

Horst Lyr

## **Gegenwärtige und künftige Strategien zum Schutze der Pflanzen zwecks Sicherung der Welternährung\***

### I. Entwicklung der Weltbevölkerung

Vor genau 200 Jahren schrieb ein besorgter englischer Landpfarrer, Thomas Robert MALTHUS, seinen berühmt gewordenen „Essay on Population“, wo er auf das Mißverhältnis des Wachstums der Bevölkerung in England zum Wachstum der Ernährungsbasis hinwies. England löste diese Diskrepanz seinerzeit durch mehrere Auswanderungswellen (nach Amerika und in die Kolonien), durch eine Hebung des Volkswohlstandes als Folge der ersten technischen Revolution und einer damit einhergehenden verringerten Geburtenrate sowie durch einen deutlichen Anstieg der Ernterträge infolge verbesserter Bewirtschaftung und Düngung der Agrarflächen. Es liegt auf der Hand, daß die ersten beiden Möglichkeiten als Weltrezept uns heute verschlossen sind. Bleibt also nur die dritte Möglichkeit, wobei in diesem Beitrag besonders auf die Funktion des Pflanzenschutzes eingegangen werden soll.

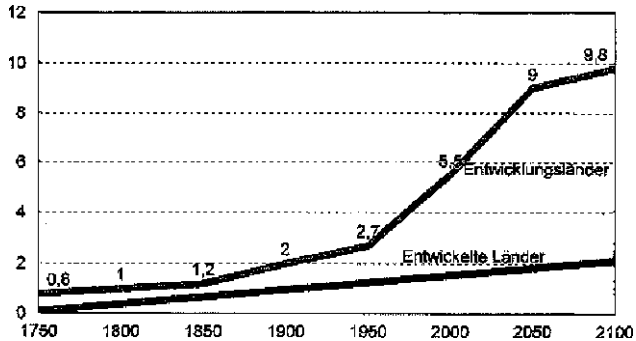
Wie ist die Situation 200 Jahre nach MALTHUS?

Tatsächlich ist noch heute das Hauptproblem der Weltentwicklung der dramatische Anstieg der Weltbevölkerung, aus dem sich fast alle anderen Probleme ableiten (anthropogene Klimaveränderung, Umweltschäden, Kriege, Hunger, Völkerwanderungen). Inzwischen liegen einigermaßen verlässliche Schätzungen über den weiteren Verlauf der Bevölkerungsentwicklung vor, die zeigen, daß sich der Anstieg zwar langsam abflacht, dennoch bis 2100 die gewaltige Zahl von ca. 10 Milliarden (Pessimisten schätzen auch 14 Mrd) Erdbewohnern erreichen kann (Abb. 1), was einem Zuwachs seit 1950 von 363% entspricht. Dabei wächst die Bevölkerung in verschiedenen Regionen der Welt sehr ungleichmäßig (Abb. 2).

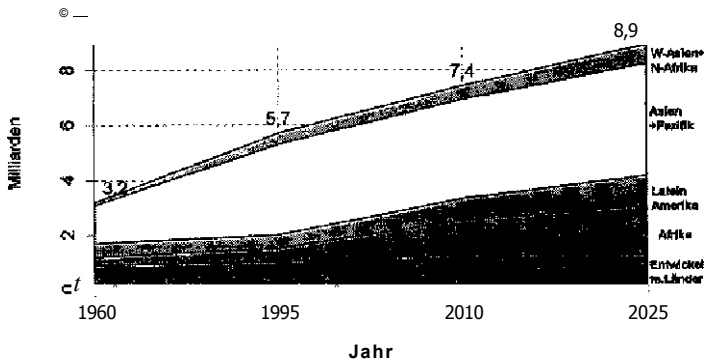
\* Vortrag, gehalten im Plenum der Leibniz-Sozietät am 15. Oktober 1998.

**Abb. 1: Zuwachs der Weltbevölkerung 1750-2100**

nach Economist 1990

**Abb. 2: Entwicklung der Weltbevölkerung 1960-2025 (nach Regionen)**

nach McCalla 1994



Neben dem Verbrauch von Energie und den damit verbundenen negativen Einflüssen auf das Weltklima, ist die Sicherung der Ernährung der wachsenden Bevölkerung ein erstrangiges Problem, wenn nicht massive Wanderungsbewegungen provoziert werden sollen, von denen wir z. Zt. nur erste Anfänge erleben, die aber in Europa, Asien und den USA zu kaum beherrschbaren Situationen führen würden.

Ein weiteres Problem ist, daß die höchste Nahrungsmittelproduktion in den entwickelten, aber relativ dünn besiedelten Gebieten stattfindet, da in diesen

Ländern ein günstiges Klima, ein hoher Bildungsgrad der Bauern und die nötigen materiellen Ressourcen für eine moderne Landwirtschaft vorhanden sind.

Neben der absoluten Größe der Produktion gibt es darüber hinaus also noch ein Verteilungsproblem (McCALLA 1994).

## II. Welternährungssituation

Auf absehbare Zukunft wird die Hauptsäule einer Sicherung der Ernährung weiterhin die traditionelle Landwirtschaft sein. Alternative Möglichkeiten einer synthetischen oder halbsynthetischen Erzeugung von Nahrungsmitteln sind zwar denkbar, dürften aber an energetischen Problemen scheitern und sich nur auf spezielle Produkte (Pharmaka, Aromastoffe, Vitamine u. ä.) beschränken.

Ist es wirklich möglich, die Nahrungsmittelproduktion in dem Maße zu steigern, wie die Weltbevölkerung wächst?

Die *Grüne Revolution* ermöglichte in Asien in den 70er Jahren eine Steigerung um das 2-3 fache. Hieran waren neue Sorten mit ca. 25% und verbesserte Anbautechniken mit 40% beteiligt.

Seit 1984 hat sich aber die Zuwachsrate in der landwirtschaftlichen Produktion vermindert. Statt einer jährlichen Wachstumsrate von 3% (1950-1984) stiegen die Erträge nur um 1%. Wenn das so bliebe, wären die Konsequenzen bei einer *Zuwachsrate der Weltbevölkerung von 1,7%* sehr rasch fühlbar. Das trifft schon jetzt sehr hart Afrika, wo trotz einer stattlichen Zunahme der Nahrungsmittelproduktion um 23% zwischen 1975 und 1985 diese durch die Bevölkerungsentwicklung überholt wurde, so daß die pro Kopf-Versorgung um 8% abnahm (KENNEDY 1993).

Nach Berechnungen des World Watch Institutes werden Zuwächse von 28 Mio t Getreide pro Jahr gebraucht, um mit dem Wachstum der Weltbevölkerung Schritt zu halten. Tatsächlich lag der Zuwachs im letzten Jahrzehnt bei nur 15 Mio t, wodurch die Unterernährung weiter ansteigt. Durch das Trockenjahr 1988 in den USA halbierten sich die weltweiten Getreidereserven, die gegenwärtig sehr gering sind. Die Weltvorräte für Reis reichen z. Zt. nur für 2 Monate. Das zeigt, wie labil und umweltabhängig die Welternährungssituation ist, so daß erhebliche Reserven angelegt werden müssten.

Durch Landverbrauch infolge von Verstädterung, Straßenbau, durch Erosion, Versteppung und Versalzung nimmt die agrarisch nutzbare Fläche eher ab als zu. Neuland unter dem Pflug ist heute nur noch in geringem Umfange zu erschließen. Gründe sind: ungenügende Bodenqualität, Wassermangel oder klimatische Limitierungen,

Zur Zeit beträgt die bebaubare Fläche pro Kopf etwa 2.800 m<sup>2</sup>. 2025 werden es nur 1700 und in Asien nur 900 m<sup>2</sup> pro Kopf sein. Eine solche Reduzierung ist nur durch eine Produktionssteigerung pro Flächeneinheit aufzufangen, die mehr als 50% betragen müßte.

Die Situation könnte sich bei einer *Erhöhung der globalen Temperaturen* erheblich zuspitzen (durch Landverluste, größere Trockenzonen). Tragisch ist, daß der erweiterte Anbau von Wasserreis ebenso wie die Haltung von Wiederkäuern (ca. 1 Mrd Stück Rinder, Schafe, Ziegen) das Weltklima infolge der Methanproduktion als Treibhausgas zusätzlich negativ beeinflusst. Methan hat eine Zuwachsrate von 1,1% und ist aber mit 19% an dem Treibhaus-Effekt beteiligt, da es Infrarot 32-fach stärker absorbiert als CCo. Erhöhte Ozongehalte in der bodennahen Luftschicht können Ertragsverluste bis zu 30% bewirken.

*Potentielle Überschußgebiete* liegen vor allem in Nordamerika und Europa, wo gegenwärtig aus marktpolitischen Gründen die Produktion durch Flächenstillegungen und „Low input“-Strategien gedrosselt wird.

Möglichkeiten zur Verbesserung der Situation liegen in:

- *Ausweitung der Anbaufläche* (nur sehr begrenzt möglich).
- *Schaffung neuer Sorten* mit höheren Leistungen und geringerer Empfindlichkeit gegen Streßfaktoren wie Trockenheit und Versalzung oder Kälte (Begrenzung durch höheren Wasserverbrauch, meistens höhere Pathogenempfindlichkeit, Einsatz der Gentechnik erforderlich).
- *Verbesserte Anbauverfahren* mit effektiverem Einsatz von Wasser und Düngemitteln (technisch möglich, siehe Beispiele in Israel, Californien),
- drastische *Einschränkung* der Heischproduktion durch Mast, um die damit verbundenen kalorischen Veredelungsverluste zu senken (Schwein bis 90%, Geflügel bis 75%).
- *Senkung der biotisch bedingten Verluste* durch verbesserte Mittel und Verfahren und integrierte Einsatzstrategien.

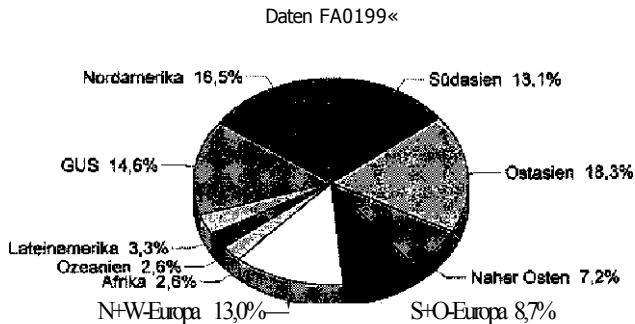
Das alles setzt aber eine erhebliche Steigerung des *Bildungsniveaus* der Produzenten und gewisse materiell-technische Aufwendungen voraus.

### III. Biotisch bedingte Ertragsverluste

Die mengenmäßig wichtigsten Agrarprodukte für die Ernährung sind:

1. *Weizen* (558 Mio t) (= 20% des Kalorienbedarfes der Welt) (Abb. 3)

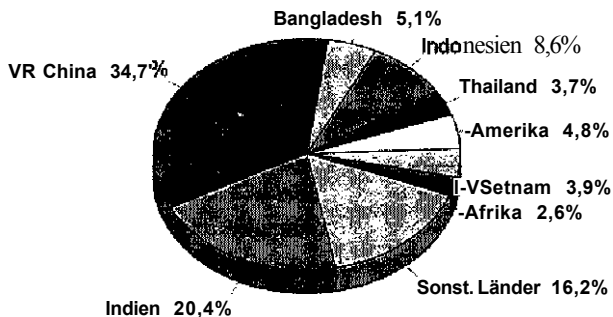
**Abb.3: Weizen-Produktion {Gesamt 558,5 Mio t}**



### 2. *Reis* (524 Mio t) (Abb. 4)

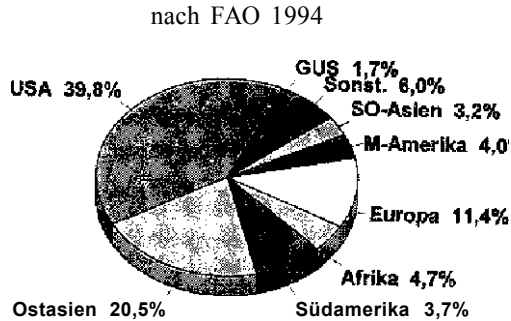
**Abb.4: REIS: Weltproduktion nach Ländern (Gesamt 524,3 Mio t)**

nach GRAYSON et al. 1990



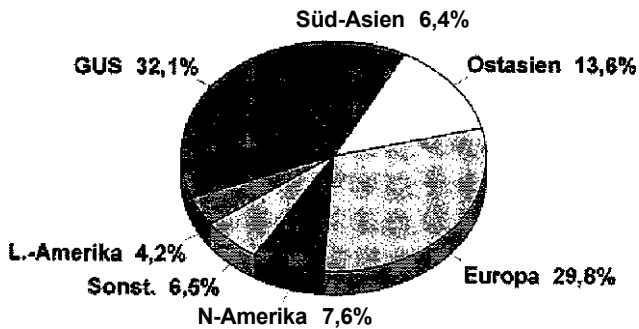
### 3. Mais (495 Mio t) (Abb. 5)

Abb.5; MAIS: Weltproduktion nach Ländern (Gesamt: 495,5 Mio t)



### 4. Kartoffeln (274 Mio t) (Abb. 6)

Abb.6: KARTOFFELN: Weltproduktion nach Ländern  
(Gesamt: 274 Mio t)  
nach FAO 1994



### 5. Gerste (167 Mio t)

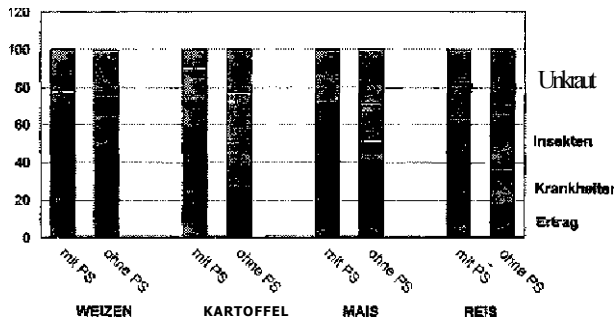
### 6. Sojabohne (109,3 Mio t)

Die Zahlen spiegeln die *real* erzielten Durchschnittserträge weltweit wieder, wobei zu berücksichtigen ist, daß 30-70% des *potentiellen* Ertrages durch Schädlinge verloren gegangen ist. Hinzu kommen noch Lagerungsverluste, die regional sehr verschieden sind, so daß der *nutzbare* Ertrag noch geringer ist (bei Reis liegen die Lagerungsverluste um 20%),

Die *Ertragswirksamkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen* ist regional sehr verschieden (OERKE und STEINER 1996). Sie liegt zwischen 65% (Nord- und Westeuropa) und 27% (Südamerika) und im Mittel bei 35%, so daß Ertragssteigerungen in weiten Teilen der Welt bis zu 38% praktisch erreichbar wären. Wie zu erkennen ist, läßt sich eine Produktion ohne jegliche Verluste durch Schädlinge auch unter fortgeschrittenen Bedingungen nicht erreichen. Ob der Wirkungsgrad des Pflanzenschutzes in Zukunft noch weiter gesteigert werden kann, ist eine offene Frage.

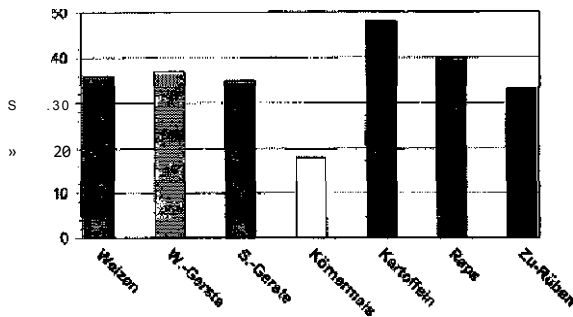
Der Anteil der einzelnen Schadfaktoren nach Kulturen ist aus Abb. 7 ersichtlich.

Abb.7: Ertragsverluste in % nach Schadfaktoren in div. Kulturen



Welche Verluste bei Nichteinsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in Deutschland zu erwarten wären, zeigt Abb. 8 (OERKE 1998).

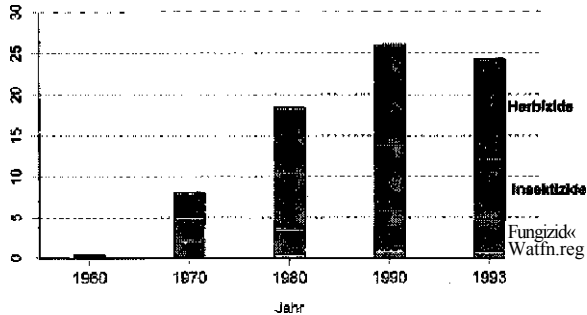
Abb.8: Potentielle Ertragsverluste in Deutschland bei einem Verbot von PSM Anwendung



Dadurch bedingt ist ein seit 1960 bis 1990 weltweit steigender Verbrauch an PSM (Abb. 9), während die Menge pro Hektar seit 1990 in Europa zurückgeht.

Abb.9'. Welt-Pflanzenschutzmarkt von 1960 bis 1993

nst\* CERKE und SIENER 1996



Der leichte Rückgang nach 1990 ist teilweise ökonomisch (fallende Getreidepreise, höhere Kosten für neue Mittel), teilweise politisch (Druck von Umweltverbänden in den reicheren Ländern), sowie durch Produktionsrückgänge in den ehemaligen Ländern des RGW begründet.

Ohne PSM Einsatz könnten 95% der Agrarbetriebe in Europa bei den gegenwärtigen Verbraucherpreisen ökonomisch nicht überleben.

Die *biologische Bekämpfung*, ohnehin vorwiegend auf Insekten beschränkt, hat trotz hoher F/E Aufwendungen nur sehr geringe und lokal begrenzte Erfolge gebracht (z. B. Einsatz von Raubmilben in Gewächshauskulturen). Bioherbizide oder eine Biokontrolle von Krankheiten haben sich nicht bewährt. Die biologische Bekämpfung beträgt gegenwärtig nur 1 % aller Pflanzenschutzmaßnahmen. Davon sind 90% auf den Einsatz von *Bacillus thuringiensis*, einem insektenpathogenen Bakterium, zurückzuführen.

Das verfügbare Pflanzenschutzmittelspektrum ist in den letzten 2 Jahrzehnten wesentlich erweitert und verbessert worden (selektive und nichtselektive Herbizide mit geringer Persistenz, systemische Fungizide, mindertoxische Insektizide) so daß bei sachgerechter Anwendung im Sinne einer guten landwirtschaftlichen Praxis keine Umweltprobleme entstehen sollten. Gleichzeitig ist die Wirksamkeit gestiegen, so daß schon mit Aufwandmengen von 20-200 g/ha gearbeitet werden kann.



Der Integrierte Pflanzenschutz erlaubt eine Schonung der Nützlinge, die Vermeidung einer Resistenzausbildung und eine Senkung der Zahl der Behandlungen und damit der Kosten.

#### IV. Beitrag der Gentechnik

Die Offensive der „Grünen Gentechnik“ ist noch in vollem Gange, wenngleich in Deutschland die Entwicklung durch massive Verunsicherung der Bevölkerung stark gebremst wurde, z. B. durch Umweltverbände wie Greenpeace, obwohl diese im Interesse der Weltbevölkerung alle Maßnahmen fördern sollten, die der Sicherung der Ernährung dienen.

In den USA (Tab. 1), Canada und China sind bereits erhebliche Flächen mit gentechnisch veränderten Organismen (GvO) bestellt, so daß der Trend wegen der unbestreitbaren Vorteile und nicht nachweisbaren Risiken nicht aufzuhalten ist (HONERMEIER *et al.* 1996).

**Tab.1: Zunahme des Anbaues gentechnisch veränderter Kulturen in den USA**

Kultur	Total Tausend ha	1996		1997		1998	
		Tha	%	Tha	%	Tha	%
<b>Mals</b>	32.400	553	1,7	4.400	13,6	8.236	25,4
<b>Sojabohne</b>	25.420	410	1,6	4.654	18,3	10.130	39,9
<b>Baumwolle</b>	5.740	830	14,3	1.200	20,9	2.400	41,8
<b>Raps</b>	3.770	205	5,4	1.200	31,8	2.873	76,2

Nach Angaben von Herrn Dr. Schmutzler (AgrEvo).

Wie Tab. 2 zeigt, liegen die Zielgebiete auf folgenden Schwerpunkten:

- *Herbizidresistenz*
- *Virusresistenz*
- *Insektenresistenz*
- *Verbesserung der Produktqualität* (Fettsäuren mit einheülicher Kettenlänge, modifizierte Kartoffelstärke, Reifeverzögerung u. ä.).

Herstellern von nichtselektiven Herbiziden (MONSANTO, HÖCHST) ist es gelungen, z. B. bei Gluphosinat (BASTA), einem Hemmstoff der Gluta-

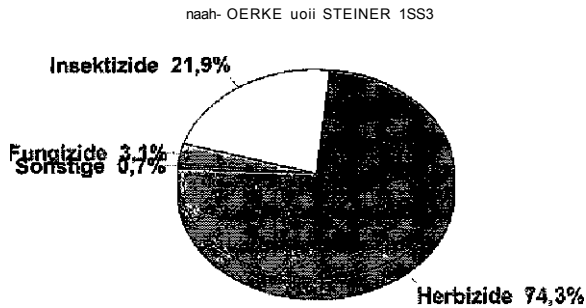
minsynthese, oder für Glyphosat (ROUND UP), einem Hemmstoff der Synthese aromatischer Aminosäuren in Pflanzen, einige wichtige Kulturpflanzen (Raps, Gerste, Soja, Zuckerrübe, Mais) resistent gegen einzelne dieser Herbizide zu machen. Das erfolgte dadurch, daß degradative Enzyme oder eine Überexpression des Targets inseriert wurden. Die daraus entwickelten Sorten werden durch die Herbizide nicht geschädigt, alle Unkräuter aber abgetötet.

**Hab. 2: Zur Vermarktung in den USA zugelassene transgene Pflanzen (bis 1996)**

<b>Fruchtart</b>	<b>Eigenschaft</b>	<b>Anbauzulassung</b>	<b>Firma</b>
Baumwolle	HR	Sulfonylharnstoff	DuPont
Baumwolle	HR	Glyphosat	Monsanto
Baumwolle	HR	Bromoxynil	Calgene
Baumwolle	IR	Schmetterl. -Raupen	Monsanto
Kartoffeln	IR	Kartoffelkäfer	Monsanto
Kürbis	VR	div, Viren	Upjohn
Mais	HR	Gluphosinat	AgrEvo
Mais	IR	Schmetterl. -Raupen	Ciba-Geigy
Mais	IR	Mais Zünsler	Monsanto
Papaya	VR	Virosen	Comell Univ.
Raps	PQ	Laiirin ssäureerh.	Calgene
Soja	HR	Gluphosinat	AgrEvo
Soja	HR	Gluphosat	Monsanto
Tomate	PQ	Verbesserte Reife	Agrirope
Tomate	PQ	Verzögerte Aufweichung	Calgene
Tomate	PQ	Poiygalacturonase-Hemmung	Zeneca
HR = Herbizidresistenz, IR = Insektenresistenz, VR = Virusresistenz, PQ = Prädiktqualität			

Das Vorbild war der Mais, der eine natürliche Resistenz gegen Triazine durch oxydativen Abbau besitzt. Diese wurden dadurch zu großen Produkten, da der Mais eine Großkultur ist (Abb. 10). Durch massenhafte Anwendung von Triazinen, wie Atrazin oder Simazin auch in anderen Kulturen, sind inzwischen resistente Unkräuter selektiert worden, die zu einem Problem bei dem Einsatz dieser Mittel wurden. Wegen der hohen Persistenz der Triazine im Boden und der damit gegebenen potentiellen

**Abb.10: PSM-Verbrauch für Mais im Jahr 1990  
(Gesamtkosten 2,46 Mrd US \$)**

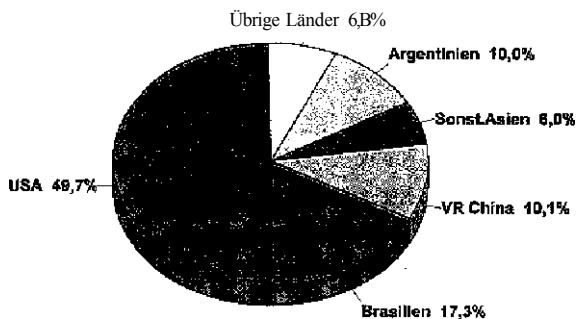


Gefahr für das Grundwasser, sind Triazine seit 1991 in Deutschland nicht mehr zugelassen.

Das ist der wesentliche Hintergrund für die Diskussion über gentechnisch veränderte Soja und Mais, deren Produkte nun in vielfältiger Form in den verschiedensten Lebensmitteln auftauchen. Da die eingebauten Enzyme, die eine Herbizidresistenz bewirken, keine Allergene sind und sehr spezifisch wirken, ist eine Gefährdung des Verbrauchers nicht gegeben.

Abb. 10 zeigt, daß der Sojabohnen Anbau in wenigen Ländern konzentriert ist, und Abb. 11 demonstriert die große Bedeutung der Herbizidanwendung in dieser Kultur.

**Abb.11 Sojabohnen-Produktion nach Ländern  
(Gesamt 109,3 Mio t)  
nach FAO 1994**



Die gegenwärtig ausgelöste Hysterie dient im wesentlichen den Geschäftsinteressen einiger Umweltverbände und führt zu einer Desinformation der Bevölkerung.

Die *Insektenresistenz* gegen Schmetterlingsraupen oder Kartoffelkäfer beruht auf dem Einbau von Endo-Toxinen aus dem Genom von *Bacillus thuringiensis* in das Genom der Pflanze, Leider hat es sich inzwischen bei Baumwolle gezeigt, daß infolge des massiven Selektionsdruckes eine Resistenzausbildung schon nach ca. 10 Jahren beobachtet wurde, so daß neue Mechanismen angewandt werden müssen.

Der Aufwand zur Schaffung gentechnisch resistenter Hochleistungssorten ist immer noch sehr hoch, so daß evtl. die Sortenvielfalt bedroht sein könnte, was wiederum Krankheitserreger fördern würde. Auf andere Probleme, die sich aus Sicht des Ackerbaues aus dem Anbau von GvO ergeben, soll hier nicht weiter eingegangen werden.

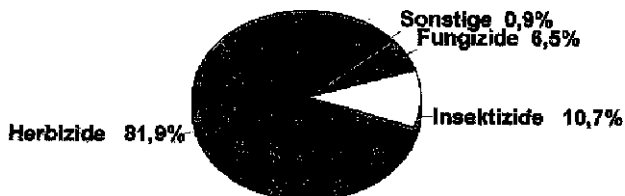
Auch durch die konventionelle Züchtung werden massenhaft Gene in völlig unkontrollierter Weise auf andere Pflanzen übertragen, ohne daß bisher schädliche Nebenwirkungen zu erkennen waren.

Auffällig ist, daß bisher bei *Krankheitsresistenzen*, mit Ausnahme von Virosen und einigen Bakteriosen (Einbau des Phagen T4-Lysozyms), noch keine großen praktischen Fortschritte erzielt wurden. Das hängt mit der Vielzahl der pilzlichen Schaderreger zusammen, die sehr unterschiedliche Infektionsmechanismen besitzen.

*Ertragserhöhungen* sind schwer zu erreichen, da der „Ertrag“ ein sehr komplexer Prozeß ist, so daß z. B. eine alleinige Erhöhung der Photosyntheserate keine Effekte erbringt. Auch um die *N<sub>2</sub>-Fixierung* ist es sehr

**Abb. 12: PSM Verbrauch in Soja (1991)**

Sasamtausgabert: 1.930 hM US \$



ruhig geworden, da ein polygener, sehr energieaufwendiger Prozeß vorliegt, der die Leistungsfähigkeit der meisten Pflanzen überfordert.

Daher hat die Gentechnik bisher nur Erfolge bei der Übertragung *monogener* Merkmale gehabt. Komplexere Prozesse sind biochemisch noch ungenügend erforscht und daher genetisch schwer manipulierbar.

Im Augenblick rechnet man mit einer Reduzierung des PSM Verbrauches um 20% durch den Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen.

## V. Die induzierte Resistenz bei Pflanzen

Es ist sehr erstaunlich, daß man erst in den letzten Jahren auf ein Phänomen aufmerksam wurde, das bei Pflanzen generell verbreitet zu sein scheint: eine *Induktion der Resistenz, gegen Pilze, Bakterien und Viren*.

Pflanzen haben kein mit den Tieren vergleichbares *Immunsystem*, sind jedoch in der Lage, einen lokalen Befall wahrzunehmen und durch eine Signalkette die übrigen Teile der Pflanze gegen einen weiteren Befall resistent zu machen. Offenbar handelt es sich um eine Empfindlichkeitssteigerung der normalen Hypersensitivitätsreaktion, die oxydativ zu einem lokalen Zelltod führt und den eindringenden Erreger dabei abtötet. Salizylsäure spielt hierbei eine essentielle, aber im Detail noch ungeklärte Rolle (KESSMANN *et al* 1996).

Das induzierende Agens kann biotisch (Virus, Bakterium, Pilz) sein, es läßt sich interessanterweise aber auch durch verschiedene chemische Verbindungen ersetzen wie Salizylsäure, Aspirin, 2,6-Dichlorisonikotinsäure, sec. Phosphate oder Saccharin.

Der Firma CIBA-GEIGY ist es gelungen, einen wirksamen *Resistenzinduktor* mit dem Handelsnamen BION zu entwickeln, der eine deutliche Analogie zu Salizylsäure aufweist.

Mit einer Dosis von 60 g/ha ist es möglich, bei Weizen den Befall durch Mehltau und andere Krankheitserreger für mehr als 27; Monate zu verhindern. Positive Effekte wurden auch bei Tabak, Reis und anderen Pflanzen beschrieben. Die Substanz hat *per se* keine fungizide oder bakterizide Wirkung, kann aber den Befall durch Pilze sowie Viren und Bakterien durch Aktivierung der Abwehrreaktion der Pflanze verhindern. Gegen Viren gibt es keine chemischen Abwehrmittel. Damit steht für den aktiven Pflanzen-

schützt ein *neues Wirkprinzip* zur Verfügung, und es ist zu erwarten, daß weitere Resistenzinduktoren auf dem Markt auftauchen werden.

Die praktische Breitenprobung unter Feldbedingungen ist noch im Gange, Erst danach wird eine abschließende Bewertung der Nützlichkeit des neuen Prinzips möglich sein, wobei u. a. auch die Ausbildung von Resistenzen bei Piizen interessiert.

Der Fa. BAYER ist es gelungen, mit dem Produkt CARPROPAMID einen antifungalen Wirkstoff auf den Markt zu bringen, der durch Hemmung der Melaninsynthese den Befall von Reis durch den Erreger der Reisbräune (*Pyricularia oryzae*) verhindert (MOTOYAMA *et al.* 1998) und zugleich eine anhaltende Resistenzinduktion in der Reispflanze, unter anderem auch gegen Bakterien, hervorruft.

Damit sind erstmalig zwei unterschiedliche Abwehrprinzipien in einem *Molekül* vereinigt worden.

## VI. Ausblicke

Insgesamt zeichnet sich ab, daß es für die absehbare Zukunft noch keine Alternative zum Einsatz chemischer Substanzen zum Schutze der Pflanze gibt, will man nicht gravierende Ertragsverluste in Kauf nehmen.

In Zukunft dürfte eine Kombination folgender Maßnahmen die Strategien des Pflanzenschutzes bestimmen:

- *Applikation hochwirksamer, untoxischer Fungizide, evtl. in Kombination mit Resistenzinduktoren gegen Pilzkrankheiten, Virosen und Bakteriosen.*
- *In weiterer Zukunft sind auch gentechnisch erzeugte Sorten mit Resistenzen gegen einzelne Krankheiten zu erwarten.*
- *Sorten mit gentechnisch erzeugter Resistenz gegen wichtige Schädlinge, ergänzt durch Insektizide und Hormonanaloga zur Schadinsektenabwehr.*
- *Einsatz selektiver Herbizide und Anbau herbizidresistenter, gentechnisch erzeugter Sorten in Kombination mit nichtselektiven Herbiziden.*
- *Anbau toleranter Sorten, die mit geringen Ertragsverlusten auf Krankheit sbe fall reagieren.*

Das alles setzt aber neben der Bereitstellung geeigneter Sorten und PSM einen erheblichen *Bildungsgrad der Produzenten* voraus.

Zur genauen Terminisierung des richtigen Anwendungszeitpunktes von Pflanzenschutzmitteln sind moderne *Überwachungs- und Prognose-Systeme* erforderlich, um den gewünschten Effekt mit minimalem Aufwand zu erreichen. Ein solches System war 1989 flächendeckend für die DDR entwickelt worden und sollte in die Praxis eingeführt werden. In der BRD mit der föderalen Struktur und einer Vielzahl von Klein- und Kleinstbetrieben ließ es sich nur in Rudimenten anwenden.

Biologische Methoden, die ohnehin nur für Insekten anwendbar sind, haben bei der praktischen Bekämpfung von Großschädlingen wie Maikäfer, Borkenkäfer und Schwamm Spinner fast völlig versagt.

Bei dem niedrigen Qualifizierungsstand in vielen Entwicklungsländern (Ausnahmen sind evtl. China und Indien), dürfte es auf absehbare Zeit noch nicht gelingen, das realisierbare Ertragspotential der Kulturpflanzen optimal auszuschöpfen und überproportionale Ertragszuwächse zu erreichen, so daß Engpässe im Nahrungsangebot weiter anhalten oder sogar zunehmen werden.

Freilich hatte auch MALTHUS 1798 vor genau 200 Jahren eine sehr pessimistische Prognose abgegeben, die wenig später von der technischen Entwicklung widerlegt wurde. Allerdings hatte die Welt damals noch mehr Freiheitsgrade als heute, wo auf vielen Gebieten die Grenzen des Wachstums bereits erkennbar sind.

Immerhin nimmt die Integration der Völker der Welt deutlich zu, ebenso die Erkenntnis der gegenseitigen Abhängigkeit und der Verantwortlichkeit für die Umwelt. Es wird notwendig sein, den weniger entwickelten Ländern den Zugang zum technischen Fortschritt zu ermöglichen und Nahrungsmittelreserven anzulegen, um wenigstens die größten Hungerkatastrophen zu vermeiden. Mit marktwirtschaftlichen Mechanismen sind derartige Probleme aber kaum zu lösen.

## Referenzen

- McCALLA, A. F.: Agriculture and food need to 2025. Why we should be concerned. Sir J. Crawford Memorial Lecture. Intern. Centers week, October 27. 1994 Washington D.C.
- GRAYSON, B. T., GREEN, M. B., and COPPING, L. G.: Pest management in rice. Preface. Elsevier Applied Science, London, New York 1990.
- HONERMEIER, B. *et al.*: Gutachten zur Konzipierung der Begleitforschung von Freisetzungsversuchen mit gentechnisch veränderten Pflanzen im Land Brandenburg. Güterfelde 1996.
- KENNEDY, P.: In Vorbereitung auf das 21. Jahrhundert. S. Fischer Verl. Frankfurt/M. 1993.
- KESSMANN, H., M. OOSTENDORP, W. RUESS, TH. STAUB, W. KUNZ and J. RYALS: Systemic activated resistance - a new technology for plant disease control. Pesticide Outlooks 1996.
- MOTOYAMA, T., M. NAKASAKO and I. YAMAGUCHI: Molecular action mechanism of a new melanin biosynthesis inhibitor. Proceed. 12. Intern. Symposium Schloß Reinhardsbrunn. Intercept Inc. 1998 (in press).
- OERKE, E.-C. und U. STEINER: Ertragsverluste und Pflanzenschutz. Schriftenreihe Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft Bd. 6, Ulmer Verl. Stuttgart 1996.
- OERKE, E.-C.: The importance of disease control in modern plant production. Proceed. 12. Intern. Symposium Schloß Reinhardsbrunn, Intercept Inc. 1998 (in press).