücksichtigt;
- Förderung innovativer, partizipatorischer, kosteneffektiver und nachhaltiger Forschungspartnerschaften sowie strategischer Allianzen;
- Vernetzung der Partner durch Informations- und Kommunikationstechnologien und Aufbau spezieller Wissens- und Informationssysteme für alle, die sich mit Landwirtschaft beschäftigen.

Wenn diese Vision Wirklichkeit wird, kann mit einer merklichen Verbesserung nachhaltiger landwirtschaftlicher Produktionssysteme gerechnet werden, insbesondere in den Entwicklungsländern. Dabei ist es von entscheidender Bedeutung, daß die Botschaft klar verstanden wird, und zwar gleichermaßen von Land- und Stadtmenschen weltweit.

6. Elemente einer Landwirtschaft der Zukunft

Zunächst ist ein Schlüsselement einer künftigen Landwirtschaft weltweit der 'Integrierte Pflanzenbau' (IP). Mit diesem Konzept läßt sich eine nachhaltige Entwicklung sowie eine nachhaltige und profitable Landwirtschaft realisieren, ohne die Umwelt zu zerstören und die natürlichen Ressourcen künftiger Generationen zu gefährden. Es handelt sich um ein dynamisches System, welches die jeweils neuesten Kenntnisse aus Forschung, Technologie und praktischer Erfahrung im Hinblick auf regionale Bedingungen einsetzt, um überall auf der Welt die Nahrungsmittelproduktion zu optimieren, Energie zu sparen und Umweltbelastungen zu minimieren. IP bildet die Grundlage für eine Integrierte

Ressourcenschonung sowie auch für 'Integrierte Pflanzenernährungssysteme', die alle kontrollierbaren landwirtschaftlichen Anbaumethoden aufeinander abstimmen, um die nachhaltige Produktion von gesunden Lebensmitteln umweltverträglich zu sichern.

Einer derzeit allgemein angenommenen Schätzung zufolge verdanken 1,7 Milliarden Menschen ihre Nahrung der Verwendung von Düngemitteln, weitere 1,7 Milliarden der intensiven Bewässerung und 2,4 Milliarden dem Pflanzenschutz, der Pflanzenproduktion sowie den Fachkenntnissen und Erfahrungen der Landwirte. Dieses Bild wird sich ändern. Im großen und ganzen wird die Verwendung von Düngemitteln dramatisch steigen, insbesondere in den Entwicklungsländern - in Westeuropa dagegen nicht. Hier wird bereits mit etwa 100 Kilogramm Stickstoff pro Hektar gedüngt, was bereits an der optimalen Grenze liegt. Bewässerungssysteme werden zunehmen - die wichtigsten Staudammprojekte überall auf der Welt sind gut bekannt. Der Anteil des Pflanzenschutzes wird hingegen abnehmen. Im Jahre 2025 werden schätzungsweise 1,6 Milliarden Menschen (18-20%) ihre Nahrung der Verwendung gentechnisch veränderter Organismen verdanken. Insektenresistenz, modifizierte Fettsäurespektren in Pflanzen, Toleranz gegenüber biotischen und nicht-biotischen Faktoren sowie erneuerbare Rohstoffe in der Form von Stärkemodifikationen, Biokunststoffen oder Biodetergenzien sind nur einige Beispiele dafür.

Es ist sinnlos, ohne die Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer, politischer, sozialer, ethischer und demographischer Faktoren das Augenmerk nur auf technische Aspekte zu richten. Durch eine intelligente Kombination aller landwirtschaftlichen Techniken sowie günstigen sozialen und politischen Rahmenbedingungen würde es technisch möglich sein, ausreichende Nahrungsmittel zur Verfügung zu stellen und regional den Hunger bedeutend zu reduzieren. Dazu müssen Landwirte, Wissenschaftler, die Wirtschaft, NGO, Politiker und Verbraucher einen konstruktiven und kooperativen Dialog in Gang setzen, wobei alle Beteiligten bereit sein müssen, Zugeständnisse zu machen. Armut und Hunger müssen an vielen unterschiedlichen Fronten bekämpft werden. Neue Arbeitsplätze in ländlichen Gebieten sind ebenso wichtig wie eine wirkungsvolle Familienplanung.

Der Privatsektor wird neue Problemlösungen für den Markt entwickeln, die kurz- oder mittelfristig profitabel sein müssen. Zu diesem Zweck müssen Marktstrukturen bereits existieren oder aber leicht zu etablieren sein. Ein ausreichender Investitionsschutz muß sichergestellt sein. Die Privatforschung besonders aus den Industrieländern wird zunehmend in die Pflicht genommen, neue Techniken zu entwickeln und daran mitzuwirken, daß diese an die örtlichen Bedingungen in den Entwicklungsländern angepaßt werden. Um die Technologie des Privatsektors an die Erfordernisse der Entwicklungsländer anzupassen, müssen folgende Voraussetzungen vorhanden sein:

- ein ordentliches Zulassungswesen zur Sicherung weltweiter Deregulierungsnormen,
- ein durchsetzbarer Schutz von geistigem Eigentum,
- Infrastrukturen für den nationalen und internationalen Technologietransfer inklusive analytische Verfahren für die GVO-Überwachung,
- Entwicklungsinvestitionen, und
- eine nationale oder regionale Saatgutindustrie.

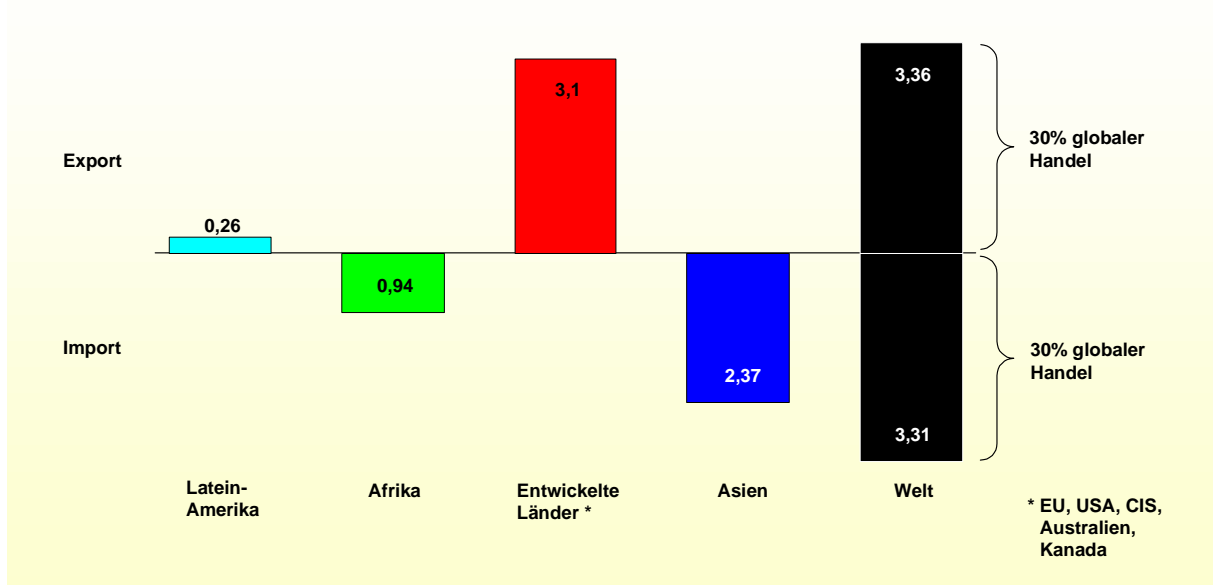
Aufgabe der Regierungen wird es sein, einerseits öffentliche Forschungseinrichtungen zu unterhalten, andererseits aber auch den Privatsektor - die Industrie - für die Zusammenarbeit zu gewinnen. Saatgutzüchter, Biotech- und viele andere Firmen sind dabei, Partner zu werden. Nur wenn alle zusammenarbeiten, wird es gelingen, entsprechende Lösungsansätze für die nachhaltige Produktion ausreichender Nahrungsmittel zu finden (Sasson 1998; de Kathen 1999). Durch die Integration aller Technologien - darunter auch Biotechnologie und Gentechnik - wird es möglich sein, den erhöhten Bedarf an Nahrungsmitteln zu decken, ohne die Landwirtschaft in artenreiche Regionen auszuweiten, und Landwirtschaftssysteme zu entwickeln, die den Artenreichtum innerhalb des Agrarsystems aufrechterhalten. In Zukunft kann man eine nachhaltigere Landwirtschaft erwarten, die die Grundlage für bessere Nutzpflanzen, bessere Ernährung, aufgewertete Arbeitsplätze sowie einen besseren Lebensunterhalt in einer intakten Umwelt bildet.

Die einzuschlagende Richtung wurde von Maxwell (1997) in der 'Charter for Food Security' aufgezeigt:

- *Landwirte brauchen gerechte Preise.* Alle Landwirte erhalten einen gesicherten Anteil von 80% des internationalen Preises für die Produkte, die sie verkaufen, unter Berücksichtigung der Transport- und Verarbeitungskosten. Wenn der private Sektor dazu nicht in der Lage ist, greift der Staat ein.
- *Landwirte brauchen Betriebsmittel.* Alle Landwirte erhalten einen gesicherten Zugang zu landwirtschaftlichen Betriebsmitteln, und zwar zur richtigen Zeit und zu konkurrenzfähigen Preisen. Wenn der private Sektor dazu nicht in der Lage ist, wird der Staat auch hier tätig.
- *Landwirte müssen die Möglichkeit haben, ihre Produkte auf den Markt zu bringen.* Der Staat sorgt dafür, daß in allen Fällen, wo dies ökonomisch und sozial wünschenswert ist, 80% der Landwirte weniger als 8 Kilometer von einer wetterfesten, öffentlich instandgehaltenen Straße leben können.
- *Landwirte brauchen neue, umweltverträgliche Techniken.* Alle Landwirte erhalten Informationen über neue Techniken, die dazu geeignet sind, das landwirtschaftliche Einkommen auf rentable und nachhaltige Weise um mindestens 5% zu erhöhen.
- *Arme Menschen brauchen einen Lebensunterhalt.* Jeder Erwachsene erhält - entweder bar oder in Naturalien - ein gesichertes, zum Überleben ausreichendes Mindesteinkommen, in guten wie in schlechten Jahren. Falls die Selbstversorgung oder der Markt versagt, leitet der Staat Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen ein oder sorgt auf andere Art und Weise für einen Einkommenstransfer.
- *Menschen brauchen den Zugang zu Läden.* Jeder Nahrungsmittelverbraucher erhält den Zugang zu Läden, in denen gesunde Lebensmittel zu bezahlbaren Preisen verkauft werden, und zwar in jedem Jahr und zu jeder Jahreszeit. Notfalls wird der Staat diese Läden aufstocken.
- *Flüchtlinge und Kriegsbeschädigte brauchen Sondermaßnahmen.* Jedem Flüchtling wird eine gesicherte Mindestration an Lebensmitteln in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung gestellt.
- *Mütter und Kinder müssen vor Unterernährung geschützt werden.* Jede Frau in gebärfähigem Alter und jedes Kind hat Anspruch auf eine jährliche Gesundheits- und Ernährungsuntersuchung, die durch qualifiziertes Personal durchgeführt wird. Jede schwangere Frau mit Anzeichen der Unterernährung und jedes Kind mit Wachstumsstörungen hat Anspruch auf Teilnahme an einem Gesundheits- und Ernährungsprogramm.
- *Die Nahrungssicherung ist nicht nur eine technische, sondern auch eine politische Angelegenheit.* In allen Angelegenheiten, die das Recht auf Ernährung betreffen, haben die Menschen ein Recht darauf, ihre Meinung im Rahmen eines demokratischen Prozesses zu äußern.

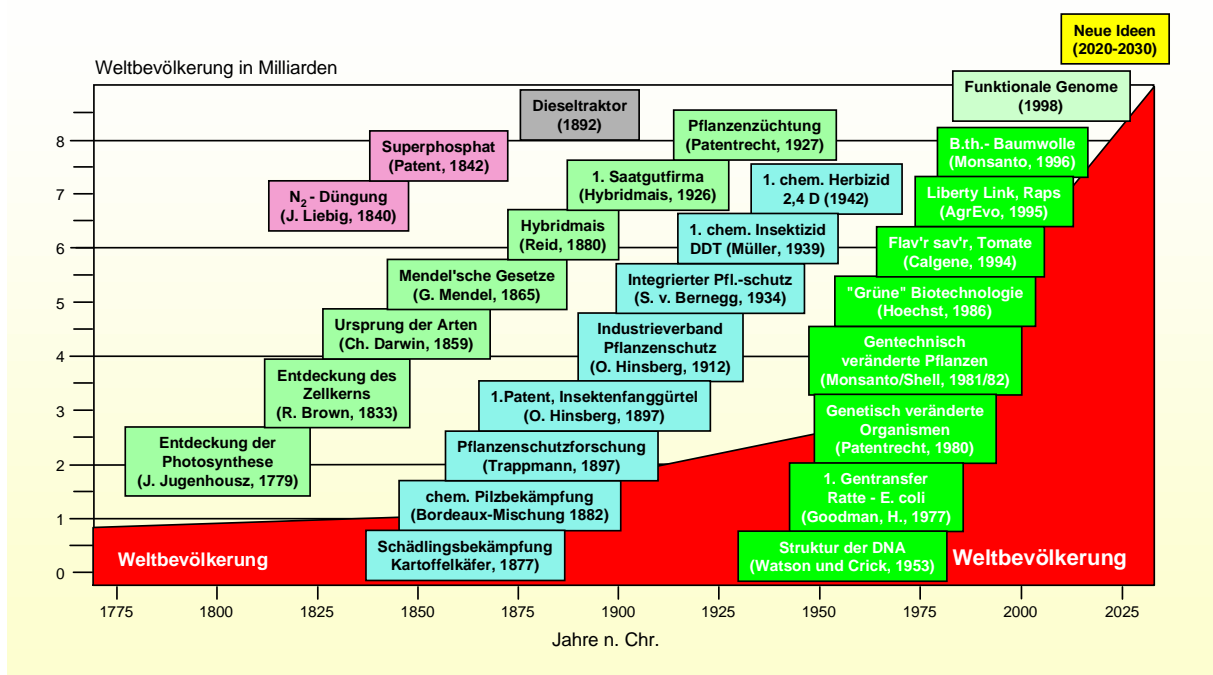
In knapp 12 Jahren wird sich die Weltwirtschaft einmal, in 25 Jahren noch ein zweites Mal verdoppelt haben. Bis zum Jahre 2025 werden weltweit mehr als 30% aller Nahrungsmittel entweder Export- oder Importprodukte sein. Während die neuen Agrotechnologien an Bedeutung gewinnen oder sogar die oberste Priorität genießen, wird der Handel auch eine Schlüsselposition einnehmen, indem er den Menschen die Nahrungsmittel in ausreichender Menge und in optimaler Qualität zur Verfügung stellt. WTO-Verhandlungen, GATT-Vereinbarungen und Schutz des geistigen Eigentums werden einen entscheidenden Einfluß auf Kulturpflanzen, Beschäftigung und Lebensunterhalt haben (Abb. 4).

Abb. 4: 2025: Globale und regionale landwirtschaftliche Exporte / Importe (Kilokalorien (10¹⁵) pro Jahr)



Zum Schluß soll die Meßlatte für den Fortschritt in der Landwirtschaft betrachtet werden. Abb. 5 verdeutlicht, daß die Veränderungen nicht linear fortschreiten, sondern sich dynamisch nicht-linear beschleunigen.

Abb. 5: Eckdaten für landwirtschaftliche Fortschritte



Die Geschwindigkeit, mit der sich die Agrotechnologien durchgesetzt haben, paßt glücklicherweise zum exponentiellen Wachstum des globalen Nahrungsbedarfs und dient zur Nahrungssicherung sowohl heute als auch morgen. In diesem Kontext ist Platz für eine optimistische Weltanschauung (Kern 2000). Positiv denkende, weitsichtige Menschen haben erkannt, daß die Agrotechnologien vielversprechende langfristige Potentiale besitzen, die dazu beitragen, die Welternährung zu sichern, Armut zu lindern, Völkerwanderungen zu vermeiden und die natürlichen Ressourcen zu schonen. Aus sozioökonomischer Sicht gelten die Biotechnologie und die funktionale Genomforschung als strategisch bedeutend. Zukünftig ist eine effizientere Verwendung von Boden, Energie und Material, mithin eine höherwertige 'industrielle Ökologie' notwendig. Die Aufgabe für die Zukunft besteht nicht darin, alles zu tun, was technisch möglich wäre, sondern alles zu tun, was notwendig ist. In den letzten Jahrzehnten ist die Forschung in unterschiedlichsten Zweigen in einem nie da gewesenen Tempo vorangeschritten, auch in der Landwirtschaft. Heute kann man auf ein Wissen von über 6 Milliarden Menschen (1850 nur 1 Milliarde) zurückgreifen, das für morgen notwendig ist. Dabei gilt es, Entwicklungen in der Landwirtschaft in der Vergangenheit richtig zu verstehen, Wissen und Technologien aber zukunftsorientiert zu erarbeiten und zum richtigen Zeitpunkt zu nutzen. Man sollte dabei nicht, wie fast alle Generationen, den Fehler begehen, das eigene Innovationspotential, das heißt neue Ideen und Erfindungen, zu unterschätzen.

Richtungsweisende Fragen (Mettler 1997) müssen zeitgerecht beantwortet werden: *"Sollte Europa durch den richtigen Einsatz entsprechender Wissenschaften und Technologien nicht eine Führungsrolle darin übernehmen können, einem immer weiter wachsenden Prozentsatz der Erdbevölkerung ein menschenwürdiges Leben zu ermöglichen, ohne die Ökosphäre zu zerstören? Was wären die kurz-, mittel- und langfristigen Prioritäten einer solchen Zielsetzung und wie könnte die weltweite Gemeinde der Wissenschaftler und Technologieentwickler diese am besten einsetzen, um den Grundbedürfnissen und Hoffnungen der 8 Milliarden Menschen entgegenzukommen, die unseren Planeten im Jahre 2020 bewohnen werden?"* Es stellt sich auch für uns die Frage: Müssen wir in Deutschland, das nach der Wiedervereinigung politisch und sogar militärisch weltweit in die Pflicht genommen wird, nicht auch unsere Landwirtschaft, unsere landwirtschaftlichen Ressourcen, unser landwirtschaftliches Technologie- und Produktionspotential global mitverantwortlich einsetzen? Durch fachgerechten und umsichtigen Einsatz aller verfügbaren Agrotechnologien wird es im Jahre 2025 möglich sein, die dann lebende Bevölkerung nachhaltig zu ernähren. Dabei werden wir vielfach an die Grenzen des Notwendigen herangehen müssen. Der auszugsweise vom 'Global Cooperation Council' 2000 publizierte Aufruf zum Handeln sei abschließend in Erinnerung gerufen: *"Sie braucht eine geistige Führung, die vorausschaut und nicht einfach reagiert, die inspiriert ist und nicht nur das machbare angeht, die langfristig für die kommenden Generationen denkt, von denen wir die Gegenwart nur geliehen haben. Die Welt braucht Anführer, die gestärkt werden von einer Vision, getragen von ethischen Überlegungen, und die politische Courage besitzen, über den Tellerrand der nächsten Wahlen hinaus zu schauen."*

Literaturverzeichnis

- Brooks, G. T. and T. R. Roberts (eds), 1999: Pesticides, Chemistry and Bioscience – The Food-Environment Challenge, The Royal Society of Chemistry, Cambridge
- Carlson, I. and S. Ramphal, 2000: Global Cooperation Council, Nord-Süd-Forum e.V., Verständigung durch Dialog – Wandel durch Handel, Bonn
- De Kathen, A., 1999: Transgenic Crops in Developing Countries – A Report on Field Releases, Biosafety Regulations and Environmental Impact Assessments, Umweltbundesamt Texte 58, Berlin
- Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, 1998: Delphi '98, Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik, Karlsruhe
- Heaton, G., R. Repetto, and R. Sobin, 1991: Transforming Technology: Sustainable Growth in the 21st Century, World Resource Institute, Washington D.C.
- Hinrichsen, D., 2000: Feeding a Future World,
http://www.oneworld.org/patp/pap_7_1/hinrichsen.html
- International Food Policy Institute, 2001: Sustainable Food Security for All by 2020 – From Dialogue to Action, September 4-6, 2001, Bonn
- James, C., 2000: Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2000, ISAAA Briefs No. 21-2000, Ithaca, USA
- Kaku, M., 1998: Zukunftsvisionen, München

- Kern, M., 1998: Sustaining High Output Agriculture, The World Bank, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, October 20-22, 1998, Baltimore, Maryland
- Kern, M., 1999: An die Grenzen des Notwendigen – Biotechnologie als integraler Bestandteil nachhaltiger Landwirtschaft im 21. Jahrhundert in: Haushalt & Bildung, Heft 4/1999, S. 14-18
- Kern, M., 2000: Future of Agriculture, Global Dialogue EXPO 2000, 15.-17. August 2000, Hannover
- Kern, M., 2001: What can we expect from Agrotechnologies in the Future? in: Villages for the Future – Crops, Jobs and Livelihood, Berlin
- Maxwell, S., 1997: A Charter for Food Security in: Food Policy 22/6, S. 469-473
- Mazza, G. and B. D. Oomah, 2000: Functional Food Products from Selected Canadian Crops, http://www.ift.org/international/vol_1/focus-1.html, 2000
- McCalla, A., 2000: Agriculture in the 21st Century, CIMMYT Economics Program, Fourth Distinguished Economist Lecture, Mexico, D.F., CIMMYT
- McLaren, J. S., 2000: The Importance of Genomics to the Future Crop Production in: Pest Management Science, 56, S. 573-579
- Mettler, P., 1997: Wissenschaft und Technologie für acht Milliarden Menschen, Europas Verantwortung und Zukunft, Opladen
- Qaim, M., 1999: The Economic Effects of Genetically Modified Orphan Commodities: Projections for Sweetpotato in Kenya, ISAAA Briefs 13, ZEF, Bonn
- Qaim, M. and D. Virchow, 1999: Macht Grüne Gentechnik die Welt satt? Herausforderungen für Forschung, Politik und Gesellschaft, Gutachten Friedrich Ebert Stiftung, Bonn
- Ruben, R. and D. R. Lee, 2000: Combining Internal and External Inputs for Sustainable Intensification, IFPRI, 2020 Brief 65
- Sasson, A., 1998: Biotechnologies in Developing Countries: Present and Future, Vol. 1/2, UNESCO Publishing, United Nations, Imprimerie des PUF, Vendome
- Schartz, P. and P. Leyden, 1998: The Long Boom: A History of the Future, 1980-2020, <http://www.wired.com/wired/5.07/longboom.html>, 1998
- Sehgal, S., 2000: Agricultural Biotechnology and the Seed Industry: Some Implications for Food Production and Security in: Qaim, M., A. Krattinger and J. von Braun (eds), 2000: Agricultural Biotechnology in Developing Countries: Towards Optimizing the Benefits for the Poor, Dordrecht, NL
- United Nations, 1948: Resolution 217 A(III), Allgemeine Erklärung der Menschenrechte, Generalversammlung 10. Dezember 1948, New York
- United Nations, 1992: Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development, Rio Declaration on Environment and Development, Rio de Janeiro
- Wambugu, F., 1996: Case Study: North-South-Transfer of Biotechnology to East Africa in: International Workshop on Biotechnology for Crop Production – Its Potential for Developing Countries, 9.-13. Dezember, Berlin
- Weiner, J., 2000: in: Griffiths, S., 2000: Predictions – 30 Great Minds on the Future, Oxford
- Yudelman, M., A. Ratta and D. Nygaard, 1998: Pest Management – The Expected Trends and Impact on Agriculture and Natural Resources to 2020, IFPRI, 2020 Vision Food, Agriculture and the Environment, Discussion Paper Series, Washington D.C.