

**Plädoyer für
Eine gentechnikfreie
zukunftsfähige Welt**



Independent Science Panel

Plädoyer für

Eine gentechnikfreie zukunftsfähige Welt

Independent Science Panel

Verfasst von

Mae-Wan Ho und Lim Li Ching

mit Beiträgen von

Joe Cummins, Malcolm Hooper, Miguel Altieri, Peter Rosset, Arpad Pusztai, Stanley Ewen, Michel Pimbert, Peter Saunders, Edward Goldsmith, David Quist, Eva Novotny, Vyvan Howard, Brian John und anderen des Gremiums

15. Juni 2003
London

Plädoyer für eine gentechnikfreie zukunftsfähige Welt

The Case for A GM-Free Sustainable World

Veröffentlicht vom
Institute of Science in Society
PO Box 32097
London NW1 OXR, UK
&
Third World Network
121-S Jalan Utama
10450 Penang, Malaysia

© Institute of Science in Society & Third World Network

Gedruckt von Jutaprint
2 Solok Sungei Pinang 3, Sg. Pinang
11600 Penang

ISBN: 0-9544923-0-8 (ISIS)
ISBN: 983-9747-99-1 (TWN)

The logo for the Institute of Science in Society (ISIS) features the word "ISIS" in a bold, black, sans-serif font. A small green leaf-like symbol is positioned above the first "I".

The logo for the Third World Network (TWN) consists of the letters "TWN" in a bold, black, serif font.

Vorwort zur deutschen Ausgabe

Gegenwärtig werden vor dem Hintergrund einer anhaltenden Ablehnung von mehr als siebzig Prozent der europäischen Bürger gegenüber Gen-Food auf nationaler, kontinentaler und internationaler Ebene die Weichen für die Zukunft der Landwirtschaft gestellt.

Während in Deutschland eine Novelle des Gentechnikgesetzes in Planung ist, wird europaweit über eine Beendigung des seit 1998 bestehenden *de facto*-Moratoriums für die kommerzielle Zulassung von Gen-Pflanzen diskutiert, unter besonderer Berücksichtigung der Problematik einer (un-)möglichen Koexistenz von biologischer (bzw. ökologischer) und konventioneller Landwirtschaft auf der einen Seite, und dem Einsatz von genmanipulierten Organismen (GMOs) andererseits. Gleichzeitig ist im Rahmen der Konvention über die biologische Vielfalt das Protokoll über die biologische Sicherheit in Kraft getreten (Biosafety-Protocol), welches es den ratifizierenden Staaten erlaubt, vorbeugende Massnahmen gegen die unkontrollierbare Kontamination durch GMOs zu ergreifen. Die Einsetzung des Cartagena-Protokolles über die biologische Sicherheit mit einem stark ausgelegten Vorsorgeprinzip ist insofern auch als ein Anlass zu sehen, der die USA und einige andere Gen-Pflanzen anbauende Staaten dazu bewog, jetzt wegen des Moratoriums gegen die Europäische Union vor der Welthandelsorganisation (WTO) zu klagen. Diese Klage wird in den nächsten Monaten entschieden. Ihr Ausgang ist ungewiss, soll aber zunächst den vielen kleineren bzw. weniger zahlungskräftigen Staaten den Mut nehmen, eine Gesetzgebung zu installieren, die Gentechnik in der Landwirtschaft ausdrücklich ausschliesst.

Zu dieser Zeit erscheint der Report des Independent Science Panel. Das Gremium hat in dem vorliegenden Bericht die wesentlichen Gefahren der Gentechnik zusammengefasst und gleichzeitig die unschätzbaren Vorteile der zukunftsfähigen Landwirtschaft herausgestellt. Das macht diesen Beitrag in der aktuellen Debatte zu einer hilfreichen Lektüre. Das Gremium aus internationalen Experten verschiedener Disziplinen nimmt dabei kein Blatt vor den Mund: "Wir brauchen keine Bio-Terroristen, wenn wir Gentechniker haben."

Wie wichtig in der Zusammenstellung dieser Aspekte die Unabhängigkeit der Wissenschaftler ist, zeigt nicht zuletzt die Diskussion um Interessenkonflikte (conflict of interest) in der Forschung, die in einer Datenbank des Center for Science in the Public Interest (CSPI) zur Rechtschaffenheit in den Wissenschaften kulminierte. Die unter dem Begriff der 'Nachhaltigkeit' (Sustainable Development) seit Anfang der neunziger Jahre geführte Diskussion steckt in einer tiefen Krise. Das Streben zu politischen Leitlinien der Nachhaltigkeit entfernt sich mehr und mehr aus dem Fokus der Verantwortlichen. Die Frequenz der Nutzung des Begriffs bei Unternehmen auch der Gentechnik-Branche steigt parallel dazu an. Somit ist zu konstatieren, dass eben unter dem Deckmantel der Nachhaltigkeit beides verborgen sein kann: Nachhaltige Förderung bzw. Erhaltung der Lebensgrundlagen unseres Planeten, oder ihre nachhaltige Verunreinigung bzw. Zerstörung. Um diesem Dilemma zu entrinnen und eine weniger ambivalente Sprachweise zu wählen, wird hier der eindeutige Begriff der 'Zukunftsfähigkeit' genutzt.

Ein Dank für Anmerkungen und Übersetzungsvorschläge an Wolfgang Wiebecke, Wuppertal.

Martin Sundermann,
Bochum im September 2003

Vorwort

Mitglieder des Independent Science Panel (ISP) zu gentechnischer Manipulation hatten über die vergangenen Dekaden die Möglichkeit, umfangreiche wissenschaftliche und andere Erkenntnisse über die Gentechnik zu überprüfen. Viele sind unter den mehr als 600 Wissenschaftler aus 72 Ländern, die das 'World Scientists Statement and Open Letter' [1] unterschrieben haben, das 1999 initiiert wurde und sich für ein Moratorium aussprach, bezüglich der Freisetzung von genmanipulierten Organismen (GMOs) in die Umwelt, einem Verbot von Patenten auf lebendige Prozesse, Organismen, Saatgut, Zell-Linien und Gene, und einer umfassenden öffentlichen Nachforschung über die Zukunft der Landwirtschaft und der Ernährungssicherheit.

Wissenschaftliche wie auch andere Entwicklungen seit 1999 haben unsere Sorgen über die Sicherheit der Gentechnik, GM-Pflanzen und die Nahrungssicherheit bestätigt. Zur gleichen Zeit sind die Erfolge und Vorteile der verschiedenen Formen der zukunftsfähigen Landwirtschaft nicht zu leugnen. Der nun zusammen getragene Nachweis ist ein starkes Argument für ein weltweites Verbot der Freisetzung von GM-Pflanzen in die Umwelt, um den Weg für einen umfassenden Wechsel freizumachen, hin zu Agroökologie, zukunftsfähiger Landwirtschaft und ökologischem Anbau.

Der Nachweis darüber, warum GM-Pflanzen keine gangbare Option für eine zukunftsfähige Landwirtschaft sind, wird in Teil 1 und 2 präsentiert, während Teil 3 Nachweise über die Erfolge und Vorteile der Praktiken zukunftsfähiger Landwirtschaft liefert.

Bemerkung

Dieser Bericht ist eine Zusammenfassung einer Unmenge an Literatur. Wir haben so viel wie möglich primäre Quellen eingefügt, aber viele der in der Literaturliste zitierten Arbeiten sind ihrerseits umfangreiche Überprüfungen von wissenschaftlicher und anderer Literatur. Sie wurden von verschiedenen nationalen und internationalen Gremien übermittelt, die über Erkenntnisse berichteten.

In der Produktion des ISP-Berichtes sind die ISP-Mitglieder für jene Gebiete verantwortlich, in denen sie spezifische Kompetenz haben, während sie gleichzeitig dem Bericht als Ganzem ihre vollkommene Unterstützung gaben. Jedes ISP-Mitglied erkennt zudem die Expertise und Autorität anderer ISP-Mitglieder in jenen Gebieten an, in denen sie keine spezifische Kompetenz haben.

Inhalt

	Vorwort zur deutschen Ausgabe	4
	Vorwort	5
	Zusammenfassung	8
	Teil 1: Keine Zukunft für GM-Pflanzen	15
1	Warum keine GM-Pflanzen?	17
2	Eskalierende Probleme auf dem Bauernhof	20
	Teil 2: GM-Pflanzen sind nicht sicher	25
3	Wissenschaft und Vorsorge	27
4	Sicherheitsstudien von GM-Lebensmitteln	31
5	Transgene Gefahren	34
6	Terminator-Pflanzen verbreiten männliche Sterilität	36
7	Gefahren durch Herbizide	38
8	Horizontaler Gentransfer	41
9	Der CaMV 35S-Promoter	43
10	Transgene DNA verbreitet sich leichter	46
11	Horizontaler Transfer von transgener DNA	48
12	Gefahren des horizontalen Gentransfer	53
13	Schlussfolgerung aus Teil 1 & 2	55
	Teil 3: Die mannigfaltigen Vorteile der zukunftsfähigen Landwirtschaft	57
14	Warum zukunftsfähige Landwirtschaft?	59
15	Höhere oder vergleichbare Produktivität und Erträge	61
16	Bessere Böden	66
17	Sauberere Umwelt	69
18	Reduzierte Pestizide & kein Anstieg an Schädlingen	71
19	Unterstützung der Biodiversität & Nutzung der Vielfalt	73
20	Zukunftsfähig im Hinblick auf Umwelt und Ökonomie	77
21	Verbesserung im Hinblick auf den Klimawandel	79
22	Effiziente, profitable Produktion	81
23	Verbesserte Ernährungssicherheit & Vorteile für lokale Gemeinschaften	83
24	Ökologische Lebensmittel für die Gesundheit	87
25	Schlussfolgerung aus Teil 3	90
	Anmerkungen	91
	Stellungnahme des Independent Science Panel	103
	Independent Science Panel zu GM: Liste der Mitglieder	105

Zusammenfassung

Warum frei von gentechnischer Veränderung?

1. GM-Pflanzen versagen, die versprochenen Vorteile zu erbringen

Der konsistente Befund unabhängiger Forschung und von Prüfungsberichten auf Bauernhöfen seit 1999 ist, dass GM-Pflanzen versagt haben, die versprochenen Vorteile von signifikant erhöhten Erträgen und reduziertem Einsatz von Herbiziden und Pestiziden zu erbringen. GM-Pflanzen haben die Vereinigten Staaten geschätzte 12 Milliarden US\$ an Landwirtschaftsunterstützungen, eingebüßten Verkäufen und Rückrufen von Produkten aufgrund transgener Verunreinigung gekostet. Massive Fehlschläge bis zu 100% bei Bt-Baumwolle wurden aus Indien berichtet.

Biotech-Unternehmen haben seit dem Jahr 2000 einen rapiden Verfall erlitten und Investmentberater sagen ihnen im landwirtschaftlichen Sektor keine Zukunft vorher. Weltweiter Widerstand gegen GM erreichte 2002 einen Höhepunkt als Sambia, trotz der Bedrohung durch eine Hungersnot, GM-Mais als Nahrungsmittelhilfe ablehnte.

2. GM-Pflanzen werfen eskalierende Probleme auf dem Bauernhof auf

Die Instabilität von transgenen Linien hat die Industrie von Beginn an gequält, und dies mag verantwortlich für eine Kette von grossen Ernteverlusten sein. Eine Überprüfung konstatierte 1994: "Während es einige Beispiele von Pflanzen gibt, welche eine stabile Expression eines Transgens zeigen, mögen diese sich als die Ausnahmen der Regel erweisen. In einem informellen Gutachten bei über 30 Firmen, die in die Kommerzialisierung von transgenen Nahrungspflanzen involviert sindgaben fast alle Antwortenden an, dass sie einige Bereiche transgener Inaktivität beobachtet haben. Viele Antwortende gaben an, dass die meisten Fälle von transgener Inaktivierung niemals die Literatur erreichen."

Ausgewilderter, dreifach herbizid-toleranter Ölrap, der mit transgenen und konventionellen Eigenschaften kombiniert wurden, ist nun in Kanada weit verbreitet. Ähnlich multiple herbizid-tolerante Auswilderungen und Unkräuter sind in den Vereinigten Staaten aufgetaucht. In den Vereinigten Staaten plagen glyphosat-tolerante Unkräuter GM-Baumwolle und Sojafelder, und Atrazin, eines der giftigsten Herbizide, musste mit glufosinat-tolerantem GM-Mais benutzt werden.

Durch die Eigenschaften des Bt-Biopestizids drohen simultan Superunkräuter und Bt-resistente Schädlinge zu entstehen.

3. Weitflächige transgene Kontamination ist unvermeidbar

Weitflächige transgene Verunreinigung ist in den Landsorten des Maises in verborgenen Regionen von Mexiko trotz eines offiziellen Anbauverbots aufgetreten, das seit 1998 in Kraft ist. Hochgradige Verunreinigung ist inzwischen in Kanada gefunden wurden. In einem Test von 33 Proben aus zertifizierten Saatgut-Lagern, wurden 32 kontaminiert vorgefunden.

Die neuere Forschung zeigt, dass transgener Pollen, durch Wind getragen und anderswo abgelagert, oder der direkt auf den Boden gefallen ist, eine Hauptquelle transgener Verunreinigung ist. Kontamination ist als unvermeidbar generell anerkannt, somit *kann es keine Koexistenz von transgenen und konventionellen Pflanzen geben.*

4. GM-Pflanzen sind nicht sicher

Gegensätzlich zu den Behauptungen der Befürworter, haben sich GM-Pflanzen als nicht sicher erwiesen. Das regulierende Rahmenwerk wurde in fataler Weise von Beginn an entstellt. Es wurde auf eine Annäherung an Anti-Vorsorge gegründet,

entworfen zur beschleunigten Produktzulassung und zu Ungunsten von Sicherheitsüberlegungen.

Das Prinzip der 'wesentlichen Gleichwertigkeit' (substanzielle Äquivalenz), auf welchem die Risikoabschätzung basiert, ist darauf angelegt, wage und schlecht definiert zu sein, um dadurch Firmen die komplette Lizenz zu geben, transgene Produkte als 'wesentlich gleichwertig' zu den konventionellen Produkten zu beanspruchen, und somit als 'sicher'.

5. GM-Lebensmittel erregen ernsthafte Sorgen über die Sicherheit

Es gibt sehr wenige glaubwürdige Studien über die Sicherheit von GM-Lebensmitteln. Nichts desto weniger geben die erhältlichen Befunde bereits Grund zur Besorgnis. Bereits die überhaupt je in der Welt durchgeführten systematischen Nachforschungen über GM-Lebensmittel, berichteten über 'Wachstumsfaktoren ähnliche' Effekte im Magen und Dünndarm von jungen Ratten, die nicht vollständig aufgrund des transgenen Produkts, sondern auch durch den transgenen Prozess oder durch das transgene Konstrukt beigefügt wurden, *und könnten somit allen GM-Lebensmitteln gemeinsam sein.*

Es gab zumindest zwei weitere, eingeschränktere Studien, die ebenfalls ernsthafte Sicherheitsbedenken erregten.

6. Gefährliche Gen-Produkte werden in Pflanzen eingebaut

Bt-Proteine, eingebaut in 25% aller weltweiten transgenen Pflanzen, sind für eine Reihe von Nicht-Zielorganismen als schädlich befunden worden. Einige von ihnen sind auch potente Immunogene und Allergene. Ein Team von Wissenschaftlern hat vor der Freigabe von Bt-Pflanzen für die menschliche Nutzung gewarnt.

Nahrungspflanzen werden in wachsendem Maße für die Herstellung von Pharmazeutika und Medikamenten genutzt, einschliesslich Zytokinen, die bekannt sind für ihre Wirkung, das Immunsystem zu unterdrücken, Übelkeit herbeizuführen und eine Vergiftung des zentralen Nervensystems zu bewirken; vom Interferon Alpha wird berichtet, Demenz, Vergiftung der Nerven und Nebenwirkungen auf das Gemüt und Gedanken zu haben; und virale Sequenzen wie das 'Spitzen'-Protein-Gen des Schweine-Coronavirus stammen aus der gleichen Familie, wie der für die aktuelle Epidemie verantwortlich gemachte SARS-Virus. Das Glyko-Protein-Gen *gp120* des AIDS-Virus HIV-1, eingebracht in GM-Mais als 'billiger, oral einzunehmender Impfstoff', ist noch eine weitere biologische Zeitbombe, da dieses Gen mit dem Immunsystem in Konflikt geraten kann, und sich mit Viren und Bakterien rekombinieren kann, um neue und unvorhersehbare Pathogene zu erzeugen.

7. Terminator-Pflanzen können männliche Sterilität verbreiten

Pflanzen, in die 'Selbstmord'-Gene für männliche Sterilität eingebracht wurden, sind als Mittel der 'Begrenzung' gefördert worden, d.h. um die Verbreitung von Transgenen zu verhindern. In Wirklichkeit verbreiten die an Landwirte verkauften Hybrid-Pflanzen sowohl die männlichen sterilen Selbstmord-Gene als auch die Herbizid-Toleranzgene *über ihren Pollen.*

8. Breitspektrum-Herbizide sind hochgradig giftig für Menschen und andere Spezies

Glufosinat-Ammonium und Glyphosat werden bei herbizid-toleranten transgenen Pflanzen ausgebracht, die gegenwärtig für weltweit 75% aller transgenen Pflanzen verantwortlich sind. Beide sind systemische metabolische Gifte, von denen befürchtet

wird, eine grosse Fülle an schädlichen Effekten zu haben, die sich auch bestätigt haben.

Glufosinat-Ammonium wird in Verbindung gebracht mit neurologischen, respiratorischen, gastrointestinalen und haematologischen Vergiftungen als auch Geburtsschädigungen beim Menschen und Säugetieren. Es ist giftig für Schmetterlinge und eine Reihe nützlicher Insekten, auch für die Larven der Venusmuscheln und Austern, *Daphnia* und einigen Frischwasser-Fischen, besonders der Regenbogen-Forelle. Es verhindert nützliche Boden-Bakterien und -Pilze, besonders jene, welche den Stickstoff festhalten.

Glyphosat ist der am häufigsten anzutreffende Grund von Beschwerden und Vergiftungen in Grossbritannien. Über Störungen vieler Körperfunktionen wurde nach dem Ausbringen gewöhnliche Mengen berichtet. Der Kontakt mit Glyphosat verdoppelt annähernd das Risiko von späten und spontanen Schwangerschaftsabbrüchen, und Anwendern von Glyphosat werden Kinder mit erhöhten nervlichen Verhaltensdefekten geboren. Glyphosat verursachte bei Laborratten eine verlangsamte Entwicklung des fötalen Skeletts. Glyphosat verhindert die Bildung von Steroiden, und ist gentoxisch für Säugetiere, Fische und Frösche. Das Ausbringen einer Dosis auf dem Feld verursachte schliesslich bei Regenwürmern eine Sterblichkeitsrate von fünfzig Prozent und signifikante Darmschädigungen unter den überlebenden Würmern. Roundup (Wirkstoff Glyphosat) verursachte Dysfunktionen der Zellteilung, die mit dem Entstehen von menschlichen Krebsarten in Verbindung gebracht werden können.

Die bekannten Effekte sowohl von Glufosinat als auch Glyphosat sind ernsthaft genug, um jeden weiteren Gebrauch der Herbizide einzustellen.

9. Gentechnische Manipulation erschafft Super-Viren

Die bei weitem heimtückischsten Gefahren, die dem Prozess der gentechnischen Manipulation selbst inne wohnen, der den Umfang und die Wahrscheinlichkeit von horizontalem Gentransfer und Rekombination stark verstärkt, ist der Hauptweg, Viren und Bakterien zu erzeugen, die Krankheits-Epidemien verursachen. Dies wurde 2001 im Verlaufe eines anscheinend harmlosen gentechnischen Experiments durch die 'zufällige' Erschaffung eines Mäusekiller-Virus herausgestellt.

Neuere Techniken, sowie das Mischen von DNA, erlauben es Genetikern im Labor, in Minuten Millionen von rekombinanten Viren zu erzeugen, die in Milliarden Jahren der Evolution niemals existiert hatten.

Krankheitsauslösende Viren und Bakterien sowie ihr genetisches Material sind die hauptsächlichen Materialien und Werkzeuge der gentechnischen Veränderung, genauso wie auch bei der absichtlichen Erzeugung von Bio-Waffen.

10. Transgene DNA in Lebensmitteln wird durch Bakterien und den menschlichen Darm aufgenommen

Es gibt bereits experimentellen Nachweis, dass transgene DNA von Pflanzen durch Bodenbakterien und im Darm von freiwilligen Versuchspersonen aufgenommen wurde. Markierungsgene für Antibiotikaresistenz können sich von transgenen Lebensmitteln auf pathogene Bakterien übertragen, was die Behandlung von Infektionen sehr schwierig macht.

11. Transgene DNA und Krebs

Es ist bekannt das transgene DNA die Verdauung im Darm überlebt und in das Genom von Säugetierzellen eindringt, was die Möglichkeit des Auslösen von Krebs erhöht.

Die Möglichkeit kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Füttern von GM-Produkten wie Mais an Tiere auch Risiken befördert, nicht nur für die Tiere, sondern auch für die Menschen, die Tierprodukte konsumieren.

12. Das CaMV 35S-Anschaltgen erhöht den horizontalen Gentransfer

Beweise legen nahe, dass transgene Konstrukte mit dem CaMV 35S-Anschaltgen (Blumenkohl-Mosaikvirus) besonders instabil und anfällig für horizontalen Gentransfer sowie Rekombination sein können, mit allen dazugehörigen Gefahren: Genmutationen aufgrund von zufälliger Insertion, Krebs, Reaktivierung von schlafenden Viren und einer Generation neuer Viren. Dieses Anschaltgen (Promoter) ist in dem meisten GM-Pflanzen anwesend, die heute kommerziell angebaut werden.

13. Eine Geschichte der Fehlrepräsentation und Unterdrückung von wissenschaftlichen Beweisen

Es gibt eine Geschichte der Fehlrepräsentation und Unterdrückung von wissenschaftlichen Beweisen, insbesondere über den horizontalen Gentransfer. Schlüsselexperimente verfehlen ihre Anordnungen, oder wurden schlecht ausgeführt, und dann unangemessen wiedergegeben. Vielen Experimenten wurde nicht nachgegangen, eingeschlossen Nachforschungen darüber, ob der CaMV 35S-Promoter für die 'Wachstumsfaktoren ähnlichen' Effekte verantwortlich ist, die in mit GM-Kartoffeln gefütterten jungen Ratten beobachtet wurden.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass GM-Pflanzen versagt haben, die versprochenen Vorteile zu erbringen und eskalierende Probleme für den Bauernhof bergen. Transgene Verunreinigung ist nun weithin als unvermeidbar anerkannt, und somit kann es keine Koexistenz von GM und konventioneller Landwirtschaft geben. Am wichtigsten von allem, es wurde nicht bewiesen, dass GM-Pflanzen sicher sind. Im Gegenteil, sind ausreichende Befunde für ernsthafte Besorgnis über die Sicherheit aufgetaucht, die, wenn sie ignoriert werden sollte, in irreversiblen Schäden für die Gesundheit und Umwelt resultieren könnte. GM-Pflanzen sollten jetzt entschlossen zurückgewiesen werden.

Warum zukunftsfähige Landwirtschaft?

1. Höhere Produktivität und Erträge, besonders in der dritten Welt

In Asien, Lateinamerika und Afrika haben 8,98 Millionen Landwirte 28,92 Millionen Hektar auf zukunftsfähige Landwirtschaftspraktiken umgestellt. Verlässliche Daten aus 89 Projekten zeigen höhere Produktivität und Erträge: 50-100% Steigerung bei durch Regen bewässerten Pflanzen, und 5-10% bei berieselten Pflanzen. Grösste Erfolge schliessen Burkina Faso ein, welches ein Getreidedefizit von 644 kg im Jahr, in einen jährlichen Überschuss von 153 kg verwandelte; Äthiopien, wo 12.500 Haushalte sich an einem Anstieg von 60% der Getreideerträge erfreuten; sowie Honduras und Guatemala, wo 45.000 Familien Erträge von 400-600 kg/ha auf 2.000- 2.500 kg/ha vergrösserten.

Langzeitstudien in industrialisierten Ländern zeigen vergleichbare und manchmal höhere Erträge der ökologischen Landwirtschaft im Vergleich zur konventionellen.

2. Bessere Böden

Zukunftsfähige Landwirtschaftspraktiken tendieren zu einer Verringerung der Bodenerosion und auch einer Verbesserung der physikalischen Bodenstruktur, sowie der Fähigkeit Wasser zu binden. Diese Faktoren sind grundlegend beim Abwenden von Ernteverlusten während Trockenperioden.

Bodenfruchtbarkeit wird durch verschiedene Praktiken einer zukunftsfähigen Landwirtschaft erhalten oder verbessert. Studien zeigen, dass das Vorkommen organischer Bodenmaterie und der Stickstoffgehalt in ökologisch bewirtschafteten Feldern höher ist als in konventionellen.

Ebenfalls wurde eine grössere biologische Aktivität in ökologischen Böden gefunden. Dort sind mehr Erdwürmer, Arthropoden, Mycorrhizen und andere Pilze, sowie Mikroorganismen, die alle nützlich für die Wiedergewinnung von Nährstoffen und die Unterdrückung von Krankheiten sind.

3. Sauberere Umwelt

Es gibt in der zukunftsfähigen Landwirtschaft wenig oder keine Verwendung von Chemikalien. Darüber hinaus legt die Forschung nahe, dass weniger Nitrate und Phosphor in das Grundwasser von ökologischen Böden durchsickert.

In der ökologischen Landwirtschaft wurden bessere Raten der Wasserfiltration gefunden. Daher sind sie weniger anfällig für Bodenerosion, und tragen wahrscheinlich weniger zur Wasserverschmutzung durch oberflächlichen Ablauf bei.

4. Reduzierter Pestizideinsatz und keine Zunahme von Schädlingen

Ökologische Landwirtschaft verbietet die routinemässige Anwendung von Pestiziden. Integrierte Schädlingsbekämpfung hat die Zahl der Pestizid-Sprays in Vietnam von 3,4 auf 1,0 pro Saison, in Sri Lanka von 2,9 auf 0,5 pro Saison, und in Indonesien von 2,9 auf 1,1 pro Saison gedrosselt.

Die Forschung zeigte, trotz der Zurückhaltung bei synthetischen Insektiziden in der Produktion von kalifornischen Tomaten, kein Anwachsen von Ernteverlusten aufgrund von Schädlingsbefall.

Schädlingsbekämpfung ist erreichbar ohne Pestizide, zum Beispiel durch Nutzung von Ernteverlusten entgegengesetzten 'Pflanzen-Fallen', um den Stammbohrer anzulocken, einen der schlimmsten Schädlinge in Ostafrika. Andere Vorteile des Vermeiden von Pestiziden entstehen durch Nutzbarmachung der komplexen Zwischenbeziehungen von Arten in einem Ökosystem.

5. Unterstützung der Biodiversität und Nutzbarmachung der Vielfalt

Zukunftsfähige Landwirtschaft fördert landwirtschaftliche Vielfalt, die grundlegend ist für die Nahrungsmittelsicherheit und ländliche Lebensgemeinschaften. Ökologischer Anbau kann dazu eine grössere Biodiversität unterstützen, der Arten zugute kommt, deren Anzahl signifikant abgenommen hatte.

Biodiverse Systeme sind produktiver als Monokulturen. Integrierte Anbausysteme auf Kuba sind 1,45 bis 2,82 mal produktiver als Monokulturen. Tausende chinesischer Reisbauern haben verdoppelte Erträge und eliminierten einfach durch das Mischen zweier Pflanzensorten nahezu die meisten verheerenden Krankheiten.

Die Vielfalt im Boden wird durch ökologische Praktiken verstärkt, und erbringt vorteilhafte Effekte wie die Erholung und Rehabilitation degradierten Böden, verbesserte Bodenstruktur und Wasserinfiltration.

6. Zukunftsfähig im Hinblick auf Umwelt und Ökonomie

Forschung über die Produktionssysteme von Äpfeln stellen das ökologische System bezüglich der Zukunftsfähigkeit von Umwelt und Ökonomie an die erste Stelle, das integrierte System an die zweite und das konventionelle System an die letzte Stelle. Ökologische Äpfel waren wegen des besten Preises die profitabelsten, brachten einen schnelleren Rückfluss der Investitionen und Erholung der Ausgaben.

Eine europaweite Studie zeigte, dass der ökologische Landbau beim Grossteil der Umweltindikatoren besser abschneidet als der konventionelle Anbau. Eine Überprüfung der Nahrungs- und Landwirtschafts-Organisation der Vereinten Nationen (FAO) folgerte, dass gut geführte ökologische Landwirtschaft zu mehr wünschenswerten Bedingungen in allen Umweltbereichen führt.

7. Verbesserung im Hinblick auf den Klimawandel durch direktes & indirektes Reduzieren des Energiebedarfs

Ökologische Landwirtschaft nutzt Energie viel effizienter und reduziert verglichen mit der konventionellen Landwirtschaft grosse Mengen an CO₂-Emissionen, sowohl im Hinblick auf den direkten Energiegebrauch von Kraftstoff und Öl, als auch den indirekten Verbrauch in synthetischen Düngern und Pestiziden.

Zukunftsfähige Landwirtschaft stellt die Zusammensetzung organischer Bodenmaterie wieder her, bei einem Anwachsen der Bindung von Kohlenstoff unter der Oberfläche, und erzielt dadurch ein wichtiges Absinken von Kohlenstoff. Ökologische Systeme haben signifikant die Fähigkeit gezeigt, Kohlenstoff zu absorbieren und zu speichern, was die Möglichkeit entstehen lässt, dass Praktiken der zukunftsfähigen Landwirtschaft helfen können, die Auswirkung der globalen Erwärmung zu reduzieren.

Ökologische Landwirtschaft emittiert wahrscheinlich weniger Nitrat-Dioxid (N₂O), ein weiteres wichtiges Treibhausgas, und ebenso verantwortlich für die Verringerung des stratosphärischen Ozons.

8. Effiziente, profitable Produktion

Jegliche Erntereduktion in der ökologischen Landwirtschaft wird mehr als ausgeglichen durch die Gewinne bei Ökologie und Effizienz. Die Forschung hat gezeigt, dass der ökologische Ansatz auf lange Sicht kommerziell ein gangbarer Weg sein kann, da er mehr Lebensmittel pro Einheit Energie und Ressourcen produziert.

Daten zeigen, dass kleinere Höfe weitaus mehr pro Einheit Land produzieren, als die für den konventionellen Anbau charakteristischen grösseren Bauernhöfe. Obwohl der Ertrag pro Einheit Land von einer Pflanze auf einem kleinen Hof geringer sein mag als in einer grossen Monokultur, kann der vollständige Output pro Einheit Land, häufig zusammengestellt aus über einem Dutzend Pflanzen und verschiedener Tierprodukte, weitaus höher sein.

Die Produktionskosten für den ökologischen Anbau sind oft niedriger als für den konventionellen Anbau, und bringen gleich hohen oder höheren Netto-Rückfluss, sogar ohne Premium-Preise für ökologische Lebensmittel. Wenn diese besten Preise mit eingerechnet werden, sind ökologische Systeme fast immer profitabler.

9. Verbesserte Ernährungssicherheit und Vorteile für lokale Gemeinschaften

Eine Untersuchung von Projekten der zukunftsfähigen Landwirtschaft in Entwicklungsländern ergab, dass die durchschnittliche Nahrungsmittelproduktion von 4,42 Millionen Bauern auf 3,58 Millionen Hektar pro Haushalt um 1,71 Tonnen pro Jahr anwuchs (plus 73%), was Ernährungssicherheit und gesundheitliche Vorteile brachte.

Eine anwachsende landwirtschaftliche Produktivität hat auch ein Anwachsen der Nahrungsmittellieferungen und gesteigerte Einkommen ergeben, reduziert von daher die Armut, fördert den Zugang zu Nahrung, reduziert die Unterernährung und verbessert Gesundheit und Lebensunterhalt.

Die Einführung zukunftsfähiger Landwirtschaft bezieht sich ausgiebig auf traditionelles und indigenes Wissen, und setzt die Betonung auf die Erfahrung und Innovation von Bauern. Es nutzt dadurch einführende, kostengeringe und bereits erhältliche lokale Ressourcen, sowie es den Status und die Autonomie der Landwirte verbessert, und verstärkt soziale und kulturelle Beziehungen innerhalb der örtlichen Gemeinschaften.

Lokale Mittel des Verkaufs und der Verteilung können mehr Geld für die lokale Ökonomie erzeugen. Für jeden in ein System von Biokisten im Abonnement investierten Pfund von Cusgarne Organics (UK), wurden 2,59 Pfund für die örtliche Gemeinschaft erwirtschaftet; aber für jeden in einem Supermarkt investierten Pfund werden nur 1,40 Pfund für die lokale Gemeinschaft erzeugt.

10. Bessere Lebensmittelqualität für die Gesundheit

Ökologische Lebensmittel sind sicherer, da ökologische Landwirtschaft den Routinegebrauch von Pestiziden und Herbiziden verbietet, und somit kaum schädliche chemische Rückstände gefunden werden.

Die ökologische Produktion verbietet ebenso die Verwendung von künstlichen Nahrungsergänzungsmitteln wie hydrogenisierten Fetten, phosphorischen Säuren, Aspartam und Monosodium-Glutamat, welche in Verbindung gebracht wurden mit Gesundheitsproblemen wie diversen Herzerkrankungen, Osteoporose, Migräne und Hyperaktivität.

Studien haben gezeigt, dass gewöhnliche ökologische Lebensmittel einen höheren Vitamin C-Gehalt, höhere Mineralstoffwerte und mehr Pflanzenphenole haben - Pflanzenbestandteile, die Krebs und Herzerkrankungen entgegenwirken können und altersbedingte neurologische Fehlfunktionen bekämpfen - sowie signifikant weniger Nitrate, einer giftigen Komponente.

Praktiken der zukunftsfähigen Landwirtschaft haben sich in allen relevanten Aspekten der Gesundheit und Umwelt als vorteilhaft erwiesen. Darüber hinaus erbringen sie eine höhere Ernährungssicherheit und überall soziales und kulturelles Wohlbefinden für lokale Gemeinschaften. Es besteht eine dringende Notwendigkeit für einen umfassenden Wechsel zu allen Formen der zukunftsfähigen Landwirtschaft.

Teil 1: Keine Zukunft für GM-Pflanzen

Eins

Warum keine GM-Pflanzen?

GM-Pflanzen werden weder benötigt noch sind sie erwünscht

Es besteht nicht länger irgendein Zweifel daran, dass GM-Pflanzen nicht benötigt werden, um die Welt zu ernähren, und dass Hunger durch Armut und Ungleichheit verursacht wird, und nicht durch unzureichende Produktion von Nahrungsmitteln. Schätzungen der Nahrungsmittel- und Landwirtschafts-Organisation der Vereinten Nationen zufolge, gibt es genug produzierte Lebensmittel um *jedermann allein mit konventionellen Nahrungspflanzen* zu ernähren, und dass dieses zumindest auch in den nächsten 25 Jahren der Fall sein wird, sowie wahrscheinlich bis weit in die Zukunft hinein [2]. Darüber hinaus sind, wie Altieri und Rosset bewiesen haben, gegenwärtige GM-Pflanzen nicht geeignet für höhere Erträge oder für arme Kleinbauern, selbst wenn aufgrund einer Lücke zwischen der Lebensmittelproduktion und Bevölkerungswachstum Hunger entsteht, so dass es unwahrscheinlich ist, dass sie davon profitieren werden [3]. Da die wahre Wurzel des Hungers die Ungleichheit ist, ist jede Methode um die Nahrungsmittelproduktion zu steigern, welche die Ungleichheit vertieft, zum Scheitern bestimmt, den Hunger zu reduzieren [4]. Ein jüngster Bericht von ActionAid folgert: "Die weit verbreitete Adaption von GM-Pflanzen scheint wahrscheinlich der tiefer liegende Grund für die Verschärfung der Nahrungsmittelsicherheit zu sein, und führt zu mehr hungrigen Menschen, nicht weniger" [5].

Noch wichtiger, GM-Pflanzen sind nicht erwünscht, und das aus guten Gründen. GM-Pflanzen sind gescheitert, die versprochenen Vorteile zu erbringen, sie verursachen eskalierende Probleme auf den Bauernhöfen, und der Nachweis für die schlimmsten Gefahren hat sich trotz des bemerkenswerten Fehlens von Sicherheitsforschung erhärtet. Zur gleichen Zeit ist ein umfangreicher Nachweis über den Erfolg zukunftsfähiger Ansätze zutage getreten, der deutlich macht, wie die rationelle Wahl für die Bevölkerungen ausfallen sollte.

Der Weltmarkt für GM-Pflanzen ist gleichzeitig mit der anwachsenden Anbaufläche stark geschrumpft, seitdem die erste GM-Pflanze, die Flavr Savr Tomate, 1994 in den Vereinigten Staaten angepflanzt wurde, ein Produkt welches bald als kommerzielles Desaster zurückgezogen wurde. Während der siebenjährigen Periode von 1996 bis 2002 wuchs die globale Anbaufläche von 1,7 Millionen Hektar auf 58,7 Millionen Hektar an. Aber lediglich vier Staaten sind 2002 für 99% der weltweiten GM-Anbaufläche verantwortlich. Die Vereinigten Staaten pflanzten auf 39,0 Millionen Hektar an (66% der globalen insgesamt), Argentinien 13,5 Millionen Hektar, Kanada 3,5 Millionen Hektar und China 2,1 Millionen Hektar [6].

Weltweiter Widerstand gegen GM erreichte letztes Jahr einen Höhepunkt als Sambia, trotz der Bedrohung durch eine Hungersnot, GM-Mais als Nahrungsmittelhilfe ablehnte. Sambia hat seitdem seine Entscheidung bestätigt, nachdem eine hochrangige Delegation eingeladen wurde einige Ländern zu besuchen, darunter auch die Vereinigten Staaten und Grossbritannien. Während wir diesen Report entwarfen, war ein unbegrenzter Hungerstreik auf den Philippinen im Entstehen, um gegen die kommerzielle Genehmigung von Monsantos Bt-Mais zu protestieren.

Schöffengerichte und andere Prozesse der partizipatorischen Demokratie und sozialen Einbindung wurden in Indien, Simbabwe und Brasilien genutzt, um es Kleinbauern und randständigen ländlichen Gemeinschaften zu ermöglichen, die Risiken und Erwünschtheit von GM-Pflanzen abzuschätzen, unter ihren eigenen

Bedingungen und gemäss ihrer eigenen Kriterien und Vorstellungen des Wohlbefindens.

Die Ergebnisse zeigen, dass wenn und wo diese Ereignisse in vertrauenswürdiger, glaubwürdiger und unbeeinflusster Weise ermöglicht wurden, Kleinbauern und indigene Völker GM-Pflanzen zurückgewiesen haben. Die Gründe waren, dass sie diese nicht brauchen, dass die GM-Technologie nicht bewiesen ist, und nicht ihren Erfordernissen entspricht [7, 8].

Der landwirtschaftliche Sektor führte den dramatischen Rückgang der Biotechnik-Industrie an, bevor die Industrie 2000 auf dem Rücken des Human Genom Projektes einen Höhepunkt erreichte. ISIS (Institute for Science in Society) fasste den Nachweis in einem speziellen Bericht an die Strategieeinheit des Premierminister des Vereinigten Königreichs zusammen, übermittelt als Antwort auf die öffentlichen Konsultationen über das ökonomische Potenzial von GM-Pflanzen [9]. Die Situation ist seitdem für die gesamte Industrie schlimmer geworden [10].

Ein im April 2003 veröffentlichter Report der Innovest Strategic Value Advisors [11] gab Monsanto die niedrigste mögliche Bewertung, mit der Botschaft, dass landwirtschaftliche Biotechnologie eine hoch riskante Industrie ist, die es nicht wert ist, darin zu investieren, bis es den Fokus weg vom GE wechselt (gentechnisches Engineering, synonym mit GM). Der Report berichtet, dass

"das Fliessen von Geldern von den GE-Firmen an Politiker sowie auch die Frequenz, mit der GE-Firmenbeschäftigte Stellen in den US-Regulierungsbehörden annehmen (und umgekehrt), ein grosses Beeinflussungspotenzial schafft, und die Möglichkeit der Investoren reduziert, sich auf Sicherheitsansprüche der US-Regierung zu verlassen. Es ist ebenfalls hilfreich klarzustellen, warum die US-Regierung keine vorsorgliche Annäherung an GE genommen hat und damit fortfährt, eine Kennzeichnung von GE in Angesicht einer überwältigenden öffentlichen Unterstützung zu unterdrücken. Mit Enron und anderen finanziellen Desastern hat sich die Finanzgemeinschaft in Firmen-Geschichten eingekauft, ohne sehr weit unter die Oberfläche geschaut zu haben....."

"Monsanto könnte ein weiteres Desaster sein, das auf Investoren wartet", schliesst der Report.

GM-Pflanzen versagen, Vorteile zu erbringen

GM-Pflanzen haben einfach nicht die versprochenen Vorteile erbracht. Das ist der konsistente Befund von unabhängiger Forschung und Prüfungsberichten auf Bauernhöfen, die seit 1999 in den Vereinigten Staaten durch den Agrarwissenschaftler Charles Benbrook überprüft wurden [12, 13], sowie anderen Studien, die dieses bestätigten [14].

Tausende von kontrollierten Versuchen von GM-Soja ergaben signifikant abgenommene Erträge zwischen 5 bis 10%, und an einigen Standorten sogar 12 bis 20%, verglichen mit konventionellem Soja. Ein ähnlicher Rückgang im Ertrag wurde aus Grossbritannien für GM-Winterraps und Zuckerrüben in Freilandversuchen berichtet.

GM-Pflanzen führten nicht zu einem signifikanten Rückgang des Gebrauchs von Pestiziden und Herbiziden. Roundup Ready-Soja bedurfte der zwei- bis fünfmal häufigeren Behandlung mit Herbiziden aufgrund von Unkräutern als andere Systeme. Ebenso legen Daten des US-Landwirtschaftsministeriums (USDA) nahe, dass auf der gesamten Anbaufläche von RR-Mais 30% mehr Herbizide ausgebracht wurden als bei konventionellem Mais.

Analysen von offiziellen USDA-Daten über den Gebrauch von Insektiziden aus vier Jahren, zeigen ein sehr deutliches Bild [13]. Während Bt-Baumwolle in einigen

Staaten den Gebrauch von Insektiziden reduzierte, hatte Bt-Mais wenn überhaupt nur wenige Konsequenzen auf den Gebrauch von Insektiziden. Die USDA-Daten zeigen, dass die Anwendung von Insektiziden auf Mais bei direktem Abzielen auf den europäischen Maisbohrer von 4% der Anbaufläche, die 1995 behandelt wurde, auf 5% im Jahr 2000 anwuchs.

Die grösseren Kosten von GM-Pflanzen, der angewachsene Gebrauch von Pestiziden/Herbiziden, Rückgang der Ernte, Gebühren für Saatgut und geschwundene Märkte, das alles addiert sich zu einem Einkommensverlust für die Landwirte zusammen. Die erste ökonomische Analyse des Niveaus von Bauernhöfen bezüglich Bt-Mais in den Vereinigten Staaten enthüllte, dass zwischen 1996 und 2001 der Netto-Verlust von Landwirten bei 92 Millionen US\$ oder 1,31 US\$ pro Hektar lag.

Ein im September 2002 veröffentlichter Report der UK Soil Association [15] schätzte, dass GM-Pflanzen die Vereinigten Staaten 12 Milliarden US\$ an Landwirtschaftsunterstützungen, entgangenen Verkäufen und durch das Rückrufen von Produkten wegen transgener Verunreinigung gekostet haben. Es wurde wie folgt zusammengefasst:

"Die Erkenntnisse, denen wir nachgingen, legen nahe, dass.....virtuell jeder beanspruchte Vorteil von GM-Pflanzen nicht aufgetreten ist. Hingegen berichten Landwirte von geringeren Erträgen, anhaltender Abhängigkeit von Herbiziden und Pestiziden, Verlust des Zugangs zu Märkten und, kritischerweise, einer reduzierten Profitabilität, welche die Lebensmittelproduktion noch anfälliger für die Interessen der Biotechnologie-Firmen und dem Bedarf an Unterstützungen werden lässt."

Diese Studien haben dabei die Fehlschläge bei Ernten anderswo in der Welt nicht mit berücksichtigt, die ernsteste im letzten Jahr in Indien [16]. Massive Verluste bei Bt-Baumwolle, bis zu 100%, wurden aus mehreren indischen Staaten berichtet, eingeschlossen einem Verlust an Keimfähigkeit, Wurzelverrottung und Attacken des amerikanischen Baumwollkapselwurms, gegen den die Bt-Baumwolle eigentlich resistent sein sollte.

Zwei

Eskalierende Probleme auf dem Bauernhof

Transgene Instabilität

Die massiven Verluste bei Bt-Baumwolle in Indien, und bei anderen Pflanzen anderswo, sind höchstwahrscheinlich aufgrund der Tatsache entstanden, dass GM-Pflanzen in überwältigender Weise instabil sind, ein Problem, das zuerst 1994 in einer Überprüfung von Finnegan und McElroy auffiel [17]:

"Während es einige Beispiele von Pflanzen gibt, welche eine stabile Expression eines Transgens zeigen, mögen diese sich als die Ausnahmen der Regel erweisen. In einer informellen Umfrage bei über 30 Firmen, die in die Kommerzialisierung von transgenen Nahrungspflanzen involviert sind.....gaben fast alle Antwortenden an, dass sie einige Bereiche transgener Inaktivität beobachtet hatten. Viele Antwortende gaben an, dass die meisten Fälle von transgener Inaktivierung niemals die Literatur erreichen."

Es gibt, nichts desto weniger, wesentliche wissenschaftliche Literatur zur transgenen Instabilität [18, 19]. Wann immer die geeigneten molekularen Werkzeuge angewendet wurden, um einem Problem zu erforschen, wurde die Instabilität unveränderlich gefunden, und das sogar in Fällen, bei denen transgene *Stabilität* beansprucht wurde. In einer Publikation [20] wurde in der Übersicht behauptet, dass die "transgene Expression in allen Linien des Reis-Genotyps stabil war", die gegenwärtig präsentierten Daten zeigten jedoch, dass *im wesentlichen 7 von 40 (18%) dieser Linien in der R3 Generation stabil sein könnten* [21]. Diese Arbeit ist wie viele andere auch dazu missbraucht worden, um eindeutig von dem Fehler der willkürlichen Annahme abzulenken, die [Zahlenverhältnisse der] 'Mendel'schen Regeln' seien als Beweis für eine Vererbung nach Mendel zu werten, oder für genetische Stabilität. Dies ist ein derart elementarer Fehler in Statistik und Genetik, dass Studenten deshalb durch das Examen fallen können.

Es gibt zwei Hauptgründe für die transgene Instabilität. Der erste hat zu tun mit den Abwehrmechanismen, welche die Unversehrtheit des Organismus beschützt, und das einen 'Stillstand' (i.O. 'silence') oder ein Inaktivieren der ins Genom integrierten Fremdgene bewirkt, so dass sie nicht länger exprimiert werden. Genetisches Ruhen (gene silencing) wurde zuerst in den frühen 1990ern in Verbindung mit integrierten Transgenen entdeckt, und ist inzwischen als Teil des Abwehrsystems des Körpers gegen virale Infektionen bekannt.

Der zweite Hauptgrund der Instabilität hat mit der *strukturellen* Instabilität von transgenen Konstrukten selbst zu tun, ihrer Tendenz zu fragmentieren, an schwachen, künstlich geschaffenen Verbindungsstellen zu brechen, und sich inkorrekt zu rekombinieren, oftmals mit anderer DNA die sich in der Umgebung befindet. Das ist vielleicht der ernsthafteste Sicherheitsaspekt, weil es den horizontalen Gentransfer und Rekombination verstärkt (s.u.).

Noch ein anderer Ursprung der Instabilität wurde kürzlich entdeckt [18]. Es scheint bestimmte 'rezeptive Bruchstellen' (i.O. 'receptive hotspots') für transgene Integration sowohl in der Pflanze als auch im menschlichen Genom zu geben. Diese rezeptiven Bruchstellen können ebenfalls 'rekombinative Bruchstellen' (i.O. 'recombination hotspots') sein, anfällig zu brechen und sich wieder zu verbinden. Das würde es bei eingefügten Transgenen ebenfalls wahrscheinlicher machen, dass sie sich verlieren, um dann zu rekombinieren oder in andere Genome einzuwandern.

Untersuchungen zeigen zudem, dass transgene Instabilität in späteren Generationen auftreten kann, und nicht notwendigerweise während früheren Generationen des Wachstums 'ausselektiert' wird. Dies kann zu armen und inkonsistenten Erscheinungen von GM-Pflanzen auf dem Feld führen, einem Problem, das wahrscheinlich zu wenig von den Landwirten beachtet wird, die sich für Kompensationszahlungen mit einer Knebel-Klausel entscheiden.

Ein kürzlich veröffentlichter Bericht (Makarevitch I, Svitashv S und Somers DA. Complete sequence analysis of transgene loci from plants transformed via microprojectile bombardment. *Plant Molecular Biology* 2003, 52, 421-32) enthüllt, dass das Problem in Verbindung mit der unkontrollierbaren und unvorhersehbaren Integration von Transgenen sogar grösser ist als es schien, und das GM keineswegs mit konventioneller Züchtung oder Mutagenese gleichgesetzt werden kann.

Die Autoren heben hervor, die Mehrheit der durch Beschuss mit Mikroprojektilen produzierten transgenen Linien haben "komplexe transgene Loci, die aus multiplen Kopien der gesamten, gekürzten und neu arrangiert erbrachten DNAs zusammengestellt sind, häufig als direkte oder indirekte Wiederholungen, die mit unterschiedlich grossen Fragmenten genomischer DNA vermischt sind", und dass die gelieferte DNA in das Genom der Pflanzen in erster Linie integriert wird durch eine "illegitime Rekombination (IR), aufgrund der Reparatur eines Doppel-Strang-Bruches (DSB), einem Prozess, der ebenfalls bei der Integration von T-DNA in Hefe und Genome von Pflanzen involviert ist."

"Die Kennzeichen der IR in transgenen Loci, die durch Lieferung von direkter DNA produziert werden, schliessen das Mischen von transgenen Sequenzen untereinander ein, durch Rekombination von sowohl grossen als auch kleinen nicht aneinander grenzenden Fragmenten der gelieferten DNA, häufiger Einbau von genomischen DNA-Sequenzen in die transgenen Loci und Neuordnung in der genomischen DNA durch Umgehen des transgenen Locus."

Die Zielorte können häufig wegen der Ortsveränderungen (translocations) und den Löschungen (deletions) in der benachbarten DNA nicht vollständig charakterisiert werden. Das bedeutet, dass es nicht einmal möglich ist zu sagen, wo sich das Transgen im Genom integriert hat, sogar wenn die gesamte Sequenz des Genoms der Gastpflanze bekannt ist.

Die Forscher haben einige transgene Loci von transgenem Hafer vollständig sequenziert, die 'einfach' erschienen, und bei denen man daher eher vermutete, dass sie die erwartete Ordnung der Gene und ein normales Flankieren der Genomsequenzen haben würden.

Unglücklicherweise besaßen alle drei 'einfachen' Loci Regionen von kleinen vermischten Fragmenten der zugefügten und der genomischen DNA. Alle Loci zeigten auch entweder vermischte Lückenfüller aus DNA (unbekannter Herkunft), welche die transgene DNA flankierten, oder es bestand der Nachweis der Löschung des Zielortes der DNA.

Eine der studierten transgenen Linien war vorher charakterisiert worden, und von ihr wurde gezeigt, dass sie lediglich einen grossen Locus mit einer geschätzten Grösse von 15 kb hatte. Die durch das Southern Blot-Verfahren mit einer längeren Dauer der Exposition und mehr genomischer DNA analysierte T1-Nachkommenschaft zeigte jedoch zwei kleinere hinzugefügte transgene Loci.

Die Analyse des Southern-Verfahrens zeigte, dass die genomische DNA, die beide Seiten eines der Loci flankierte, sich in hohem Maße dauernd wiederholte. Das in Linie gebrachte Produkt der PCR (polymerase chain reaction) des transgenen Locus zeigte im Vergleich mit der wilden Sorte, dass 845 Basenpaare (bp) der genomischen DNA während der transgenen Integration gelöscht wurden, und dass Teile genomischer

DNA unbekannter Herkunft in den Locus als DNA-Füllstoff auf beiden Seiten der transgenen DNA integriert wurden.

Die Zielorte der beiden anderen Loci konnten aufgrund des weitflächigen Vermischen der genomischen DNA nicht identifiziert werden. Die Autoren stellen ebenfalls heraus, "dass jetzt akzeptiert wird, dass die Anzahl der Schätzungen transgener Loci, die auf den Verhältnissen phenotypischer Teilung basieren, aufgrund von Perturbationen der transgenen Expression via transgenem Ruhen oder Neuordnung der transgenen Loci unakkurat sind." In Abhängigkeit der genutzten Probe werden kleine, nicht funktionelle Loci schlichtweg nicht angezeigt.

Orte der Integration verhalten sich schlimmer als der Zufall. Es bestehen Hinweise, dass transgene DNA sich oft in genreichen Regionen ansiedelt und in Regionen, die anfällig für Brüche des Doppel-Strangs sind. Die ersten erhöhen das Potenzial des Aktivierens/Inaktivierens der Gene, die letzteren erhöhen die strukturelle Instabilität von Transgenen und transgenen Linien.

Auskreuzungen und Unkräuter

Dreifach herbizid-tolerante Ölraps-Auskreuzungen wurden zuerst 1998 in Alberta, Kanada, entdeckt, gerade zwei Jahre nachdem einfach herbizid-tolerante GM-Pflanzen angepflanzt wurden [22]. Ein Jahr später wurden diese gegen mehrere Herbizide toleranten Auskreuzungen in 11 anderen Feldern gefunden [23]. Die Vereinigten Staaten begannen erst 2001 mit dem Anbau von herbizid-tolerantem Ölraps. Die Forschung an der Universität in Idaho berichtete von Befunden über ähnlich mehrfache Auskreuzungen, die in experimentellen Parzellen über zwei Jahre hinweg aufgetreten waren. Während der gleichen Zeitdauer wurden auch Unkräuter mit der Eigenschaft einer zweifachen Herbizid-Toleranz gefunden.

Viele andere Probleme mit Unkräutern sind seitdem erkannt worden (zusammengefasst in Anm. 24). Glyphosat-resistentes Eselskraut überwucherte 2002 über 200.000 Morgen Land (i.e. ca. 50.000 Hektar) mit Baumwolle im Westen von Tennessee, USA, oder 36% der gesamten Baumwoll-Anbaufläche in dem Staat, und auch etwa 200.000 Morgen Land von Soja-Bohnen waren betroffen. Das Problem mit herbizid-toleranten Auskreuzungen und Unkräutern ist derart gross, dass Firmen empfohlen haben mit ergänzenden Herbiziden zu sprühen. US-Landwirtschaftsexperten enthüllten, dass zwischen 75% und 90% der GM-Mais-Anbauer ein Produkt namens Liberty ATZ benutzen - eine Unkrautvernichtungsmittel-Mischung von Glufosinat-Ammonium und Atrazin der Firma Aventis, dem traditionellen Herbizid bei Maispflanzen, dass seit Jahrzehnten ein Problem-Pestizid ist [25]. Atrazin ist in Europa auf der roten Liste und wegen hormonstörenden Effekten bei Tieren auf der Prioritätsliste. Glufosinat selbst ist weit davon entfernt zuträglich zu sein (s.u.).

Bt-Pflanzen haben zudem Probleme mit der Resistenz von Zielorganismen, die sich sehr wahrscheinlich entwickelt (s.u.). Eine neue Patentanmeldung von Monsanto basiert auf dem Gebrauch von zwei Insektiziden bei ihren Pflanzen, aus dem Grund, dass Bt-Pflanzen resistente Stämme von Schädlinge-Insekten produzieren und "zahlreiche Probleme.....unter aktuellen Freilandbedingungen bestehen bleiben".

Die gegenwärtige Forschung zeigt, dass Transgene der Bt-Sonnenblume, die in wilde Verwandte auskreuzen, die letzteren widerstandsfähiger und fruchtbarer machten, mit dem Potenzial ein Super-Unkraut zu werden [26].

Bt-Resistenz

Bt-Pflanzen sind gentechnisch verändert, um ein insektizides Protein zu produzieren, das aus der Bakterie *Bacillus thuringiensis* (Bt) abgeleitet wurde. Die Wahrscheinlichkeit, dass Zielschädlinge von Bt-Pflanzen eine schnelle Resistenz

gegen Bt-Gifte entwickeln ist so gross und real, dass in den Vereinigten Staaten Strategien zum Resistenz-Management eingeführt wurden, einschliesslich dem Anpflanzen von 'Refugien' mit konventionellen Pflanzen und der Entwicklung von Bt-Pflanzen mit einem hohen Niveau der Expression, oder sogar mehrfachen Giften in der gleichen Pflanze.

Unglücklicherweise haben die Schädlinge Resistenzen gegenüber vielen Giften entwickelt, oder Kreuz-Resistenzen zu verschiedenen Giften [27]. Die gegenwärtige Forschung enthüllt, dass resistente Stämme sogar fähig sind aus den Giften zusätzliche Nährwerte zu erhalten, was sie zu ernsthafteren Schädlingen macht als zuvor.

Extensive transgene Kontamination

Im November 2001 veröffentlichten die Pflanzengenetiker Ignacio Chapela und David Quist aus Berkeley einen Bericht in *Nature* [28], der den Beweis präsentierte, dass Landsorten des Mais, der in verborgenen Regionen Mexikos wächst, mit Transgenen verunreinigt wurden, und das trotz der Tatsache, dass ein offizielles Verbot (Moratorium) für das Anbauen von GM-Mais im Land eingesetzt worden war.

Dies entfachte eine konzertierte Attacke von Pro-Biotechnik-Wissenschaftlern, vermutlich orchestriert von Monsanto [29]. *Nature* zog die Unterstützung für das Papier im Februar 2002 zurück, ein Akt, den es in der gesamten Geschichte wissenschaftlicher Publikation noch nie gegeben hat, für ein Papier, dass weder falsch, noch in seiner Hauptschlussfolgerung anfechtbar war. Nachfolgende Forschung von mexikanischen Wissenschaftlern bestätigten die Befunde, die zeigten, dass die Kontamination sogar viel weitflächiger war, als zuvor angenommen [30]. Fünfundneunzig Prozent der an Standorten genommenen Proben waren verunreinigt, mit abweichenden Graden der Verunreinigung zwischen 1% und 35%, durchschnittlich 10% bis 15%. Die beteiligten Firmen weigerten sich molekulare Information oder Proben für die Forschungen bereit zu stellen, mit welchen man die verantwortlichen Parteien für den angerichteten Schaden herausfinden könnte. *Nature* weigerte sich diese vertraulichen Ergebnisse zu veröffentlichen.

Tatsächlich ist ein in dem Innovest-Bericht (s.o.) genannter Hauptfaktor, der Monsanto wesentliche Verluste an Investoren beibringen könnte, die unerwünschte transgene Verunreinigung. *Verunreinigung ist unausweichlich, berichtet der Report, und könnte Monsanto und andere Biotechnik-Firmen Bankrott machen, den Rest der Gesellschaft mit dem Austragen des Problems alleine lassend.*

Ignacio Chapela zufolge, der sich selbst gefangen wiederfindet in der darauf folgenden Kontroverse, und mit seiner Universitätsanstellung in der Luft hängt, wächst die transgene Verunreinigung in Mexiko weiter an.

Das Ausmass der Kontamination von konventionellem Saatgut ist alarmierend. Ein Sprecher von Dow Agroscience wurde zitiert gesagt zu haben, dass in Kanada das "gesamte Saatgut-System kontaminiert sei" [31]. Dr. Lyle Friesen von der Universität von Manitoba (Kanada) testete 33 zertifizierte Saatgutlager und fand 32 davon verunreinigt vor [32].

Tests über den Pollenfluss ergaben, dass Weizenpollen minimal eine Stunde in der Luft bleibt, was bedeutet, dass er in Abhängigkeit zur Windgeschwindigkeit sehr weite Distanzen getragen wird. Pollen von Canola (einer wertvollen Raps-Sorte; d.Ü.) ist sogar noch leichter, und kann 3 bis 6 Stunden in der Luft verbleiben. Ein Wind mit 35 Meilen pro Stunde ist nicht atypisch, was "aus einer Trenndistanz von zehn oder sogar hundertern von Metern ein wahres Gespött macht", sagt Percy Schmeiser, gefeierter kanadischer Landwirt, der vom Kanadischen Gericht angewiesen wurde, 'Schadensersatz' an Monsanto zu zahlen, entgegen seiner Behauptung, dass die GM-

Pflanzen seines Nachbarn seine Felder kontaminiert hatten. Schmeiser verlor seine Berufung vor dem Bundesgericht, aber hat soeben das Recht gewonnen vor dem Obersten Gerichtshof von Kanada angehört zu werden.

Ökologisch wirtschaftende Landwirte in Saskatchewan (Kanada) haben Gerichtsverfahren gegen Monsanto und Aventis wegen Verunreinigung ihrer Pflanzen und dem Ruinieren ihres Status als Biobauern begonnen.

Die Europäische Kommission gab im Mai 2000 die Studie über die Koexistenz von GM und konventionellen Pflanzen beim Institut für Prospective Technological Studies des EU Joint Research Centre in Auftrag. Die Studie wurde im Januar 2002 fertiggestellt und an die Europäische Kommission übergeben, mit der Empfehlung sie *nicht* öffentlich zu machen. Die zurückgehaltene Studie, die Greenpeace zugespielt wurde [33], bestätigte, was wir bereits wussten: *Koexistenz zwischen GM-Landwirtschaft und konventioneller oder ökologischer Landwirtschaft sei in vielen Fällen unmöglich*. Sogar in Fällen, bei denen es technisch durchführbar ist, würde es kostenintensive Massnahmen erfordern eine Kontamination zu verhindern und die Produktionskosten für alle Landwirte ansteigen lassen, insbesondere für Kleinbauern.

Transgene Verunreinigung ist nicht beschränkt auf Auskreuzungen. Die neuere Forschung zeigt, dass transgener Pollen, durch Wind getragen und anderswo abgelagert, oder der direkt auf den Boden gefallen ist, eine Hauptquelle transgener Verunreinigung ist [34]. Solche transgene DNA wurde sogar in Feldern gefunden, auf denen niemals GM-Pflanzen angebaut wurden, und mit Pollen verunreinigte Bodenproben ergaben einen Transfer von transgener DNA auf Bodenbakterien (s.u.).

Warum ist Kontamination ein derart grosser Streitpunkt? Die unmittelbare Antwort lautet, dass die Konsumenten sie nicht akzeptieren. Der wichtigere Grund ist, dass es unbeantwortete Sorgen über die Sicherheit gibt.

Teil 2: GM-Pflanzen sind nicht sicher

Drei

Wissenschaft & Vorsorge

Vorsorge, gesunder Menschenverstand & Wissenschaft

Es wird uns erzählt, es gäbe keinen wissenschaftlichen Beweis, dass gentechnische Manipulation schaden kann. Aber ist sie sicher? Das ist die Frage, die wir stellen sollten. Wo etwas ernsthaften, irreversiblen Schaden anrichten kann, ist es richtig und angebracht für Wissenschaftler Beweise einzufordern, die demonstrieren, dass *GM jenseits begründbarer Zweifel sicher ist*. Dieses wird gewöhnlich gewürdigt als 'das Vorsorge-Prinzip', aber für Wissenschaftler und die Öffentlichkeit ist es einfach gesunder Menschenverstand [35-37].

Ein wissenschaftlicher Beweis ist nicht unterschiedlich zu einem herkömmlichen Beweis, und sollte in der gleichen Weise verstanden und beurteilt werden. Beweise von unterschiedlichen Quellen und unterschiedlichen Arten müssen abgewägt und kombiniert werden, um politische Entscheidungen und Handlungen zu leiten. Das ist gute Wissenschaft wie auch gutes Verständnis.

Gentechnik schliesst ein Rekombinieren, d.h. zusammen verbinden zu neuen Kombinationen von DNA unterschiedlicher Herkunft ein, und bringt sie in das Genom (die Gesamtheit aller Gene eines Organismus; d.Ü.) von Organismen, um "genmanipulierte Organismen" oder "GMOs" herzustellen [38].

GMOs sind unnatürlich, nicht nur weil sie im Labor produziert wurden, sondern weil viele von ihnen *nur* im Labor hergestellt werden können, ziemlich unähnlich zu dem, was die Natur im Laufe der Evolution in Milliarden Jahren hervorgebracht hat.

So ist es möglich neue Gene und Genprodukte, viele aus Bakterien, Viren und anderen Arten, oder sogar Genen die gänzlich im Labor hergestellt wurden, in Pflanzen einzubringen, eingeschlossen Nahrungspflanzen. Wir haben diese neuen Gene und Genprodukte niemals gegessen, noch sind sie jemals Teil unserer Nahrungskette gewesen.

Die künstlichen Konstrukte werden mittels invasiven Methoden in Zellen eingeführt, bei denen ein zufälliger Einbau erfolgt, der unvorhersehbare, zufällige Effekte hervorbringt, eingeschlossen grobe Abnormalitäten bei Tieren und unerwartete Gifte und Allergene in Nahrungspflanzen. Mit anderen Worten, es gibt keine Möglichkeit zur Qualitätskontrolle. Das Problem wird verschlimmert durch die überwältigende Instabilität von transgenen Linien, was die Risiko-Abschätzung so gut wie unmöglich macht.

Anti-Vorsorge [statt] Risikoabschätzung

Viele der Probleme wären identifiziert worden, wenn die zulassenden Behörden die Risikoabschätzung ernst genommen hätten. Aber wie von Ho und Steinbrecher [39] herausgestellt wurde, gab es von Beginn an viele Formfehler in der Prozedur der Abschätzung der Nahrungsmittelsicherheit, die in dem gemeinsamen Bericht der FAO/WHO über Biotechnologie und Nahrungsmittelsicherheit dargelegt sind, der aus einer Experten-Konsultation vom 30.September bis zum 4.Oktober 1996 in Rom resultierte, und der seitdem immer als Hauptmodell diente.

Der Bericht wurde kritisiert für:

- Erheben umstrittener Behauptungen über die Vorteile der Technologie.
- Fehlen der Annahme von Verantwortung für, oder das Zuweisen von Hauptaspekten der Nahrungsmittelsicherheit, wie den Gebrauch von

Nahrungspflanzen für die Produktion von Pharmazeutika und industriellen Chemikalien, sowie auch den Streitpunkten über Kennzeichnung und Überwachung.

- Eingrenzen der Ausdehnung von Überlegungen zur Sicherheit, um bekannte Gefahren auszuschliessen, wie die Toxizität von Breitspektrum-Herbiziden.
- Fälschliches Behaupten, dass Gentechnik sich nicht von herkömmlicher Züchtung unterscheidet.
- Anwenden eines 'Prinzips der substanziellen Äquivalenz' (d.h. 'wesentlichen Gleichwertigkeit') für die Risikoabschätzung, welches sowohl willkürlich als auch unwissenschaftlich ist.
- Fehlen des Anspruchs von Untersuchungen über die langfristigen Auswirkungen auf die Gesundheit und die Sicherheit von Nahrungsmitteln.
- Ignorieren von existenten wissenschaftlichen Befunden über identifizierbare Gefahren, besonders jenen, die aus horizontalem Gentransfer und der Rekombination von transgener DNA resultieren.

All das macht es zu einer *Anti*-Vorsorge 'Abschätzung der Sicherheit', vorgesehen für eine beschleunigte Zulassung von Produkten auf Kosten von Überlegungen zur Sicherheit.

Das Prinzip der 'substanziellen Äquivalenz' ist eine Schande in Bezug auf die Risikoabschätzung

Die grössten Fehler bestehen in dem Prinzip der 'substanziellen Äquivalenz', das als Rückgrat der Risikoabschätzung gemeint ist. Der Bericht stellt fest,

"Substanzielle Äquivalenz verkörpert das Konzept, dass wenn ein neues Lebensmittel oder Lebensmittelkomponente zu einem existierenden Lebensmittel oder Lebensmittelkomponente als wesentlich gleichwertig befunden wird, kann es auf die gleiche Weise mit Rücksicht auf die Sicherheit behandelt werden (i.e., die Lebensmittel oder Lebensmittelkomponente kann als genau so sicher wie das konventionelle Lebensmittel oder Lebensmittelkomponente gefolgert werden)."

Wie zu sehen ist, ist das Prinzip undeutlich und schlecht definiert. Aber was folgt, macht klar, dass es als flexibel, formbar und für Interpretation so offen wie möglich gedacht ist.

"Die Ermittlung der substanziellen Äquivalenz selbst ist nicht eine Sicherheitsabschätzung, sondern eine dynamische, analytische Aufgabe in der Abschätzung der Sicherheit eines neuen Lebensmittels relativ zu einem bestehenden Lebensmittel. Der Vergleich mag ein einfache Aufgabe sein oder sehr langwierig, in Abhängigkeit zur Menge an erhältlichem Wissen und unter Berücksichtigung der Natur des Lebensmittels oder Lebensmittelkomponente. Die charakteristischen Referenzen für Vergleiche der substanziellen Äquivalenz müssen flexibel sein und werden sich in Wechselwirkung mit den veränderten Erfordernissen der Verarbeiter und Verbraucher sowie der Erfahrung ändern."

Mit anderen Worten, es gäbe weder Pflichtuntersuchungen noch spezifizierte Tests, zur Ermittlung der wesentlichen Gleichwertigkeit (eng.: substantial equivalence = SE). Firmen wären frei, was auch immer zur schnellst durchführbaren Erklärung der SE zu vergleichen, und die am wenigsten anspruchsvollen Tests durchzuführen, die jeglichen substanziellen Unterschied verbergen.

In der Praxis hat das Prinzip der SE den Firmen folgende Vorgehensweisen erlaubt:

- Mache die am wenigsten anspruchsvollen Untersuchungen wie grobe Zusammensetzungen von Proteinen, Kohlenwasserstoffen und Fetten, Aminosäuren, ausgewählten Stoffwechselprodukten.

- Vermeide detaillierte molekulare Charakterisierung der transgenen Einfügung, um genetische Stabilität, Profile über die genetische Expression, Profile über Stoffwechselprodukte, etc. zu ermitteln, die unbeabsichtigte Effekte enthüllen könnten.
- Beanspruche, dass bis auf das transgene Produkt die transgene Linie substanziiell äquivalent zu der nicht-transgenen Linie ist, und um die Risikoabschätzung lediglich für das transgene Produkt auszuführen, ignoriere daher wieder jegliche und alle unbeabsichtigten Effekte.
- Vermeide das Vergleichen von transgenen Linien mit ihren nicht-transgenen 'Eltern', die unter einer gleichen Breite an Umweltbedingungen aufwuchsen.
- Vergleiche die transgene Linie zu jeder Varietät innerhalb der Art, und sogar zu einer abstrakten Gesamtheit, die aus einer Komposition von selektierbaren Charakteristika von allen Varietäten innerhalb der Art gemacht wurden, so dass die transgene Linie die schlechtesten Merkmale von jeder Varietät haben könnte und immer noch als SE angenommen würde.
- Vergleiche verschiedene Komponenten der transgenen Linie mit verschiedenen Arten, wie im Fall von einer transgenen Ölrapf-Linie, die verändert wurde, um Laurinsäure zu produzieren. Aber "andere Komponenten an Fettsäuren sind 'gewöhnlich als sicher angenommen' (Generally Recognized As Safe = GRAS), wenn individuell evaluiert, da sie gegenwärtig in ähnlichem Maße in anderen allgemein konsumierten Ölen sind."

Kein Wunder, dass der Bericht weiter fortfahren konnte festzustellen:

"Bis zum heutigen Tag, und wahrscheinlich für die nahe Zukunft, gab es wenige, wenn überhaupt irgendwelche Beispiele von Lebensmitteln und Lebensmittelkomponenten, die aufgrund des Gebrauchs der gentechnischen Veränderung nicht als substanziiell gleichwertig zu existierenden Lebensmitteln oder Lebensmittelkomponenten angenommen werden konnten."

Transgene Instabilität macht die Regulierung basierend auf dem Prinzip der SE sogar noch lächerlicher. Ein Papier, das ein Jahr früher auf einem WHO-Workshop [40] präsentiert wurde, stellt fest: "Die Hauptschwierigkeit in Verbindung mit der Abschätzung biologischer Sicherheit von transgenen Pflanzen ist die unvorhersehbare Natur der Transformation. Die Unvorhersehbarkeit erregt Besorgnis, dass transgene Pflanzen sich in inkonsistenter Weise verhalten werden, wenn sie kommerziell angebaut werden." Konsequenterweise zeigten transgene Kartoffeln, in Feldversuchen 'markante Deformitäten in der Morphologie von Knospen und geringe Erträge an Knollen, einschliesslich einer niedrigen Zahl von kleinen, schlecht geformten Knollen". Sie ergaben in den Untersuchungen nichts desto weniger "eigentlich keine Veränderungen in der Qualität von Knollen", und wurden deshalb als 'substanziiell gleichwertig' zugelassen.

Gegensätzlich zu dem, was weithin beansprucht wird, haben GM-Lebensmittel niemals irgendwelche erforderlichen Untersuchungen bestanden, die ermittelt haben könnten, ob sie sicher sind. Das Ministerium für Nahrungsmittel und Arzneimittel (Food and Drug Administration = FDA) in den Vereinigten Staaten hatte sich im Jahr 1992 rückwirkend dafür entschieden, dass Gentechnik nur eine Ausweitung des konventionellen Züchtens sei, und insofern Abschätzungen über die Sicherheit nicht nötig seien. Obwohl die erste (kommerzielle; d.Ü.) transgene Pflanze, die Flavr Savr-Tomate durch eine nominelle Abschätzung über die Sicherheit lief (die es nicht bestand, s.u.), liefen alle nachfolgenden Pflanzen durch eine freiwillige Prozedur der Konsultation.

Belinda Martineau, die Wissenschaftlerin, welche die Sicherheitsstudien der Flavr Savr-Tomate bei der Firma Calgene durchführte, hat ein Buch veröffentlicht [41], in dem sie sagte, dass "die Tomate von Calgene nicht als ein Standard über die

Sicherheit für diese neue Industrie hätte dienen sollen. Kein einziges gentechnisches Produkt sollte das sein." Sie bemängelte deutlich das Fehlen von Daten über Gesundheit und Umweltauswirkungen von transgenen Linien. "Und einfach zu beanspruchen, dass 'diese Lebensmittel sicher sind und kein wissenschaftlicher Beweis des Gegenteils vorhanden ist', ist nicht das gleiche wie zu sagen, das 'ausgiebige Tests durchgeführt wurden und hier sind die Ergebnisse'."

Die US Nationale Akademie der Wissenschaften (NAS) veröffentlichte 2002 einen Bericht, in dem das US-Landwirtschaftsministerium (USDA) für unangemessenen Schutz der Umwelt vor den Risiken von GM-Pflanzen kritisiert wurde [42]. Dieser konstatierte, dass die Prozesse der vom USDA durchgeführten Überprüfungen wissenschaftliche Rechtfertigung vermissen lassen und nicht einheitlich zugelassen werden; die Abschätzung von Umweltrisiken, speziell von genmanipulierten Pflanzen die insektenresistent sein sollen, war "generell oberflächlich"; der Prozess "behindert eine aussenstehende Überprüfung und Transparenz" durch das Einbehalten von Abschätzungen über Umweltauswirkungen als vertraulichen Handelsgeheimnissen. Der Bericht fordert das USDA auf, seinen Prozess der Überprüfung "signifikant transparenter und gründlicher" zu machen, Schlussfolgerungen der Befunde von aussenstehenden wissenschaftlichen Experten anzufragen, und um grösseren Input durch die Öffentlichkeit zu werben.

Es existieren sehr wenige unabhängige Studien, die sich der Sicherheitsfragen von GM-Pflanzen auf die Gesundheit und die Umwelt annehmen. Nichts desto weniger wurden ausreichende Befunde gesammelt, um hervorzuheben, dass GM-Pflanzen nicht sicher sind.

Wir liegen definitiv richtig darin, in einer frühen Periode zu warnen, in welcher der gesunde Menschenverstand, oder die Anwendung des Vorsorge-Prinzips immer noch Desaster abwenden und besser machen kann, die auf längere Sicht wahrscheinlich auftauchen werden [43].

Vier

Sicherheitsstudien von GM-Lebensmitteln

Mangel an veröffentlichten Daten

Es gibt eine unverkennbare Seltenheit an veröffentlichten Daten, die bedeutsam für die Sicherheit von GM-Lebensmitteln sind. Darüber hinaus entspricht in den meisten Fällen auch die wissenschaftliche Qualität dessen, was publiziert worden ist, nicht den zu erwartenden gewohnten Standards einer guten Wissenschaft.

Als Antwort auf die jüngsten Untersuchungen des Schottischen Parlaments über die Gesundheitsauswirkungen von GM-Pflanzen [44], fasste Stanley Ewen, Histopathologe am Grampian University Hospital Trust, und Leiter der Darmkrebs-Pilotuntersuchung in der Region von Grampian, die Situation zusammen:

"Unglücklicherweise ist es so, dass nur sehr wenige Tierversuche mit GM-Lebensmitteln im öffentlichen Bereich der wissenschaftlichen Literatur verfügbar sind. Daraus ist zu folgern, dass nicht gezeigt wurde, dass GM-Lebensmittel ohne Risiko sind, tatsächlich demonstrieren die erhältlichen wissenschaftlichen Ergebnisse von Experimenten Anlass zur Sorge."

Zwei Berichte vor 1999 deckten schädliche Effekte bei Tieren auf, die mit GM-Lebensmitteln gefüttert wurden. Der erste war ein Report über die Fütterung der Flavr Savr GM-Tomate an Ratten, der an die US Food and Drug Administration, (der US-amerikanischen Zulassungsbehörde; d.Ü.) übermittelt wurde. Viele dieser Ratten entwickelten Erosionen (oberflächliche Schädigungen der Schleimhaut und Vorstufen von Geschwüren) an den Auskleidungen des Magens, ähnlich jenen, die man bei älteren Menschen sieht, die Aspirin oder eine ähnliche Medikation erhalten. Bei Menschen kann aus diesen frühen Geschwüren die erheblich lebensbedrohliche Hämorrhagie (vermehrtes Austreten von Blut ins umgebende Gewebe bis hin zum Blutsturz) auftreten.

Das zweite Papier, veröffentlicht in einem Journal nach der Überprüfung durch Gleichrangige (peer-reviewed), bezog sich auf die Fütterung von einem Monat alten männlichen Mäusen mit rohen GM-Kartoffeln. Die Ergebnisse enthüllten ein um sich greifendes Wachstum im unteren Dünndarm [45].

Die Studie von Pusztai und Mitarbeitern

Es wurden keine stichhaltigen Studien über die Gesundheitsauswirkungen von GM-Lebensmitteln durchgeführt, bis dann das Schottische Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Fischerei (SOAEFD) ein von Pusztai geleitetes Projekt am Rowett-Institut finanzierte. Eine grosse Untersuchung über die möglichen Gefahren für Umwelt und Gesundheit durch GM-Kartoffeln wurde begonnen, die von britischen Wissenschaftlern mit einem verwendeten Gen aus Schneeglöckchenzwiebeln transformiert wurden [46].

Diese Studien deckten auf, dass die beiden transgenen Linien der GM-Kartoffeln, die beide aus dem gleichen Transformations-Experiment stammten, und beide gegen die schädliche Blattlaus resistent waren, in der Zusammensetzung *nicht* substanziiell äquivalent zu den Eltern-Linien der Kartoffeln waren, noch zu einander. Das primitive, ärmlich definierte und unwissenschaftliche Konzept der "substanziiellen Äquivalenz" (wesentlichen Gleichwertigkeit), auf welches sich die Zulassungsbehörden in der Risikoabschätzung stützen, wurde aus seiner Konzeption heraus kritisiert (s.o.). Es hat sicherlich seine Nützlichkeit überdauert.

Wichtiger, die Ergebnisse zeigten, dass Nahrung mit GM-Kartoffeln in einigen Beispielen das Wachstum der jungen Ratten und die Entwicklung von einigen ihrer

lebenswichtigen Organe gestört hatte, Veränderungen in der Darmstruktur und -Funktion herbeiführten, und die Immunantwort auf gesundheitsschädliche Antigene hemmten. Im Kontrast dazu hatten die Tiere, welche mit der Nahrung aus den Elterngenerationen, konventionellen Kartoffeln oder jenen mit dem Gen-Produkt angereicherten Kartoffeln, keine solchen Effekte. Einige dieser Ergebnisse sind publiziert worden [47-51]. Das letzte Papier [51] ist eine umfassende Überprüfung über Sicherheitstests von GM-Lebensmitteln, einschliesslich der vorher beschriebenen unveröffentlichten Experimente mit GM-Tomaten, die an das FDA übermittelt wurden.

Die Entdeckungen von Pusztai und Kollegen wurden von vielen innerhalb der Wissenschaft attackiert, aber wurden niemals durch Wiederholen der Arbeit entkräftet und als Ergebnisse in einem peer-reviewed Journal veröffentlicht. Sie haben deutlich demonstriert, dass es möglich ist, toxikologische Studien durchzuführen, und das die Sicherheit von GM-Nahrungsmitteln in Kurz- und Langzeitfütterungen, in Studien über Reaktion des Stoffwechsels und die betreffende Immun-Antwort bei *jungen* Tieren, erforscht werden muss, da diese am meisten verwundbar sind und am ehesten darauf reagieren, sowie jeden ernährungsbedingten und metabolischen Stress, der sich auf die Entwicklung auswirkt, zeigen. Dies ist ein Standpunkt, der von vielen Wissenschaftlern geteilt wird.

Vielfältige statistische Analysen der Ergebnisse, durchgeführt vom unabhängigen Scottish Agricultural Statistics Service, legen nahe, dass die grössten potenziell schädlichen Effekte von den GM-Kartoffeln nur teilweise von der Anwesenheit des transgenen Schneeglöckchen-Lektins verursacht wurden, und das die Methode der genetischen Transformation, und/oder die Störungen im Genom der Kartoffel, ebenfalls grosse Beiträge zu den beobachteten Veränderungen bewirkten.

Das in *The Lancet* [48] veröffentlichte Papier von Ewen und Pusztai erregte eine grosse Kontroverse, und es scheint, dass Versuche Pusztai durch Mitglieder der Royal Society zu diskreditieren, bis zum heutigen Tag andauern.

Ewen und Pusztai maßen den Teil der Wände des Dünndarm, der neue Zellen produziert und fanden, dass die Länge der neuen Zellabgliederung signifikant bei den mit GM-gefütterten Ratten angewachsen war, nicht aber bei den Kontrollratten, die mit konventionellen Kartoffeln gefüttert wurden. Die gestiegene Produktion von Zellen musste mit einem Effekt auf den Wachstumsfaktor zusammenhängen, der durch die genetische Veränderung in den Kartoffeln herbeigeführt wurde. (Wachstumsfaktoren sind Proteine, die das Wachstum und die Vervielfältigung von Zellen fördern, die wenn sie unkontrolliert sind, in Krebs resultieren.) Ähnliche Effekte wurden an den Magenwänden beobachtet [51].

Statistische Analysen enthüllten weiterhin, dass der Effekt auf den Wachstumsfaktor nicht wegen des exprimierten transgenen Proteins entstand, dem Lektin des Schneeglöckchens, sondern ein Effekt des eingefügten Genkonstrukts in die DNA des Zellkerns der Kartoffel war.

Das Konstrukt beinhaltet nicht nur das neue Gen, sondern auch Markierungsgene und einen kraftvolles Anschlag-Gen (Promoter) in Form des Blumenkohl-Mosaikvirus (CaMV = cauliflower mosaic virus), der im Zentrum einer grossen Debatte bezüglich seiner Sicherheit ist (s.u.).

Ewen [44] stellte heraus, dass obwohl der ganze und intakte Virus harmlos erscheint, sowie wir seit Jahrhunderten blumenkohlartiges Gemüse gegessen haben, "der Gebrauch des separierten infektiösen Teils des Virus noch nicht in Tieren getestet worden ist".

Weitere mögliche unerwünschte Effekte können die Antwort der menschlichen Leber auf den Hepatitis-Virus mit einbeziehen, da der Blumenkohl-Mosaikvirus und

der Hepatitis B-Virus zur gleichen Familie der Pararetroviren gehören, mit annähernd ähnlichem Genom und einem verborgenen Lebenszyklus.

Diese und mögliche andere Gefahren des CaMV-Promoters werden später detaillierter behandelt.

Fünf

Transgene Gefahren

Bt - Gifte

Die offensichtlichste Frage über die Sicherheit ist die Berücksichtigung des Transgens und seinen eingeführten Produkten in GM-Pflanzen, da sie neu für das Ökosystem und die Nahrungskette von Tieren und Menschen sind.

Die Bt-Toxine des *Bacillus thuringiensis*, eingebracht in Nahrungsmittel und Nicht-Nahrungspflanzen, sind für etwa 25% aller gegenwärtig weltweit angebauten GM-Pflanzen verantwortlich. Es ist die Nahrungskette hinauf, für Mäuse, Schmetterlinge und Netzflügler als schädlich befunden worden [27]. Bt-Gifte agieren auch gegen Insekten der Ordnung der Coleoptera (Käfer, Rüsselkäfer, Styloplide), die mehr als 28.600 Arten beinhaltet, weit mehr als jede andere Ordnung. Bt-Pflanzen scheiden das Gift durch die Wurzeln in den Boden aus, mit potenziell grossen Auswirkungen auf die Boden-Ökologie und -Fruchtbarkeit.

Bt-Gifte können aktuelle und potenzielle Allergene für den Menschen sein. Einige Feldarbeiter, die Bt-Spray ausgesetzt waren, erfuhren allergische Hautsensibilisierungen und produzierten IgE- und IgG-Antikörper. Ein Team von Wissenschaftlern warnte vor dem Freisetzen von Bt-Pflanzen für die menschliche Nutzung. Sie demonstrierten, dass rekombiniertes Cry1Ac-Protein der Bt-Pflanze ein potentes systemisches und die Schleimhäute betreffendes Immunogen ist, so potent wie das Cholera-Toxin.

Ein Bt-Strang, der schwere Nekrosen (Zelltod) beim Menschen verursachte, tötete Mäuse innerhalb von 8 Stunden infolge des klinischen Giftschock-Syndroms [53]. Sowohl Bt-Protein als auch Bt-Kartoffeln verletzten Mäuse in Fütterungsexperimenten, indem sie ihr Ileum (Krummdarm; Teil des Dünndarms) beschädigten [45]. Die Mäuse zeigten abnorme Mitochondrien, was eine Degeneration erkennen lässt, und unterbrachen die Mikrovilli (mikroskopische Fortsätze auf der Zelloberfläche zur Resorption) an der oberflächlichen Auskleidung der Darmwände.

Da Bt oder *Bacillus thuringiensis* und *Bacillus anthracis* (Anthrax-Art, die in chemischen Waffen genutzt wird) nahe miteinander und mit einem dritten Bakterium verwandt sind, dem *Bacillus cereus*, einer gewöhnlichen Bodenbakterie, die Lebensmittelvergiftungen verursacht, können sie jederzeit Plasmide (kreisförmige DNA-Moleküle, die den genetischen Ursprung der Replikation enthalten, der unabhängig von den Chromosomen eine Replikation erlaubt) mit enthaltenen Toxin-Genen austauschen [54]. Wenn *B.anthraxis* Bt-Gene von Bt-Pflanzen durch horizontalen Gentransfer (s.u.) aufnimmt, könnten neue Stämme von *B.anthraxis* mit unvorhersehbaren Fähigkeiten entstehen.

'Pharma'-Pflanzen

Andere gefährliche Gene und bakterielle und virale Sequenzen werden in der 'nächsten Generation' als Impfstoffe und Pharmazeutika in unsere Lebensmittel und Nicht-Nahrungspflanzen eingebracht [55-62]. Diese Pharma-Pflanzen beinhalten jene zum Ausdruck bringenden Zytokine, die bekanntlich das Immunsystem unterdrücken und Übelkeit sowie Vergiftung des zentralen Nervensystems herbeiführen, und auch das Interferon Alpha, von welchem berichtet wird, Demenz und eine Vergiftung der Nerven zu verursachen und Nebenwirkungen auf das Gemüt und Gedanken zu haben. Einige enthalten virale Sequenzen wie das 'Spitzen'-Protein-Gen des

Schweine-Coronavirus, das aus der gleichen Familie stammt, wie der für die aktuelle Epidemie verantwortlich gemachte SARS-Virus [63, 64].

Das Glyko-Protein-Gen *gp120* des AIDS-Virus HIV-1, eingebracht in GM-Mais als 'billiger, oral einzunehmender Impfstoff', ist noch eine weitere biologische Zeitbombe. Es gibt einige Hinweise, dass dieses Gen mit dem Immunsystem in Konflikt geraten kann, da es eine Homologie zu den Antikörper bindenden variablen Regionen der Immunglobuline hat, und zu diesen Immunglobulinen ähnliche Rekombinationsplätze besitzt. Darüber hinaus sind diese Rekombinationsstellen auch ähnlich mit jenen Rekombinationsplätzen, die in vielen Viren und Bakterien vorhanden sind, und mit denen das *gp120* zu tödlichen Pathogenen rekombinieren kann [65-68].

Bakterielle und virale DNA

Eine bisher vernachlässigte Quelle von Gefahr - obwohl nicht in der Gen-Therapie, wo es als etwas zu vermeidendes erkannt wurde, sondern in GM-Pflanzen - ist die DNA von Bakterien und Viren, welche eine hohe Frequenz von CpG-Nukleotiden haben [24]. Die diversen Arten der CpG sind immunogenisch und können Entzündungen verursachen, septische Arthritis und eine Förderung von B-Zell-Lymphomen sowie Autoimmun-Krankheiten [69-73]. Dennoch stammen viele in GMOs eingeführte Gene von Bakterien und ihren Viren, und diese bergen ebenfalls andere Risiken (s.u.).

Sechs

Terminator-Pflanzen verbreiten männliche Sterilität

'Selbstmord'-Gene für Sterilität

Im Interesse der Vermeidung von umständlichen semantischen Argumenten werden 'Terminator-Pflanzen' hier auf jede gentechnische, transgene Pflanze mit einem 'Selbstmord'-Gen für männliche, weibliche oder Saatgut-Sterilität bezogen, mit dem Zweck zu verhindern, dass Landwirte Saatgut zurückbehalten und wieder aussäen, oder um patentierte Eigenschaften zu schützen.

Die Öffentlichkeit wurde sich erstmals der Terminator-Technologie durch gemeinsame Patente des US-Landwirtschaftsministeriums und der Delta and Pine Land Company bewusst. Es gab weltweit massive Proteste, und Monsanto, das die Patentrechte von Delta and Pine aquirierte, verzichtete darauf, die Terminator-Pflanzen weiter zu entwickeln, die *in diesem besonderen Patent beschrieben wurden*. Gleichwohl gibt es, wie Ho und Cummins lernen mussten, viele Wege Sterilität herzustellen, jeder Gegenstand eines einzelnen Patents.

Es sickerte durch, dass Terminator-Pflanzen in Europa, Kanada und den USA seit den 1990ern getestet wurden und einige wurden bereits kommerziell in Nordamerika freigesetzt [74]. Der GM-Ölraps, sowohl Frühlings- als auch Wintersorten, die den grössten Teil der Farm Scale Evaluations in Grossbritannien bilden, sind verändert auf männliche Sterilität.

GM-Ölraps-Pflanzen sind Terminator-Pflanzen

Das System männlicher Sterilität in diesen GM-Ölraps-Pflanzen besteht aus drei Linien.

Die *Linie der männlichen Sterilität* wird in einem 'hemizygotischen' Status erhalten, d.h. mit nur einer Kopie des 'Selbstmord'-Gens, *Barnase*, verbunden mit einem Gen für die Glufosinat-Toleranz. Das *Barnase*-Gen wird durch ein Anschlag-Gen (gene switch) angetrieben, das nur in dem Anther oder männlichen Teil der Blume aktiv ist. Die Expression des *Barnase*-Gen in dem Anther lässt das *Barnase*-Protein entstehen, eine RNase (Enzym, das die DNA zerkleinert), die ein kraftvolles Zellgift ist. Die Zelle stirbt und stoppt die Entwicklung des Anthers, so dass kein Pollen produziert wird. Diese männliche Sterilitäts-Linie wird im hemizygotischen Stadium durch Kreuzen mit einer konventionellen Sorte erreicht, und um unter Verwendung von Glufosinat-Ammonium die Hälfte der Pflanzen-Generation des kommenden Frühjahrs zu töten, die keine eingegangene Verbindung mit der Kopie der transgenen *H-Barnase* hat.

Die *männliche Wiederherstellungs-Linie* (restorer) ist homozygotisch (mit zwei Kopien) für das 'Sterilitäts-Wiederherstellungs'-Gen, *Barstar*, ebenso verbunden mit dem Glufosinat-Toleranz-Gen *H*. Das *Barstar*-Gen ist auch unter der Kontrolle des speziellen Promoters plziert, der in dem Anther aktiv ist. Seine Expression gibt dem *Barstar*-Protein eine spezifische Hemmung der *Barnase*, wodurch die Aktivität des letzteren neutralisiert wird.

Durch Kreuzen der Linie männlicher Sterilität mit der Linie der männlichen Wiederherstellung wird ein *F1-Hybrid* produziert, in dem die *Barnase* durch *Barstar* neutralisiert wird, so dass auf diese Weise die Entwicklung des Anthers Pollen zu produzieren, wiederhergestellt wird.

Es kann gezeigt werden, dass der *F1-Hybrid* gegenwärtig sowohl das Herbizid-Toleranz-Gen und auch das Selbstmord-Gen für männliche Sterilität in seinem Pollen verbreitet, mit potenziell verheerenden Auswirkungen auf die landwirtschaftliche und

natürliche Biodiversität. Es macht wegen der Förderung dieser Pflanzen als Methode, die Verbreitung von Transgenen 'zurückzuhalten' oder 'zu verhindern', die UK- und US-Regierung zum Gespött. Der wahre Zweck dieser Art von gentechnischen Terminatoren ist es Firmenpatente zu beschützen.

Sieben

Gefahren durch Herbizide

Profite durch Herbizide

Mehr als 75% aller GM-Pflanzen, die zur Zeit angebaut werden, sind gentechnisch verändert, um gegen ein weites Spektrum an Herbiziden tolerant zu sein, die von den gleichen Unternehmen hergestellt werden, und den Grossteil ihrer Profite aus dem Verkauf der Herbizide ziehen. Diese Breitspektrum-Herbizide töten nicht nur wahllos Pflanzen, sie sind auch praktisch für alle Spezies tierischen Wildlebens und den Menschen schädlich.

Glufosinat-Ammonium

Glufosinat-Ammonium oder Phosphinothricin wird in Verbindung gebracht mit neurologischen, respiratorischen, gastrointestinalen und haematologischen Vergiftungen, als auch Geburtsschädigungen beim Menschen und Säugetieren [75]. Es ist giftig für Schmetterlinge und eine Reihe nützlicher Insekten, auch für die Larven der Venusmuscheln und Austern, *Daphnia* und einigen Frischwasser-Fischen, besonders der Regenbogen-Forelle. Es verhindert nützliche Boden-Bakterien und -Pilze, besonders jene, die den Stickstoff festhalten.

Der Verlust von Insekten und Pflanzen würde einschlägige Effekte auf Vögel und kleinere Tierarten haben.

Zusätzlich wurden einige Pflanzen-Pathogene befunden, gegen Glufosinat höchstgradig resistent zu sein, während antagonistische Organismen gegenüber diesen Pathogenen ernsthaft und ungünstig betroffen wären. Dies könnte katastrophale Auswirkungen auf die Landwirtschaft haben.

Die glufosinat-toleranten Pflanzen enthalten das *pat*-Gen (Phosphinothricin Acetyl Transferase), welches Phosphinothricin durch Beifügen einer Acetyl-Gruppe zu ihm inaktiviert, und es zu Acetylphosphinothricin macht. Das Letztere sammelt sich in der GM-Pflanze, und ist ein komplett neuer Metabolit in der Pflanze, wie auch für die gesamte Nahrungskette hinauf bis zum Menschen, und dessen Risiken nicht berücksichtigt worden sind.

Übermittelte Daten von AgrEvo, aus dem Aventis und jetzt Bayer CropScience wurde, zeigen, dass Mikroorganismen im Darm von warmblütigen Tieren die Acetyl-Gruppe entfernen und das toxische Herbizid wiederherstellen können. Phosphinothricin verhindert das Enzym Glutamin-Synthetase, welches eine essentielle Aminosäure umwandelt, Glutaminsäure in Glutamin. Das Netto-Ergebnis dieses Vorgangs von Glufosinat ist, dass Ammonium und Glutamat sich ansammeln, während Glutamin begrenzt wird. Es ist die Akkumulation von Ammonium, welches den tödlichen Vorgang in den Pflanzen auslöst.

Bei Säugetieren werden die Konsequenzen der Verhinderung der Glutamin-Synthetase mehr mit einem gesteigerten Grad von Glutamat und einem gesunkenen Niveau von Glutamin verbunden. Zirkulierendes Ammonium wird in der Leber durch den Harnzyklus entfernt. Wie auch immer, das Gehirn ist hochgradig sensibel für giftige Effekte des Ammonium und die Beseitigung eines Übermaßes von Ammonium hängt von der Aufnahme von Glutamin ab. Glutamat ist ein Haupt-Neurotransmitter, und eine derartig grosse Störung in seinem Stoffwechsel ist mit Auswirkungen auf die Gesundheit verbunden.

Diese bekannten Effekte sind ausreichend, um alle Freilandversuche mit GM-Pflanzen sofort zu stoppen, bis kritische Fragen über den Stoffwechsel, Lagerung und

Umwandlung des N-Acetylphosphinothricin für *alle pat* enthaltenden Genprodukte vollständig beantwortet sind.

Glyphosat

Das andere in Verbindung mit GM-Pflanzen genutzte Hauptpestizid, Glyphosat (Roundup), ist nicht besser [76].

Glyphosat tötet Pflanzen durch die Hemmung des Enzyms, 5-Enolpyruvylshikimat-3-Phosphat Synthetase (EPSPS), welches kritisch für die Biosynthese von aromatischen Aminosäuren ist, wie Phenylalanin, Tyrosin und Tryptophan, Vitaminen, und vielen sekundären Metaboliten wie Fولات, Ubiquinonen und Naphthoquinonen [77]. Der Shikimat-Weg findet in den Chloroplasten der grünen Pflanzen statt. Die tödliche Aktion des Herbizid erfordert ein Wachstum und Aussetzen der Pflanze im Licht.

GM-Pflanzen, die verändert wurden um gegen Glyphosat tolerant zu sein, werden "Roundup Ready" genannt. Sie sind mit zwei Hauptgenen modifiziert. Ein Gen verleiht eine reduzierte Empfindlichkeit gegenüber Glyphosat und das andere bringt ein Enzym zum Ausdruck, welches die Pflanze befähigt, das Glyphosat abzubauen. Die Expression beider Gene bezieht sich direkt auf die Chloroplasten, der Stelle der Aktivität des Herbizid. Dies geschieht durch die Einfügung der kodierenden Sequenzen eines von Pflanzen abstammenden 'Transit-Peptid'.

Das erste Gen bringt eine von Bakterien hergeleitete Version des Pflanzenenzym zum Ausdruck, welches in den biochemischen Weg des Shikimat für die Produktion der aromatischen Aminosäuren beteiligt ist. Die pflanzliche Version des Enzyms ist empfindlich gegen Glyphosat und führt zu einer Unterdrückung des Wachstums oder dem Tod der Pflanze. Gleichwohl ist die bakteriell abgeleitete Version des Pflanzenenzym unempfindlich gegenüber Glyphosat, und erfüllt daher die Erfordernisse der aromatischen Aminosäure der Pflanze. Das zweite Gen, ebenfalls bakteriell, bringt ein Enzym für den Abbau des Glyphosat zur Wirkung, und seine kodierende Sequenz wurde zur Verstärkung der Glyphosat abbauenden Aktivität verändert.

Der Weg des Shikimat-Chorismat existiert bei Menschen und Säugetieren nicht, und stellt daher ein neues Angriffsziel dar, obwohl es in einer Reihe von Mikroorganismen gegenwärtig ist. Glyphosat arbeitet aber durch das Verhindern der Bindung des Stoffwechselprodukts Phosphoenol-Pyruvat, PEP, an den Ort des Enzyms [78]. PEP ist ein zentraler Metabolit, der in allen Organismen einschliesslich des Menschen vorkommt. Glyphosat hat daher das Potenzial sehr wichtige enzymatische Systeme, die PEP nutzen, zu stören, einschliesslich dem Energiestoffwechsel und der Synthese von zentralen Membranfetten, die in Nervenzellen benötigt werden.

Glyphosat ist der am häufigsten anzutreffende Grund von Beschwerden und Vergiftungen in Grossbritannien [79]. Selbstmord-Versuche waren erfolgreich mit so geringen Mengen wie 100 Millilitern einer zehn- bis zwanzigprozentigen Lösung. Über Störungen vieler Körperfunktionen wurde nach dem Aussetzen an gewöhnliche Mengen berichtet. Diese schliessen Symptome wie Gleichgewichtsstörungen, Schwindel, reduzierte geistige Leistungsfähigkeit, Anfälle, Sehschwächen, Geschmacks-, Gehör- und Tastverlust, Kopfschmerzen, Senken des Blutdrucks, ganzkörperliches Zucken und nervöse Zuckungen, Muskellähmung, periphere Neuropathie, Verlust der grob- und feinmotorischen Fertigkeiten, exzessives Schwitzen und bedrohliche Erschöpfung ein [80].

Eine epidemiologische Studie über die Bewohner von Bauernhöfen in Ontario (Kanada) zeigte, dass Kontakt mit Glyphosat das Risiko von späten und spontanen

Schwangerschaftsabbrüchen annähernd verdoppelte [81]. Anwenden von Glyphosat werden Kinder mit erhöhten nervlichen Verhaltensdefekten geboren [82]. Glyphosat verursachte bei Laborratten eine verlangsamte Entwicklung des fötalen Skeletts [83].

Weitere experimentelle Studien und Tierversuche legen nahe, dass Glyphosat die Bildung von Steroiden verhindert [84], und gentoxisch für Säugetiere [85, 86], Fische [87, 88] und Frösche [89, 90] ist. Das Ausbringen einer Dosis auf dem Feld bei Regenwürmern, verursachte schliesslich eine Sterblichkeitsrate von fünfzig Prozent und signifikante Darmschädigungen unter den überlebenden Würmern [91]. Roundup verursachte Dysfunktionen der Zellteilung, die mit dem Entstehen von menschlichen Krebsarten in Verbindung gebracht werden können [92].

Wie in Referenz 76 überprüft wurde, ist der den Stickstoff bindende Symbiont in transgener und konventioneller Soja empfindlich gegenüber Glyphosat, und frühzeitige Anwendung von Glyphosat führte zu einer Abnahme der Biomasse und des Stickstoffgehalts. Das Besprühen von Glyphosat auf Roundup Ready Soja bei höheren Temperaturen (um 35°C) führte zu Schäden am Meristem, was auf den gestiegenen Transport des Herbizids zum Meristem zurück zu führen ist.

Das Besprühen von konventionellen Beikräutern mit Glyphosat führt zur Zerstörung und örtlichen Auslöschung von bedrohten Pflanzenarten. In Ökosystemen des Waldes reduziert es Moose und Flechten signifikant. Die Behandlung mit Glyphosat von Bohnsensetzlingen führte kurzfristig zu einem Anwachsen von ausgeschiedenen Pathogenen in die behandelten Böden.

Die Anwendung von Glyphosat zur Kontrolle einwandernder Arten entlang der Gezeitenlinien erbrachte unerwartete Sekundäreffekte. Nach dem Sprühen ging das Herbizid im Sediment um 88% zurück, während das Herbizid in dem mehrjährigen Zielweideland um 591% anstieg und in den Wurzelwerken (Rhizomen) der Pflanzen gespeichert wurde. Glyphosat bleibt in Böden und Grundwasser bestehen, und wurde im Frischwasser von angrenzenden Orten der besprühten Gebiete nachgewiesen.

Es besteht eine Fülle von veröffentlichten wissenschaftlichen Studien, die zeigen, dass der massive Anstieg des Gebrauchs von Glyphosat in Verbindung mit GM-Pflanzen eine signifikante Bedrohung für die Gesundheit von Mensch und Tier sowie der Umwelt darstellt.

Acht

Horizontaler Gentransfer

Horizontaler Gentransfer und Seuchen

Horizontaler Gentransfer, die direkte Übertragung von genetischem Material in das Genom von Organismen, entweder von gleichen oder vollkommen unterschiedlichen Arten, ist bei weitem das bedrohlichste Problem für die Gesundheit, das einmalig ist für die Gentechnik [93].

Die Welt wurde seit dem 11. September 2001 über die terroristischen Attacken und 'Massenvernichtungswaffen' in Hysterie getrieben. Regierungen wollen Publikationen über Ergebnisse sensitiver wissenschaftlicher Forschung ausschliessen, und eine Gruppe der grossen Herausgeber und Autoren im Bereich der Lebenswissenschaften hat beigepflichtet. Einige Wissenschaftler schlagen sogar eine internationale Organisation zur Kontrolle von Forschung und Publikation vor [65].

Aber wenige haben erkannt, dass Gentechnik selbst von Natur aus gefährlich ist, wie es zuerst von den Pionieren der Gentechnik in der Erklärung von Asilomar Mitte der siebziger Jahre hervorgehoben wurde, und wie einige von uns die Öffentlichkeit und Entscheidungsträger unlängst daran erinnerten [94, 95].

Aber was die Aufmerksamkeit der Mainstream-Medien erregte, war im Januar 2001 der Bericht, wie Forscher in Australien 'zufällig' einen tödlichen Mäuse-Virus erschufen, der alle seine Opfer infolge der Manipulation eines harmlosen Virus tötete. "Desaster bei der Herstellung: Ein veränderter Mäuse-Virus hinterlässt uns einen Schritt weit entfernt von der ultimativen Biowaffe" (Disaster in the making: An engineered mouse virus leaves us one step away from the ultimate bioweapon), war die Überschrift in einem Artikel des *New Scientist*. Der Leitartikel zeigte sich sogar noch weniger zurückhaltend: "Das Gen ist aus der Flasche, Biotechnik hat sich gerade eine scheussliche Überraschung einfallen lassen. Nächstes Mal könnte es eine Katastrophe sein." (The genie is out, biotech has just sprung a nasty surprise. Next time, it could be catastrophic.)

Das, und die gegenwärtige SARS-Epidemie erinnern uns daran, dass horizontaler Gentransfer und die Rekombination neue Viren und Bakterien erschafft, die Krankheiten auslösen, und wenn Gentechnik irgend etwas tut, geht es darum den Umfang und die Tendenz für horizontalen Gentransfer und Rekombination zu verstärken.

Gentechnik verstärkt den Umfang und die Tendenz zu horizontalem Gentransfer

Erstens schliesst Gentechnik die zügellose Rekombination von genetischem Material von äusserst verschiedenen Quellen ein, die auf andere Weise eine sehr geringe Möglichkeit hätten sich in der Natur zu mischen und zu rekombinieren. Einige neuere Techniken, zum Beispiel das 'DNA-Mischen' (shuffling) [96, 97], werden in Minuten Millionen von neuen Rekombinanten im Labor erzeugen, die in Milliarden Jahren der Evolution niemals existiert hatten. Es gibt keinerlei Begrenzung der Quellen von DNA, die auf diesem Weg gemischt werden können.

Zweitens sind Krankheiten auslösende Viren und Bakterien sowie ihr genetisches Material die überwiegenden Materialien und Werkzeuge der Gentechnik, genauso wie auch bei der absichtlichen Erzeugung von Bio-Waffen. Und das schliesst die Markergene der Antibiotika-Resistenz ein, was die Behandlung von Infektionen deutlich erschwert.

Und letztlich sind die künstlichen Konstrukte durch die Gentechnik geschaffen, um Artgrenzen zu überschreiten und in Genome einzuwandern, d.h. Gentransfer und Rekombination weiter zu verstärken und zu beschleunigen. Sie sind nun bekannt als der Hauptweg, neue Ursachen für Krankheiten zu erzeugen, die möglicherweise viel wichtiger sind als punktuelle Mutationen, die isolierte Basen in der DNA wechseln.

Fügen Sie dies zu der früher erwähnten innewohnenden Instabilität transgener DNA, die es anfälliger für Brechen und Rekombinieren macht, und dann beginnen wir zu begreifen, warum wir keine Bio-Terroristen brauchen, wenn wir Gentechniker haben.

Neun

Der CaMV 35S Promoter

'Rekombinations-Krisenherd'

Einige transgene Konstrukte sind weniger stabil als andere, wie diejenigen, die den Blumenkohl-Mosaikvirus (CaMV) 35S als Anschlag-Gen (Promoter) enthalten.

Der CaMV infiziert Pflanzen aus der Familie des Kohls. Einer seiner Promoter, der 35S-Promoter, wurde seit dem Beginn der genetischen Veränderung von Pflanzen weithin bei GM-Pflanzen benutzt, bevor einige seiner besorgniserregenden Merkmale ans Licht kamen. Das ernsthafteste ist seine Eigenschaft als 'Rekombinations-Krisenstelle' ('recombination hotspot'), an der er dazu tendiert, mit anderer DNA zu rekombinieren, und das obwohl endgültige Gewissheit dafür nicht wenig später auftrat.

Seit den frühen 1990er Jahren kamen grosse Zweifel über die Sicherheit von viralen Genen auf, die in GM-Pflanzen eingebracht wurden, um Pflanzen gegen eine virale Attacke resistent zu machen. Viele der viralen Gene tendierten dazu, sich mit anderen Viren zu rekombinieren und neue sowie beizeiten super-infektiöse Viren zu generieren.

1999 wurde aus zwei unabhängigen veröffentlichten Arbeiten zweier Forschergruppen der definitive Nachweis für einen 'Rekombinations-Krisenherd' durch den CaMV-Promoter erbracht. Dies war höchst signifikant im Hinblick auf die Befunde von Ewen und Pusztai, die eher überprüft wurden, und die nahe legen, dass der Schaden bei den mit GM-Kartoffeln gefütterten jungen Ratten mit dem Prozess der Transformation selbst oder des transgenen Konstruktes zusammenhängen könnte.

Ho *et al* überprüften die Implikationen für die Sicherheit des CaMV 35S-Promoters, und hoben hervor, dass die Rekombinations-Krisenstelle durch vielfache Kennzeichen (motifs) flankiert wird, die bekannt sind für eine Teilnahme an Rekombinationsprozessen. Sie sind anderen Rekombinations-Krisenstellen ähnlich, einschliesslich der Grenzregionen der *T-DNA* des *Agrobacterium*s, das als Vektor am häufigsten zur Herstellung transgener Pflanzen eingesetzt wird. Der erwartete Mechanismus einer Rekombination - die doppel-strängige DNA wird nach einem Bruch wieder repariert - erfordert wenige oder keine Homologien der DNA, und Rekombination zwischen viralen Transgenen und infizierenden Viren sind ausführlich demonstriert worden. Darüber hinaus funktioniert der CaMV 35S-Promoter in allen Pflanzen effizient, wie auch in grünen Algen, Hefe und *E.coli*. Er hat eine formbare Struktur mit Anteilen von weitverbreiteten und austauschbaren Promotoren von vielen anderen Pflanzen- und Tier-Viren.

Diese Befunde legen nahe, dass transgene Konstrukte mit dem CaMV 35S-Promoter besonders instabil sein können und zu horizontalem Gentransfer und Rekombination neigen, mit allen dazugehörigen Gefahren: Genmutation aufgrund zufälliger Insertion, Krebs, Reaktivierung von schlafenden Viren und einer Generation von neuen Viren, die für einige der von Ewen und Pusztai beschriebenen Beobachtungen verantwortlich sein können [44, 46, 48, 51].

Als die Untersuchung von Ho *et al* für eine Publikation akzeptiert wurde, setzte das Journal, *Microbial Ecology in Health and Disease*, eine Pressemitteilung auf ihre Internetseite, gekennzeichnet als 'heisses Thema'. Innerhalb eines Tages erschien jemand mit dem Namen Klaus Amman, der zuletzt neun Kritiken organisierte, die über das Internet zurückschlügen, in einer Bandbreite von ausfallend und herablassend bis relativ moderat. Später sickerte durch, dass Klaus Amman eine Schlüsselfigur in der Etablierung (oder wie wir es wahrnehmen, in der Aushöhlung) von Standards der

biologischen Sicherheit auf der internationalen Szene ist, und viele Posten in Organisationen inne hat, die durch die Biotech-Industrie finanziert werden.

Ho *et al* antworteten allen Kritiken in einem Papier, dass über das Internet zirkuliert wurde, und veröffentlichte anschliessend in dem gleichen wissenschaftlichen Journal. Bis zu diesem Tag haben es die Kritiker versäumt zu antworten.

Unglücklicherweise wurden die unverschämtesten und herablassendsten Bemerkungen in einen 'Analyse'-Teil eingefügt, geschrieben von einem Herausgeber von *Nature biotechnology* unter der Rubrik 'Business and regulatory news' [99]. Die 'Analyse', gänzlich zusammengebraut aus Hörensagen und Meinungen, enthielt derart verleumderische, beleidigende Bemerkungen, dass das Journal Ho *et al* das Recht auf eine Antwort dieser Herausforderung geben musste. Die Antwort wurde schliesslich einige Monate später veröffentlicht [100], gemeinsam mit der 'Entschuldigung' des Herausgebers, dass er es versäumt hätte, die Widerlegung anzuführen. Es war aber tatsächlich eine weitere Attacke auf die Autoren. Dieses Mal verweigerte *Nature biotechnology* ihnen eine Antwort.

All die stichhaltigen wissenschaftlichen Rezensionen kamen in einem in dem Journal veröffentlichten Papier zum Vorschein, in dem das Originalpapier erschienen war, mitverfasst von Roger Hull und Phil Dale, einem Mitglied des UK Advisory Committee on Novel Foods and Processes (ACNFP) [101]. Ihre Hauptkritik fasst das folgende kurz zusammen.

Die Kritikpunkte wurden gründlich in einem Papier widerlegt, welches länger als das Original war, und welches bald darauf in dem gleichen Journal erschien [101]. Es folgte keine weitere Antwort. In der Tat waren die Kritiker vorsichtig, die Widerlegung nicht zu erwähnen.

Es wurde neben anderen Dingen herausgestellt, dass die Menschen *nicht* den CaMV 35S-Promoter gegessen hatten, der aus seinem natürlichen genetischen Kontext herausgerissen und in transgene DNA eingefügt ist.

Die Tatsache, dass Pflanzen mit pararetroviralen Sequenzen "angefüllt" sind, die denen des CaMV ähnlich sind und andere potenziell bewegliche Elemente, können die Dinge nur schlechter machen. Pararetroviren sind Viren, die umgekehrte Transkriptase nutzen, aber nicht davon abhängig sind, in das Genom des Wirtes für die Replikation aufgenommen zu werden. Pararetroviren schliessen eine Familie ein, die das menschliche Pathogen, den Hepatitis B-Virus, beinhalten. Der CaMV 35S-Promoter könnte schlafende Viren wie den Hepatitis B-Virus aktivieren, von dem bekannt ist, dass er in das Genom von einigen Menschen integriert wurde, und er scheint mit der Krankheit verbunden zu sein.

Die meisten, wenn nicht alle der in das Genom integrierten Elemente wurden im Lauf der Evolution 'unschädlich' gemacht und sind also nicht länger beweglich. Aber die Integration von transgenen Konstrukten, die den 35S-Promoter enthalten, können diese Elemente mobilisieren. Diese Elemente können im Wechsel Helfer-Funktionen bereitstellen, um die transgene DNA zu destabilisieren, und können ebenfalls als Substrate der Rekombination dienen, um exotischere invasive Elemente zu generieren.

Der Nachweis ist hervorgetreten, dass in Verbindung mit gentechnischer Veränderung die Integration von fremden Genen in das Genom tatsächlich Transposonen und provirale Sequenzen aktivieren kann, die zur Destabilisierung des Genoms führen [103]. Somit haben Ho *et al* also nicht weit daneben gelegen.

Im Verlauf der Debatte mit den Kritikern haben Ho und ihre Mitarbeiter sogar noch mehr belastende Beweise gefunden [104]. Es stellt sich heraus, dass obwohl der CaMV-Virus nur Pflanzen aus der Familie des Kohl infiziert, sein 35S-Promoter sexuell freigiebig in Spezies über die gesamte lebendige Welt aktiv ist, nicht nur in Bakterien,

Algen, Pilzen und Pflanzen, sondern auch in tierischen und menschlichen Zellen, wie sie in einer wissenschaftlichen Abhandlung entdeckten, die aus dem Jahr 1990 datiert ist. Pflanzengenetiker, die den CaMV 35S-Promoter in nahezu alle GM-Pflanzen eingebaut haben, die jetzt kommerziell angepflanzt werden, waren sich dessen offensichtlich nicht bewusst, und gestehen dies der Öffentlichkeit immer noch nicht ein.

Das UK Advisory Committee on Releases to the Environment (ACRE) hat keinerlei Entschuldigung dafür, diese Information in ihrem letzten Bericht ausgelassen zu haben [105], indem sie "kein Nachweis von Gefahr" wiederholten. Ho hatte viele Male die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, und den Nachweis sowohl in schriftlichen Übermittlungen als auch mündlich in einigen öffentlichen Anhörungen präsentiert. Hinter den Kulissen wurde der CaMV 35S-Promoter gleichwohl stillschweigend zurückgezogen. Er taucht nicht länger in den meisten in der Entwicklung befindlichen GM-Pflanzen auf.

Die Kontroverse, welche die gentechnische Kontamination der mexikanischen Landsorten umgab, besteht nicht so sehr darüber, ob die Kontamination geschehen ist, sondern vielmehr darüber, dass die Möglichkeit besteht, dass aufgrund der Instabilität der transgenen Konstrukte diese sich wie ein Kritiker sagte [106], "fragmentieren und sexuell reichlich über die Genome verstreuen." All jene transgenen Mais-Konstrukte, die für die Kontamination verantwortlich sein könnten, enthielten einen CaMV 35S-Promoter, weshalb der Promoter genutzt wurde, um die transgene Kontamination festzustellen. Derartige Fragmentierung und ein Verstreuen von instabiler DNA durch die Genome sind bekannt dafür, ruhende Proviren und Transposonen (s.o.) zu aktivieren, die Umstrukturierungen (rearrangements), Auslassungen (deletions), und Wechsel der Ansiedlungen (translocations) der DNA hervorrufen können. Dies könnte die Genome der Landsorten destabilisieren, was die Landsorten zum Aussterben verdammen würde.

Transgene DNA verbreitet sich leichter

Transgene DNA versus natürliche DNA

Transgene DNA ist in vielen Aspekten von natürlicher DNA verschieden, die alle zu einer gesteigerten Neigung zum horizontalen Gentransfer in die Genome von unverwandten Organismen beitragen, wo sie sich wiederum mit den neuen Genen rekombiniert (Tafel 1) [93].

Tafel 1

Transgene DNA verbreitet sich leichter

- Transgene DNA enthält häufig neue Kombinationen von genetischem Material, die nie zuvor existierten
- Transgene DNA wurde erstellt, um in Genome einzudringen
- Das unnatürliche Gen-Konstrukt tendiert zur strukturellen Instabilität und neigt daher zum Brechen und Wiederverbinden oder Rekombinieren mit anderen Genen
- Der Mechanismus, der es fremden Gen-Konstrukten ermöglicht, in das Genom einzudringen, befähigt sie auch dazu herauszutreten, und sich an einer anderen Stelle in einem anderen Genom niederzulassen
- Die Grenzregionen des am häufigsten verwendeten Vektors für transgene Pflanzen, die T-DNA des *Agrobacterium*s, sind Rekombinations-Krisenstellen (Stellen, die zu Brüchen und Verbindungen neigen). Darüber hinaus sind auch das Anschlag-Gen des Blumenkohl-Mosaikvirus (CaMV) und viele Terminatoren (genetische Signale zur Beendigung der Transkription) als Rekombinations-Krisenstellen bekannt, was bedeutet, dass die gesamte oder Teile der integrierten DNA eine gesteigerte Neigung für einen sekundären horizontalen Gentransfer und Rekombination haben.
- Gegewärtige Erkenntnisse weisen darauf hin, dass fremde Gen-Konstrukte dazu tendieren, sich an Rekombinations-Krisenstellen in das Genom einzufügen, was wiederum, zu einem Ansteigen von Möglichkeiten transgener DNA führen würde, sich zu *desintegrieren* und horizontal zu transferieren.
- Transgene DNA hat oft andere genetische Signale, wie beispielsweise die *Ursprungsorte der Replikation* (origins of replication) des Plasmid-Vektors offen gelassen sind. Diese sind ebenfalls Rekombinations-Krisenstellen, und können darüber hinaus die transgene DNA dazu befähigen, unabhängig wie ein Plasmid repliziert zu werden, welches bereitwillig horizontal unter Bakterien übertragen wird.
- Der metabolische Stress des Wirt-Organismus aufgrund der fortgesetzten Über-Expression der fremden Gene in Verbindung mit aggressiven Promotern wie dem CaMV 35S-Promoter, wird die Instabilität der transgenen DNA ebenfalls erhöhen, und dadurch einen horizontalen Gen-Transfer erleichtern.
- Transgene DNA ist typischerweise ein Mosaik aus DNA-Sequenzen von vielen verschiedenen Spezies und ihren genetischen Parasiten; diese Homologien bedeuten, dass sie stärker dazu neigen, sich sowohl mit dem Genom von vielen Spezies als auch ihren genetischen Parasiten zu rekombinieren, und erfolgreich zu ihnen zu transferieren. Homologe Rekombination tritt typischerweise tausendfach bis zu millionenfach häufiger auf als nicht-homologe Rekombination.

Der Nachweis, dass transgene DNA verschieden ist

Es gab bisher nur ein Experiment, das jemals durchgeführt wurde, um die Hypothese zu überprüfen, dass Transgene das Gleiche sind (oder nicht) wie Mutationen, die mit herkömmlichen Mitteln herbeigeführt wurden (Mutagenese), wie zum Beispiel durch das Aussetzen mit Röntgen-Strahlen und chemischen Mutagenen, die Änderungen in der Basensequenz der DNA verursachen.

Bergelson und Kollegen [107] erhielten aus einem Laboratoriums-Strang von *Arabidopsis* eine Mutation für Herbizid-Toleranz durch konventionelle Mutagenese, und schufen transgene Linien durch das Einfügen des Mutations-Gen, welches mit einem Vektor verbunden und dann in die Zellen der Wirt-Pflanze eingefügt wurde.

Sie verglichen daraufhin die Rate, mit der transgene und nicht-transgene Pflanzen-Mutationen die Eigenschaft der Herbizid-Toleranz auf normale und wilde Pflanzen verbreiteten, die nahe zueinander angepflanzt wurden. Sie fanden heraus, dass die Transgene von transgenen Pflanzen mit einer 30-fach höheren Wahrscheinlichkeit entkamen, und dann das gleiche durch die Mutagenese erhaltene Gen verbreiteten.

Die Ergebnisse sind durch die Kategorien der Auskreuzung schwierig zu erklären. Entstand dieses Ergebnis durch das Einfügen der Transgene mit Hilfe eines Vektors, so dass dies zu allen möglichen unerwarteten Effekten führte? Produzierte die transgene Pflanze mehr Pollen, oder verbreitungsfähigeren Pollen? War der Pollen von transgenen Pflanzen für die Bienen attraktiver?

Eine andere Möglichkeit der stärkeren Verbreitung der Transgene ist der horizontale Gen-Transfer, über Insekten, welche die Pflanzen wegen des Pollen und Nektars besuchen, oder einfach wegen der Fütterung durch den Saft oder anderen Teilen der aufeinanderfolgenden transgenen und wilden Pflanzen-Sorten. Bergelson sagte, sie hätten keinen Hinweis auf horizontalen Gen-Transfer, könnten ihn aber auch nicht ausschliessen. Aber sie arbeiteten nicht weiter daran, um diese Möglichkeit zu untersuchen.

Unabhängig von der Methode mit der sich die Transgene verbreitet hatten, demonstrierte das Experiment, dass transgene DNA sich nicht in der gleichen Weise verhält, wie nicht-transgene DNA.

Horizontaler Gen-Transfer von transgener DNA

Experimente, die den horizontalen Gen-Transfer von transgener DNA demonstrieren

Horizontaler Transfer von Transgenen und Antibiotikaresistenz-Markergenen von genmanipulierten Pflanzen auf Boden-Bakterien und -Pilzen wurde in der Mitte der 1990er Jahre im Laboratorium demonstriert. Der Transfer von Transgenen auf Pilze wurde einfach dadurch erzielt, dass man den Pilz auf einer GM-Pflanze ansiedelte, und der Transfer zu Bakterien wurde durch die Applikation von kompletter DNA der GM-Pflanze auf Bakterien-Kulturen erreicht.

In den späten 1990er Jahren wurde der erfolgreiche Transfer eines Markergens für Kanamycin-Resistenz auf das Boden-Bakterium *Acinetobacter* erreicht, und zwar mit der gesamten DNA, die aus einer Reihe homogenisierter Blätter von transgenen Pflanzen extrahiert wurde [108]: *Solanum tuberosum* (Kartoffel), *Nicotiana tabacum* (Tabak), *Beta vulgaris* (Zuckerrübe), *Brassica napus* (Ölraps), und *Lycopersicon esculentum* (Tomate). Es wurde geschätzt, dass etwa 2.500 Kopien des Gens der Kanamycin-Resistenz (aus der gleichen Anzahl von Pflanzen-Zellen) ausreichend bis erfolgreich waren, ein Bakterium zu transformieren, ungeachtet der Tatsache, dass ein 6×10^6 -facher Überschuss von pflanzlicher DNA gegenwärtig war. Positive Resultate eines horizontalen Gen-Transfers in diesem System wurden sogar mit gerade 100 Mikrolitern von ausgerissenen Pflanzenblätter erzielt, die den Bakterien zugefügt wurden.

Verschleierung und Fehlrepräsentation

Aber seit den Anfängen regierten Verschleierung und Fehlrepräsentation auf das äusserste. Trotz des irreführenden Titels eines Forschungsberichts von Schluter, Futterer und Potrykus, die konstatierten, dass horizontaler Gentransfer in ihrem Experiment "wenn überhaupt, dann nur auf extrem niedriger Frequenz vorkam" [109], demonstrierten die Daten unter optimalen Bedingungen eine hohe Frequenz des Gen-Transfers von $5,8 \times 10^{-2}$ pro Empfänger-Bakterie.

Aber die Autoren schritten dann fort zu kalkulieren, dass unter "natürlichen Bedingungen" auf eine theoretische Frequenz des Gen-Transfers $2,0 \times 10^{-17}$ zu schliessen sei, oder nahe Null. Dies taten sie unter der Annahme, dass verschiedene Faktoren unabhängig agierten, und durch die Erfindung von 'natürlichen Bedingungen', welche weithin unbekannt und unvorhersehbar sind, und, nach eigenem Eingeständnis der Autoren, seien synergistische Effekte von Kombinationen der Faktoren nicht auszuschliessen.

Dieses Papier wurde nachfolgend weitläufig zitiert, um zu zeigen, dass horizontaler Gen-Transfer nicht stattfindet.

Freilandversuche stellen *prima facie*-Nachweise her

Forscher in Deutschland [110] hatten bereits 1999 über das erste, und bisher einzige Experiment eines Monitoring von Freilandversuchen berichtet, welches den Nachweis qua *prima facie* (nach erstem Anschein) erbrachte, dass transgene DNA von den Überresten einer GM-Zuckerrübenpflanze auf die Bakterien im Boden übertragen wurde. Ho liess eine detaillierte Überprüfung des Nachweises zirkulieren, und übermittelte diese auch ordnungsgemäss an die wissenschaftlichen Berater der Regierung Grossbritanniens. Sie wiesen diese Erkenntnisse zurück, und schlimmer

noch, führten sie als Nachweis an, dass kein horizontaler Gen-Transfer aufgetreten sei.

DNA verharrt nicht nur in der äusseren Umwelt, sowohl im Boden als auch im Wasser; sie wird auch nicht ausreichend schnell im Verdauungssystem zerkleinert, um zu verhindern, dass transgene DNA auf Mikroorganismen übertragen wird, die im Darm von Tieren angesiedelt sind.

Transfer von transgener DNA im Mund

Solch ein Transfer könnte im Mund beginnen. Mercer *et al* berichteten 1999 [111], dass ein genmanipuliertes Plasmid eine Chance von 6 bis 25% hatte, nach einem Aussetzen über eine Dauer von 60 Minuten im menschlichen Speichel intakt zu überleben. Darüber hinaus war die teilweise degradierte DNA des Plasmids fähig, *Streptococcus gordonii* zu transformieren, eines der Bakterien, die üblicherweise im menschlichen Mund und Rachen leben. Die Frequenz der Transformation stieg exponentiell mit der Zeit, aber sie war noch nach 10 Minuten signifikant. Der menschliche Speichel enthält gerade Faktoren, die eine Transformation der im Mund angesiedelten Bakterien fördert.

Diese Forschung wurde in einer Test-Röhre durchgeführt, und die Autoren stellten deutlich heraus, dass "weitere Nachforschungen benötigt werden, um festzustellen, ob die Transformation der oralen Bakterien in signifikanter Frequenz *in vivo* (im lebenden Organismus; d.Ü.) auftreten kann." Gleichwohl wurden solche Studien seither nicht durchgeführt, was schwierig zu verstehen ist, *da die ursprüngliche Forschung durch die Regierung Grossbritanniens beauftragt wurde, als Teil des Programms über neuartige Lebensmittel* (Novel Foods Programm).

Eine andere Gruppe der Universität von Leeds erhielt, wie auch immer, Subventionen von der seinerzeit neu etablierten Food Standards Agency (FSA), um die Möglichkeit eines horizontalen Gen-Transfers in den Mägen von Wiederkäuern zu erforschen [112], wo die Nahrung für eine lange Zeit verbleibt. Diese Forscher fanden, dass transgene DNA schnell in den Flüssigkeiten des Rumens und Gärfutters zerkleinert wurde, aber dass nichts desto weniger ein horizontaler Gen-Transfer stattfinden könnte, bevor die transgene DNA vollständig degradiert wurde.

Sie fanden ebenso, dass transgene DNA sehr langsam im Speichel zu zerkleinern war, und daher der Mund eine Hauptstelle für horizontalen Gen-Transfer sein könnte. Dies bestätigte die Ergebnisse, die Mercer *et al* erhalten hatten [111]. Aber wieder einmal wurde keine nachbereitende Arbeit in lebenden Tieren durchgeführt. War es ein Fall der Vermeidung von offensichtlichen Experimenten aufgrund der Angst, positive Ergebnisse zu finden, die schwieriger zurückzuweisen gewesen wären?

Transfer von transgener DNA durch die Wände des Darms und der Gebärmutter

Es gibt mehr zu dem Gebiet des horizontalen Gen-Transfer, als in der existierenden wissenschaftlichen Literatur zum Vorschein kommt. Doerflers Gruppe in Deutschland hat eine Reihe von Experimenten über das Schicksal fremder DNA in Lebensmitteln durchgeführt, die in den frühen 1990er Jahren begannen.

Sie fütterten Mäuse mit DNA, die entweder von dem Bakterien-Virus M13 isoliert wurde, oder wie das geklonte Gen des grünen fluoreszenten Proteins in ein Plasmid eingesetzt wurden. Sie fanden, dass ein kleiner, obschon signifikanter Prozentsatz der Viral- und Plasmid-DNA nicht nur der kompletten Degradation im Darm entkam, sondern durch die Wände des Gedärms in den Blutstrom gelangen konnten, in einige weisse Blutzellen, die Milz und Leberzellen eintraten, und in das Genom der Maus eingefügt wurden [113]. Nachdem schwangere Mäuse damit gefüttert wurden, konnte

die fremde DNA in einigen Zellen der Föten und der neugeborenen Tiere gefunden werden, was deutlich machte, dass sie durch die Gebärmutter gegangen war [114].

Diese Arbeit unterstreicht die Gefahren aller Art von nackter DNA, einschliesslich viralen Genomen, die durch die Gentechnik-Industrie geschaffen werden, und welcher der norwegische Virologe und wissenschaftliche Berater der norwegischen Regierung, Terje Traavik [115], und andere [94, 95] ihre Aufmerksamkeit zugewendet haben.

In einem 1998 veröffentlichten Bericht, konstatieren Doerfler und Schubert [114], "Die Konsequenzen der Aufnahme von fremder DNA für die Mutagenese [Mutationen erzeugend] und Onkogenese [Krebs auslösend] sind bisher noch nicht erforscht worden". Die Relevanz dieser Bemerkung ist treffend im Hinblick auf die identifizierten Fälle von Krebs unter Empfängern einer Gen-Therapie im späteren Teil des Jahres 2002 [116]. Es bringt auf den Punkt, dass ein Aussetzen an transgene DNA die gleichen Risiken mit sich bringt, unabhängig ob sie entweder von Gen-Therapie oder GM-Lebensmitteln stammt. Gen-Therapie ist einfach die genetische Veränderung von Menschen, und benutzt sehr ähnliche Konstrukte wie jene der genetischen Veränderung von Pflanzen und Tieren.

Vermeidung von definitiven Experimenten

In einem 2001 veröffentlichten Bericht [117], wurde das Schicksal gewöhnlicher Sojabohnen-DNA von Blättern der Sojabohne mit denen von transgener Plasmid-DNA verglichen. Er bestätigte frühere Befunde. Transgene Plasmid-DNA drang in die Zellen vieler Gewebe ein.

Aber wie die meisten überprüften Forschungsprojekte, schien auch dieses kurz vor dem Versuch klarere, definitive Ergebnisse zu erhalten, gestoppt worden zu sein. Sie hätten in einfacher Weise durch das Füttern von Mäusen mit transgener Soja erreicht werden können, sowie einem Monitoring über das Schicksal sowohl der transgenen DNA als auch der eigenen DNA der Pflanze. Das hätte einen Weg in jene Richtung geleitet, um den Streitpunkt beizulegen, den Ho und Cummins wiederholt vorgeschlagen haben: das transgene DNA leichter in Zellen und Genome eindringen könnte als natürliche DNA.

Tatsächlich kann wie Ewen herausstellte [44], die Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden, dass die Fütterung von GM-Produkten wie Mais an Tiere, ebenfalls Risiken birgt. Die Kuhmilch könnte GM-Derivate enthalten und sogar ein Filet-Steak könnte aktives GM-Material enthalten, da DNA aussergewöhnlich stabil ist und häufig durch Hitze nicht zerstört wird. DNA wurde kürzlich aus Ablagerungen des Bodens heraufbefördert, welche 300.000 bis 400.000 Jahre alt ist [118]. Der führende Wissenschaftler Professor Alan Cooper von der Universität Oxford, wird zitiert auf seiner jüngsten Reise nach Neuseeland gesagt zu haben [119], "Die Fähigkeit von DNA in Böden derart lange zu überdauern, wurde vollkommen unterschätzt ... und illustriert, wie wenig wir wissen," und "ein Haufen mehr Forschung wird benötigt, bevor wir den Effekt der Freisetzung von GM-Pflanzen vorhersagen können."

Transgene DNA in Lebensmitteln transferierte zu Bakterien im menschlichen Darm

Die britische Regierung beauftragte schliesslich die Forschung, um nach horizontalem Gen-Transfer auf die Bakterien des Darms bei freiwilligen Versuchspersonen zu suchen *und fand positive Ergebnisse*.

Die fragwürdige Untersuchung ist der Abschlussbericht des Projektes der britischen FSA über Schlussfolgerungen der Risiken von GMOs in menschlichen Lebensmitteln [120].

Das transgene DNA auf Bakterien im menschlichen Darm übertragen wird, ist keineswegs unerwartet. Wir wissen bereits aus vorheriger hier überprüfter Forschung, dass DNA im Darm überdauert, und dass Bakterien fremde DNA bereitwillig aufnehmen kann. Warum haben unsere Regulierungsbehörden so lange mit dem Forschungsauftrag gewartet? Und als sie es taten, haben die Wissenschaftler das Experiment derart angeordnet, als ob sie die Widrigkeiten enorm gestapelt hätten, um das Finden von positiven Ergebnisse zu verhindern [121].

Beispielsweise hing die Methode des Findens transgener DNA von der Verstärkung eines kleinen Teils - 180 Basenpaare - der gesamten eingefügten transgenen DNA ab, die schliesslich zehn- oder zwanzigmal so lang war. Somit hätte jedes andere Fragment der Insertion nicht angezeigt werden können, noch hätte ein nicht überlappendes Fragment der ganzen verstärkten 180bp, oder eines das sich auf neuartige Weise zusammenfügte, bemerkt werden können. Die Wahrscheinlichkeit ein positives Resultat zu erhalten ist bestenfalls 5%, und wahrscheinlich viel, viel geringer. *Daher hätte ein negativer Befund mit dieser Nachweis-Methode höchstwahrscheinlich nicht die Abwesenheit von transgener DNA angezeigt.*

Dennoch fanden sie immer noch ein positives Ergebnis, welches die britische FSA sofort zurückwies und verheimlichte. Die FSA nahm für sich - wie berichtet wurde - in Anspruch, "die Befunde seien durch einige Experten der Regierung abgeschätzt worden, die festlegten, dass für Menschen keine Gefahr bestehe." In einem Kommentar auf ihrer Internetseite sagte die FSA, die Studie hätte zusammenfassend festgestellt, dass es "extrem unwahrscheinlich" sei, das GM-Gene im Darm von Menschen enden können, die sie essen.

Der Vektor *Agrobacterium* als Transportmittel des Entkommen von Genen

Das ist nicht alles. Jüngste Erkenntnisse lassen stark vermuten, dass die am meisten genutzte Methode der Erzeugung transgener Pflanzen ebenfalls als einfacher Weg für den horizontalen Gen-Transfer dienen kann [122, 123].

Agrobacterium tumefaciens, die Bodenbakterie, welche die Wurzelhalsgallen-Krankheit verursacht, wurde als Haupt-Vektor für den Gen-Transfer entwickelt, um transgene Pflanzen herzustellen. Fremde Gene werden typischerweise eingefügt in die *T-DNA* - Teil eines Plasmid von *A.tumefaciens* genannt *Ti* (tumor-induzierend) - welches integriert im Genom der Pflanzen-Zelle endet, und welches sich fortwährend zu einem Tumor entwickelt. Soviel war zumindest seit 1980 bekannt.

Aber weitere Nachforschungen enthüllten, dass der Prozess, durch den *Agrobacterium T-DNA* in die Pflanzen-Zelle injiziert wird, stark einer *Konjugation*, oder einer Paarung zwischen Bakterien-Zellen gleicht.

Konjugation, vermittelt durch bestimmte Bakterien-Plasmide, benötigt eine Sequenz, die Herkunft des Transfers (origin of transfer, *oriT*) auf der übertragenen DNA genannt wird. Alle anderen Funktionen können durch unverbundene Quellen versorgt werden, weitergeleitet als 'trans-agierende Funktionen' (trans-acting functions oder *tra*). Daher können 'unfähige' Plasmide, ohne trans-agierende Funktionen, nichts desto weniger durch 'Helfer'-Plasmide transferiert werden, die Gene für die Kodierung der trans-agierenden Funktionen tragen. Und dies ist die Grundlage für ein kompliziert ausgedachtes Vektor-System, unter Einbeziehung von *T-DNA* des *Agrobacteriums*, dass für die zahlreiche Erschaffung transgener Pflanzen benutzt wurde.

Aber bald darauf sickerte durch, dass die linken und rechten Grenzregionen der *T-DNA* zu *oriT* ähnlich sind und von ihnen ersetzt werden können. Darüber hinaus kann der entwaffneten *T-DNA*, der die trans-agierenden Funktionen fehlen (*bösartige* Gene, die zur Krankheit beitragen), durch ähnliche Gene geholfen werden, die zu vielen anderen pathogenen Bakterien gehören. Es scheint, dass der über den

Einflussbereich hinaus agierende Gen-Transfer des *Agrobacterium*s und der konjugativen Systeme von Bakterien auch in den Transport von Makro-Molekülen involviert sind, nicht nur von DNA, sondern auch Proteinen.

Das bedeutet, dass transgene Pflanzen, die durch das Vektor-System der *T-DNA* geschaffen wurden, einen bereiteten Weg für das horizontale Gen-Entkommen *via Agrobacterium* haben, unterstützt durch den gewöhnlichen konjugativen Mechanismus vieler anderer Bakterien, die Krankheiten verursachen, und die in der Umwelt anwesend sind.

Tatsächlich wurde die Möglichkeit, dass *Agrobacterium* als Vehikel für horizontales Gen-Entkommen dienen kann, zuerst 1997 in einer Studie aufgebracht, die von der britischen Regierung gefördert wurde [124]: Sie berichtete, dass es extrem schwierig war, sich des *Agrobacterium*s im Vektor-System nach der Transformation zu entledigen. Die Behandlung mit einem Waffenarsenal von Antibiotika und wiederholten Subkulturen, verfehlten über 13 Monate das Ziel, das Bakterium los zu werden. Weiterhin blieben 12,5% des *Agrobacterium* im binären Vektor enthalten (T-DNA und Helfer-Plasmid), und waren folglich vollständig in der Lage andere Pflanzen zu transformieren. Dieser Forschungsbericht wurde später in einem wissenschaftlichen Journal veröffentlicht [125].

Einige andere Untersuchungen machen das Entkommen von Genen mit Hilfe des *Agrobacterium* sogar noch wahrscheinlicher. *Agrobacterium* transferiert nicht nur Gene in Pflanzen-Zellen; es besteht die Möglichkeit für einen Rücktransfer (*retrotransfer*) von DNA aus der Pflanzen-Zelle an *Agrobacterium* [126].

Hohe Raten des Gen-Transfers werden mit dem Wurzelsystem der Pflanze und dem keimenden Saatgut in Verbindung gebracht, wo die Konjugation am wahrscheinlichsten ist [127]. Dort könnte sich *Agrobacterium* vervielfachen und transgene DNA auf andere Bakterien übertragen, wie auch zur nächsten Pflanze, die dort angebaut wird. Diese Möglichkeiten müssen jetzt empirisch erforscht werden.

Schliesslich hängt sich *Agrobacterium* an einige menschliche Zell-Linien an und transformiert sie genetisch [128]. In stabil transformierten HeLa-Zellen (eine menschliche Zell-Linie, die ursprünglich von einem Krebs-Patienten abgeleitet wird), erschien die Integration von *T-DNA* in der rechten Grenzregion, genau das gleiche Erscheinungsbild, das auftreten würde, wenn es in das Genom einer Pflanzen-Zelle transferiert wird. Dies lässt vermuten, dass *Agrobacterium* menschliche Zellen durch einen ähnlichen Mechanismus transformiert, wie dem, welcher benutzt wird, um Zellen von Pflanzen zu transformieren.

Zwölf

Gefahren des horizontalen Gen-Transfer

Eine Zusammenfassung

Wie aus den letzten Kapitel deutlich hervorgeht, sind die Gefahren, die aus dem horizontalen Transfer von transgener DNA erwachsen können, durch die gentechnische Veränderung einzigartig. Sie sind in Tafel 2 zusammengefasst.

Tafel 2

Potenzielle Gefahren des horizontalen Gen-Transfer durch Gentechnik

- Erzeugung von neuen spezien-übergreifenden Viren, die Krankheiten verursachen
- Erzeugung von neuen Bakterien, die Krankheiten verursachen
- Verbreitung von Medikament- und Antibiotika-Resistenzgenen unter den viralen und bakteriellen Pathogenen, welche Infektionen unbehandelbar machen
- Zufällige Insertion in Genome von Zellen, die in schädlichen Effekten einschliesslich Krebs resultieren
- Reaktivierung von und Rekombination mit ruhenden Viren (anwesend in allen Genomen), um neue infektiöse Viren zu generieren
- Verbreitung von neuen Genen und Gen-Konstrukten, die nie zuvor existierten
- Destabilisierung von Genomen, in welche Transgene transferiert wurden
- Vervielfachung der ökologischen Auswirkungen aufgrund aller oben genannten Aspekte

Experimente, die bisher scheinbar vermieden worden sind

Diese Kritikpunkte sind dem ACRE und ACNFP in einem ausgelegten Papier auf einem offenen Treffen, das durch das ACNFP organisiert wurde, mitgeteilt worden, zusammen mit einer Reihe von offensichtlichen Experimenten, welche die Food Standards Agency in Auftrag geben sollte [129]. Diese sind in Tafel 3 in leicht überarbeiteter Version beschrieben.

Tafel 3

Fehlende Experimente über die Sicherheit von GM-Lebensmitteln und -Pflanzen

Im folgenden sind einige definitive Experimente aufgeführt, die über die Sicherheit von GM-Lebensmitteln und -Pflanzen informieren würden. Sie sind scheinbar bisher absichtlich vermieden worden.

1. Fütterungsexperimente ähnlich denen, die von Pusztai's Team durchgeführt worden sind, unter Verwendung von gut charakterisierter transgener Soja und/oder Maisfutter, mit angemessenem, unbeeinflusstem Monitoring für transgene DNA in den Fäkalien, dem Blut und den Blutzellen, und post-mortem histologischen Untersuchungen, die das Aufspüren des Transfers von transgener DNA in das Genom der Zellen einschliessen. Als eine angefügte Kontrolle, sollte nicht-transgene DNA von der gleichen GM-Futterauswahl ebenfalls beobachtet werden. Darüber hinaus sollte die Rolle des CaMV 35S-Promoters in der Produktion von 'wachstums-ähnlichen Faktoren' bei jungen Ratten ermittelt werden.
2. Ernährungsversuche bei freiwilligen Versuchspersonen unter Verwendung von gut charakterisierter transgener Soja und/oder Maisfutter, mit angemessenem, unbeeinflusstem Monitoring für transgene DNA und horizontalem Gen-Transfer im Mund, in den Fäkalien, dem Blut und den Blutzellen. Als eine angefügte Kontrolle, sollte nicht-transgene DNA von der gleichen GM-Lebensmittelauswahl ebenfalls beobachtet werden.
3. Nachforschungen über die Stabilität von transgenen Pflanzen in nachfolgenden Generationen bzgl. Wachstum, besonders jenen, die den CaMV 35S-Promoter enthalten, und unter Verwendung von angemessenen quantitativen Molekular-Techniken.
4. Vollständige molekulare Charakterisierung von allen transgenen Linien, um Einheitlichkeit und genetische Stabilität der Insertion(en) transgener DNA herzustellen, und dem Vergleich mit den von den Biotech-Firmen übermittelten Original-Daten, um die Zulassung für Freilandversuche oder die kommerzielle Freisetzung zu erhalten.
5. Test an allen transgenen Pflanzen zur Persistenz von Bakterien und Vektoren, die durch das Vektor-System der *T-DNA* des *Agrobacterium*s geschaffen wurden. Die Böden, in welchen transgene Pflanzen angebaut wurden, sollten auf Entkommen von Genen an Bodenbakterien beobachtet werden. Das Potenzial von horizontalem Gen-Transfer an die nächsten Getreidesorte über den keimenden Samen und das Wurzelsystem sollte sorgfältig überwacht werden.

Dreizehn

Schlussfolgerung aus Teil 1 & 2

Unsere extensive Überprüfung der Erkenntnisse hat uns darin bestärkt, dass GM-Pflanzen weder benötigt noch erwünscht sind, dass sie es versäumt haben, die Versprechungen zu erfüllen, und im Gegensatz dazu, eskalierende Probleme auf den Bauernhof aufwerfen. Es besteht keine realistische Möglichkeit für eine Koexistenz von Gentechnik und konventionellem Anbau in der Landwirtschaft, wie durch das hohe Ausmass und die Ausdehnung der transgenen Kontamination bewiesen wurde, die bisher schon aufgetreten ist, sogar in einem Land wie Mexiko, wo seit 1998 ein offizielles Moratorium in Kraft ist.

Noch wichtiger ist, GM-Pflanzen sind inakzeptabel, da sie keineswegs sicher sind. Sie wurden ohne die notwendigen Sicherheits-Richtlinien und Sicherheits-Abschätzungen eingeführt, und zwar durch ein zutiefst fehlerhaftes Regulations-System, das auf dem Prinzip der 'wesentlichen Gleichwertigkeit' basiert. Es zielt stärker auf eine beschleunigte Zulassung, als auf eine seriöse Sicherheits-Abschätzung.

Trotz des Mangels an Sicherheits-Prüfungen von GM-Lebensmitteln, geben die bereits erhältlichen Befunde über die Sicherheit des transgenen Prozesses selbst Grund zu Sorgen, denen man sich nicht zuwendet.

Zur gleichen Zeit, da Gen-Produkte als Biopestizide in Nahrungspflanzen und andere Pflanzen zugelassen werden, was 25% aller GM-Pflanzen weltweit ausmacht, sind sie nun als starke Immunogene und Allergene befunden worden, und gefährliche Pharmazeutika und Impfstoffe werden in Nahrungspflanzen in offenen Freilandversuchen eingeführt.

Unter dem Vorwand einer transgenen Eindämmung, wurden Pflanzen mit 'Suizid-Genen' ausgerüstet, die den Pflanzen eine männliche Sterilität geben. In Wirklichkeit verbreiten diese Pflanzen über ihre Pollen sowohl die Gene für Herbizid-Toleranz als auch die Selbstmord-Gene der männlichen Sterilität, mit potenziell verheerenden Konsequenzen für die landwirtschaftliche und natürliche Biodiversität.

Etwa 75% der weltweit angebauten GM-Pflanzen sind tolerant gegenüber dem ein oder anderen Breitspektrum-Herbizid, Glufosinat-Ammonium und Glyphosat. Beide sind systemische Stoffwechsel-Gifte mit einer weiten Bandbreite an schädlichen Effekten auf Menschen und andere Lebewesen, und diese Effekte sind nun bestätigt worden.

Glufosinat-Ammonium wird in Verbindung gebracht mit neurologischen, respiratorischen, gastrointestinalen und haematologischen Vergiftungen, sowie Geburtsfehlern bei Menschen und Säugetieren.

Glyphosat ist der häufigste Grund für Beschwerden und Vergiftungen in Grossbritannien, und es wurde berichtet über Störungen vieler Körperfunktionen nach dem Aussetzen einer normalen Gebrauchs-Dosis. Die Anwendung von Glyphosat verdoppelt annähernd das Risiko von späten spontanen Schwangerschaftsabbrüchen, und Kinder, die Anwendern von Glyphosat geboren werden, hatten erhöhte nervliche Verhaltensdefekte. Glyphosat verursachte eine verlangsamte Entwicklung des fötalen Skeletts in Versuchen bei Ratten. Es verhindert die Bildung von Steroiden, und ist bei Säugetieren, Fischen und Fröschen gentoxisch. Das Ausbringen einer üblichen Dosis bei Regenwürmern verursachte schliesslich eine Sterblichkeitsrate von 50 Prozent und signifikante Darm-Schädigungen unter den überlebenden Würmern. Roundup

(Wirkstoff: Glyphosat) verursacht eine Dysfunktion der Zellteilung, die mit der Krebsentstehung beim Menschen in Verbindung gebracht werden kann.

Diese bekannten Effekte sind ausreichend, um jegliche Verwendung beider Herbizide zu stoppen.

Die bei weitem heimtückischsten Gefahren der Gentechnik sind dem Prozess an sich innewohnend, der das Ausmass und die Wahrscheinlichkeit eines horizontalen Gentransfers und einer Rekombination stark erhöht, der Hauptverbreitungsweg zur Erzeugung von Viren und Bakterien, die epidemische Krankheiten verursachen.

Neuere Techniken, wie das Vermischen von DNA (shuffling), erlauben es den Genetikern, innerhalb von Minuten im Labor Millionen von rekombinanten Viren zu erschaffen, die niemals existiert haben. Krankheitsauslösende Viren und Bakterien sowie ihr genetisches Material sind die vorherrschenden Materialien und Werkzeuge der Gentechnik, und auch der absichtlichen Herstellung von Bio-Waffen.

Es ist bereits experimentell nachgewiesen, dass transgene DNA von Pflanzen durch Bodenbakterien und im Darm von freiwilligen Versuchspersonen aufgenommen wurde. Die Markergene der Antibiotika-Resistenz können sich über transgene Lebensmittel auf pathogene Bakterien verbreiten, was eine Behandlung von Infektionen sehr schwierig macht.

Transgene DNA ist dafür bekannt, dass sie die Verdauung im Darm überlebt und in das Genom der Zellen von Säugetieren eindringt, was die Möglichkeit des Hervorrufens von Krebs erhöht.

Erkenntnisse legen nahe, dass transgene Konstrukte mit dem CaMV 35S-Promoter, der in dem meisten GM-Pflanzen anwesend ist, besonders instabil sein können und zu einem horizontalen Gen-Transfer und Rekombination neigen, mit all den damit verbundenen Gefahren: Gen-Mutationen aufgrund des zufälligen Einfügens, Krebs, Reaktivierung von ruhenden Viren und Erschaffung von neuen Viren.

Es gab eine Abfolge von Fehlrepräsentationen und Unterdrückung von wissenschaftlichen Erkenntnissen, insbesondere über den horizontalen Gen-Transfer. Schlüssel-Experimente wurden nicht ausgeführt oder wurden schlecht durchgeführt und dann fehlinterpretiert. Es wurde versäumt, viele weiterführende Experimente durchzuführen, einschliesslich Nachforschungen darüber, ob der CaMV 35S-Promoter für 'wachstums-ähnliche' Effekte verantwortlich ist, die in mit GM-Kartoffeln gefütterten jungen Ratten beobachtet wurden.

Aus allen diesen Gründen sollten GM-Pflanzen als mögliche Option für die Zukunft der Landwirtschaft entschlossen zurückgewiesen werden.

Teil 3: Die mannigfaltigen Vorteile der zukunftsfähigen Landwirtschaft

Vierzehn

Warum zukunftsfähige Landwirtschaft?

Alternative Landwirtschaft wird gebraucht

'Moderne' Landwirtschaft ist durch extensive, grossflächige Monokulturen charakterisiert, und hängt von einer hohen chemischen Zufuhr und intensiver Mechanisierung ab.

Obwohl Produktivität als eindimensionales Mass des 'Ertrages' einer einzigen Pflanze definiert wird, kommt die übermässige Zuversicht für chemische Pestizide, Herbizide und synthetischen Düngemitteln mit einem Bündel von negativen Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt daher: Gesundheitsrisiken für Landarbeiter, schädliche chemische Rückstände in Lebensmitteln, reduzierte Biodiversität, Verminderung der Qualität von Boden und Wasser, sowie erhöhte Risiken von Krankheiten der Pflanzen. Die 'moderne' Landwirtschaft marginalisiert häufig Kleinbauern, insbesondere jene in Entwicklungsländern, der Mehrheit aller weltweiten Landwirte. GM-Pflanzen, die jetzt in die Verpackung getan werden, sind bedrohlich im Hinblick auf weitere Gefahren für Gesundheit und Umwelt (s. Teil 2).

Viele verschiedene Praktiken zukunftsfähiger Landwirtschaft

Im Gegensatz dazu, legen die Ansätze der zukunftsfähigen Landwirtschaft eine Betonung auf die Vielfalt der lokalen natürlichen Ressourcen und auf die lokale Autonomie der Landwirte, sich zu entscheiden, was sie anbauen wollen und wie sie ihre Pflanzen und Lebensumstände verbessern können.

Landwirtschaft ist zukunftsfähig, wenn sie ökologisch einwandfrei, ökonomisch tragbar, sozial gerecht, kulturell angemessen, menschlich ist, und auf einem ganzheitlichen Ansatz basiert. Eine kurze Zusammenfassung von Schlüsselkriterien wie sie von Pretty und Hine ausarbeitet wurden [130], ist in Tafel 4 dargestellt.

Ansätze zukunftsfähiger Landwirtschaft können in viele Namen gekleidet sein - Agro-Ökologie, zukunftsfähige Landwirtschaft, organische Landwirtschaft, ökologische Landwirtschaft, biologische Landwirtschaft - aber haben diese Kriterien gemeinsam.

Beispielsweise schliesst der ökologische Anbau synthetische Pestizide, Herbizide und Düngemittel weitgehend aus. Statt dessen ist es ein Ansatz zum Ökosystem, welcher ökologische und biologische Prozesse leitet, wie die Beziehungen in Nahrungsketten, die Zyklen der Nährstoffe, Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, natürliche Schädlingskontrolle und die Steigerung der Vielfalt von Pflanzen und Vieh. Er vertraut auf lokale oder vom Bauernhof abgeleitete erneuerbare Ressourcen, während er im Bezug auf die Erhaltung von Ökologie und Umwelt durchführbar ist.

Während viele in den entwickelten Ländern mit zertifizierter ökologischer Produktion vertraut sind, ist dies nur die Spitze des Eisbergs in Begriffen, die sich auf ursprünglich kultiviertes Land beziehen, aber nicht als solches zertifiziert sind.

De facto oder nicht-zertifizierte ökologische Landwirtschaft ist üblicherweise vorherrschend in ressourcenarmen und/oder landwirtschaftlich unerheblichen Regionen, wo lokale Bevölkerungen den Kontakt mit der Geld-Ökonomie begrenzt haben [131]. Landwirte vertrauen hier auf lokale natürliche Ressourcen, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und Schädlinge und Krankheiten zu bekämpfen. Sie haben hochentwickelte Systeme des Fruchtwechsels, der Behandlung des Bodens, und der Kontrolle von Schädlingen und Krankheiten, die auf traditionellem Wissen basieren.

In ähnlicher Weise vertraut die Agroökologie auf Technologien, die preiswert und zugänglich sind, Risiken abwenden und in marginalisierten Gegenden produktiv sind, welche die ökologische und menschliche Gesundheit stärken, und die kulturell und sozial akzeptabel sind [132]. Sie betonen die Biodiversität, das Wiedergewinnen von Nährstoffen, Synergie unter den Pflanzen, Tieren, Böden und anderen biologischen Komponenten, sowie auch der Regenerierung und Konservierung von Ressourcen. Agroökologie vertraut auf das indigene Wissen um die Landwirtschaft und integriert wenig aufwändige moderne Technologien, um die Produktion zu vervielfältigen. Der Ansatz kombiniert ökologische Prinzipien und lokale Ressourcen zu wegweisenden Landwirtschaftssystemen, die einen umweltfreundlichen und bezahlbaren Weg für Kleinbauern bereitstellen, um die Produktion in für die Landwirtschaft unerheblichen Gebieten zu intensivieren.

Diese agroökologischen Alternativen können die landwirtschaftlichen Probleme lösen, die GM-Pflanzen zu lösen beanspruchen, aber es in einer weitaus sozial ausgeglicheneren und auf die Umwelt bezogenen harmonischeren Weise tun [3].

Es gibt zahlreiche Studien sowie wissenschaftliche Forschungsberichte, welche die Erfolge und Vorteile der Ansätze zukunftsfähiger Landwirtschaft dokumentieren, einschliesslich derer über ökologische Landwirtschaft, welche jüngst durch die Food and Agriculture Organization der Vereinten Nationen [133] und ISIS [134] überprüft wurden.

Wir fassen die Erkenntnisse über einige der Vorteile der Agroökologie, der zukunftsfähigen Landwirtschaft und des ökologischen Anbaus für die Umwelt und die Gesundheit zusammen, sowie auch jene für die Nahrungssicherheit und das soziale Wohlbefinden der Landwirte und lokalen Gemeinschaften. Es ergibt ein Plädoyer für einen umfassenden Wandel zu diesen Ansätzen der zukunftsfähigen Landwirtschaft anstelle von GM-Pflanzen.

Tafel 4

Zukunftsfähige Landwirtschaft

- Macht den besten Gebrauch von Gütern und Diensten der Natur, durch die Integration natürlicher, regenerativer Prozesse, z.B. den Zyklen von Nährstoffen, der Fixierung von Stickstoff, der Regenerierung des Bodens und natürlichen Feinden von Schädlingen
- Minimiert nicht-erneuerbare Zusätze (Pestizide und Dünger), welche die Umwelt schädigen oder die menschliche Gesundheit angreifen
- Vertraut auf das Wissen und die Fertigkeiten von Landwirten, wodurch ihr Selbstvertrauen verbessert wird
- Fördert und schützt das soziale Kapital - die Fähigkeiten der Menschen zusammen zu arbeiten und Probleme zu lösen
- Hängt von den lokal angepassten Praktiken ab, um im Angesicht von Unsicherheit zu Innovationen zu gelangen
- Ist multifunktional und trägt zu öffentlichen Gütern bei, wie sauberem Wasser, Wildformen der Flora und Fauna, der Bindung von Kohlenstoff in Böden, Schutz vor Fluten und Qualität der Landschaft

Fünfzehn

Höhere oder vergleichbare Produktivität und Erträge

Ein näherer Blick auf 'Erträge'

Die ökologische Landwirtschaft wird häufig dafür kritisiert, geringere Erträge im Vergleich zu konventionellen Monokulturen zu haben. Während dies in industrialisierten Ländern der Fall sein mag, sind solche Vergleiche irreführend, da sie die Kosten durch konventionelle Monokulturen für degradiertes Land, Wasser, Biodiversität und andere ökologische Dienste unberücksichtigt lassen, von denen die zukunftsfähige Produktion von Lebensmitteln abhängt [133].

Ein bloßes Schauen auf die Erträge einzelner Pflanzen - wie Kritiker es oft tun - vernachlässigt andere Indikatoren der Zukunftsfähigkeit und aktuell höherer Produktivität pro Einheit Land, insbesondere mit agroökologischen Systemen, die häufig eine vielfältige Mischung aus Pflanzen, Bäumen und Tieren auf dem Land haben [135] (s. "Effiziente, profitable Produktion"). Es ist oft möglich, den höchsten Ertrag einer einzelnen Pflanze durch alleinigen Anbau zu erhalten - in einer Monokultur. Aber während eine Monokultur einen hohen Ertrag einer Pflanze erlauben mag, produziert sie nichts weiter zum Nutzen der Landwirte [136].

In jedem Fall wird, aufgrund des angerichteten Schadens durch den konventionellen Anbau, gewöhnlich eine Übergangsperiode benötigt, um das Land für die gänzlichen Vorteile des zukunftsfähigen Anbaus wiederherzustellen. Nachdem das Land wieder in Takt ist, werden vergleichbare oder höhere Erträge erzielt. Mit geringfügigem Input ist die Umwandlung von der traditionellen Landwirtschaft zu zukunftsfähigen Ansätzen normalerweise begleitet von sofort gestiegenen Erträgen.

Tatsächlich würde lediglich das Reduzieren der gewöhnlichen Landwirtschaftsfläche in den meisten Ländern ein Anwachsen in der Produktion stimulieren, welches weit jenseits der optimistischsten Projektionen der Biotech-Industrie für GM-Pflanzen liegt. Kleinbauern sind produktiver, effizienter, und tragen mehr zur ökonomischen Entwicklung bei, als die Merkmale grosser Landwirtschaftsbetriebe durch konventionelle Monokulturen [136]. Kleinbauern sind zudem bessere Verwalter der natürlichen Ressourcen.

Forschung aus aller Welt zeigt, dass Kleinbauern pro Hektar zwei- bis zehnmal produktiver sind als grössere Bauernhöfe, die zu ineffizienten, extensiven Monokulturen tendieren. Steigerungen der Erträge werden durch den Einsatz von technologischen Ansätzen erreicht, die auf agroökologischen Prinzipien basieren. Diese heben die Vielfalt, Synergie, Wiederverwertung und Integration hervor, sowie soziale Prozesse, welche die Teilnahme und Befähigung der Gemeinschaft betonen. Da die gewöhnlichen Grössen der Bauernhöfe normalerweise im grösseren, ineffizienteren Bereich sind, bietet eine aufrichtige Landreform eine Möglichkeit, um die Produktion deutlich zu erhöhen, während sich die Armut verringert.

Hervorragende Erfolge in Entwicklungsländern

Der Erfolg zukunftsfähiger Landwirtschaft wurde in einer Überprüfung von 208 Projekten und Initiativen aus 52 Ländern konkret demonstriert [130]. 8,98 Millionen Landwirte haben auf zukunftsfähige Landwirtschaftspraktiken auf 28,92 Millionen Hektar in Asien, Lateinamerika und Afrika umgestellt. Verlässliche Daten über die Veränderungen der Erträge aus 89 Projekten zeigen, dass Landwirte substantielle Anstiege in der Lebensmittelproduktion pro Hektar erreichten, etwa 50-100% bei durch Regen bewässerten Pflanzen, obwohl in einigen Fällen beträchtlich grösser, und 5-10% bei berieselten Pflanzen (obwohl generell von einer absolut höheren Basis der

Erträge beginnend). Diese Projekte schliessen sowohl zertifizierte als auch nicht-zertifizierte ökologische Systeme, wie auch integrierte und nahezu ökologische Systeme ein. In allen Fällen waren verlässliche Daten erhältlich, welche sich auf die Anstiege der Produktivität pro Hektar für Nahrungspflanzen und die Instandhaltung von existierenden Erträgen der Grundstruktur bezogen [133].

Einige spezifische Beispiele für angewachsene Erträge sind die folgenden:

- Boden- und Wasser-Konservierung in den Trockengebieten von Burkina Faso hat ehemals degradierte Äcker transformiert. Die herkömmliche Familie hat ein Getreidedefizit von 644 kg im Jahr (gleichbedeutend mit 6,5 Monaten der Nahrungsmittelknappheit) in einen jährlichen Überschuss von 153 kg verwandelt.
- Durch das Cheha Integrated Rural Development Project in Äthiopien, haben etwa 12.500 Haushalte auf die zukunftsfähige Landwirtschaft umgestellt, was in einem 60% Anstieg der Getreideerträge resultierte.
- In Madagaskar hat ein System der Intensivierung von Reis die Erträge des Reises von etwa 2 t/ha auf 5, 10 oder 15 t/ha verbessert, ohne Rückgriff auf käufliche Zugaben wie Pestizide oder Dünger.
- In Sri Lanka haben etwa 55.000 Haushalte auf ungefähr 33.000 ha auf zukunftsfähige Landwirtschaft umgestellt, mit substanzieller Reduzierung der Verwendung von Insektiziden. Die Erträge stiegen um 12-44% bei Reis und 7-44% bei Gemüse.
- 45.000 Familien in Honduras und Guatemala erzielten gestiegene Ernteerträge von 400-600 kg/ha auf 2.000-2.500 kg/ha, wobei sie Gründüngung nutzen, den Boden bedeckende Pflanzen (Bodendecker), umrahmende Grasstreifen, Bodenbearbeitung in Reihen, Steinwälle und Tiermist.
- Die Staaten Catarina, Paraná und Rio Grande do Sul im südlichen Brasilien haben ihr Hauptaugenmerk auf die Konservierung von Boden und Wasser gelegt, unter Verwendung von umrahmenden Gras-Barrieren, umrahmendem Umpflügen und grünem Dünger. Mais-Erträge stiegen um 67% von 3 auf 5 Tonnen/ha, und bei Sojabohnen um 68% von 2,8 auf 4,7 t/ha.
- Die Hochlandregionen Boliviens sind einige der schwierigsten Gebiete der Erde für den Anbau von Pflanzen. Trotzdem haben Bauern die Erträge von Kartoffeln um das dreifache gesteigert, besonders durch die Nutzung von grünem Dünger zur Anreicherung des Bodens.

Andere Fallstudien der organischen agroökologischen Praktiken zeigen dramatische Anstiege der Erträge, als auch Vorteile für die Bodenqualität, Reduzierung von Schädlingen und Krankheiten sowie eine generelle Verbesserung im Geschmack und der Nährstoffmengen [131]. Zum Beispiel:

- In Brasilien steigerte die Verwendung von Gründüngung und Bodendeckern die Mais-Erträge um 20-250%.
- In Tigray, Äthiopien, waren die Erträge von kompostierten Parzellen 3-5fach höher als jene, die nur mit Chemikalien behandelt wurden.
- Anstiege der Erträge um 175% wurden von Bauernhöfen in Nepal berichtet, die agroökologische Praktiken annahmen.
- In Peru führte die Wiedereinsetzung von traditionellem Terrassenbau der Inkas zu einem Anstieg von 150% bei einer Reihe von Hochland-Pflanzen. Bauern sind fähig Rekordernten zu produzieren, trotz Fluten, Trockenheiten und tödlichen Frösten, die in Höhen von fast 4.000 Metern üblich sind [135].
- Projekte im Senegal unter Einbeziehung von 2.000 Bauern förderten stallgefütterte Tiere, Kompostierungssysteme, Gründüngung, Erntesysteme unter Verwendung von Wasser und Gesteinsphosphat. Die Erträge von Hirse und Erdnüssen stiegen dramatisch an, um 75-195% bzw. um 75-165%. Da die Böden eine

grössere Rückhaltefähigkeit für Wasser haben, sind die Schwankungen in den Erträgen zwischen Jahren mit starken und geringem Regenfall weniger deutlich.

- In Santa Catarina, Brasilien, wurde der Schwerpunkt auf die Konservierung von Boden und Wasser gelegt. Angewendet wurden Gras-Barrieren, umrahmendes Pflügen und Gründüngung. Etwa 60 verschiedene Pflanzenarten, Hülsenfrüchte und Nicht-Hülsenfrüchte, wurden miteinander angebaut (inter-cropping) oder als Zwischenfrucht angepflanzt. Dies hatte bedeutende Auswirkungen auf die Erträge, Bodenqualität, Ebenen der biologischen Aktivität und der Fähigkeit der Wasseraufnahme. Die Erträge von Mais und Sojabohnen stiegen um 66% an.
- In Honduras haben Praktiken der Konservierung der Böden und organische Düngemittel die Erträge verdreifacht oder vervierfacht. Das Anpflanzen der *Mucuna*-Bohne hat die Erträge von Pflanzen auf schroffen, leicht erodierbaren Berghängen mit erschöpften Böden in Honduras verbessert [137]. Bauern pflanzen zuerst *Mucuna*, welche ein robustes Wachstum produziert und Unkräuter unterdrückt. Wenn die Bohnen heruntergeschnitten werden, wird Mais auf dem zurückbleibendem Mulch gepflanzt. In Folge dessen wachsen Bohnen und Mais zusammen. Während sich der Boden verbessert, werden die Erträge sehr schnell verdoppelt, sogar verdreifacht (s. "Bessere Böden"). Der Grund - *Mucuna* produziert eine Menge organischen Materials, welches reiche, krümelige Böden erzeugt. Es produziert ebenfalls seine eigenen Düngemittel, bindet den atmosphärischen Stickstoff (N) und bewahrt ihn für andere Pflanzen im Boden.

Diese einfache Technologie wurde auch in Nicaragua angewendet, wo mehr als 1.000 ärmliche Bauern degradiertes Land in der Wassersenke von San Juan in nur einem Jahr wieder fruchtbar machten. Diese Bauern senkten die Verwendung von chemischen Düngemitteln von 1.900 auf 400 Kilogramm pro Hektar, während die Erträge von 700 auf 2.000 Kilogramm pro Hektar anstiegen. Ihre Produktionskosten waren um 22% geringer als die jener Bauern, die chemische Düngemittel und Monokulturen nutzten [135].

Phosphor (P) ist der wichtigste Nährstoff (nach N), an dem es am häufigsten in den Böden des tropischen Afrikas mangelt. Im Gegensatz zu N kann P nicht durch biologische Bindung in den Boden gelangen. Daher ist die Verfügbarkeit von P aus organischen und unorganischen Quellen essenziell, um das Potenzial eines hohen Ernteertrags zu maximieren und zu erhalten.

Studien im westlichen Kenia verglichen die Auswirkungen von organischen und unorganischen Düngemitteln [138]. Die Wissenschaftler folgerten, dass vernünftige Mais-Erträge in einem System von Kleinbauern erreicht werden können, wenn angemessene Mengen an organischem Material hoher Qualität als P-Quellen genutzt wurden.

Vergleiche in industrialisierten Ländern

Die ökologische Landwirtschaft erweist sich auch im Vergleich mit konventionellen Monokulturen in industrialisierten Ländern als vorteilhaft. Eine Überprüfung von wieder veröffentlichten wissenschaftlichen Forschungsergebnissen aus sieben verschiedenen US-Universitäten und Daten aus zwei Forschungszentren aus über 10 Jahren zeigen, dass Erträge ökologischer Systeme und konventioneller Monokulturen vergleichbar sind [139].

- Mais: In 69 Anbausaisons, ergaben sich ökologische Erträge von 94% zu denen des konventionell produzierten Maises.
- Sojabohnen: Daten aus fünf Bundesstaaten aus 55 Anbausaisons zeigten, dass die ökologischen Erträge 94% der konventionellen Erträge erreichten.

- Weizen: Zwei Institutionen mit Erfahrungen aus 16 Anbaujahren erbrachten 97% des ökologisch produzierten Weizen im Vergleich zu konventionellen Erträgen.
- Tomaten: 14 Jahre vergleichender Forschung über Tomaten zeigten keine Unterschiede bei den Erträgen.

Visilikiotis überprüfte jüngste Studien, welche die Produktivität von ökologischen Praktiken und konventioneller Landwirtschaft verglichen [140], einschliesslich der Studien von SAFS und Rodale, die unten diskutiert werden, und folgerte, dass "ökologische Methoden der Landwirtschaft höhere Erträge erbringen können als konventionelle Methoden". Des weiteren, "hat eine weltweite Umwandlung zum Ökologischen das Potenzial, die Mengen der Lebensmittelproduktion anwachsen zu lassen - ohne die Umwandlung der Degradation von landwirtschaftlichen Böden zu erwähnen - und verbesserte Bodenfruchtbarkeit und Gesundheit".

Ergebnisse aus den ersten 15 Jahren eines langfristigen, grossräumigen Experiments, welches durch das Rodale-Institut ausgeführt wurde, zeigten nach einer Übergangsphase von vier Jahren, dass Pflanzen, die unter ökologischen Systemen (tier- und hülsenfrucht-basierend) angebaut wurden, ebenso viele und manchmal bessere Erträge hatten als die konventionellen Pflanzen. Darüber hinaus übertrafen ökologische Systeme das konventionelle System, wenn die Bedingungen nicht optimal waren, beispielsweise während Trockenheiten (s. "Bessere Böden").

Anfänglich geringere Erträge wurden dem teilweise unangemessen verfügbaren N zugeschrieben, der notwendigen Zeit zur Stabilisierung der mikrobiellen Aktivität im Boden (Böden enthalten gewöhnlich genug N, aber nicht immer in nutzbarer Form), und stärkerem Wachstum der Unkräuter. Dies könnte verbessert werden durch angemessene Handhabung und einer notwendigen Zeit für das System, sich an den Wandel zum ökologischen Anbau anzupassen.

Eine vierjährige Studie, Teil eines grösseren, langfristigen Projektes über Sustainable Agriculture Farming Systems (SAFS) in Davis an der Universität von Kalifornien, verglich konventionelle und alternative Anbausysteme für Tomaten [142]. Die Ergebnisse zeigten an, dass ökologische und mit geringfügigen Zusätzen funktionierende Produktion (low-input), zu konventionellen Systemen vergleichbare Erträge erbrachte. Die Verfügbarkeit von N war der wichtigste ertragsbegrenzende Faktor in ökologischen Systemen, konnte aber durch angemessene Handhabung beseitigt werden. Zugefügter N baute, wenn er mit hohen Kohlenstoffgaben verbunden war, organische Bodenmaterie auf und verbesserte die langfristige Fruchtbarkeit. Schliesslich stabilisierte sich die Ebene der organischen Bodenmaterie, und benötigte geringere Zusätze von N.

Ergebnisse aus den ersten acht Jahren des SAFS-Projekts zeigten, dass ökologische und low-input Systeme bei allen getesteten Pflanzen vergleichbare Erträge zu den konventionellen Systemen hatten - bei Tomaten, Florsafraan, Mais und Bohnen - und in einigen Fällen waren die Erträge höher als in konventionellen Systemen [143]. Die Erträge von Tomaten in ökologischen Systemen waren in den ersten drei Jahren geringer, zogen dann aber mit den konventionellen System gleich, und überholten sie im letzten Jahr des Experiments (80 t/ha verglichen mit 68 t/ha 1996). Sowohl ökologische als auch low-input Systeme verbesserten den Gehalt von Kohlenstoff im ökologischen Boden und führten zur Erholung der Nährstoffe, beides kritische Faktoren für die langfristige Fruchtbarkeit des Boden. Da sich die Mengen der organischen Bodensubstanz während der letzten beiden Jahre des Experiments stabilisierten, was in einer höheren Verfügbarkeit von N resultierte, wurden höhere Erträge von ökologischen Pflanzen beobachtet. Das ökologische System stellte sich sowohl für Mais als auch für Tomaten als profitabler heraus, hauptsächlich aufgrund der höheren erzielten Erlöse.

Ein anderes Experiment verglich ökologische und konventionelle Kartoffeln und Mais (sweet corn) über drei Jahre [144]. Es wurden keine Unterschiede im Ertrag und dem Gehalt von Vitamin C in Kartoffeln gefunden. Während eine Sorte des konventionellen Maises die ökologische übertraf, gab es keinen Unterschied zwischen ökologischen und konventionellen beim Ertrag einer anderen Sorte, oder beim Gehalt von Vitamin C oder E in Mais-Körnern. Die Ergebnisse legen nahe, dass langfristiges Ausbringen von Kompost eine höhere Fruchtbarkeit des Bodens und vergleichbares Wachstum der Pflanzen bewirkt.

Sechzehn

Bessere Böden

Erhaltung des Bodens

Die meisten Praktiken zukunftsfähiger Landwirtschaft reduzieren die Erosion des Bodens und verbessern die physikalische Bodenstruktur, den Gehalt organischer Materie, die Fähigkeit das Wasser zu speichern und die Ausgeglichenheit der Nährstoffe. Die Fruchtbarkeit des Bodens wird auf existierenden Flächen erhalten und auf degradierten Gebieten wieder hergestellt.

Ein beeindruckendes Beispiel ist jenes von Landwirten entlang der Grenzregionen der Sahara, in Nigeria, Niger, Senegal, Burkina Faso und Kenia, die produktiv Landwirtschaft betreiben, ohne die Böden zu zerstören, und dass sogar in Trockengebieten. Integrierter Anbau, gemischtes Anpflanzen und traditionelle Methoden der Boden- und Wasser-Konservierung steigern die Lebensmittelproduktion pro Kopf um das mehrfache [145, 146].

Ansätze der zukunftsfähigen Landwirtschaft helfen die meist wertvollste Ressource der Bauern zu konservieren und zu verbessern - die Ackerkrume. Um den Problemen von Verdichtung, Nährstoffverlust und Erosion entgegen zu wirken, nutzen Landwirte des Südens Bäume, Sträucher und Hülsenfrüchte zur Stabilisierung und fügen den Böden Dung und Kompost zu, um Nährstoffe anzubieten, sowie Terrassenbau und Hindernisdämme die Erosion verhindern und das Grundwasser konservieren sollen [131].

Wiederherstellung der Fruchtbarkeit des Bodens

Das Anpflanzen von *Mucuna*-Bohnen hat in Lateinamerika die Bodenfruchtbarkeit auf ausgelaugten Böden wiederhergestellt [137]. *Mucuna* produziert 100 Tonnen organisches Material pro Hektar, und erzeugt innerhalb weniger Jahre reichhaltige, krümelige Boden. Es produziert seine eigenen Düngemittel, bindet atmosphärischen Stickstoff und bewahrt ihn für den Nutzen anderer Pflanzen im Boden. Während sich die Böden verbessern, werden die Erträge verdoppelt und sogar verdreifacht.

Eine der am längsten schriftlich festgehaltenen landwirtschaftlichen Versuche (mehr als 150 Jahre) ist das Broadbalk-Experiment an der Rothamsted Experimental Station. Die Versuche vergleichen Anbausysteme, die auf Dung basierende Düngemittel einsetzen, mit einem System synthetischer chemischer Dünger. Weizenerträge sind gewöhnlich geringfügig höher in ökologisch gedüngten Parzellen als auf Grundstücken, die chemische Düngemittel erhielten. Wichtiger ist, dass die Fruchtbarkeit des Bodens, gemessen als organische Bodenmaterie und als Gehalt des Stickstoffs, in 150 Jahren in den ökologischen Parzellen um über 120% anstieg, verglichen mit einem Anstieg von nur 20% auf den chemisch gedüngten Grundstücken [147].

Eine andere Studie verglich ökologische Merkmale und die Produktivität von 20 kommerziellen Bauernhöfen in Kalifornien [148]. Die Erträge von Tomaten waren bei ökologischen und konventionellen Bauernhöfen ziemlich ähnlich. Die Schäden durch Insektenschädlinge waren ebenfalls vergleichbar. Signifikante Unterschiede wurden in den Gesundheitsindikatoren der Böden gefunden, wie dem Potenzial der Mineralisation von N und der mikrobiellen Fülle und Vielfalt, welche auf den ökologischen Bauernhöfen höher waren. Das Potenzial der Mineralisation von N war auf den ökologischen verglichen mit konventionellen Feldern dreimal höher. Die ökologischen Felder hatten auch 28% mehr organischen Kohlenstoff. Die verbesserte Gesundheit des Bodens resultierte in erheblich geringerer Häufigkeit von Krankheiten.

Die Bedrohlichkeit der vorherrschenden Krankheit in der Studie, der Korkwurzelkrankheit bei Tomaten, war signifikant geringer auf ökologischen Bauernhöfen.

Verbesserung der Ökologie des Bodens

Das weltweit am längsten laufende Experiment zu Vergleichen von ökologischem und konventionellem Anbau, bescheinigte dem ersten einen Erfolg [149, 150]. Die 21-jährige schweizerische Studie ermittelte, dass mit Mist genährte Böden fruchtbarer waren und mehr Pflanzen pro ausgebrachten Zusätzen von Stickstoff und anderen Düngemitteln produzierte.

Der grösste Bonus war eine verbesserte Qualität des Boden unter ökologischer Kultivierung. Ökologische Böden hatten bis zu 3,2fach mehr Biomasse und Häufigkeit von Erdwürmern, zweimal so viele Arthropoden (wichtige Räuber und Indikatoren für die Fruchtbarkeit des Boden), und 40% mehr mycorrhizale Pilze, welche die Pflanzenwurzeln besiedeln. Mycorrhizale Pilze helfen den Wurzeln mehr Nährstoffe und Wasser aus dem Boden zu erhalten [151]. Die gesteigerte Fruchtbarkeit von mikrobiellen Gemeinschaften in ökologischen Böden transformierte Kohlenstoff aus ökologischen Abfällen bei geringerem Energieaufwand zu Biomasse, was eine höhere mikrobielle Biomasse aufbaut. Daher ist eine stärker diverse mikrobielle Gemeinschaft effizienter in der Nutzbarmachung von Ressourcen. Es wird angenommen, dass verstärkte Fruchtbarkeit des Bodens und höhere biologische Vielfalt in ökologischen Böden die Abhängigkeit von äusseren Eingaben reduziert und langfristige Vorteile für die Umwelt bewirkt.

Durchgeführte Freilandversuche auf drei ökologischen und drei konventionellen Gemüse-Bauernhöfen von 1996-1997, stellten die Effekte von synthetischen Düngemitteln und alternativen Bodenzusätzen heraus, einschliesslich Kompost [152]. Die Häufigkeitswerte der *Trichoderma*-Spezies (günstige Bodenpilze, die Agenten der biologischen Kontrolle von pathogenen Pflanzenpilzen sind) und thermophiler Mikroorganismen (von denen ein Hauptbestandteil Actinomycetes waren, welche *Phytophthora* unterdrücken) waren in ökologischen Böden grösser. Im Gegensatz dazu waren die Häufigkeitswerte von *Phytophthora* und *Pythium* (beides Pflanzen-Pathogene) in ökologischen Böden geringer.

Während die Studie vermehrt Darmbakterien in ökologischen Böden verzeichnete, betonten die Wissenschaftler, dass dies nicht das Problem sei, da die Überlebensraten im Boden minimal sind. (Kritiker der ökologischen Landwirtschaft weisen in unaufrichtiger Art auf die möglichen Gesundheitseffekte der Nutzung von Mist. Aber unbehandelter Mist ist für die zertifizierte ökologische Landwirtschaft *nicht* erlaubt, und behandelter Mist (weitläufig bekannt als Kompost) ist sicher - dieser wird in der ökologischen Landwirtschaft verwendet. Konträr zur konventionellen Durchführung (wo unbehandelter Dünger benutzt werden könnte), inspizieren die Aussteller der ökologischen Zertifizierung die Bauernhöfe, um sicherzustellen, dass die Standards eingehalten werden [153].)

Einige signifikante Unterschiede bei den Erträgen wurden zwischen Böden mit alternativen Zusätzen und jenen mit synthetischen Düngemitteln beobachtet, unabhängig vom System der Produktion. Als alle Anbauer 1997 Tomaten pflanzten, waren die Erträge auf Bauernhöfen mit einer Tradition von ökologischer Produktion höher, unabhängig von den Formen der Zusätze, und zwar aufgrund der langfristigen Vorteile der ökologischen Zusatzstoffe. Die Konzentrationen von Mineralien waren in ökologischen Böden höher, und die Qualität des Bodens von konventionellen Bauernhöfen wurde durch ökologische Düngemittel signifikant verbessert. Die Forscher folgerten, "das Argument [der Kritiker], dass ökologische Landwirtschaft

gleichbedeutend mit einer Landwirtschaft geringer Erträge sei, wird durch unsere Daten nicht unterstützt" (S.158).

Allseitig verbesserte Qualität des Bodens wendet Ertragseinbußen während Trockenheiten ab

Die 15-jährige Studie, die vom Rodale-Institut durchgeführt wurde, verglich drei Mais/Sojabohnen-Systeme der Agroökologie [141, 154, 155]. Eines war ein konventionelles System unter Verwendung von mineralischen N-Düngern und Pestiziden. Die anderen beiden Systeme wurden ökologisch bewirtschaftet. Eines basierte auf Dünger, wo Gräser und Hülsenfrüchte als Teil eines wechselnden Anbaus (crop rotation) an die Rinder gefüttert wurde. Der Dünger stellte den N für die Mais-Produktion bereit. Das andere System hatte kein Vieh, aber es wurden Hülsenfrüchte als Bodendecker in den Boden als Quelle für N mit eingebracht.

Ökologische Techniken stellten sich als Mittel der signifikanten Verbesserung der Qualität des Bodens heraus, gemessen durch die Struktur, die gesamte organische Bodenmaterie (ein Maß der Fruchtbarkeit des Bodens) und die biologische Aktivität [141]. Die verbesserte Bodenstruktur erzeugte eine günstigere Wurzelzone in der Umwelt und erlaubte es dem Boden, die Feuchtigkeit besser zu absorbieren und zu erhalten. Jenseits der Vorteile während der Periode des Regens, reduzierte es das Potenzial der Erosion bei heftigen Stürmen.

Ökologische Böden wiesen eine höhere Ebene der biologischen Aktivität und eine grössere Vielfalt an Mikroorganismen auf. Derartig langfristige Veränderungen in der Gemeinschaft des Bodens könnte die Gesundheit der Pflanzen fördern und mag die Nährstoffwege von Kohlenstoff und Stickstoff positiv beeinflussen, um für die Pflanzen verfügbar zu werden und im Boden zu zirkulieren.

Erstaunlicherweise unterschieden sich die Mais-Erträge aus zehn Jahren unter den drei Systemen im Durchschnitt nur um weniger als 1%, die nahezu gleich profitabel waren [154, 155]. Die beiden ökologischen Systeme zeigten angestiegene Grade von verfügbarem N, während das Maß an N im konventionellen System zurückging. Dies zeigt an, dass ökologische Systeme über eine lange Dauer in Kategorien der Produktivität zukunftsfähiger sind [141].

Die Produktion von Sojabohnen war auch hochgradig produktiv, und erreichte 1088 Kilogramm pro Morgen Land (i.e. 272 Kilogramm pro Hektar). Während einer der schlimmsten jemals aufgezeichneten Dürren 1999, waren die Erträge von ökologischen Sojabohnen 816 Kilogramm pro Morgen (i.e. 204 Kilogramm pro Hektar), verglichen mit nur 436 Kilogramm pro Morgen (i.e. 108 Kilogramm pro Hektar) bei konventionell angebauten Sojabohnen. Ökologische Praktiken ermutigten nicht nur den Boden die Feuchtigkeit effektiver zu halten als konventionell bewirtschafteten Boden, der höhere Gehalt organischer Materie machte den ökologischen Boden auch weniger kompakt, so dass die Wurzeln besser eindringen konnten, um die Feuchtigkeit tiefer anzutreffen.

Die Ergebnisse hoben die Vorteile hervor, welche die Qualität des Bodens in der ökologischen Landwirtschaft bringt, sowie sein Potenzial Fehlernten abzuwenden. "Unsere Versuche zeigen, dass die Verbesserung der Qualität des Bodens durch ökologische Praktiken den Unterschied zwischen einer Ernte und einem Elend in Zeiten einer Dürre bedeuten kann", sagte Jeff Moyer, Hofvorsteher am Rodale-Institut [156].

Siebzehn

Sauberere Umwelt

Weniger chemische Zusätze, weniger Auslaugung und Ablauf

Systeme zukunftsfähiger Landwirtschaft, die keine oder wenig chemische Pestizide oder Herbizide verwenden, sind eindeutig ein Vorteil für die Umwelt (s. nächsten Abschnitt). Konventionelle Systeme der Landwirtschaft werden darüber hinaus häufig mit Problemen wie dem Durchsickern von Nitrat und einer Verschmutzung des Grundwassers assoziiert. Die Anwendung von phosphathaltigen (P) Düngemitteln in exzessivem Ausmaß bei Bedarf der Pflanzen, resultiert in einer Anhäufung von verfügbarem P in den Oberflächen der Böden, und in gesteigerten Verlusten von Oberflächenwasser.

Eutrophisierung von Wasser ist eines der trostlosesten Ergebnisse der Verschmutzung mit N und P. Die hohen Nährstoffkonzentrationen stimulieren eine Algenblüte, die Sonnenlicht blockiert, verursacht den Tod der Wasservegetation und zerstört in ihrem Verlauf wertvolle Standorte, Nahrung und Unterkunft für das Leben im Wasser. Wenn die Algen sterben und sich zersetzen wird Sauerstoff benötigt, zum Nachteil des Lebens im Wasser.

Vier Landwirtschafts-Systeme - ökologisch, mit wenig Zusätzen, konventioneller Vierjahres-Fruchtwechsel und konventioneller Zweijahres-Fruchtwechsel - wurden für Tomaten und Mais von 1994-1998 in Kaliforniens Sacramento Valley ausgewertet [157]. Das ökologische System und jenes mit wenig Zusätzen zeigten einen um 112% und 36% grösseren potenziell mineralisierbaren Gehalt von N als jeweilige konventionelle Systeme. Aber als sie Bodendecker einsetzten, gab es eine langsamere, kontinuierlichere Freisetzung von mineralischem N während der Anbauzeit. Im Gegensatz dazu führten konventionelle Systeme mineralisches N aus synthetischen Düngemitteln in Intervallen zu, und die Raten der Mineralisation von N betragen 100% mehr als in ökologischen, und 28% mehr als in den Systemen mit geringen Zusätzen. Das implizierte eine grössere Wahrscheinlichkeit des Durchsickerns von N und damit verbundene Probleme der Verschmutzung in konventionellen Systemen. Durchschnittliche Erträge von Tomaten und Mais in einer Periode von fünf Jahren unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Anbausystemen. Die Forscher folgerten, dass das geringere potenzielle Risiko des Durchsickerns von N durch geringere Raten der Mineralisation des N in den ökologischen und mit wenig Eingaben arbeitenden Systemen, die landwirtschaftliche Zukunftsfähigkeit und die Qualität der Umwelt zu verbessern scheint, während ähnliche Ernteerträge zu den konventionellen Systemen erhalten bleiben.

Die über 21 Jahre durchgeführte Studie in der Schweiz [149, 150] schätzte auch das Ausmaß ab, in dem ökologische Anbaupraktiken die Anhäufung des gesamten und verfügbaren Phosphors (P) im Boden beeinflussen würde, verglichen mit konventionellen Praktiken [158]. Bodenproben wurden aus einer nicht gedüngten Kontrollgruppe genommen, zwei konventionell behandelten Kulturen und zwei ökologisch behandelten Kulturen.

Im Durchschnitt waren die jährlichen Ausgaben für P beider ökologischer Anbausysteme negativ für jede einzelne Fruchtwechsel-Periode und für die 21 Jahre der Experimente auf dem Feld. Dies deutete darauf hin, dass die Abnahme von P durch geerntete Produkte den Input von P durch Düngemittel übertraf. Der konventionell kultivierte Boden, der mineralische Düngemittel und Hofmist erhielt, zeigte bei allen drei Fruchtwechselansätzen einen positiven Haushaltsplan. Darüber hinaus nahm die Verfügbarkeit des unorganischen P im Oberflächenboden bei allen

Behandlungen während der Feldversuche deutlich ab, ausser bei der konventionellen Behandlung. Somit wurde das Potenzial einer Verschmutzung durch P in ökologischen Systeme reduziert.

Die über 15 Jahre durchgeführten Versuche des Rodale-Institut zeigten, dass das konventionelle System grössere Auswirkungen auf die Umwelt hat - 60% mehr Nitrat als in den ökologischen Systemen sickerte über eine Dauer von fünf Jahren in das Grundwasser [154, 155]. Die Böden in konventionellen Systemen waren zudem relativ gesättigt mit wasserlöslichem Kohlenstoff, und somit anfällig für ein Auslaugen. Die besseren Raten der Wasserfiltration der ökologischen Systeme machte sie weniger anfällig für Erosion und verringerte die Wahrscheinlichkeit, durch oberflächlichen Ablauf zur Wasserverschmutzung beizutragen.

Achtzehn

Reduzierte Pestizide & kein Anstieg an Schädlingen

Weniger Pestizide

Ökologische Landwirtschaft verbietet die routinemäßige Anwendung von Pestiziden. Nach Angaben der Soil Association sind in Grossbritannien etwa 430 aktive Inhaltsstoffe synthetischer Pestizide in der nicht-ökologischen Landwirtschaft erlaubt, verglichen mit sieben in der ökologischen Landwirtschaft. Die im ökologischen Anbau genutzten Pestizide dürfen nur als letzter Ausweg zur Schädlingskontrolle angewendet werden, wenn andere Methoden versagen. Es sind entweder natürliche oder einfache Chemikalien, die schnell abgebaut werden. Drei davon benötigen eine weitere Autorisierung für den Gebrauch.

Viele Projekte der zukunftsfähigen Landwirtschaft berichten über grosse Reduktionen im Gebrauch von Pestiziden, nachdem dort auf die integrierte Schädlingsbekämpfung (integrated pest management) umgestellt wurde. In Vietnam haben Bauern die Häufigkeit des Sprühen von 3,4 auf 1,0 pro Saison gedrosselt, in Sri Lanka von 2,9 auf 0,5 pro Saison und in Indonesien von 2,9 auf 1,1 pro Saison. Überall in Südostasien haben Bauern unter Anwendung der integrierten Schädlingsbekämpfung substantziell gesteigerte Erträge erzielt, während sie gleichzeitig Pestizide verbannten [130].

Schädlingskontrolle ohne Pestizide, und ohne Ernteverluste

Da ökologische Prozeduren synthetische Pestizide ausschliessen, behaupten Kritiker, dass Verluste aufgrund der Schädlinge auftreten würden. Die Forschung über die Produktion von kalifornischen Tomaten widersprach jedoch dieser Behauptung [159]. Es bestand auf 18 kommerziellen Bauernhöfen kein signifikanter Unterschied bei den Schäden durch Schädlinge, von denen die eine Hälfte zertifizierte ökologische Systeme und die andere Hälfte konventionelle Unternehmen waren. Die Biodiversität von Arthropoden (wirbellose Gliederfüßler) war im Durchschnitt auf ökologischen Bauernhöfen um ein Drittel grösser als auf konventionellen Bauernhöfen. Es gab zwischen beiden keinen signifikanten Unterschied in der Fülle von Herbivoren (Schädlinge; Pflanzenfresser).

Die natürlichen Feinde der Schädlinge waren indes in grösserer Fülle in den ökologischen Systemen anzutreffen, mit einem grösseren Artenreichtum aller funktionellen Gruppen (Pflanzenfresser, Räuber, Parasiten). So ist jede einzelne Schädlingsart auf ökologischen Bauernhöfen mit einer grösseren Bandbreite von Herbivoren verbunden (i.e. würde abgeschwächt), und Gegenstand einer weiteren Bandbreite und grösseren Fülle von potenziellen Parasiten und anderen natürlichen Feinden.

Gleichzeitig zeigte die Forschung, dass Schädlingskontrolle ohne Pestizide erreichbar ist, sogar Ernteverluste abwendet. In Ostafrika sind Mais und Hirse mit zwei Hauptschädlingen konfrontiert - dem Stammborher und der Striga, einer parasitischen Pflanze. Randstücke des Feldes werden mit 'Pflanzen-Fallen' bestückt, wie dem Napier-Gras und dem Sudan-Gras, welche die Stammborher anziehen. Napier-Gras ist ein Beikraut der örtlichen Flora, dessen Geruch den Stammborher anlockt. Die Schädlinge werden von den Pflanzen zu den Fallen hin gelockt - das Gras produziert eine klebrige Substanz, welche die Larven des Stammborhers tötet [160]. Die Pflanzen werden in abwechselnden Reihen mit Melasse (*Desmodium uncinatum*) und zwei Hülsenfrüchten angepflanzt: Silberblatt und Grünblatt. Die Hülsenfrüchte binden

N, und bereichern den Boden. *Desmodium* weist ebenfalls den Stammbohrer *und* *Striga* ab.

In Bangladesch begann 1995 ein Projekt, um nicht-chemische Mittel zur Kontrolle von Schädlingen des Reises zu fördern, welches auf natürliche Feinde und die Fähigkeit der Reispflanze vertraut, Schäden durch Insekten zu kompensieren. Es gab keine negativen Auswirkungen auf die Erträge [161]. Konträr erfreuen sich Bauern, die keine Insektizide verwenden, dauerhaft grösserer Erträge als jene, die Insektizide benutzen. Da die Teilnehmer des Projektes auch andere Methoden über den Verzicht auf Insektizide hinaus modifizierten, kann nicht gesagt werden, ob der Anstieg der Erträge aufgrund der gänzlichen Abwesenheit von Insektiziden entstand. Es zeigt jedenfalls, dass keine Insektizide benötigt werden, um höhere Erträge zu erhalten. Die Teilnehmer des Projektes erfreuen sich höherer Netto-Erlöse als Anwender von Insektiziden: die durchschnittlichen Netto-Einnahmen der Teilnehmer beliefen sich auf 5.373 Tk (US\$ 107) pro Bauer und pro Saison, verglichen mit 3.443 Tk (US\$ 69) für die Benutzer von Insektiziden.

Andere Vorteile des Vermeidens von Pestiziden

Jenseits des offensichtlichen Vorteils, keine schädlichen Pestizide anzuwenden, haben koreanische Forscher berichtet, dass die Vermeidung von Pestiziden in anfälligen Feldern die Trübe Bachschmerle ermutigt, welche effektiv Moskitos kontrolliert, die Malaria und die japanische Enzephalitis verbreiten [162]. Felder auf denen keine Insektizide angewendet wurden, hatten einen höheren Reichtum an dort lebenden Insekten. Diese Fische sind gleichwohl gefräßige Räuber von Moskitolarven.

In Japan beschritt ein innovativer ökologischer Landwirt als Pionier den Weg eines Anbausystems von Reis, das Unkräuter und Schädlinge in Ressourcen zur Fütterung von Enten verwandelte [163]. Enten essen schädliche Insekten und die goldene Schnecke, die Reispflanzen attackiert, sowie sie auch die Samen und Setzlinge von Unkräutern vertilgen. Durch die Nutzung ihrer Füße zum Ausgraben der Pflanzensetzlinge, belüften die Enten das Wasser und stellen eine mechanische Stimulation her, um die Reisstengel stark und fruchtbar zu machen. Diese Praxis wurde von 10.000 Bauern in Japan übernommen, und auch von Landwirten in Südkorea, Vietnam, den Philippinen, Laos, Kambodscha, Thailand und Malaysia. Viele Bauern steigerten ihre Erträge im ersten Jahr um 20 bis 50%. Ein Bauer in Laos steigerte sein Einkommen um das dreifache.

Systeme wie diese, die für Ansätze der zukunftsfähigen Landwirtschaft charakteristisch sind, machen Gebrauch von den komplexen Interaktionen unterschiedlicher Arten, und zeigen, wie wichtig die Beziehung zwischen der Biodiversität und der Landwirtschaft ist (s. nächsten Abschnitt).

Die Vorteile des Vermeidens von Pestiziden für die Gesundheit werden kurz in "Ökologische Lebensmittel für die Gesundheit" diskutiert.

Neunzehn

Unterstützung der Biodiversität & Nutzung der Vielfalt

Landwirtschaftliche Biodiversität ist unentbehrlich für die Ernährungssicherheit

Die Erhaltung der landwirtschaftlichen Biodiversität ist lebenswichtig für die langfristige Ernährungssicherheit. Pimbert überprüfte die vielfältigen Funktionen der landwirtschaftlichen biologischen Vielfalt und ihre Wichtigkeit für ländliche Lebensgemeinschaften [164]. Landwirtschaftliche Biodiversität trägt zur Ernährungssicherheit und zur Sicherheit von Lebensgemeinschaften bei, einer effizienten Produktion, der Zukunftsfähigkeit der Umwelt und der ländlichen Entwicklung, es regeneriert die Systeme lokaler Nahrungsmittel und ländliche Ökonomien. Ländliche Bevölkerungen haben dynamische und komplexe Lebensgemeinschaften, die gewöhnlich auf einer Vielfalt von Pflanzen- und Tierarten beruhen, sowohl wilden als auch domestizierten. Die Vielfalt innerhalb der Arten (i.e. die Varietäten oder Landsorten der Landwirte) ist ebenso unter den domestizierten Arten für die Produktion der Getreide und Vieh bemerkenswert, und ist das Ergebnis der Innovation der ländlichen Bevölkerung. So ist die landwirtschaftliche Vielfalt eine lebendige Versicherung gegen Ausbrüche von Krankheiten bei Getreide und Vieh, und verbessert die langfristige Unverwüstlichkeit der ländlichen Lebensgemeinschaften, um Tendenzen und Schocks abzuwenden. Die landwirtschaftliche Vielfalt ist zunehmend durch das Übernehmen von Hohertragsorten, uniformen Züchtungen und Varietäten der 'modernen' Landwirtschaft bedroht.

Das Protokoll eines Treffens der FAO 2002 über 'Biodiversität und den Ansatz des Ökosystems in der Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei', hob die Verbundenheit zwischen Biodiversität und Landwirtschaft hervor [165]. Es gab spezifische Beispiele wie die Innovationen von Bauern, die Biodiversität bereichern, und über die Wichtigkeit der Biodiversität für die Landwirtschaft. Ein Bericht überprüfte 16 Fallstudien aus 10 Ländern in Asien, Lateinamerika, Europa und Afrika, und zeigte, wie die ökologische Landwirtschaft die Vielfalt der genetischen Ressourcen für die Nahrung und Landwirtschaft steigert [166]. In allen Fällen besteht eine enge Beziehung zwischen ökologischen Systemen und der Aufrechterhaltung der Biodiversität, sowie Verbesserungen in den sozio-ökonomischen Bedingungen der Bauern.

Fallstudien eines kommunal angesiedelten Systems der Landwirtschaft in Bangladesch, des *Ladang*-Kultivierens von ökologischen Gewürzen in Indonesien und ökologischem Kaffee in Mexiko zeigen, wie traditionelles und kommunal angesiedeltes Management verwilderte und degradierte landwirtschaftliche Ökosysteme rehabilitieren können. Diese polykulturellen Systeme sind durch hochgradig vielfältige Systeme und landwirtschaftliche Biodiversität gekennzeichnet, welche die Gemeinschaft nicht nur mit Lebensmitteln sondern auch weiteren Diensten unterstützen. Fallstudien über den Anbau von ökologischem Kakao in Mexiko und ökologischer, natürlich pigmentierter Baumwolle in Peru sind Beispiele für erfolgreiche ökologische Landwirtschaft, die zum *in situ* Erhalt (in der natürlichen Umgebung; d.Ü.) und zukunftsfähiger Nutzung in den Zentren der Vielfalt beigetragen haben, während sie wirtschaftliche Vorteile für die lokalen Gemeinschaften erbrachten. Traditionelle und unterdurchschnittlich gering genutzte Arten und Varietäten in Peru (glutenfreie Quinoa), Italien (Saraceno-Korn, Zolfino-Bohne, Dinkel-Weizen) und Indonesien (lokale Sorten von Reis) sind dank der ökologischen Landwirtschaft vor der Ausrottung bewahrt worden. Vier Fallstudien aus Deutschland, Italien, Südafrika und Brasilien illustrieren wie der ökologische Anbau viele traditionelle Sorten und Züchtungen

wiederbelebt hat, die besser an lokale ökologische Bedingungen angepasst und resistent gegen Krankheiten sind. Wie die Autoren folgern, trägt die ökologische Landwirtschaft zum Erhalt *in situ*, zur Wiederbelebung und Erhaltung der landwirtschaftlichen Vielfalt bei.

Erhalten und Unterstützen der Biodiversität

Zukunftsfähige Landwirtschaft spielt eine weiterhin wichtige Rolle in der Erhaltung der natürlichen Biodiversität. Ökologische Bauernhöfe beherbergen oft eine grössere natürliche Vielfalt als konventionelle Bauernhöfe, mit mehr Bäumen, einer grösseren Vielfalt von Getreidesorten und vielen verschiedenen natürlichen Räubern, die Schädlinge kontrollieren und dabei helfen, Krankheiten zu verhindern [131].

In Kolumbien und Mexiko durchgeführte Forschung fand 90% weniger Vogelarten auf in der Sonne angebauten Plantagen, als bei im Schatten angebautem ökologischen Kaffee, der die natürlichen Standorte der Wälder nachahmt [167]. Die Kultivierung im Schatten wird durch ökologische Standards empfohlen, da es die Fruchtbarkeit des Boden verstärkt, Schädlinge und Krankheiten zu kontrollieren hilft, und die Möglichkeiten der Produktion von Getreide erweitert. Eine andere Studie durch den British Trust for Ornithology fand signifikant höhere Dichten von brütenden Feldlerchen (einer bedrohten Art) auf ökologischen Bauernhöfen, verglichen mit konventionellen Bauernhöfen. Die Vielfalt der Pflanzen, die durch den gestiegenen Gebrauch von Herbiziden in der landwirtschaftlichen Produktion bedroht wurde, ist dabei, von den ökologischen Systemen zu profitieren, da diese die Verwendung von chemischen Herbiziden nicht erlaubt. Studien aus Griechenland und England zeigen, dass die pflanzliche Vielfalt und Fülle tatsächlich in ökologischen Systemen höher ist als in konventionellen. Andere Studien zeigen eine gesteigerte Vielfalt und Fülle von Wirbellosen in den ökologischen Systemen.

Ein Bericht der Soil Association [168] überprüfte umfassend die Befunde von neuen Studien (sieben aus Grossbritannien, zwei aus Dänemark), und fasste die Hauptergebnisse aus vierzehn ergänzenden Studien über die, durch die ökologische Landwirtschaft unterstützte Biodiversität, zusammen. Der Bericht folgerte, dass ökologische Landwirtschaft in den Niederungen eine weitaus höhere Ebene der Biodiversität fördert (sowohl den Reichtum als auch die Vielfalt der Arten) als konventionelle Anbausysteme, einschliesslich Spezies, deren Bestand signifikant zurückgegangen ist. Dies traf besonders auf Wildpflanzen in bestellbaren Feldern zu, Vögel wie brütende Feldlerchen, Wirbellose einschliesslich Arthropoden, welche die Nahrung für Vögel umfassen, nicht schädliche Schmetterlinge, und Spinnen. Ökologische Bauernhöfe zeigten auch einen signifikanten Rückgang von Blattläusen und keine Veränderung von schädlichen Schmetterlingen. Die Qualität der Lebensräume war auf ökologischen Bauernhöfen günstiger, sowohl in Bezug auf die Feldgrenzen als auch auf die Standorte von Pflanzen.

Viele vorteilhafte Praktiken wurden für die ökologische Landwirtschaft identifiziert, wie der Wechsel des Getreides mit Brachland, Wechsel von Frühjahrs- und Herbst-Aussaat, dauerhafte Beweidung, keiner Anwendung von Herbiziden oder chemischen Pestiziden, und die Verwendung von Mist. Diese Praktiken können den Trend des Rückgangs der Biodiversität umkehren, der mit dem konventionellen Anbau verbunden ist. Die Verbesserungen der Biodiversität wurden allgemein in allen angebauten Gebieten sowie auch an den Feldrändern gefunden. Der Bericht legt nahe, dass die Hauptvorteile auch in den Hochlagen wahrscheinlich sind.

Der reduzierte oder ausgeschlossene Gebrauch von Agrochemikalien im ökologischen und zukunftsfähigen Anbau wird auch Wildpflanzen ein Aufblühen erlauben, unter denen sich eine wachsende Anzahl von Kräutern befindet, die in der

traditionellen Medizin eingesetzt werden. Die World Health Organization schätzt, dass 75-80% der Weltbevölkerung teilweise oder ausschliesslich pflanzliche Medizin zur Pflege der Gesundheit benutzt. Einige dieser Pflanzen sind vom Aussterben bedroht, und gemeinsame Anstrengungen sind zu ihrer lokalen Erhaltung erforderlich, während gleichzeitig sichergestellt ist, dass das Ernten der Wildpflanzen zukunftsfähig ist und weiterhin für die Bevölkerung der lokalen Gemeinschaften einen Beitrag leistet [169]. Wilde Pflanzen und Tiere sind auch für viele landwirtschaftliche Gemeinschaften Teil eines wichtigen Repertoires an Nahrung und Medizin [164].

Vielfalt steigert die landwirtschaftliche Produktivität

Biodiversität ist ein wichtiger und integraler Teil von Ansätzen der zukunftsfähigen Landwirtschaft. Jede Art in einem Agroökosystem ist Teil eines Netzes von ökologischen Beziehungen, die durch Flüsse von Energie und Materialien verbunden sind. In diesem Sinne sind die unterschiedlichen Komponenten der Agrobiodiversität multifunktional, und tragen zur Elastizität von Produktionssystemen bei, während sie Dienste für die Umwelt leisten, wenngleich einige Arten eine Schlüsselrolle spielen mögen [164]. Die geleisteten Dienste für die Umwelt durch die landwirtschaftliche Biodiversität schliessen die Kompostierung zu organischer Bodenmaterie ein, das Umwandeln der Nährstoffe, die Produktion von Biomasse und die Effizienz des Ertrages, Erhalt von Boden und Wasser, Schädlingskontrolle, Bestäubung und Verbreitung, Erhalt der Biodiversität, Klimafunktionen, Austausch von Wasser, und beeinflussen die Struktur der Landschaft.

Empirische Erkenntnisse einer seit 1994 durchgeführten Studie zeigen, dass biodiverse Ökosysteme zwei- bis dreimal produktiver sind als Monokulturen [170, 171]. Auf experimentellen Parzellen stieg die Anzahl der Arten sowohl überirdisch als auch auf die gesamte Biomasse bezogen, signifikant an. Die Parzellen hoher Diversität waren gut gegen die Invasion und das Wachstum der Unkräuter immun. Das war auf den Parzellen der Monokulturen und jenen mit einer geringen Vielfalt nicht der Fall. Daher sind diverse Systeme produktiver, und auch weniger anfällig für Unkräuter!

Mit erstaunlichen Resultaten haben Tausende chinesischer Reisbauern bewiesen, dass ein Anpflanzen einer Vielfalt von Getreide vorteilhaft ist (verglichen mit Monokulturen), und ihre Erträge nahezu verdoppelt und die meisten verheerenden Krankheiten eliminiert, ohne Chemikalien einzusetzen oder durch höhere Ausgaben [172, 173]. Wissenschaftler arbeiteten mit Bauern in Yunnan zusammen, die eine einfache Praxis einsetzten, mit der das Auftreten des Mehltau-Pilzes bei Reis radikal begrenzt werden konnte. Er zerstört Millionen von Tonnen Reis und kostet die Bauern jedes Jahr einige Milliarden Dollar an Verlusten.

Anstatt grosse Standorte mit einer Sorte von Reis anzupflanzen, bauten die Bauern eine Mischung aus zwei Sorten an; einem Standard-Hybridreis, der sich gewöhnlich nicht dem Reis-Mehltau beugt und einem wertvolleren leimartigen oder 'klebrigen' Reis, der für seine grosse Anfälligkeit bekannt ist. Die genetisch unterschiedlichen Reispflanzen wurden 1998 in fünf Ortschaften auf allen Feldern angepflanzt (812 Hektar), und 1999 in zehn Ortschaften (3.432 Hektar).

Die für die Krankheit anfälligen Sorten, die mit den resistenten Sorten angepflanzt wurden, hatten 89% höhere Erträge und der Mehltau war 94% weniger stark, als in angebauten Monokulturen. Sowohl der Leimartige als auch der Hybridreis zeigten eine gesunkene Infektionsrate. Die Hypothese für den klebrigen Reis ist ziemlich eindeutig. Wenn eine Sorte für die Krankheit anfällig ist, und je mehr dieser anfälligen Typen konzentriert sind, desto leichter verbreitet sich die Krankheit. Die Verbreitung ist weniger wahrscheinlich, wenn anfällige Pflanzen gemeinsam mit Pflanzen angebaut werden, die resistent gegenüber dieser Krankheit sind (i.e. ein mildernder Effekt tritt

auf). Die klebrigen Reispflanzen, die ein wenig über den Hybridreis herausragen, erfreuten sich sonnigerer, wärmerer und trockenerer Bedingungen, die das Wachstum der Pilze entmutigten. Der Rückgang der Krankheit in der Hybridsorte mag aufgrund eines Blockierens der über die Luft verbreiteten Sporen des Mehltaus durch den grösseren klebrigen Reis entstanden sein, und durch eine grössere eingeführte Resistenz (aufgrund der Tatsache, dass diverse Felder diverse Pathogene unterstützen, ohne einen dominanten Strang zu besitzen). Der grobe Wert der Mischungen war pro Hektar 14% höher als bei Hybrid-Monokulturen und 40% grösser als bei den leimartigen Monokulturen.

In Kuba haben Systeme des integrierten Anbaus oder Polykulturen, wie Kassave-Bohnen-Mais, Kassave-Tomaten-Mais, und Süsskartoffel-Mais, 1,45 bis 2,82mal höhere Produktivität als Monokulturen [135]. Zusätzlich verbessern Hülsenfrüchte die physikalischen und chemischen Merkmale des Bodens und durchbrechen effektiv den Kreislauf von Plagen durch schädliche Insekten.

Das Integrieren von Gemüse in Systeme des Reisanbaus, durch ihr Anpflanzen auf Deichen, hat die Erträge des Reises in Bangladesch nicht berührt, abgesehen von den durch die Deiche verlorenen Bereichen [161]. Demgegenüber lieferte das Gemüse den Familien mehr Nährstoffe. Der Überschuss wurde mit den Nachbarn, Freunden und Verwandten geteilt oder verkauft, was einen weiteren Wert von 14% erbrachte.

Das Integrieren von Fischen in geflutete Reis-Systeme verursachte ebenfalls keine signifikante Abnahme der Reiserträge, und steigerte in einigen Fällen die Ernten. Die Netto-Gewinne durch den Verkauf des Fisches lag im Durchschnitt bei Tk 7.354 (US\$ 147) pro Bauer und pro Saison, mehr als die Einnahmen durch den Reis. Wie auch bei Gemüse, aßen die Reis-Fisch-Bauern regelmäßig mehr Fisch und verschenkten viel davon an ihr soziales Netzwerk.

Die Biodiversität des Bodens spielt eine grundlegende Rolle in der Förderung zukunftsfähiger und produktiver Landwirtschaft, und ökologische Praktiken helfen diese zu verstärken [174]. Ökologischer Mulch, der umsichtig auf degradierte und verkrustete Oberflächen des Bodens in der Sahel-Zone von Burkina Faso aufgetragen wurde, zog die Aktivität von Termiten an, was die Erholung und Rehabilitation der degradierten Böden fördert. Das Füttern der Termiten mit und das Transportieren des oberflächlich aufgetragenen Mulches, verbesserte die Struktur des Bodens wie auch die Infiltration von Wasser, und verstärkte somit die Freigabe von Nährstoffen in den Boden. Das Wachstum und der Ertrag von Erbsen war auf Parzellen mit Termiten weitaus besser, als auf jenen Parzellen ohne sie. In Indien konnten die Erträge von Tee durch ökologischen Dünger und durch in Gräben zwischen die Reihen von Tee eingesetzte, Ungeziefer vertilgende, Regenwürmer um 76-239% gesteigert werden, verglichen mit konventioneller unorganischer Düngung. Dementsprechend stiegen die Profite an.

Zwanzig

Zukunftsfähig im Hinblick auf Umwelt und Ökonomie

Zukunftsfähige Produktion

In *Nature* veröffentlichte Forschungsergebnisse ermittelten die Zukunftsfähigkeit von ökologischer, konventioneller und integrierter (Kombination beider Methoden) Systeme des Apfel-Anbaus von 1994-1999 in Washington [175, 176]. Das ökologische System erreichte in Beziehung auf Zukunftsfähigkeit von Umwelt und Ökonomie den ersten Platz, das integrierte System den zweiten und das konventionelle den letzten Platz. Die angewendeten Indikatoren waren die Qualität des Bodens, gartenbaulicher Auftritt, die Profitabilität von Obstgärten, die Qualität der Umwelt und die Energieeffizienz.

Die Bewertungen der Qualität des Bodens für die ökologischen und integrierten Systeme der Jahre 1998 und 1999 waren signifikant höher als für das konventionelle System, und zwar aufgrund des Zufügens von Kompost und Mulch. Alle drei Systeme erbrachten vergleichbare Erträge, ohne beobachtbare Unterschiede von physiologischen Funktionsstörungen oder Schäden durch Schädlinge und Krankheiten. Es bestanden bei allen zufriedenstellende Grade an Nährstoffen. Ein Konsumenten-Test des Geschmacks befand die ökologischen Äpfel zur Ernte für weniger sauer und süß als konventionelle Äpfel, nachdem die Äpfel sechs Monate lang gelagert worden waren.

Ökologische Äpfel waren aufgrund der höchsten Preise und eines schnelleren Erlöses der Investitionen die profitabelsten. Dies entgegen anfänglich geringerer Einkünfte wegen der benötigten Zeit der Umwandlung zur zertifizierten ökologischen Landwirtschaft in den ersten drei Jahren, da der Höchstpreis der nächsten drei Jahre durchschnittlich 50% über den konventionellen Preisen lag. Auf lange Sicht holte das ökologische System die Ausgaben wieder schneller herein. Die Studie plante, dass das ökologische System schon nach 9 Jahren den Durchbruch erreichte. Das konventionelle würde dies aber erst nach 15 Jahren tun, und das integrierte System nach 17 Jahren.

Die Auswirkungen auf die Umwelt wurden durch einen Bewertungs-Index abgeschätzt, um potenziell ungünstige Auswirkungen durch Pestizide und Verdünnungsmittel für Früchte festlegen zu können: je höher die Bewertungen, desto grösser waren die negativen Auswirkungen. Die Bewertung des konventionellen Systems betrug das 6,2fache des ökologischen Systems. Trotz höherem Arbeitsaufwand benötigte das ökologische System weniger Energie durch Düngemittel, der Kontrolle von Unkraut und der biologischen Kontrolle von Schädlingen, was es hinsichtlich der Energie zu der effizientesten machte.

Eine andere Studie evaluierte die finanziellen und umweltbezogenen Aspekte der Zukunftsfähigkeit von ökologischen, integrierten und konventionellen Anbausystemen, durch die Anwendung eines Rahmenwerks von integrierter Ökonomie-Umwelt-Buchführung auf drei Bauernhöfen in der Toscana, Italien [177]. In Begriffen der finanziellen Leistung, war der Bruttospielraum eines durchgehend ökologisch betriebenen Anbausystems höher als der Bruttospielraum eines korrespondierenden konventionellen Anbausystems. Die ökologischen Systeme schnitten besser als die integrierten und konventionellen Systeme ab, unter Berücksichtigung der Verluste von Stickstoff, dem Risiko von Pestiziden, der Biodiversität von krautartigen Pflanzen und der meisten anderen Umweltindikatoren. Die Ergebnisse stellten den Nachweis heraus, dass die ökologische Landwirtschaft die Effizienz vieler Indikatoren bezüglich der Umwelt und Rentabilität potenziell verbessert. Während nicht vollständig gefolgert wurde, dass ökologische Landwirtschaft zukunftsfähiger ist, wurde nichts desto

weniger festgestellt, dass die Leistung des ökologischen Anbausystems besser war als die der konventionellen Systeme des Anbaus.

Zukunftsfähig im Hinblick auf Umwelt

Eine europaweite Studie schätzte die Auswirkungen des Verbrauchs von Umwelt und Ressourcen des ökologischen Anbaus ab, relativ zum konventionellen Anbau [178]. Die Studie ergab, dass der ökologische Anbau im Vergleich zur Mehrheit der überprüften Umweltindikatoren besser abschnitt als der konventionelle Anbau. In keiner Kategorie zeigte der ökologische Anbau eine schlechtere Leistung, wenn er mit dem konventionellen Anbau verglichen wurde.

Beispielsweise erbrachte die ökologische Landwirtschaft in Beziehung auf die Vielfalt von Fauna und Flora, die Erhaltung des Wildlebens und die Vielfalt von Lebensräumen eine bessere Arbeit als die konventionelle Landwirtschaft. Ökologischer Anbau erhielt zudem die Fruchtbarkeit des Bodens und die Stabilität des Systems besser als konventionelle Systeme. Des weiteren zeigte die Studie, dass aus dem ökologischen Anbau ein geringeres oder ähnliches Durchsickern von Nitrat-Raten resultierte als in der integrierten und konventionellen Landwirtschaft, und dass er keinerlei Risiko durch Verschmutzung des Bodens und Oberflächenwassers durch synthetische Pestizide darstellt.

Der Rückblick der FAO [133] folgerte, "Als eine endgültige Bewertung kann konstatiert werden, dass gut durchgeführte ökologische Landwirtschaft zu mehr erfreulichen Bedingungen auf *allen* Ebenen der Umwelt führt" (kursiv hinzugefügt, S.62). Ihre Abschätzung zeigte, dass der Gehalt organischer Materie in ökologischen Böden gewöhnlich höher ist, was eine höhere Fruchtbarkeit, Stabilität und Fähigkeit der Feuchtigkeitsbewahrung anzeigt, die das Risiko von Erosion und Wüstenbildung reduzieren. Ökologische Böden haben signifikant höhere biologische Aktivität und eine grössere Menge an Mikroorganismen, die eine schnellere Rückwandlung von Nährstoffen und eine verbesserte Bodenstruktur bewirken.

Die Rückschau befand die ökologische Landwirtschaft eines geringeren Risikos der Wasserverschmutzung durch synthetische Pestizide und der Raten des Durchsickerns von Nitrat pro Hektar, die signifikant niedriger waren als in konventionellen Systemen. Im Hinblick auf den Bedarf von Energie, schnitt die ökologische Landwirtschaft besser ab als die konventionelle (s. nächsten Abschnitt).

Die Überprüfung erkannte an, dass genetische Ressourcen, einschliesslich Insekten und Mikroorganismen, alle anwachsen, wenn Land ökologisch bewirtschaftet wird, während die wilde Flora und Fauna im und um ökologische Bauernhöfe vielfältiger und zahlreicher ist. Durch das Anbieten von Nahrungsressourcen und Unterkunft für vorteilhafte Arthropoden und für Vögel, trägt die ökologische Landwirtschaft zur natürlichen Schädlingsbekämpfung bei. Zudem trägt sie zur Erhaltung und dem Überleben von Pflanzen bestäubenden Insekten bei.

Einundzwanzig

Verbesserung im Hinblick auf den Klimawandel

Energieeffizienz, reduzierter direkter und indirekter Energieverbrauch

Die 'moderne' Landwirtschaft hat viele Fragen hinsichtlich ihres Beitrags zum Klimawandel zu beantworten, der das bei weitem entmutigendste Problem ist, das der Menschheit je begegnete. Sie hat erhöhte Emissionen von Stickstoffoxid und Methan, potenten Treibhausgasen, sie nutzt fossile Brennstoffe und trägt zu dem Verlust von im Boden gebundenem Kohlenstoff in die Atmosphäre bei [179].

Praktiken der zukunftsfähigen Landwirtschaft können synergistische Vorteile zur Verbesserung im Hinblick auf den Klimawandel bereitstellen. Die FAO glaubt, dass die ökologische Landwirtschaft Ökosysteme befähigt, sich besser an die Effekte des Klimawandels anzupassen und ein grosses Potenzial zur Reduzierung landwirtschaftlicher Emissionen von Treibhausgasen besitzt [133]. Sie folgerte, "Ökologische Landwirtschaft schneidet in einer Skala pro Hektar besser ab als konventionelle Landwirtschaft, sowohl hinsichtlich des direkten Energieverbrauchs (Treibstoff und Öl) als auch im indirekten Verbrauch (synthetische Düngemittel und Pestizide)", mit einer hohen Ausnutzung des Energiebedarfs (S.61).

Die Versuche des Rodale-Instituts fanden, dass der Gebrauch im konventionellen System 200% höher war als in jeglichen ökologischen Systemen [141]. Forschung in Finnland ermittelte, dass während die ökologische Landwirtschaft Maschinen über mehr Stunden benutzte als der konventionelle Anbau, der gesamte Energieverbrauch in den ökologischen Systemen immer noch der geringste war [180]. In den konventionellen Systemen wurde mehr als die Hälfte der gesamten Energie zur Produktion von Roggen für die Herstellung von Pestiziden aufgewendet.

Ökologische Landwirtschaft war in Systemen der Produktion von Äpfeln energieeffizienter als konventionelle Landwirtschaft [175, 176]. Studien in Dänemark verglichen ökologische und konventionelle Produktion von Milch und Gerste [181]. Die genutzte Gesamtenergie pro Kilogramm produzierter Milch war niedriger in der ökologischen als in der konventionellen Molkerei, während die aufgewendete Gesamtenergie, um auf dem gleichen Gebiet einen Hektar ökologischer Frühjahrs-Gerste anzubauen, um 35% geringer war als für die zur Produktion von konventioneller Frühjahrs-Gerste verwendete. Da der ökologische Ertrag geringer war, war die benötigte Energie pro kg Gerste im ökologischen Anbau nur geringfügig niedriger als im konventionellen.

Für die Emissionen von Kohlendioxid wurde kalkuliert, in Systemen ökologischen Anbaus in Europa pro Hektar 48-66% niedriger zu sein [133, 178], und wurden den Merkmalen der ökologischen Landwirtschaft hinzugefügt, i.e., keine Eingabe von mineralischen N-Düngemitteln mit hohem Energieverbrauch, geringerer Bedarf von hochgradig Energie benötigenden Futtermitteln, geringere Eingabe von mineralischen Düngemitteln (P, K) und Eliminierung von Pestiziden.

Aufgrund des Augenmerks der ökologischen Landwirtschaft auf lokale Produktion, Konsum und Verteilung, wurde des weiteren weniger Energie für den Transport der Produkte, insbesondere per Luftweg, verschwendet. Gemäß einer 2001 durchgeführten Studie, waren die mit dem Transport von Lebensmitteln verbundenen Emissionen von Treibhausgasen eines örtlichen Bauernhofs zum lokalen Markt, um das 650-fache geringer als die Emissionen, die durchschnittlich mit dem in Supermärkten verkauften Lebensmitteln assoziiert sind [zitiert in 179].

Bindung grösserer Mengen von Kohlenstoff

Böden sind wichtige Senken für atmosphärisches Kohlendioxid, aber diese Senke wurde in anwachsendem Maße durch den Verbrauch von Land in der konventionellen Landwirtschaft verringert. Ansätze zukunftsfähiger Landwirtschaft helfen jedoch, dem Klimawandel durch die Wiederherstellung des Gehalts an organischer Bodenmaterie entgegen zu wirken (s. "Bessere Böden"), da sie eine Bindung des Kohlenstoffs in der Erde steigern. Organische Materie wird durch das Hinzufügen von Dung, Kompost, Mulch und Bodendeckern wieder hergestellt.

Pretty und Hine nehmen an, dass die 208 bewerteten Projekte etwa 55,1 Millionen Tonnen Kohlenstoff akkumuliert haben [130]. Das SAFS-Projekt fand heraus, dass der Gehalt von organischem Kohlenstoff im Boden sowohl in ökologischen Systemen als auch jenen mit geringfügigen Zusätzen stieg [143], während die Studie bei über 20 konventionellen Bauernhöfen in Kalifornien ermittelte, dass ökologische Felder 28% mehr organischen Kohlenstoff hatten [148].

Dies war ebenfalls in der 15-jährigen Studie des Rodale-Instituts zutreffend, wo die Kohlenstoff-Mengen im Boden in den beiden ökologischen Systemen anstiegen, nicht jedoch im konventionellen System [141]. Die Forscher folgerten, dass ökologische Systeme in signifikanter Weise die Fähigkeit aufwiesen, Kohlenstoff zu absorbieren und zu binden, was die Möglichkeit nahelegt, dass Praktiken zukunftsfähiger Landwirtschaft helfen können, die Auswirkung der globalen Erwärmung zu reduzieren.

Geringere Emissionen von Stickstoffdioxid

Die FAO schätzte zudem, dass ökologische Landwirtschaft wahrscheinlich weniger Stickstoffdioxid (N₂O) emittiert [133], einem weiteren wichtigen Treibhausgas und auch Ursache des Abbaus stratosphärischen Ozons. Das aufgrund eines geringeren Input von N, weniger N durch organischen Dünger aufgrund geringerer Dichte von Vieh, höheres C/N-Verhältnis von ausgebrachtem organischen Dünger und weniger verfügbarem mineralischen N im Boden als Quelle einer Denitrifikation, und effiziente Aufnahme von verfügbarem N in Böden aufgrund von Bodendeckern.

Zweiundzwanzig

Effiziente, profitable Produktion

Verstärkte Produktivität

Jeglicher Rückgang von Erträgen in der ökologischen Landwirtschaft wird mehr als wieder gut gemacht durch seine Gewinne bezüglich Ökologie, Effizienz, und geringeren Kosten, was sie zu einem profitablen Unternehmen macht. Die Studie aus der Schweiz fand, dass der Input von Düngemitteln und Energie um 34-53% und der Input von Pestiziden um 97% reduziert wurde, zeitgleich die mittleren Ertragsraten über 21 Jahre nur 20% geringer waren, was eine effiziente Produktion und effizienten Gebrauch von Ressourcen zeigt [149, 150]. Der ökologische Ansatz war langfristig kommerziell realisierbar, produzierte mehr Lebensmittel pro Einheit Energie oder Ressourcen.

Daten zeigen, dass kleine Bauernhöfe pro Einheit weit mehr produzieren als grosse Bauernhöfe (die dazu tendieren Monokulturen zu sein, was kennzeichnend für den konventionellen Anbau ist) [136]. Obwohl der Ertrag einer Pflanze pro Einheit des Ackers eines kleinen Bauernhofs geringer sein mag als in einer grossen Monokultur, kann der Gesamt-Output pro Einheit Acker, oft zusammengestellt aus einem Dutzend Sorten Getreide und verschiedenem Vieh, bei weitem höher sein. Kleine sind auch effizienter als grosse Bauernhöfe in Beziehung auf den Gebrauch von Land und den 'Gesamtfaktor Produktivität', einem Durchschnitt der Effizienz des Gebrauchs aller verschiedenen Faktoren, die in die Produktion eingehen, einschliesslich Land, Arbeit, Inputs, Kapital, usw..

Studien in Bolivien zeigen, dass obwohl die Erträge auf chemisch gedüngten und mit Maschinen vorbereiteten Kartoffel-Feldern grösser sind, die Energiekosten höher und die ökonomischen Nettovorteile geringer sind, als dort wo einheimische Hülsenfrüchte als Pflanzen im Fruchtwechsel eingesetzt wurden [135]. Umfragen zeigen an, dass Bauern das letztere alternative System bevorzugen, weil es den Gebrauch von knappen Ressourcen, Arbeit und verfügbarem Kapital optimiert, und sogar für arme Produzenten zugänglich ist.

Geringere Kosten, höhere Profite

Zwei Versuche in Minnesota bewerteten einen zweijährigen Fruchtwechsel von Mais und Sojabohnen und einen vierjährigen Fruchtwechsel von Mais-Sojabohnen-Hafer/Alfalfa-Alfalfa bei vier Strategien der Bewirtschaftung: keine, geringe, hohe und organische Inputs [182]. Durchschnittlich über einen Zeitrahmen von sieben Jahren von 1993-1999, betrug der Ertrag von Mais und Sojabohnen in der vierjährigen ökologischen Strategie 91 und 93%, und rückblickend für die zweijährige Strategie des Input 81 und 84%. Dennoch waren die Erträge von Hafer sowohl bei den vierjährigen ökologischen und mit hohem Input arbeitenden Strategien ähnlich. Die Erträge von Alfalfa in der vierjährigen ökologischen Strategie betrug in einem Versuch 92% im Vergleich zu jener vierjährigen Strategie mit hohem Input, und in dem zweiten Versuch waren die Erträge die Gleichen.

Trotz des leichten Rückgangs bei den Erträgen von Mais und Sojabohnen hatte die ökologische Strategie geringere Produktionskosten als die Strategie höheren Inputs. Daraus resultierend waren die Nettoeinnahmen, ohne die besten Preise für ökologischen Anbau berechnend, für beiden Strategien gleichwertig. Die Wissenschaftler deuteten darauf hin, dass Systeme der ökologischen Produktion mit den konventionellen wettbewerbsfähig sein könnten.

Eine umfassende Überprüfung der vielen vergleichenden Studien der Produktion von Getreide und Sojabohnen, die von sechs US-Universitäten im mittleren Westen durchgeführt wurde, fand heraus, dass die ökologische Produktion in all diesen Studien gleichwertig war, und in vielen Fällen besser als die konventionelle [183]. Ökologische Systeme hatten höhere Erträge als konventionelle Systeme, die fortwährende Getreideproduktion betrieben (i.e. keine Fruchtwechsel von Pflanzen), und gleiche oder geringere Erträge zu konventionellen Systemen, die Fruchtwechselfolgen der angebauten Pflanzen mit einbezogen. In einem trockeneren Klima hatten ökologische Systeme höhere Erträge, da sie widerstandsfähiger gegen Trockenheit waren als konventionelle Systeme.

Die ökologischen Anbausysteme waren immer profitabler als die meisten herkömmlichen konventionellen Systeme, wenn die besten Preise für ökologischen Anbau mit eingerechnet wurden. Wenn die höheren Prämien nicht einbezogen wurden, waren die ökologischen Systeme immer noch in der Hälfte der Studien produktiver und profitabler. Dies wurde den niedrigeren Produktionskosten und der Fähigkeit von ökologischen Systemen zugeschrieben, die konventionellen in trockeneren Gebieten oder in Trockenperioden zu übertreffen. Der Autor folgerte, "ökologische Systeme der Produktion sind gegenüber den meisten herkömmlichen konventionellen Systemen wettbewerbsfähig", und empfahl, dass "wenn Bauern geläufige beste Marktpreise für ökologisches Getreide und Sojabohnen erhalten, die ökologische Produktion generell höhere Profite einbringt als die Produktion von nicht-ökologischem Getreide und Sojabohnen" (S.2).

Die Ergebnisse des Rodale-Institut aus 15 Jahren zeigten, dass nach einer Übergangsperiode mit geringeren Erträgen das ökologische System dem konventionellen System gegenüber finanziell wettbewerbsfähig war [141]. Während die Kosten der Umstellung den gesamten Finanzplan eines Bauernhofs wahrscheinlich für einige Jahre berühren werden, wurden vorausgesagte Gewinne von leicht darunter bis wesentlich höher gegenüber denen des konventionellen Systems eingestuft, und das sogar, obwohl die wirtschaftlichen Analysen keinerlei ökologische Preisauflagen mit einbezogen. Die höheren Profite der ökologischen Bauernhöfe kamen hauptsächlich aus höheren Erträgen von Mais, die sich in der Übergangsperiode nahezu verdoppelten. Wenn Preise oder Erträge gering waren, litten die ökologischen Bauernhöfe darunter weniger als die konventionellen und hatten weniger Schwankungen beim Einkommen, da sie eine Vielfalt von Getreide jenseits des zu verkaufenden Maises hatten. Die Ausgaben von ökologischen Bauernhöfen waren signifikant geringer als bei konventionellen - die letzteren gaben 95% mehr für Düngemittel und Pestizide aus. Die gesamten Produktionskosten der ökologischen Bauernhöfe waren 26% niedriger.

Dreiundzwanzig

Verbesserte Ernährungssicherheit und Vorteile für lokale Gemeinschaften

Gesteigerte lokale Produktion von Lebensmitteln

Trotz ausreichender globaler Produktion von Nahrung hungern immer noch viele Menschen, weil die gesteigerte zur Verfügung stehende Nahrung nicht automatisch eine gesteigerte Ernährungssicherheit bedeutet. Wichtig ist, wer die Lebensmittel produziert, wer Zugang zu der Technologie und dem Wissen zur Produktion hat, und wer die Kaufkraft besitzt, sie zu akquirieren [130]. Arme Bauern können sich teure 'moderne' Technologien nicht leisten, die theoretisch die Erträge steigern.

Viele Bauern zeigen eine 'hinterher hinkende Produktivität', nicht weil es an 'Wunder'-Saaten fehlt, die ihre eigenen Insektizide enthalten und massive Mengen von Herbiziden tolerieren, sondern weil sie auf randständige, durch Regen bewässerte Ländereien umgesiedelt wurden, und sich Strukturen und makroökonomischen Richtlinien gegenüber sehen, die auf historischen Ungleichheiten erbaut sind, und die zunehmend feindselig gegenüber der Produktion von Lebensmitteln durch Kleinbauern sind [184].

So ist ihre Landwirtschaft am besten charakterisiert als 'komplex, vielfältig und riskant veranlagt' [185], und sie haben maßgeschneiderte landwirtschaftliche Technologien für ihre variablen, aber einmaligen Umstände, in Beziehung auf das lokale Klima, die Topographie, Böden, Biodiversität, Anbausysteme, Ressourcen, usw.. Es sind diese Bauern, die bereits anfällig für Risiken sind, die durch die Risiken von GM-Pflanzen am meisten betroffen sind [184].

Ansätze zukunftsfähiger Landwirtschaft müssen es daher den Bauern erlauben, ihre lokale Nahrungsproduktion mit preiswerten, bereits verfügbaren Technologien und Inputs zu verbessern, ohne Schaden an der Umwelt zu verursachen. Dies war wie von Pretty und Hine überprüft [130], tatsächlich der Fall. Die meisten Projekte und Initiativen der zukunftsfähigen Landwirtschaft berichteten über signifikante Anstiege in der häuslichen Nahrungsproduktion - einige als Verbesserungen der Erträge, einige als Anstiege in der Intensität oder Diversität der Anbauproduktion.

Die Erkenntnisse zeigten:

- Die durchschnittliche Produktion von Lebensmitteln pro Haushalt stieg um 1,71 Tonnen pro Jahr (73%) bei 4,42 Millionen Landwirten auf 3,58 Millionen Hektar.
- Der Anstieg der Produktion von Lebensmitteln betrug 17 Tonnen pro Jahr (ein Anstieg von 150%) bei 146.000 Bauern auf 542.000 Hektar, die Bodenfrüchte kultivierten (Kartoffel, Süsskartoffel, Kassaue)
- Die Gesamtproduktion stieg um 150 Tonnen pro Haushalt (ein Anstieg von 46%) auf den grösseren Bauernhöfen in Lateinamerika (durchschnittliche Grösse von 90 Hektar).

Die Bewertung befand, dass während der Bestand an Lebensmitteln anstieg, der familiäre Konsum ebenfalls anstieg, mit direkten gesundheitlichen Vorteilen, insbesondere für Frauen und Kinder. Des weiteren machten 88% der 208 Projekte besseren Gebrauch von den lokal verfügbaren natürlichen Ressourcen, und 92% verbesserten das Humankapital durch Lernprogramme. In mehr als der Hälfte der Projekte arbeiteten die Menschen zusammen.

Lernen von Landwirten

Die Haltung der zukunftsfähigen Landwirtschaft erkennt den Wert traditionellen und indigenen Wissens an, sowie auch der Erfahrung und Innovation von Landwirten. Die Wichtigkeit und der Wert des Lernens von Landwirten, und von bäuerlich geführter, partizipatorischer landwirtschaftlicher Forschung, sind in Konzepten wie 'farmer first' gut etabliert [185, 186].

Fallstudien und Experimente über erfolgreiche agroökologische Innovationen aus Afrika, Lateinamerika und Asien [187] bringen den Nachweis, dass agroökologische Praktiken mit geringem äusseren Input einen wichtigen Beitrag zur Ernährung der Welt über die nächsten 30 bis 50 Jahre leisten könnte. Hauptsächlich auf lokale Ressourcen und Wissen zurückgreifend, sind die Bauern fähig, Erträge wesentlich zu steigern, manchmal den Output zu verdoppeln oder zu verdreifachen.

Um ein Beispiel zu zitieren, in Malis Sahel-Zone haben Praktiken der Erhaltung von Boden und Wasser sowie Waldfeldbau die Getreideerträge gesteigert, in einigen Fällen von 300 kg/ha auf 1.700 kg/ha, etwa das zweifache des benötigten um den Grundnahrungsbedarf zu decken. Nachdruck wurde ebenfalls auf die Konservierung von traditionellen Sorten von Saatgut und der Biodiversität gelegt, durch eine von Bauern durchgeführte Auswertung und kommunalen oder lokalen Gen-Banken.

Die Überprüfung der FAO stellt die wichtigen Beiträge von an Ressourcen armen Bauern weltweit heraus [133]. Nicht-zertifizierte ökologische Landwirtschaft, von Millionen indigener Menschen, Bauern und kleinen Familienbauern praktiziert, trägt signifikant zur regionalen Ernährungssicherheit bei: in Lateinamerika zeichnen sie für mehr als 50% des produzierten Maises, der Bohnen, Maniok und Kartoffeln verantwortlich; in Afrika, für die meisten Getreide, Wurzel- und Knollengewächse; in Asien für den meisten Reis.

Fallstudien aus Indien, Brasilien, Iran, Thailand und Uganda zeigen wie das traditionelle Wissen, Innovation und agroökologische Ansätze zahlreiche Vorteile erbracht haben: gestiegene Produktivität, bessere Gesundheit der Umwelt und Fruchtbarkeit des Bodens, verbesserte Biodiversität, ökonomische Vorteile, Ernährungssicherheit, verstärkte soziale Bindungen innerhalb von Gemeinschaften, und Wiederbelebung von Praktiken der traditionellen, zukunftsfähigen Landwirtschaft.

Bauern in Äthiopien ergreifen Schritte ihre Nahrungsmittelsicherheit zu sichern, indem sie auf ihr Wissen zurückgreifen [188]. In Ejere, haben Bauern ihre eigenen Sorten von lokalem Weizen wieder beansprucht, *teff* (einem äthiopischen Grundnahrungsgetreide) und Hafer, nachdem sogenannte Hohertragsorten in geringen Erträgen und anderen Problemen resultierten. Im Gebiet von Butajira demonstrieren Bauern, dass es möglich ist, intensiv und zukunftsfähig anzubauen, um genügend Lebensmittel für die Bedürfnisse der Bevölkerung sicherzustellen. Sie tun dies durch die Nutzung von ausgesuchten indigenen Pflanzen mit einer Resistenz gegen Krankheiten, Toleranz gegen Trockenheit und vielen anderen erwünschten Eigenschaften, durch Intercropping, und durch integriertes Management von Vieh. In Worabe erhalten Bauern ein komplexes, zukunftsfähiges und indigenes landwirtschaftliches System, welches die Nahrungsmittelsicherheit sichert. Das System basiert auf *enset*, einer stark gegen Trockenheit resistenten, vielfältig nutzbaren indigenen Pflanze.

Bessere Einkommen, gesteigerte Ernährungssicherheit

Erkenntnisse aus hunderten von Graswurzel-Entwicklungsprojekten zeigen, dass gesteigerte landwirtschaftliche Produktivität mit agroökologischen Praktiken nicht nur die Vorräte von Lebensmitteln steigert, sondern auch das Einkommen erhöht, und daher Armut verringert. Der Zugang zu Nahrung steigt, was Unterernährung reduziert

und die Lebensumstände der Armen verbessert [189]. Agroökologische Systeme führen zu stabileren Mengen der Gesamtproduktion pro Einheit eines Gebietes als Systeme mit hohem Input; sie ergeben höhere ökonomisch erwünschte Raten des Einkommens, sichern eine Rückkehr zur Arbeit und anderen für Kleinbauern und ihre Familien annehmbaren Inputs. Sie sichern zudem den Schutz und die Erhaltung des Bodens, und verstärken die Agrobiodiversität [190].

Integrierte Produktionssysteme und diversifizierte Bauernhöfe haben Bauern im zentralen Süden von Chile geholfen, rund um das Jahr eine ausreichende Nahrungsproduktion mit eigenen Mitteln zu erreichen, während sie die Fähigkeit der Produktivität des Landes wieder herstellten [135]. Kleine Systeme von Modell-Höfen wurden aufgebaut, die aus Mischkulturen und wechselnden Abschnitten von Futter- und Lebensmittel-Pflanzen bestanden, sowie Wald- und Obst-Bäumen, und Vieh mit einbezogen.

Die Fruchtbarkeit des Bodens verbesserte sich, und es traten keine ernsthaften Probleme durch Schädlinge und Krankheiten auf. Obstbäume und Futterpflanzen erreichten höhere als durchschnittliche Erträge, und die Produktion von Milch und Eiern übertraf die von konventionellen Bauernhöfen mit grossem Input bei weitem. Für eine typische Familie produzierten derartige Systeme einen Überschuss von 250% an Protein, 80 und 550% Überschüsse von Vitamin A und C, rückblickend einen Überschuss von 330% an Kalzium. Wenn alle Farmerträge zu Grosshandelspreisen verkauft wurden, konnte eine Familie ein monatliches Nettoeinkommen erzielen, das 1,5mal grösser war als der monatliche Minimalverdienst in Chile, und das obwohl sie sich nur einige Stunden in der Woche dem Bauernhof widmeten. Die freigesetzte Zeit konnten sie nutzen, um weiteren das Einkommen steigernden Aktivitäten nach zu gehen.

Ökologische Landwirtschaft könnte das Einkommen verbessern, die Profitabilität und den Arbeitsertrag, durch Rücknahme und Reduktion des Gebrauchs von käuflichen Inputs, durch Diversifikation (häufig ein neues produktives Element hinzufügend) und Optimierung der Produktivität, durch Erhaltung und Verbesserung der Biodiversität auf und um den Bauernhof, Erlaubnis für die Bauern nicht-kultivierte Pflanzen, Insekten und Tiere zu vermarkten, und durch Verkäufe in einen Premium-Markt [191]. Eine Fallstudie aus dem Senegal zeigte, dass Erträge mehrfach gesteigert werden können, und weniger unterschiedlich von Jahr zu Jahr waren, mit konsequenten Verbesserungen in der häuslichen Ernährungssicherheit. In ähnlicher Weise stellte eine partizipatorische Kooperative für fair gehandelten Kaffee in Mexiko auf ökologische Praktiken um, und erlaubte es so Kleinbauern, die Kaffee anbauten, die Degradation des Bodens und geringe Erträge zu überwinden, und den Zugang zu einem Markt für Spezialitäten zu gewinnen.

Erwirtschaften von Geld für die lokale Ökonomie

Im Zusammenhang mit den Biokisten von Cusgarne Organics (UK) zeigten die Geldflüsse deutlich den Vorteil des lokalen Einkaufs für die Gemeinschaft [192]. Die ökonomische Analyse versuchte, hinsichtlich der Biokisten das Einkommen von Bauernhöfen zu verfolgen, unter genauer Beobachtung, wo das Geld ausgegeben wurde, wie viel davon 'lokale' Ausgaben waren, und zogen dann das Geld vom nächsten Ausgabenstand ab.

Es wurde geschätzt, dass für jedes bei Cusgarne Organics ausgegebene englische Pfund, 2,59 Pfund für die örtliche Gemeinschaft erwirtschaftet wurde. In Gegensatz dazu fand eine Studie über die Supermarkt-Giganten Asda und Tesco heraus, dass jedes in einem Supermarkt ausgegebenes Pfund nur 1,40 Pfund für die lokale Gemeinschaft generiert. Die Studie folgerte, "Die Auswertungen demonstrieren, dass

der Nettoeffekt der Ausgaben bei Cusgarne Organics für die lokale Ökonomie annähernd doppelt so hoch ist, als wenn die gleiche Menge für Waren ausgegeben wird, die von ausserhalb der Region oder nationalen Geschäften kommen." (S. 16).

Vierundzwanzig

Ökologische Lebensmittel für die Gesundheit

Weniger chemische Rückstände

Eine umfassende Bewertung der wissenschaftlichen Forschung durch die Soil Association hat ergeben, dass durchschnittliche, ökologische Lebensmittel besser sind als nicht-ökologische Nahrung [193]. Erstens sind sie sicherer, da ökologischer Anbau den routinierten Einsatz von Pestiziden und Herbiziden verbietet, so dass chemische Rückstände kaum gefunden werden. Im Gegensatz dazu ist es wahrscheinlich, dass nicht-ökologische Nahrung mit Rückständen belastet ist, die häufig in potenziell gefährlichen Kombinationen auftreten. Die British Society for Allergy, Environmental und Nutritional Medicine konstatiert in einem Kommentar des Berichts: "Wir haben lange geglaubt, dass der gewöhnliche Mangel an Mikronährstoffen bei unseren Patienten seine Wurzeln in der Verringerung von Mineralien in Böden der intensiven Landwirtschaft hat, und *verdächtigen die Belastung durch Pestizide als Beitrag zu dem alarmierenden Anstieg von Allergien und anderen Krankheiten*" (kursiv hinzugefügt).

Die negativen Effekte von Pestiziden auf die Gesundheit schliessen Neurotoxizität, Störung des endokrinen Systems, Karzinogenität und Unterdrückung des Immunsystems ein (s. "Gefahren durch Herbizide"). Die Auswirkungen der Belastung durch Rückstände von Pestiziden in der Nahrung auf Mengen, die typischerweise in und auf Lebensmitteln gefunden werden, sind weniger leicht zu ermitteln, aber ein vorsorgender Ansatz ist notwendig. Während es für die Sicherheit empfohlene Grenzwerte für Pestizide gibt, haben die eigenen Tests der britischen Regierung die durchschnittlichen Mengen der Rückstände in Lebensmitteln möglicherweise untertrieben.

Der Forschung hat sich ebenfalls aufgedrängt, dass die Belastung durch Pestizide die männliche Reproduktionsfähigkeit berührt, was in einer abnehmenden Fertilisation von Spermien und reduzierten Raten der Reifung resultiert [194]. Damit korrespondierend hatten Mitglieder des dänischen ökologischen Bauernverbandes, deren Aufnahme von ökologischen Lebensmittelprodukten zumindest 50% der Gesamtaufnahme an Nahrungsmitteln ausmachte, eine hohe Dichte von Spermien [195]. In einer anderen Studie war die Konzentration des Sperma um 43,1% höher bei Männern, die ökologische produzierte Nahrung aßen [196].

Besonders Kinder mögen von den Vorteilen ökologischer Nahrung profitieren. Wissenschaftler beobachteten Vorschulkinder in Seattle, Washington, um ihre Belastung durch organophosphorische (OP) Pestizide durch die Nahrung zu bewerten [197]. Die Gesamtkonzentration von Dimethyl-Metaboliten war annähernd sechsmal höher bei Kindern mit konventioneller Ernährung, als für jene mit ökologischer Ernährung. Die kalkulierten Dosen legen nahe, dass der Konsum von ökologischen Früchten, Gemüse und Saft die Mengen der Belastung bei Kindern von oberhalb der Richtlinien der US Environmental Protection Agency auf unterhalb dieser senken kann, und dadurch das Ausmaß der Belastung mit ungewissem Risiko auf ein zu vernachlässigendes Risiko wechselt. Die Studie folgte schließlich, dass der Konsum aus ökologischer Produktion für Eltern ein relativ einfacher Weg sein könnte, die Belastung der Kinder mit OP zu reduzieren.

Gesünder und nährstoffreicher

Hinzu kommt, dass die ökologische Produktion von Lebensmitteln den Gebrauch von künstlichen Zusatzstoffen in der Nahrung wie hydrogenisierten Fetten, Phosphorsäuren, Aspartam und Monosodium-Glutamat verbietet, welche mit

Gesundheitsproblemen wie diversen Herzerkrankungen, Osteoporose, Migräne und Hyperaktivität in Verbindung gebracht wurden [193].

Darüber hinaus ersetzen die künstlichen Düngemittel nur einige prinzipielle Mineralien, während die Pflanzen eine weite Bandbreite von Mineralien aus dem Boden entnehmen. Es besteht eine deutliche langfristige Abnahme des Gehaltes auffindbarer Mineralien in Obst, Gemüse, und der Einfluss von Anbaupraktiken bedarf der ernsthafteren Untersuchung. Die Überprüfungen der Soil Association [193] fanden heraus, dass gewöhnliche ökologische Lebensmittel einen höheren Vitamin C-Gehalt, höhere Mineralstoffwerte und mehr pflanzliche Nährstoffe hatten - Pflanzenbestandteile, die Krebs entgegenwirken können (s.u.) - als konventionelle Lebensmittel.

Produkte aus konventionellem Anbau enthalten ebenfalls tendenziell mehr Wasser als Produkte aus ökologischem Anbau, die in einem festgesetzten Gesamtgewicht mehr Trockenmaterie enthalten (im Durchschnitt 20% mehr) [193]. Daher werden die höheren Kosten für ökologische Produkte teilweise wettgemacht. Käufer zahlen beim konventionellen Produkt für das Extragewicht von Wasser und erhalten nur 83% der durchschnittlichen Nährstoffe, die in ökologischen Produkten erhältlich sind. Der höhere Gehalt an Wasser tendiert auch dazu, den Gehalt an Nährstoffen zu verringern.

Versuche bei Menschen und Tieren, die ökologische Nahrung zu sich nahmen, zeigen, dass es einen wirklichen Unterschied für die Gesundheit macht, und alternative Krebs-Therapien haben gute Ergebnisse damit gemacht, auf den ausschliesslichen Verzehr von ökologischen Lebensmitteln zurück zu greifen. Die Überprüfung [193] zitiert jüngste klinische Erkenntnisse von Ärzten und Ernährungswissenschaftlern über das Durchführen von "alternativen" Krebs-Behandlungen, die beobachtet haben, dass eine komplette ökologische Ernährung essenziell für einen erfolgreichen Verlauf ist. Auf der Ernährung basierende Krebs-Therapien vermeiden Schadstoffe und Gifte soweit wie möglich, und fördern den exklusiven Konsum von ökologisch angebauten Lebensmitteln, welche die Aufnahme von Nährstoffen steigern. Fütterungsversuche bei Tieren haben auch eine bessere Gesundheit bezüglich der Fortpflanzung demonstriert, ein besseres Wachstum, und schnellere Erholung von Krankheiten.

Eine Überprüfung der Literatur von 41 Studien und 1.240 vergleichenden Arbeiten [198] ergab statistisch signifikante Unterschiede im Nährstoffgehalt von ökologischen und konventionellen Pflanzen. Dies wurde vordergründig den Unterschieden in der Behandlung zur Fruchtbarkeit des Bodens und seinen Effekten auf die Ökologie des Bodens und dem Stoffwechsel der Pflanzen zugeschrieben. Ökologische Pflanzen enthielten signifikant mehr Nährstoffe - Vitamin C, Eisen, Magnesium und Phosphor - und signifikant weniger Nitrate (eine giftige Komponente) als konventionelle Pflanzen. Es bestanden nicht-signifikante Anzeichen, die weniger Protein in ökologischen Pflanzen zeigten. Gleichwohl waren die ökologischen Pflanzen von besserer Qualität und hatten einen höheren Gehalt an wesentlichen mineralischen Nährstoffen, und im Vergleich mit konventionellen geringere Mengen einiger Schwermetalle.

Unterstützung der Krebsbekämpfung

Phenole in Pflanzen (Flavonoide) sind sekundäre Stoffwechselprodukte der Pflanzen, um die Pflanzen gegen Raubzüge von Insekten, durch Bakterien und Pilze verursachte Infektionen und der Oxidation durch Licht (Photo-Oxidation) zu schützen. Diese Pflanzenchemikalien wurden als effektiv befunden, Krebs und Herzerkrankungen zu verhindern, sowie altersbedingte neurologische Dysfunktionen zu bekämpfen. Eine neuere wissenschaftliche Arbeit [199, 200] verglich den

Gesamtgehalt von Phenol (total phenolic content = TP) von Brombeeren, Erdbeeren und Mais aus ökologischem Anbau und anderen zukunftsfähigen Methoden mit konventionellen landwirtschaftlichen Praktiken. Statistisch höhere Raten von TP wurden in konsistenter Weise in ökologisch und zukunftsfähig angebaute Pflanzen gefunden, verglichen jeweils mit jenen, die in der konventionellen Landwirtschaft produziert wurden.

Eine frühere Studie, die Anteile von Antioxidantien in ökologischen und konventionellen Pfirsichen und Birnen verglich, kam darin überein, dass eine Verbesserung des Abwehrsystems von Pflanzen durch Antioxidantien als Konsequenz der Praktiken ökologischer Kultivierung auftrat [201]. Sie üben wahrscheinlich einen Schutz gegen Obstschäden aus, wenn sie in der Abwesenheit von Pestiziden angebaut werden. Daher könnte die ökologische Landwirtschaft, die den routinierten Einsatz von synthetischen Pestiziden und chemischen Düngemitteln ausschliesst, günstige Bedingungen für die Produktion von gesundheitsverstärkenden pflanzlichen Phenolen schaffen.

Auf diese und viele andere gesundheitliche Vorteile der ökologischen Lebensmittel wurde die britische Regierung aufmerksam gemacht [202, 203]. Unter den aufgeworfenen Streitpunkten befinden sich die versteckten Kosten der konventionellen Landwirtschaft, die nicht im Preis mit eingerechnet sind. Wären die versteckten Kosten mit einbezogen, würden sich konventionell erzeugte Lebensmittel als teurer gegenüber ökologischen Lebensmitteln erweisen. Beispielsweise hätte die Vermeidung der BSE-Epidemie durch ökologische Bewirtschaftung 4,5 Milliarden Pfund gespart. Kein in der ökologischen Landwirtschaft geborenes und aufgewachsenes Tier in Grossbritannien entwickelte BSE.

Fünfundzwanzig

Schlussfolgerung aus Teil 3

Die Aspekte der zukunftsfähigen Landwirtschaft können wesentliche Zuwächse der Produktion von Lebensmitteln zu geringen Kosten erbringen. Sie können in Bezug auf Ökonomie, Ökologie und Sozialem durchgeführt werden, und tragen in positiver Weise zum Leben in Gemeinschaften bei. Sie sind ebenfalls günstiger für die Gesundheit und die Umwelt.

Da die wahre Wurzel des Hungers die Ungleichheit unter Nationen und Menschen ist, ist jede Methode der Steigerung der Nahrungsmittelproduktion, welche die Ungleichheit vertieft, hinsichtlich der Reduzierung von Hunger zum Scheitern verurteilt. In gegenteiliger Weise können nur Technologien mit positiven Effekten auf Wohlstand, Einkommen und Vermögenswerte den Hunger wahrhaft reduzieren [4]. Glücklicherweise existieren derartige Technologien in den zukunftsfähigen Ansätzen der Landwirtschaft.

Agroökologie, zukunftsfähige Landwirtschaft und ökologischer Anbau arbeiten nicht nur für Landwirte in der entwickelten Welt, sondern insbesondere für Bauern in den Entwicklungsländern. Wie die Bewertung der FAO [133] zeigt, besteht eine gute Basis, um Anstrengungen sowohl für zertifizierte als auch nicht-zertifizierte ökologische Landwirtschaft aufzubauen und zu vergrößern. Die Technologien und sozialen Prozesse für lokale Verbesserungen sind in zunehmendem Maße besser erprobt und eingeführt, und erbringen bereits Vorteile im Rahmen einer erhöhten Produktivität. Die hier überprüften Beispiele sind nur ein Vorgeschmack auf die zahllosen erfolgreichen Erfahrungen der Praktiken zukunftsfähiger Landwirtschaft auf der lokalen Ebene. Sie repräsentieren zahllose Demonstrationen des Talentes, der Kreativität und Wissen schaffenden Kompetenzen in ländlichen Gemeinschaften [132].

Es besteht ein dringender Bedarf an einer Konzentrierung dieser Anstrengungen, Forschung, Stiftungen und politischen Unterstützung für die Agroökologie, zukunftsfähige Landwirtschaft und ökologischen Anbau, insbesondere der Stärkung einer Produktion durch Bauern selbst für ihre lokalen Bedürfnisse. Die Herausforderung besteht darin, die Erfolge zu vergrößern und zu multiplizieren, sowie sie in gerechter und weitreichender Weise zugänglich zu machen. Das Modell der 'modernen' Landwirtschaft, häufig in den Händen einiger weniger grosser Unternehmen, muss in Frage gestellt werden, ebenso wie GM-Pflanzen. Bestehende Subventionen und Anreize durch die Politik für Zugänge konventioneller chemischer Art und GMOs müssen enttarnt werden, und die Bremsen gezogen werden gegen den Abfluss von Ressourcen weg von den Alternativen [4]. Wir müssen auch darauf aufpassen, dass die ökologische Landwirtschaft nicht von mächtigen Interessen übernommen wird, und alle Formen der zukunftsfähigen Landwirtschaft unterstützen, besonders auf kleinen Bauernhöfen.

Anmerkungen

1. 'Open Letter from World Scientists to All Governments' calling for a moratorium on releases of GMOs and support for organic sustainable agriculture, now signed by more than 600 scientists from 72 countries, with many references to the scientific literature, www.i-sis.org.uk
2. *Agriculture: Towards 2015/30*. FAO Global Perspectives Studies Unit, July 2000.
3. Altieri MA and Rosset P. Ten reasons why biotechnology will not ensure food security, protect the environment and reduce poverty in the developing world. *AgBioForum*, Volume 2, Number 3 & 4, Summer/Fall 1999, 155-162.
4. Altieri MA and Rosset P. Strengthening the case for why biotechnology will not help the developing world: A response to McGloughlin. *AgBioForum*, Volume 2, Number 3 & 4, Summer/Fall 1999, 226-236.
5. ActionAid. *GM Crops - Going Against the Grain*. 2003. <http://www.actionaid.org/resources/pdfs/gatg.pdf>
6. <http://www.isaaa.org>
7. Pimbert M, Wakeford T and Satheesh PV. Citizens' juries on GMOs and farming futures in India. *LEISA Magazine*, December 2001, 27-30. <http://www.ileia.org/2/17-4/27-30.PDF>
8. Pimbert MP and Wakeford T. *Prajateerpu: A Citizens Jury/Scenario Workshop on Food and Farming Futures for Andhra Pradesh, India*. IIED & IDS, 2002, <http://www.iied.org/pdf/Prajateerpu.pdf>
9. Ho MW and Lim LC. Biotech debacle in four parts. Special briefing for the Prime Minister's Strategy Unit on GM. *ISIS Report*, August 2002, www.i-sis.org.uk
10. Ho MW. The state of the art. The continuing debacle of an industry both financially and scientifically bankrupt. *GeneWatch* (in press), 2003.
11. "Monsanto investors face catastrophic risk," Greenpeace, Berlin, Press Release, 16 April, 2003.
12. Benbrook CM. Evidence of the magnitude and consequences of the Roundup Ready soybean yield drag from university-based varietal trials in 1998. *AgBioTech InfoNet Technical Paper Number 1*, 1999; Troubled times amid commercial success: Glyphosate efficacy in slipping and unstable transgenic expression erodes plant defences and yields. *AgBioTech InfoNet Technical Paper Number 4*, 1999, www.biotech-info-net/RR_yield_less.html
13. Benbrook C. Do GM crops mean less pesticide use? *Pesticide Outlook*, October 2001.
14. Lim LC and Matthews J. GM crops failed on every count. *Science in Society* 2002, 13/14, 31-33; fully referenced version on ISIS members' website, www.i-sis.org.uk
15. *Seeds of doubt, North American farmers' experiences of GM crops*. Soil Association, 2002, ISBN 0 905200 89 6.
16. Shiva V and Jafri AH. Failure of the GMOs in India. *Research Foundation for Science, Technology and Ecology Report*, 2003; see also Ho MW. *Living with the Fluid Genome*. ISIS & TWN, London and Penang, 2003. Chapter 1, Box 1.
17. Finnegan H and McElroy D. Transgene inactivation: plants fight back! *Bio/Technology* 1994, 12, 883-8.
18. Ho MW. *Living with the Fluid Genome*. ISIS & TWN, London and Penang, 2003. Chapter 11, Section, "Transgenic instability, the best kept open secret".
19. Ho MW, Cummins J. and Ryan A. *ISIS Reprints on Transgenic Instability 1999-2002*, ISIS members' website, www.i-sis.org.uk
20. Gahakwa D, Maqbool SB, Fu X, Sudhakar D, Christou P and Kohli A. Transgenic rice as a system to study the stability of transgene expression: multiple heterologous

- transgenes show similar behaviour in diverse genetic backgrounds. *Theor. Appl. Genet.* 2000, 101, 388-99.
21. Ho MW. Questionable stability at JIC. *ISIS News* 9/10, July 2001. ISSN: 1474-1547 (print), ISSN: 1474-1814 (online), www.i-sis.org.uk, reviewing ref. 20.
 22. Hall L, Topinka K, Huffman J, Davis L, and Good A. Pollen flow between herbicide-resistant *Brassica napus* is the cause of multipleresistant *B. napus* volunteers. *Weed Science* 2000, 48, 688-94.
 23. Orson J. Gene stacking in herbicide tolerant oilseed rape: lessons from the North American experience. *English Nature Research Reports No. 443*. English Nature, Jan. 2002, ISSN 0967-876X.
 24. Ho MW and Cummins J. What's wrong with GMOs? *Science in Society* 2002, 16, 11-27; fully referenced version on ISIS members' website, www.i-sis.org.uk
 25. Cummins J and Ho MW. Atrazine poisoning worse than suspected. *Science in Society* 2003, 17, 22-23; fully referenced version on ISIS members' website, www.i-sis.org.uk
 26. "Engineered Genes Help Wild Weeds Thrive", by Cat Lazaroff, *Environmental News Service*, Washington, USA, 9 August 2002.
 27. Lim LC. Environmental and Health Impacts of Bt crops. *ISIS Report*, April, 2003; containing 63 references.
 28. Quist D and Chapela IH. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature* 2001, 414, 541-543.
 29. Ho MW and Cummins J. Who's afraid of horizontal gene transfer? *ISIS Report*, 4 March 2002, www.i-sis.org.uk; also The GM maize war in three episodes. *Science in Society* 2002, 15, 12-14.
 30. Ho MW. Worst ever contamination of Mexican landraces. *ISIS Report*, 29 April 2002, www.i-sis.org.uk; also The GM maize war in three episodes. *Science in Society* 2002, 15, 12-14.
 31. Ho MW. Canadian farmers against corporate serfdom. *Science in Society* 2002, 16, 5-6.
 32. Kietke L. Research shows: herbicide tolerance everywhere. *Manitoba Co-operator*, August 1, 2002; Friesen LF, Nelson AF and Van Acker RC. Evidence of contamination of pedigreed canola (*Brassica napus*) seedlots in Western Canada with genetically engineered herbicide resistance traits. *Agronomy Journal* (in press).
 33. *GM Crops: What you should know, A guide to both the science and implications of commercialisation of genetically modified crops*, GM Free Cymru, June 2002, www.gm-news.co.uk
 34. Meier P and Wackernagel W. Monitoring the spread of recombinant DNA from field plots with transgenic sugar beet plants by PCR and natural transformation of *Pseudomonas stutzeri*. *Transgenic Research* 2003, 12, 293-304.
 35. Saunders PT. Use and abuse of the precautionary principle. *ISIS News* 6, September 2000, ISSN: 1474-1547 (print), ISSN: 1474-1814 (online), www.i-sis.org.uk
 36. Saunders PT and Ho MW. The precautionary principle and scientific evidence. *ISIS News* 7/8, February 2001, ISSN: 1474-1547 (print), ISSN: 1474-1814 (online), www.i-sis.org.uk; also *TWN Biosafety Briefing Paper*, December 2002.
 37. Saunders PT and Ho MW. The precautionary principle is sciencebased. *ISIS Report*, April 2003, www.i-sis.org.uk
 38. Ho MW. FAQs on genetic engineering. *ISIS Tutorials*, www.i-sis.org.uk; also *TWN Biosafety Briefing Paper*, December 2002.
 39. Ho MW and Steinbrecher R. Fatal flaws in food safety assessment: Critique of the joint FAO/WHO Biotechnology and Food Safety Report. *Journal of Nutritional and Environmental Interactions* 1998, 2, 51-84.

40. Conner AJ. Case study: food safety evaluation of transgenic potato. In *Application of the Principle of Substantial Equivalence to the Safety Evaluation of Foods or Food Components from Plants Derived by Modern Biotechnology*, pp. 23-35, WHO/FNU/FOS/95.1. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
41. Martineau B. *First Fruit*. McGraw-Hill, New York, 2001.
42. *Greenpeace Business*, Issue 66, April/May 2002.
43. *Late lessons from early warnings: The precautionary principle 1896-2000*. Edited by: Poul Harremoës, David Gee, Malcolm MacGarvin, Andy Stirling, Jane Keys, Brian Wynne, Sofia Guedes Vaz. Environmental issue report No 22, 2002, OPOCE (Office for Official Publications of the European Communities).
44. Response by Stanley William Barclay Ewen M.B.Ch.B., Ph.D., F.R.C.Path to Health Committee of Scottish Parliament's Investigation into Health Impact of GM crops, 14 November 2002, <http://www.gm-news.co.uk/gmnews33.html>
45. Fares NH and El-Sayed AK. Fine structural changes in the ileum of mice fed on dendotoxin-treated potatoes and transgenic potatoes. *Natural Toxins* 1998, 6, 219-33; also "Bt is toxic" by Joe Cummins and Mae-Wan Ho, *ISIS News* 7/8, February 2001, ISSN: 1474-1547 (print), ISSN: 1474-1814 (online), www.i-sis.org.uk
46. Pusztai A. Health impacts of GM crops. Submission of evidence to the Clerk to the Health and Community Care Committee of The Scottish Parliament, 15 Nov 2002, <http://www.gm-news.co.uk/gmnews33.html>
47. Pusztai A, *et al.* Expression of the insecticidal bean alpha-amylase inhibitor transgene has minimal detrimental effect on the nutritional value of peas fed to rats at 30% of the diet. *The Journal of Nutrition* 1999, 129, 1597-1603.
48. Ewen S and Pusztai A. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *The Lancet* 1999, 354, 1353-4; for Pusztai's full rebuttal to his critics, see also <http://plab.ku.dk/tcbh/PusztaiPusztai.htm>
49. Pusztai A. Can science give us the tools for recognizing possible health risks of GM food? *Nutrition and Health* 2002, 16, 73-84.
50. Pusztai A. GM food safety: Scientific and institutional issues. *Science as Culture* 2002, 11, 70-92.
51. Pusztai A, Bardocz S and Ewen SWB. Genetically modified foods: Potential human health effects. In *Food Safety: Contaminants and Toxins*, (J P F D'Mello ed.), Scottish Agricultural College, Edinburgh, CAB International, 2003.
52. Vázquez-Padrón RI, Moreno-Fierros L, Neri-Bazán L, de la Riva G and López-Revilla R. Intra-gastric and intraperitoneal administration of Cry1Ac protoxin from *Bacillus thuringiensis* induce systemic and mucosal antibody responses in mice. *Life Sciences* 1999, 64, 1897-1912.
53. Hernandez E, Ramisse F, Cruel T, le Vagueresse R and Cavallo JD. *Bacillus thuringiensis* serotype H34 isolated from human and insecticidal strains serotypes 3a3b and H14 can lead to death of immunocompetent mice after pulmonary infection. *FEMS Immunology and Medical Microbiology* 1999, 24, 43-7.
54. Cummins J. Biopesticide and bioweapons. *ISIS Report*, 23 October 2001, www.i-sis.org.uk
55. "Poison pharm crops near you", by Joe Cummins, *Science in Society* 2002, 15; fully referenced version on ISIS members' website, www.i-sis.org.uk
56. Menassa P, Nguywn C, Jevnikar A and Brindle J. A self-contained system for the field production of plant recombinant interleukin-10. *Molecular Breeding* 2001, 8, 177-85.
57. Cummins J. Pharming cytokines in transgenic crops. *Science in Society* 2003, 18, fully referenced version on ISIS members' website, www.i-sis.org.uk

58. Dantzer R. Cytokine-induced sickness behaviour: Mechanisms and implications. *Annals of the NY Acad. of Sci.* 2001, 933, 222-34.
59. Bocci V. Central nervous system toxicity of interferons and other cytokines. *J. Biol. Regul. Homeost. Agents* 1998, 2, 107-18.
60. Moulinier A. Recombinant interferon alpha induced chorea and subcortical dementia. *Neurology (Correspondence)* 2002, 59, 18-21.
61. Caraceni A, Gangeri L, Martini C, Belli F, Brunelli C, Baldini M, Mascheroni L, Lenisa L and Cascinetti N. Neurotoxicity of interferon alpha in melanoma therapy. *Cancer* 1998, 83, 482-9.
62. Valentine A, Meyers C, Kling MA, Richelson E and Hauser P. Mood and cognitive side effects of interferon alpha. *Semin. Oncol.* 1998, 25 (suppl 1) 39-47.
63. Ho MW and Cummins J. SARS and genetic engineering? *ISIS Report*, April 2003; *Science in Society* 2003, 18, 10-11; fully referenced version on ISIS members' website, www.i-sis.org.uk
64. Tubolya T, Yub W, Baileyb A, Degrandisc S, Dub S, Erickson L and Nagya EÂ. Immunogenicity of porcine transmissible gastroenteritis virus spike protein expressed in plants. *Vaccine* 2000, 18, 2023-8.
65. Ho MW. Bioterrorism and SARS. *ISIS Report*, April 2003; *Science in Society* 2003, 18; fully referenced version on ISIS members' website www.i-sis.org.uk
66. Prljic J, Veljkovic N, Doliana T, Colombatti A, Johnson E, Metlas R and Veljkovic V. Identificaion of an active Chi recombinational hot spot within the HIV-1 envelope gene: Consequences for development of AIDS vaccine. *Vaccine* 1999; 17: 1462-7.
67. Veljkovic V and Ho MW. AIDS vaccines or dangerous biological agent? *AIDScience*, <http://aidscience.org/Debates/aidscience019d.asp>
68. Ho MW. AIDS vaccines trials dangerous. *ISIS News* 11/12, October 2001, ISSN: 1474-1547 (print), ISSN: 1474-1814 (online), www.i-sis.org.uk
69. Manders P and Thomas R. Immunology of DNA vaccines: CpG motifs and antigen presentation. *Inflamm. Res.* 2000, 49, 199-205.
70. Gurunathan S, Klinman D and Seder R. DNA Vaccines. *Annu. Rev. Immunol.* 2000, 18, 927-74.
71. Deng G, Nilsson A, Verdrengh M, Collins L and Tarkowski A. Intraarticularly located bacteria containging CpG motifs induces arthritis. *Nature Medicine* 1999, 5, 702-6.
72. Hsu S, Chung S, Robertson D, Ralph L, Chelvarajan R and Bondada S. CpG oligodeoxynucleotides rescue BKS-2 immature B cell lymphoma from anti-Ig-M-mediated growth inhibition by up-regulating of egr-1. *International Immunology* 1999, 6, 871-9.
73. Rui L, Vinuesa CG, Blasioli J and Goodnow CC. Resistance to CpG DNA-induced autoimmunity through tolerogenic B cell antigen receptor ERK signalling. *Nature Immunology* 2003, 4, 594-600.
74. Ho MW and Cummins J. Chronicle of an ecological disaster foretold. *ISIS Report*, March 2003, www.i-sis.org.uk; fully referenced version on ISIS members' website.
75. Hooper M. Evidence with special emphasis on the use of glufosinate ammonium (phosphinothricin). Chardon LL T25 maize hearing, May 2002; also submitted to the World Health Organization (containing more than 40 references) and posted on ISIS members' website, www.i-sis.org.uk
76. Cummins J. Glyphosate and glyphosate-tolerant crops. Impacts on health and the environment. *ISIS Report*, June 2002; also submitted to the World Health Organization and posted on ISIS members' website, www.i-sis.org.uk; updated April 2003.
77. Canadian Food Inspection Agency Canada Plant Health and Production Division, Plant Biosafety Office 2001, *Decision Document DD95-02: Determination of*

Environmental Safety of Monsanto Canada Inc.'s Roundup® Herbicide-Tolerant Brassica napus Canola Line GT73.

78. Schonbrunn E, Eschenburg S, Shuttleworth WA, Schloss JV, Amrhein N, Evans JNS and Kabsch W. Interaction of the herbicide glyphosate with its target enzyme 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase in atomic detail. *PNAS* 2001, 98, 1376-80.

79. <http://www.pan-uk.org/pestnews/actives/glyphosa.htm>, containing many other references.

80. "Weed Killer", *The Progressive*, July 1987.

<http://www.naturescountrystore.com/roundup/page3.html>

81. Arbuckle T, Lin Z and Mery L An exploratory analysis of the effect of pesticide exposure on the risk of spontaneous abortion in an Ontario farm population. *Envir. Health Perspectives* 2001, 109, 851-60.

82. Garry V, Harkins M, Erickson L, Long S, Holland S and Burroughs B. Birth defects, seasons of conception and sex of children born to pesticide applicators living in the red river valley of Minnesota, USA. *Envir. Health Perspectives* (Suppl. 3) 2002, 110, 441-9.

83. Dallegrave E, DiGiorgio F, Coelho R, Pereira J, Dalsenter P and Langeloh A. The teratogenic potential of the herbicide glyphosate-Roundup in Wistar rats. *Toxicology Letters* 2003, 142, 45-52.

84. Walsh L, McCormick C, Martin C and Stocco D. Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory protein expression. *Envir. Health Perspectives* 2000, 108, 769-76.

85. Peluso M, Munnia A, Bolognisi C and Parodi S. P32-Postlabeling detection of DNA adducts in mice treated with the herbicide roundup. *Environmental and Mol. Mutagenesis* 1998, 31, 55-9.

86. Lioi M, Scarfi M, Santoro A, Barbeiri R, Zeni O, Barardino D and Ursini M. Genotoxicity and oxidative stress induced by pesticide exposure in bovine lymphocyte cultures in vitro. *Mut. Res.* 1998, 403, 13-20.

87. Szarek J, Siwicki A, Andrzejewska A, Terech-Majeska E and Banaszkiwicz T. Effect of the herbicide roundup on the ultrastructural pattern of hepatocytes in carp. *Marine Envir. Res.* 2000, 50, 263-66.

88. Grisolia C. A comparison between mouse and fish micronucleus test using cyclophosphamide, mitomycin C and various pesticides. *Mut. Res.* 2002, 400, 474, 1-6.

89. Mann R and Bidwell J. The toxicity of glyphosate and several glyphosate formulations to four species of southwestern Australian frogs. *Archives of Environ. Contam. Toxicol.* 1999, 36, 193-99.

90. Clements C, Rapph S and Petras M. Genotoxicity of select herbicides in *Rana catesbeiana* tadpoles using the alkaline single-cell gel DNA electrophoresis (comet) assay. *Env. Mol. Mutagenesis* 29, 277-88.

91. Morowati M. Histochemical and histopathological study of the intestine of the earthworm exposed to a field dose of the herbicide glyphosate. *The Environmentalist* 2000, 20, 105-11.

92. Mark EJ, Lorrilon O, Boulben S, Hureau D, Durrand G and Belle R. Pesticide roundup provokes cell cycle dysfunction at the level of CDK1/Cyclin B activation. *Chem. Res. Toxicol.* 2002, 15, 326-31.

93. Ho MW. *Living with the Fluid Genome*. ISIS & TWN, London and Penang, 2003, Chapters 8-10.

94. Ho MW, Traavik T, Olsvik R, Tappeser B, Howard V, von Weizsacker C and McGavin G. Gene Technology and Gene Ecology of Infectious Diseases. *Microbial Ecology in Health and Disease* 1998, 10, 33-59.

95. Ho MW, Ryan A, Cummins J and Traavik T. *Slipping through the regulatory net. 'Naked' and 'free' nucleic acids*. TWN Biotechnology & Biosafety Series 5, Third World Network, Penang 2001.
96. Stemmer WPC. Molecular breeding of gene, pathways and genomes by DNA shuffling. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 2002, 19-20, 2-12.
97. Ho MW. Death by DNA shuffling. *ISIS Report*, April 2003; also *Science in Society* 2003, 18, 9, www.i-sis.org.uk
98. Ho MW, Ryan A and Cummins J. Cauliflower mosaic viral promoter - A recipe for Disaster? *Microbial Ecology in Health and Disease* 1999, 11, 194-7.
99. Hodgson J. Scientists avert new GMO crisis. *Nature Biotechnology* 2000, 18, 13.
100. Cummins J, Ho MW and Ryan A. Hazardous CaMV promoter? *Nature Biotechnology* 2000, 18, 363.
101. Hull R, Covey SN and Dale P. Genetically modified plants and the 35S promoter: Assessing the risks and enhancing the debate. *Microbial Ecology in Health and Disease* 2000, 12, 1-5.
102. Ho MW, Ryan A and Cummins J. Hazards of transgenic plants with the cauliflower mosaic viral promoter. *Microbial Ecology in Health and Disease* 2000, 12, 6-11.
103. Courtail B, Fenebach F, Ebehard S, Rhomer L, Chiapello H, Carilleri C and Lucas H. Tnt 1 transposition events are induced by *in vitro* transformation of *Arabidopsis thaliana*, and transposed copies integrated into genes. *Mol. Gen. Genomics* 2001, 265, 32-42.
104. Ho MW, Ryan A and Cummins J. CaMV35S promoter fragmentation hotspot confirmed and it is active in animals. *Microbial Ecology in Health and Disease* 2000, 12, 189.
105. The Advisory Committee on Releases to the Environment's (ACRE's) response to concerns raised in written representation and submissions associated with the CHARDON LL public hearing and to statements made at ACRE's open hearing relating to the safety assessment of T25 GM maize conducted under Directive 90/220/EEC, www.defra.gov.uk/environment/acre
106. Metz M and Futterer J. Suspect evidence of transgenic contamination. *Nature*, Advance Online Publication, 4 April 2002, www.nature.com; see also Ho MW. Astonishing denial of transgenic pollution. *Science in Society* 2002, 15, 13-14; fully referenced version on ISIS members' website, www.i-sis.org.uk
107. Bergelson J, Purrington CB and Wichmann G. Promiscuity in transgenic plants. *Nature* 1998, 395, 25.
108. De Vries J, and Wackernagel W. Detection of nptII (kanamycin resistance) genes in genomes of transgenic plants by marker-rescue transformation. *Mol. Gen. Genet.* 1998, 257, 606-13.
109. Schluter K, Futterer J and Potrykus I. Horizontal gene-transfer from a transgenic potato line to a bacterial pathogen (*Erwinia chrysanthem*) occurs, if at all, at an extremely low-frequency. *BioTechnology* 1995, 13, 1094-8.
110. Gebhard F and Smalla K. Monitoring field releases of genetically modified sugar beets for persistence of transgenic plant DNA and horizontal gene transfer. *FEMS Microbiol. Ecol.* 1999, 28, 261-72.
111. Mercer DK, Scott KP, Bruce-Johnson WA, Glover LA. and Flint HJ. Fate of free DNA and transformation of the oral bacterium *Streptococcus gordonii* DL1 by plasmid DNA in human saliva. *Applied and Environmental Microbiology* 1999, 65, 6-10.
112. Duggan PS, Chambers PA, Heritage J and Forbes JM. Survival of free DNA encoding antibiotic resistance from transgenic maize and the transformation activity of DNA in ovine saliva, ovine rumen fluid and silage effluent. *FEMS Microbiology Letters*

2000, 191, 71-7.

113. Schubbert R, Rentz D, Schmitz B and Doerfler W. Foreign (M13) DNA ingested by mice reaches peripheral leukocytes, spleen and liver via the intestinal wall mucosa and can be covalently linked to mouse DNA. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 1997, 94, 961-6.

114. Doerfler W, and Schubbert R. Uptake of foreign DNA from the environment: the gastrointestinal tract and the placenta as portals of entry. *Wien Klin. Wochenschr.* 1998, 110, 40-4.

115. Traavik T. *Too Early May Be Too Late: Ecological Risks Associated with the Use of Naked DNA as a Biological Tool for Research, Production and Therapy.* Report for the Directorate for Nature Research, Trondheim, 1998.

116. "Predicted hazards of gene therapy a reality" by Mae-Wan Ho. *ISIS Report*, October 2002, www.i-sis.org.uk commenting on *Science*, News of the Week, 4 October 2002; also Ho MW. Gene therapy's first victim. *Science in Society* 2003, 17, 26-7.

117. Hohlweg U and Doerfler W. On the fate of plant or other foreign genes upon the uptake in food or after intramuscular injection in mice. *Mol. Genet. Genomics* 2001, 265, 225-33.

118. Willerslev E, Hansen AJ, Binladen J, Brand TB, Gilbert MTP, Shapiro B, Bunce M, Winf C, Gilichinsky DA and Cooper A. Diverse plant and animal genetic records from Holocene and Pleistocene Sediments. *Scienceexpress Report*, 17 April 2003.

119. "Fears raised over DNA survival in soil". *The Dominion Post* (Wellington), April 25, 2003, via GM Watch, <http://www.ngin.org.uk>

120. Netherwood T, Martin-Orue SM, O'Donnell AG, Gockling S, Gilbert HJ and Mathers JC. *Transgenes in genetically modified Soya survive passage through the small bowel but are completely degraded in the colon.* Technical report on the Food Standards Agency project G010008 "Evaluating the risks associated with using GMOs in human foods", University of Newcastle.

121. Ho MW. Stacking the odds against finding it. *Science in Society* 2002, 16, 28; fully referenced paper on ISIS members' website, www.i-sis.org.uk

122. Ferguson G and Heinemann J. Recent history of trans-kingdom conjugation. In *Horizontal Gene Transfer 2nd ed.*, Syvanen M and Kado CI. (eds.), Academic Press, San Diego, 2002.

123. Ho MW. Averting sense for nonsense in horizontal gene transfer. *Science in Society* 2002, 16, 29-30.

124. Mc Nicol MJ, Lyon GD, Chen MY, Barrett C and Cobb E. Scottish Crop Research Institute. Contract No RG 0202. The Possibility of *Agrobacterium* as a Vehicle for Gene Escape. MAFF. *R&D and Surveillance Report*: 395.

125. Cobb E, MacNicol R and Lyon G. A risk assessment study of plant genetic transformation using *Agrobacterium* and implication for analysis of transgenic plants. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 1997, 19, 135-144.

126. Kado C. In *Horizontal Gene Transfer 2nd ed.*, Syvanen M and Kado CI. (eds.), Academic Press, San Diego, 2002.

127. Sengelov G, Kristensen KJ, Sorensen AH, Kroer N and Sorensen SJ. Effect of genomic location on horizontal transfer of a recombinant gene cassette between *Pseudomonas* strains in the rhizosphere and spermosphere of barley seedlings. *Current Microbiology* 2001, 42, 160-7.

128. Kunik T, Tzfira T, Kapulnik Y, Gafni Y, Dingwall C and Citovsky V. Genetic transformation of HeLa cells by *Agrobacterium*. *PNAS USA*, 2001, 98, 1871-87; also "Common plant vector injects genes into human cells", *ISIS News* 2002, 11/12, 10, www.i-sis.org.uk

129. Ho MW. Recent evidence confirms risks of horizontal gene transfer. ISIS' written contribution to ACNFP/Food Standards Agency open meeting 13 November 2002, Cambridge, www.i-sis.org.uk
130. Pretty J and Hine R. *Reducing food poverty with sustainable agriculture: A summary of new evidence*. Centre for Environment and Society, Essex University, 2001, www2.essex.ac.uk/ces/ResearchProgrammes/CESOccasionalPapers/SAFErepSUBHEADS.htm
131. Parrott N and Marsden T. *The real Green Revolution: Organic and agroecological farming in the South*. Greenpeace Environment Trust, London, 2002, <http://www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/4526.pdf>
132. Altieri MA. *The case against agricultural biotechnology: Why are transgenic crops incompatible with sustainable agriculture in the Third World?* 2003.
133. *Organic agriculture, environment and food security*. Scialabba NE-H and Hattam C (eds), FAO, Rome, 2002.
134. Lim LC. Organic agriculture fights back. *Science in Society* 2002, 16, 30-32.
135. Altieri MA, Rosset P and Thrupp LA. The potential of agroecology to combat hunger in the developing world, 1998, http://www.agroeco.org/fatalharvest/articles/potential_of_agroeco_ch19.pdf
136. Rosset PM. The multiple functions and benefits of small farm agriculture in the context of global trade negotiations. *Policy Brief No. 4*, Institute for Food and Development Policy, 1999, <http://www.foodfirst.org/pubs/policybs/pb4.html>
137. 'Magic bean' transforms life for poor Jacks of Central America, by Julian Pettifer, *Independent on Sunday*, 10 June 2001.
138. Kwabiah AB, Stoskopf NC, Palm CA, Voroney RP, Rao MR and Gacheru E. Phosphorus availability and maize response to organic and inorganic fertilizer inputs in a short term study in western Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2003, 95, 49-59.
139. "Get the facts straight: organic agriculture yields are good", by Bill Liebhardt, Organic Farming Research Foundation Information Bulletin 10, Summer 2001, <http://www.ofrf.org/publications/news/IB10.pdf>
140. Vasilikiotis C. *Can Organic Farming "Feed the World"?* 2000, http://www.agroeco.org/fatalharvest/articles/organic_feed_world.pdf
141. Petersen C, Drinkwater LE and Wagoner P. *The Rodale Institute Farming Systems Trial: The First 15 Years*, The Rodale Institute, 1999
142. Clark MS, Horwath WR, Shennan C, Scow KM, Lantni WT and Ferris H. Nitrogen, weeds and water as yield-limiting factors in conventional, low-input, and organic tomato systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1999, 73, 257-270.
143. Clark MS, *et al.* Crop-yield and economic comparisons of organic, low-input, and conventional farming systems in California's Sacramento Valley. *American Journal of Alternative Agriculture* 1999, 14 (3), 109-121; and Clark MS *et al.* Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agronomy Journal* 1998, 90, 662-671. Cited in 140.
144. Warman PR and Havard KA. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1998, 68, 207-216.
145. Pearce F. Desert harvest. *New Scientist*, 27 October 2001, 44-47.
146. Lim LC. Sustainable agriculture pushing back desert. *Science in Society* 2002, 15, 29.
147. Jenkinson DS *et al.* In *Long-term experiments in Agricultural and Ecological Sciences* (eds Leigh RA & Johnston AE), p.117-138, CAB International, Wallingford,

UK, 1994. Cited in 140.

148. Drinkwater LE *et al.* Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. *Ecological Applications* 1995, 5 (4), 1098-1112. Cited in 140.

149. Mäder P, Fliebbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P and Niggli U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 2002, 296, 1694-97.

150. Pearce F. 20-year study backs organic farming. *New Scientist*, 30 May 2002, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99992351>

151. "Soil fungi critical to organic success", USDA Agricultural Research Service, 4 May 2001.

152. Bulluck III LR, Brosius M, Evanylo GK and Ristaino JB. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology* 2002, 19, 147-160.

153. Ryan A. Organics enter the science wars. *ISIS News* 11/12, October 2001.

154. Drinkwater LE, Wagoner P and Sarrantonio M. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature* 1998, 396, 262-265.

155. Tilman D. The greening of the green revolution. *Nature* 1998, 296, 211-212.

156. "100-year drought is no match for organic soybeans", Rodale Institute, 1999, http://www.rodaleinstitute.org/global/arch_home.html

157. Poudel DD, Horwath WR, Lanini WT, Temple SR and van Bruggen AHC. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2002, 90, 125-137.

158. Oehl F, Oberson A, Tagmann HU, Besson JM, Dubois D, Mäder P, Roth H-R and Frossard E. Phosphorus budget and phosphorus availability in soils under organic and conventional farming. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 2002, 62, 25-35.

159. Letourneau DK and Goldstein B. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *J. Applied Ecology* 2001, 38(3), 557-570.

160. Pearce F. An ordinary miracle. *New Scientist* 2001, Vol. 169, Issue 2276, p. 16.

161. Barzman M and Das L. Ecologising rice-based systems in Bangladesh. *ILEIA Newsletter* 2000, 16(4), 16-17, www.agreco.org/fatalharvest/articles/ecologising_rice.pdf

162. "Organic rice is twice as nice", by John Bonner, Report from the International Congress of Ecology, 15 August 2002.

163. Ho MW. One bird - ten thousand treasures. *The Ecologist* 1999, 29(6), 339-340, and *Third World Resurgence* 1999, 110/111, 2-4.

164. Pimbert M. Sustaining the multiple functions of agricultural biodiversity. FAO background paper series for the Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land, The Netherlands, September 1999.

165. *Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries*. Proceedings of a satellite event on the occasion of the Ninth Regular Session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Rome 12-13 October 2002, FAO, Rome.

166. Scialabba NE-H, Grandi C and Henatsch C. Organic agriculture and genetic resources for food and agriculture. In *Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries*, p. 72-99, 2002, FAO, Rome.

167. *Organic agriculture and biodiversity: Making the links*. IFOAM, IUCN and BfN, Germany, 2002; see also Stolton S. *Organic Agriculture and Biodiversity*, IFOAM Dossier 2, 2002.

168. Azeez G. *The biodiversity benefits of organic farming*, Soil Association, Bristol,

2000.

- 169.** Burcher S. Herbalert to the rescue. *Science in Society* 2003, 18, 17.
- 170.** Tilman D, Reich PB, Knops J, Wedin D, Mielke T and Lehman C. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science* 2001, 294, 843-5.
- 171.** Ho MW. Biodiverse systems two to three times more productive than monocultures. *Science in Society* 2002, 13/14, 36.
- 172.** Zhu Y, Chen H, Fan J, Wang Y, Li Y, Chen J, Fan JX, Yang S, Hu S, Leung H, Mew TW, Teng PS, Wang Z and Mundt C. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 2000, 406, 718-722.
- 173.** "Simple Method Found to Vastly Increase Crop Yields", by Carol Kaesuk Yoon, *New York Times*, 22 August 2000.
- 174.** Bennack D, Brown G, Bunning S and de Cunha MH. Soil biodiversity management for sustainable and productive agriculture: Lessons from case studies. In *Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries*, p.196-223, 2002, FAO.
- 175.** Reganold JP, Glover JD, Andrews PK and Hinman JR. Sustainability of three apple production systems. *Nature* 2001, 410, 926-930.
- 176.** "Organic apples win productivity and taste trials", 10 August 2001, Pesticide Action Network Updates Service, <http://www.panna.org>
- 177.** Pacini C, Wossink A, Giesen G, Vazzana C and Huirne R. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2003, 95, 273-288.
- 178.** Stolze M, Piorr A, Häring A and Dabbert S. *Environmental and resource use impacts of organic farming in Europe*, Commission of the European Communities, Agriculture and Fisheries (FAIR) specific RTD programme, Fair3-CT96-1794, "Effects of the CAP-reform and possible further development on organic farming in the EU", 1999.
- 179.** Goldsmith E. How to feed people under a regime of climate change (unpublished paper), 2003.
- 180.** Lötjönen T. Machine work and energy consumption in organic farming. *Ecology and Farming* 2003, 32, 7-8, IFOAM.
- 181.** Dalgaard T. On-farm fossil energy use. *Ecology and Farming* 2003, 32, 9, IFOAM.
- 182.** Porter PM, Huggins DR, Perillo CA, Quiring SR and Crookston RK. Organic and other management strategies with two- and four-year crop rotations in Minnesota. *Agronomy Journal* 2003, 95(2), 233-244.
- 183.** Welsh R. *The Economics of Organic Grain and Soybean Production in the Midwestern United States*. Henry A. Wallace Institute for Alternative Agriculture, 1999, http://www.agroeco.org/fatalharvest/articles/economics_organic_prod.pdf
- 184.** Rosset P. Taking seriously the claim that genetic engineering could end hunger: A critical analysis. Pp 81-93 in Britt Bailey and Marc Lappé (eds), *Engineering the Farm: Ethical and Social Aspects of Agricultural Biotechnology*. Island Press, Washington DC, 2002.
- 185.** Chambers R, Pacey A and Thrupp LA. *Farmer First: Farmer Innovation and Agriculture Research*, Intermediate Technology Publications, London, 1989.
- 186.** Scoones I and Thompson J. *Beyond Farmer First: Rural People's Knowledge, Agricultural Research and Extension Practice*, Intermediate Technology Publications, London, 1994.
- 187.** *Agroecological Innovations: Increasing Food Production with Participatory Development*. Edited by Norman Uphoff, Earthscan Publications, 2002.
- 188.** Lim LC. Ethiopia's own agriculture. *Science in Society* 2003, 17, 7-8.

- 189.** Uphoff N and Altieri MA. *Alternatives to conventional modern agriculture for meeting world food needs in the next century*. (Report of a Conference "Sustainable Agriculture: Evaluation of New Paradigms and Old Practices", Bellagio, Italy). Cornell International Institute for Food, Agriculture, and Development, Ithaca, NY, 1999. Cited in ref. 4.
- 190.** Pretty J. *Regenerating agriculture*. Earthscan, London, 1995. Cited in ref. 4.
- 191.** Rundgren G. *Organic Agriculture and Food Security*, IFOAM Dossier 1, 2002.
- 192.** Boyde T. *Cusgarne Organics local money flows*. New Economics Foundation and The Countryside Agency, London, 2001.
- 193.** Heaton S. *Organic farming, food quality and human health: A review of the evidence*. Soil Association, Bristol, 2001.
- 194.** Tielemans E, van Kooij E, te Velde ER, Burdorf A and Heederik D. 'Pesticide exposure and decreased fertilisation rates in vitro. *The Lancet* 1999, 354, 484-485.
- 195.** Abell A, Ersnt E and Bonde JP. High sperm density among members of organic farmers' association. *The Lancet* 1994, 343, 1498.
- 196.** Jensen TK, Giwercman A, Carlsen E, Scheike T and Skakkebaek NE. Semen quality among members of organic food associations in Zealand, Denmark. *The Lancet* 1996, 347, 1844.
- 197.** Curl CL, Fenske RA and Elgethun K. Organophosphorus pesticide exposure of urban and suburban preschool children with organic and conventional diets. *Environmental Health Perspectives* 2003, 111(3), 377-382.
- 198.** Worthington V. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 2001, 7(2), 161-173.
- 199.** Asami DK, Hong YJ, Barrett DM and Mitchell AE. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and airdried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *J. Agric. Food Chem.* 2003, 51(5), 1237-1241, 10.1021/jf020635c S0021-8561.
- 200.** Cummins J. Organic agriculture helps fight cancer. *ISIS Report*, 27 March 2003, www.i-sis.org.uk
- 201.** Carbonaro M, Mattera M, Nicoli S, Bergamo P and Cappelloni M. 'Modulation of antioxidant compounds in organic vs conventional fruit (Peach, *Prunus persica* L., and Pear, *Pyrus communis* L.). *J. Agric. Food Chem.* 2002, 50, 5458-5462.
- 202.** Novotny E. Report IV - The Wheel of Health (in the Chardon LL T25 maize hearing listings) 2002, <http://www.sgr.org.uk/GMOs.html>
- 203.** Novotny E. Letter to MSPs on the Organic Farming Targets Bill, 2003, <http://www.sgr.org.uk/GMOs.html>

Stellungnahme des Independent Science Panel

Vorgestellt am 10. Mai 2003, London

Das Independent Science Panel (ISP) ist ein Gremium von Wissenschaftlern aus vielen Disziplinen, die sich zu folgendem verpflichten.

1. Förderung der Wissenschaft zum Wohle der Öffentlichkeit, unabhängig von kommerziellen und anderen speziellen Interessen, oder der Kontrolle durch die Regierung

Wir sind der festen Überzeugung, dass Wissenschaft der Zivilgesellschaft gegenüber rechenschaftspflichtig ist; dass sie allen zugänglich sein soll, unabhängig vom Geschlecht, Alter, Rasse, Religion oder Kaste; und dass alle Bereiche der Zivilgesellschaft an der Findung von Entscheidungen teilnehmen sollten, die auf die Wissenschaft bezogen sind, von wissenschaftlicher Forschung bis zur Umsetzung durch politische Entscheidungen, die Wissenschaft und Technologien betreffen.

Wir glauben, dass genaue wissenschaftliche Information umgehend und in unbeeinflusster und unzensurierter Weise für die Öffentlichkeit zugänglich sein soll.

2. Erhaltung der höchsten Standards der Rechtschaffenheit und Unparteilichkeit in der Wissenschaft

Wir unterzeichnen die Prinzipien von Ehrlichkeit, Offenheit und Pluralismus in der Ausübung von Wissenschaft. Publierte Arbeiten sollten offen durch Gleichrangige überprüft werden, und Respekt und Schutz genießen, da diese Forschungsarbeiten das konventionelle Paradigma der Mehrheitsmeinung in Frage stellen. Wissenschaftliche Meinungsverschiedenheiten müssen öffentlich und demokratisch debatiert werden.

Wir haben uns verpflichtet, die höchsten Standards der wissenschaftlichen Forschung aufrecht zu erhalten, und versichern, dass geförderte Forschung nicht durch kommerzielle und politische Imperative verzerrt oder verdreht ist.

3. Entwicklung von Wissenschaften, welche die Welt zukunftsfähig, gerecht, friedlich und lebensverlängernd für alle ihre Einwohner machen kann

Wir respektieren die Unantastbarkeit menschlichen Lebens, suchen eine Minimierung der Verletzung von jeglichen lebenden Kreaturen, und schützen die Umwelt. Wir halten es für richtig, dass Wissenschaft zum physischen, sozialen und spirituellen Wohlbefinden aller in allen Gesellschaften beitragen sollte.

Wir sind einer ökologischen Perspektive verpflichtet, die sich für die Komplexität, Diversität und Interdependenz jeglicher Natur wirklich verantwortlich erklärt.

Wir unterschreiben das Prinzip der Vorsorge; wenn ein begründeter Verdacht eines ernsthaften, irreversiblen Schadens besteht, darf ein Mangel an wissenschaftlichem Konsens nicht zum Verschieben von präventiven Handlungen führen.

Wir weisen wissenschaftliche Anstrengungen zurück, die aggressiven militärischen Zwecken dienen, kommerziellen Imperialismus fördern und die soziale Gerechtigkeit beschädigen.

Die Gruppe zur genetischen Veränderung des ISP

Die Gruppe zur genetischen Modifikation (GM) des ISP besteht aus Wissenschaftlern, die auf dem Gebiet der Genetik, Biowissenschaften, Toxikologie und Medizin arbeiten, sowie anderen Repräsentanten der Zivilgesellschaft, die besorgt sind über die gefährlichen Konsequenzen der gentechnischen Manipulation von Pflanzen und Tieren sowie damit einher gehenden Technologien, und ihre schnelle

Kommerzialisierung in der Landwirtschaft und Medizin ohne den gebührenden Prozess von ordentlicher wissenschaftlicher Folgenabschätzung und von öffentlichen Konsultationen und Übereinstimmung.

Wir finden die folgenden Aspekte bedauernswert und inakzeptabel:

- Fehlen von kritischer öffentlicher Information über die Wissenschaft und Technologie der GM
- Fehlen von öffentlicher Verantwortbarkeit in der wissenschaftlichen Gemeinschaft von GM
- Fehlen von unabhängiger, unvoreingenommener wissenschaftlicher Forschung über die, und die Folgenabschätzung der Gefahren von GM
- Befürworter-Haltung von regulierenden und anderen öffentlichen Informationseinrichtungen, die scheinbar mehr darauf versessen sind, Propaganda von Unternehmen zu verbreiten als grundsätzliche Information zu unterstützen
- Allgegenwärtige kommerzielle und politische Interessen sowohl in der Forschung als auch in der Entwicklung und Regulierung der GM
- Unterdrückung und Diffamierung von Wissenschaftlern, die versuchen Informationen der Forschung an die Öffentlichkeit zu übermitteln, die der Industrie Schaden zufügen
- Dauerhafte Verleugnung und Abweisung von umfangreichen wissenschaftlichen Erkenntnissen über die Gefahren von GM für die Gesundheit und die Umwelt durch Anhänger der gentechnischen Veränderung und durch angeblich unvoreingenommene Zulassungsbehörden
- Andauernde Ansprüche über die Vorteile der GM durch Biotech-Unternehmen, und Wiederholungen dieser Ansprüche durch das wissenschaftliche Establishment, im Angesicht umfangreicher Erkenntnisse, dass GM sowohl auf dem Feld als auch im Labor versagte
- Widerstreben zu erkennen, dass die unternehmerische Förderung der akademischen Forschung über GM bereits im Rückgang befindlich ist, und dass die biotechnologischen Multinationalen (und ihre Besitzer von Aktien) wie auch die Investitionsberater sich inzwischen nach dem Sinn von 'GM Unternehmungen' fragen
- Attacken auf, und pauschale Abweisung von umfangreichen Nachweisen, welche die Vorteile von verschiedenen Ansätzen der zukunftsfähigen Landwirtschaft für die Gesundheit und Umwelt, sowie auch für die Nahrungsmittelsicherheit und das soziale Wohlbefinden von Bauern und ihren lokalen Gemeinschaften.

Independent Science Panel zu GM

Liste der Mitglieder

Prof. Miguel Altieri

Professor für Agroökologie, University of California, Berkeley, USA

Dr. Michel Antoniou

Leitender Dozent in Molekulargenetik, GKT School of Medicine; King's College London

Dr. Susan Bardocz

Biochemikerin; ehemals Rowett Research Institute, Schottland

Prof. David Bellamy OBE

International anerkannter Botaniker, Umweltschützer, Medienpersönlichkeit, Autor und Campaigner; Träger zahlreicher Auszeichnungen; Präsident und Vizepräsident vieler Umweltschutzorganisationen

Dr. Elizabeth Bravo V.

Biologin; Forscherin und Campaignerin zu Streitpunkten der Biodiversität und GMO; Mitbegründerin von Acción Ecológica; Teilzeitdozentin an der Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

Prof. Joe Cummins

Emeritierter Professor für Genetik, University of Western Ontario, London, Ontario, Kanada

Dr. Stanley Ewen

Facharzt für Histopathologie am Grampian University Hospitals Trust; ehemals Leitender Dozent in Pathologie, University of Aberdeen; Leitender Histopathologe an der Aussenstelle des Grampian Scottish Colorectal Cancer Screening Pilot Project

Edward Goldsmith

Träger des Right Livelihood und zahlreicher Preise, Umweltschützer, Dozent, Autor und gründender Herausgeber von *The Ecologist*

Dr. Brian Goodwin

Gelehrter im Ruhestand, Schumacher College, England

Dr. Mae-Wan Ho

Mitbegründerin und Direktorin des Institute of Science in Society; Herausgeberin des Magazin *Science in Society*; Wissenschaftliche Beraterin des Third World Network und auf dem Dienstplan der Experten für das Cartagena Protokoll über biologische Sicherheit

Prof. Malcolm Hooper

Emeritierter Professor an der University of Sunderland; vorher Professor für Medizinische Chemie, Fakultät für Pharmazeutische Wissenschaften, Sunderland Polytechnic; Führender wissenschaftlicher Berater der Veteranen des Golfkrieges

Dr. Vyvyan Howard

Medizinisch qualifizierter Toxiko-Pathologe, Development Toxico-Pathology Group, Department of Human Anatomy and Cell Biology, The University of Liverpool; Mitglied des UK Government's Advisory Committee on Pesticides

Dr. Brian John

Geomorphologe und Umweltwissenschaftler; Begründer und Langzeitvorsitzender des West Wales Eco Centre, einer der koordinierenden Gruppen von GM Free Cymru

Prof. Marijan Jošt

Professor für Pflanzenzüchtung und Saatgutherstellung, Landwirtschaftliches Kollegium in Krizevci, Kroatien

Lim Li Ching

Forscherin, Institute of Science in Society und Third World Network, stellvertretende Herausgeberin des Magazin *Science in Society*

Dr. Eva Novotny

Astronomin und Campaignerin für Streitfragen zu GM für Scientists for Global Responsibility, SGR

Prof. Bob Orskov OBE

Ehemals Rowett Research Institute, Aberdeen, Schottland; Direktor von International Feed Resources Unit; Fellow der Royal Society of Edinburgh, FRSE; Fellow der Polnischen Akademie der Wissenschaften

Dr. Michel Pimbert

Landwirtschaftlicher Ökologe und Hauptgesellschafter des International Institute for Environment and Development

Dr. Arpad Pusztai

Privater Facharzt; ehemals Leitendes Forschungsmitglied am Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, Schottland

David Quist

Mikrobieller Ökologe, Ecosystem Sciences Division für Umweltwissenschaft, Politik und Management, University of California, Berkeley, USA

Dr. Peter Rosset

Landwirtschaftlicher Ökologe und Spezialist der ländlichen Entwicklung; Co-Direktor des Institute for Food and Development Policy (Food First), Oakland, Kalifornien, USA

Prof. Peter Saunders

Professor für Angewandte Mathematik am King's College, London

Dr. Veljko Veljkovic

AIDS-Virologe, Center for Multidisciplinary Research and Engineering, Institute of Nuclear Sciences VINCA, Belgrad, Jugoslawien

Prof. Oscar B. Zamora

Professor für Agronomie, Department of Agronomy. Universität der Philippinen Los Banos-College für Landwirtschaft (UPLB-CA), College, Laguna, Philippinen

Die Internetseite des Independent Science Panel: www.indsp.org

Das Independent Science Panel (ISP) über GM - vorgestellt am 10. Mai 2003 auf einer öffentlichen Konferenz in London, unter Anwesenheit des damaligen britischen Umweltminister Michael Meacher und 200 weiteren Teilnehmern - besteht aus dutzenden prominenten Wissenschaftlern aus sieben Ländern, und umfasst die Disziplinen der Agroökologie, Agronomie, Biomathematik, Botanik, Chemische Medizin, Ökologie, Histopathologie, Mikrobielle Ökologie, Molekulargenetik, Biochemische Ernährungswissenschaft, Physiologie, Toxikologie und Virologie.

Als ihren Beitrag zu der weltweiten Debatte über GM, hat das ISP dieses komplette Dossier über die Nachweise der bekannten Probleme und Gefahren durch Gen-Pflanzen sowie den mannigfaltigen Vorteilen der zukunftsfähigen Landwirtschaft zusammengestellt.

Lesen sie es, um die richtige Entscheidung über die Zukunft der Landwirtschaft und die Ernährungssicherheit zu treffen