

Hellmann, Sabine

Working Paper

Gentechnik in der Landwirtschaft

Wismarer Diskussionspapiere, No. 11/2008

Provided in Cooperation with:

Hochschule Wismar, Wismar Business School

Suggested Citation: Hellmann, Sabine (2008) : Gentechnik in der Landwirtschaft, Wismarer Diskussionspapiere, No. 11/2008, ISBN 978-3-939159-58-2, Hochschule Wismar, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Wismar

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/39208>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

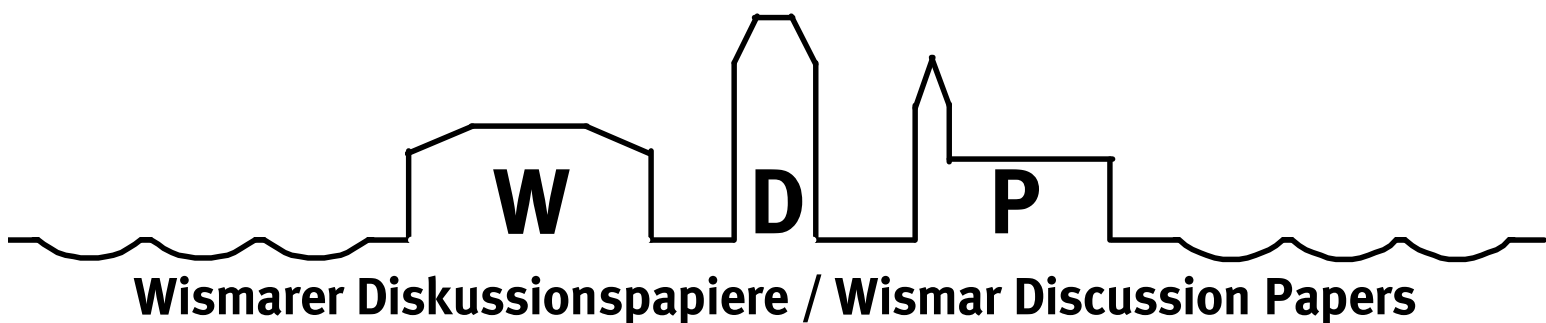


Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Wismar Business School

Sabine Hellmann

Gentechnik in der Landwirtschaft

Heft 11 / 2008



Die Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Hochschule Wismar, University of Technology, Business and Design bietet die Präsenzstudiengänge Betriebswirtschaft, Management sozialer Dienstleistungen, Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftsrecht und Tax and Business Consulting sowie die Fernstudiengänge Betriebswirtschaft, Business Consulting, Business Systems, Facility Management, Quality Management, Sales and Marketing und Wirtschaftsinformatik an. Gegenstand der Ausbildung sind die verschiedenen Aspekte des Wirtschaftens in der Unternehmung, der modernen Verwaltungstätigkeit im sozialen Bereich, der Verbindung von angewandter Informatik und Wirtschaftswissenschaften sowie des Rechts im Bereich der Wirtschaft.

Nähere Informationen zu Studienangebot, Forschung und Ansprechpartnern finden Sie auf unserer Homepage im World Wide Web (WWW): <http://www.wi.hs-wismar.de/fww/index.php>.

Die Wismarer Diskussionspapiere/Wismar Discussion Papers sind urheberrechtlich geschützt. Eine Vervielfältigung ganz oder in Teilen, ihre Speicherung sowie jede Form der Weiterverbreitung bedürfen der vorherigen Genehmigung durch den Herausgeber.

Herausgeber: Prof. Dr. Jost W. Kramer
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Hochschule Wismar
University of Technology, Business and Design
Philipp-Müller-Straße
Postfach 12 10
D – 23966 Wismar
Telefon: ++49/(0)3841/753 441
Fax: ++49/(0)3841/753 131
E-Mail: jost.kramer@hs-wismar.de

Vertrieb: HWS-Hochschule Wismar Service GmbH
Phillipp-Müller-Straße
Postfach 12 10
23952 Wismar
Telefon: ++49/(0)3841/753-574
Fax: ++49/(0) 3841/753-575
E-Mail: info@hws-wismar.de
Homepage: <http://cms.hws-wismar.de/service/wismarer-diskussions-brpapiere.html>

ISSN 1612-0884

ISBN 978-3-939159-58-2

JEL-Klassifikation Q20, Q21, Q28

Alle Rechte vorbehalten.

© Hochschule Wismar, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, 2008.

Printed in Germany

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
Einführung	7
1. Von den Ursprüngen einer reduktionistischen Denkweise in der Wissenschaft	12
2. Gentechnik in der Landwirtschaft	14
2.1. Kurze Einordnung gentechnischer Entdeckungen des 20. Jahrhunderts	14
2.2. Kurzer Einblick in die klassische Züchtung	15
2.3. Die moderne Biotechnologie	17
2.3.1. Zell- und Gewebekulturtechniken	17
2.3.2. Molekularbiologische Techniken	18
2.3.3. Gentechnik bei Pflanzen	18
2.4. Herstellung transgener Pflanzen	19
2.4.1. Agrobakterium-tumefaciens-vermittelte Transformation	19
2.4.2. Biolistische Transformation	22
2.4.3. Protoplastentransformation	24
2.4.4. Letzte Schritte bis zur fertigen GV-Pflanze	24
2.5. Entwicklung der Gentechnik in der Landwirtschaft	26
2.5.1. Sojabohne	29
2.5.2. Mais	30
2.5.3. Raps	31
2.6. Die internationale Gesetzgebung bezüglich GVOs	32
2.6.1. Leitlinien mit spezifischer Ausrichtung auf die biologische Sicherheit	32
2.6.2. Vorschriften, Empfehlungen und Leitlinien mit bestimmten Schutzzielen	33
2.6.3. Globale Vorschriften mit direktem oder mittelbarem Bezug zur WTO	35
2.6.4. Das Cartagena-Protokoll zur biologischen Sicherheit (CPB)	36
2.7. Die deutsche Gesetzgebung und die Kennzeichnungspflicht	38
2.7.1. Die Ursprüngliche Rechtslage der EU	38
2.7.2. Die neue Verordnung über gentechnisch veränderte Lebensmittel und Futtermittel	39
2.7.3. Regelung zur Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit	40

3. Vorteile der „grünen Gentechnik“	42
3.1. Gentechnik als Lösung des weltweiten Hungerproblems	43
3.2. Ertragssteigerung	43
3.2.1. Bt-Pflanzen mit Insektenresistenz	44
3.2.2. Herbizidtoleranz	45
3.2.3. Resistenz gegen andere Krankheitserreger	46
3.2.4. Kulturpflanzen für ungünstige Standorte	46
3.3. „Nachwachsende Rohstoffe“	46
3.3.1. Biologisch abbaubarer Kunststoff	47
3.3.2. Impfstoffe in Pflanzen	47
3.4. Nahrungsmittel mit erhöhtem Nährwert	48
3.4.1. Mehr Provitamin-A im Reiskorn (Golden Rice)	48
3.4.2. Bessere Zusammensetzung von Ölpflanzen	48
3.4.3. Mehr essentielle Aminosäuren	48
3.5. Gentechnisch veränderte Mikroorganismen in der Lebensmittelproduktion	49
4. Risiken der „grünen Gentechnik“	50
4.1. Die Gefahr ist nicht abschätzbar	50
4.2. Gesundheitsgefahren	51
4.2.1. Allergien	51
4.2.2. Antibiotikaresistenzen und horizontaler Gentransfer	52
4.2.3. Indirekte Wirkungen auf die Gesundheit	53
4.3. Umweltschäden	54
4.3.1. Auskreuzungsgefahr/Auswilderung	54
4.3.2. Wirkung der Bt-Toxine	55
4.3.3. Resistenzbildung	66
4.3.4. Indirekte Folgen (Herbizideinsatz)	68
4.3.5. Bildung neuer Viren	69
4.3.6. Genfluss und Biodiversität	70
4.4. Sozio-ökonomische Auswirkungen	72
4.4.1. Abhängigkeit der Bauern	72
4.4.2. Markterosion	75
4.4.3. Zerstörung von Arbeitsplätzen in der Landwirtschaft	75
4.4.4. Patentrechte	77
4.4.5. Entwicklung des internationalen Saatgutsektors	80
4.4.6. Verbindung von Wirtschaft und Politik	82
5. Resümee	84
6. Die Gentechnik im öffentlichen Diskurs	95
6.1. Wahrnehmung und Bewertung der Gentechnologie durch die Bevölkerung	95
6.2. Medienresonanz	99

	5
6.2.1. Gentechnik und Journalismus	99
6.2.2. Mediale Aufbereitung des Themas Gentechnik	103
6.3. Gentechnik in der Schule	107
6.4. Zusammenfassung	109
7. Schlusswort	110
Literaturliste	111
Glossar	114
Autorenangaben	115

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Indirekter Gentransfer mit dem Agrobakterium-System	21
Abbildung 2: Direkter Gentransfer durch Partikel-Bombardierung (biolistische Transformation)	23
Abbildung 3: Fläche des weltweiten GVO-Anbaus	28
Abbildung 4: LD50-Wert für Bt176-Pollen für in Deutschland heimische Schmetterlinge	64
Abbildung 5: Kontrolle der Nahrungsmittelproduktion	82
Abbildung 6: Generelle Beurteilung der Gentechnik (befragte Journalisten)	100
Abbildung 7: Bereiche, aus denen die Kontaktpersonen der Journalisten kommen	103

Abkürzungsverzeichnis

Bt:	Bacillus thuringiensis
CAK:	Codex Alimentarius-Kommission
CBD:	Convention on Biological Diversity (Übereinkommen über die Biologische Vielfalt)
CPB:	Cartagena-Protocoll über die biologische Sicherheit zu der Konvention über die biologische Vielfalt
DNS:	Desoxyribonukleinsäure, (engl. DNA: deoxyribonucleic acid)
FAO:	Food and Agriculture Organisation (Welternährungsorganisation)
FDA:	Food and Drug Administration
GATS:	General Agreement on Trade in Services
GATT:	General Agreement on Tariffs and Trade
GER:	geistige Eigentumsrechte (engl. IPR: intellectual property rights)
GVO:	gentechnisch veränderter Organismus
IPPC:	International Plant Protection Convention (Internationales Pflanzenschutzübereinkommen)
NGO:	Nicht-Regierungsorganisation (aus dem englischen non-governmental organisation)
OECD:	Organisation for Economic Co-operation and Development
OIE:	Office International des Epizooties (Internationales Tierseuchenamt)
TRIPS:	Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights
UNCED:	United Nations Conference on Environment and Development
UNEP:	United Nations Environment Programme
UNIDO:	United Nations Industrial Development Organisation
WHO:	World Health Organisation (Weltgesundheitsorganisation)
WTO:	World Trade Organisation

Einführung

”As often happens, however, the momentum of commerce overtakes society’s ability to fully discuss the risks and benefits of a new technology. Indeed, the first transgenic crops have already been commercialized in the United States and are currently moving into the international marketplace. The genie of agricultural biotechnology is out of the bottle and in many ways society is already playing catch-up.” (Rissler and Mellon, Union of Concerned Scientists)

Zahlreiche technische Erfindungen riefen bei deren Einführung heftigen Widerstand hervor.

Die Kernenergie ist eine von ihnen und wird gern als Beispiel der Gentechnikgegner genutzt, sie sei ähnlich der Gentransfertechnologie anfangs in den Himmel gelobt worden, um einige Jahre und Atombomben sowie Reaktorkatastrophen später als gefährlich und unsicher enttarnt zu werden. Es scheint, die Gentechnik habe im Streit um die Akzeptanz von Großtechnologien die Kernenergie längst abgelöst. So sind die Befürchtungen der Gegner der „grünen Gentechnologie“, dass sich die negativen Folgen erst nach Jahren zeigen, wenn gentechnisch veränderte Pflanzen mit verwandten Arten ausgekreuzt haben und nicht mehr aus der Natur zurückgeholt werden können. Auf der anderen Seite hofft man durch die Möglichkeiten, die diese Technologie bietet, die Umwelt weniger mit Pestiziden zu belasten, einen Beitrag zur Beseitigung des Hungers in der Welt zu leisten oder Pflanzen mit neuen ernährungsphysiologischen Vorteilen für die Verbraucher zu entwickeln. Dass dadurch aber eine Technisierung und der Versuch der Kontrolle der Natur noch verstärkt wird, hinterlässt einen bitteren Nachgeschmack, wenn man sich die rasante Entwicklung dieser verheißungsvollen und gefürchteten Technologie anschaut. Was bedeutet Gentechnik bei Pflanzen genau? Kaum ein Bürger gerät an der Stelle nicht ins Stocken. Und warum wird diese relativ junge Technologie von einigen Menschen begrüßt, von anderen strikt abgelehnt? Auf welche Fakten stützen sich die beiden Parteien, die sich immer wieder kontroverse Diskussionen liefern oder eben auch, und das möchte ich mit dieser Arbeit anders lösen, einseitig und emotional debattieren. In vorliegender Ausarbeitung soll dem Leser ein genaues, gründliches Bild über die „grüne Gentechnik“ vermittelt werden. Dies soll durch Klärung der wichtigsten Aspekte der Technologie, die in eine detaillierte Gegenüberstellung von Risiken und Chancen mündet, ermöglicht werden.

Den Einstieg in die Thematik bildet eine Betrachtung über wissenschaftliche Denkmuster, wie das Paradigma des genetischen Determinismus. Es wird dabei ergründet, wann und warum eine reduktionistische, mechanische Sicht auf die Wirkungsweisen der Natur entstanden ist.

Dem folgt eine kurze Darstellung wichtiger Entdeckungen der Gentechnik im 20. Jahrhundert, darüber hinaus werden Entwicklungen der Technologie im

landwirtschaftlichen Bereich genauer dargestellt. Ausgehend von klassischen Züchtungsmethoden werden die modernen biotechnologischen Methoden genau erklärt und mit der Beschreibung der Herstellung einer gentechnisch veränderten Pflanze abgerundet. Somit erhält der Leser fundierte Grundlagen.

Auf dieser soliden Basis wird in den kommenden Kapiteln aufgebaut, somit ist sie wichtig für das Verständnis der späteren Gegenüberstellung von Risiken und Chancen der Technologie.

Zuvor werden die Entwicklungen, die sich mit dem Einsatz gentechnisch veränderter Organismen (GVOs) auf globaler Ebene abspielen, aufgezeigt. Dazu gehört auch die nähere Betrachtung wichtiger GV-Pflanzen, die bereits in einigen Ländern großflächig angebaut werden.

Eine Darstellung der internationalen sowie deutschen Gesetzgebung verhilft zu einem besseren Verständnis sicherheitsrelevanter Fragestellungen auf politischer Ebene. Es schließt sich eine Ausarbeitung der Kennzeichnungsproblematik an, die den korrekten Umgang mit dieser Technologie in Frage stellt. Den Kern der Arbeit bildet die Analyse der Vor- und Nachteile der Gentechnologie in der Landwirtschaft. Dementsprechend werden zuerst die Chancen und danach die Risiken in all ihren Facetten beleuchtet und erklärt. Mit dem anschließenden Resümee wird versucht, Bilanz zu ziehen und eine Haltung bezüglich der Technologie oder auch des Einsatzes dieser abzuleiten. Nach dieser umfassenden Auseinandersetzung wird die Aufmerksamkeit auf die Darstellung der Gentechnik in den Medien gelenkt. Wie werden die Fakten dieser kontroversen Thematik dem Medienkonsumenten tatsächlich dargebracht? Da der praktische Teil meiner Diplomarbeit dem Medium Dokumentarfilm zuzuordnen ist, war es mir wichtig zu ergründen, wie mit dem Thema bereits in den Massenmedien umgegangen wird, wie differenziert Journalisten berichten, wie die Jugend an das Thema herangeführt wird und wie die Bevölkerung dieser Debatte gegenüber eingestellt ist.

Die Quellen, auf denen meine Arbeit fußt, habe ich durch ausgiebige Recherchen im Internet sowie in der naturwissenschaftlich ausgerichteten Universitätsbibliothek in Rostock ausfindig gemacht. Im überwiegenden Teil der genutzten Veröffentlichungen wurde wissenschaftlich und detailliert argumentiert, da meist ein spezielles Gebiet abgehandelt wurde. Ich habe besonderen Wert darauf gelegt, solche Publikationen zu verwenden, deren Wissenschaftlichkeit erkennbar war, wo Autor, Verlag und Bekanntheit der Ergebnisse auf seriöse Arbeit schließen ließen. Soweit als möglich habe ich versucht, alle für die Arbeit tragenden Aussagen in anderen Quellen zu überprüfen.

Für die Beschreibung der Methoden bei der Herstellung gentechnisch veränderter Pflanzen war das Buch von Frank und Renate Kempken sehr nützlich. Die dortigen Ausführungen fand ich in weiterer Literatur bestätigt.

Im Bezug auf die Risiken der Technologie konnte ich weitaus mehr Argumentationen (zum Teil auch populärwissenschaftliches Material) als zu den

Chancen der „grünen Gentechnik“ finden. An dieser Stelle galt es, die Fakten von erkennbar überzogenen oder spekulativen Informationen zu unterscheiden. Sehr hilfreich war eine Zusammenfassung mehrerer Studien zum Thema Bt-Mais, die von Greenpeace erstellt wurde. Obwohl einige Kritiker dieses Papier anzweifeln, es für beschönigend halten und bemängeln, dass einige Untersuchungsergebnisse aus dem Zusammenhang gerissen seien, konnten viele Aspekte genau und nachvollziehbar erläutert werden. Die Kritik konnte ich nicht teilen. Im Gegenteil macht die Studie auf Aspekte aufmerksam, die neue Untersuchungen initiieren sollten.

Auf Literatur der Gentechnikindustrie konnte ich ebenfalls zurückgreifen: ein Kompendium, das sich mit einigen Gesichtspunkten der GVOs befasst. Hier wurden jedoch lediglich die positiven Seiten betont, ohne tiefer gehende Begründungen hinzuzufügen. Die genannten Aspekte stellen oft Hoffnungen oder bereits widerlegte Angaben angepriesener Errungenschaften dar. Die bisher tatsächlich nachweisbaren Folgen „grüner Gentechnologie“ sprechen eine andere Sprache als dieses Kompendium. Wissenschaftliche Nachweise der dort geäußerten Hoffnungen sind mir trotz intensiver Suche nicht bekannt geworden.

Ein sehr umfangreiches Werk von Markus Böckenförde bereicherte mein Wissen über wirtschaftspolitische Zusammenhänge und ergänzte das Kapitel der internationalen Gesetzgebung durch wichtige Tatsachen. Dieses Buch enthielt im ersten Teil viel grundlegendes Know-how über die Gentechnik. Beispielsweise wurden Verfahrensschritte zur Herstellung von GVOs, gegenwärtige Anwendungen und zukünftiger Nutzen der „grünen Gentechnik“ abgehandelt. Dies ermöglichte mir, meine bisherigen Ausarbeitungen auf Richtigkeit zu überprüfen.

Schwieriger war es jedoch, verlässliche Daten über Anbauflächen der genetisch veränderten Nutzpflanzen zu bekommen. Es gibt nur eine Organisation, die ISAAA (International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications), die solche Daten erstellt. Sie arbeitet jedoch eng mit den Saatgutkonzernen zusammen. Die Tendenz geht dahin, die Flächen (auf dem Papier) vergrößert darzustellen, um den Eindruck zu erwecken, dass die Gentechnologie bereits unumkehrbar auf dem Vormarsch sei. So spricht man beispielsweise von „Mega-Anbauländern“ wenn eine Fläche von 0,1 Millionen Hektar mit GVOs bestellt wurde. Meist liegt der Anteil der GVOs in diesen Ländern jedoch bei unter einem Prozent der Anbaufläche (in Deutschland lediglich bei einem Promille). 100 000 Hektar als „mega“ zu bezeichnen ist (auch aus landwirtschaftlicher Sicht) überzogen. Ein kritischer Bericht vom Umweltinstitut München deckte sogar Ernst zu nehmende Rundungsfehler auf. Da aber sämtliche wissenschaftlichen Bücher (sofern sie Daten über Anbauflächen einbeziehen) mit den Zahlen der ISAAA arbeiten, habe ich sie ebenfalls übernommen und weise ausdrücklich auf eventuelle Unstimmigkeiten hin. Eben-

falls überwiegend positiv gegenüber der Gentechnik eingestellt ist die deutsche Internetseite www.transgen.de. Es wird versucht, einen neutralen Ton bei der Darlegung der Informationen (die übrigens ein sehr weites Spektrum der Gentechnik in der Landwirtschaft umfasst) zu wählen, doch fehlt die kritische Hinterfragung einiger Studien beziehungsweise der Technologie überhaupt. Auf Grund dessen sollte man die Informationen dieser Seite stets prüfend hinterfragen. Zu den einzelnen Gefahrenpotentialen gentechnisch veränderter Pflanzen werden im Rahmen der Begleitforschung eine Vielzahl an Untersuchungen angestellt. Deren Ergebnisse kann man auch auf der eben genannten Webseite nachlesen. Ich konzentrierte mich auf solche Studien, bei denen Störungen oder Unregelmäßigkeiten aufgetreten sind, möchte aber betonen, dass es eine große Anzahl an Ergebnissen zu verschiedenen Untersuchungsparametern gibt, die nach dem heutigen Stand des Wissens über GVOs keine gentechnisch-relevanten Gefahren erkennen lassen.

Inhaltlich ausgewogen ist eine wissenschaftliche Abhandlung (Wöhrmann) über mögliche Umweltauswirkungen und aktuell angestrebte Neuentwicklungen (GV-Pflanzen als Rohstofflieferanten), die nicht nur objektiv sämtliche denkbaren Potenziale der Gentechnik auszuschöpfen versucht, sondern ebenso gewissenhaft und gründlich die Gefahrenpotenziale darlegt.

Solche neutralen Publikationen findet man selten, da in den meisten Veröffentlichungen eine Position pro oder contra Gentechnik vertreten wird. Wo es sie gab, habe ich mich auf derartige Publikationen gestützt.

Für aktuelle Standpunkte griff ich auf das der Gentechnik zwar ablehnend gegenüber eingestellte, aber sehr genau recherchierte Heft des Gen-ethischen Netzwerkes zurück. Dessen monatlich erscheinendes GiD befasst sich mit aktuellen Geschehnissen rund um das Thema, allerdings nicht nur bezogen auf die Landwirtschaft: Es finden auch die Stammzellenforschung sowie ethische Überlegungen Eingang in dieses Heft. Bei der Auswertung dieser Publikation habe ich mich vor allem auf die Fakten gestützt.

Auch von der Kritikerseite verfasst, erweiterte Brigitte Zarzers sehr aktuelles Buch (2006) mein Wissen um die wirtschaftlichen Zusammenhänge der Biotechnologie-Konzerne. Trotz des recht populistischen Schreibstils wurden sämtliche Quellen zu den Ausführungen genau wiedergegeben. Dies ermöglichte mir weitere Recherchen, beispielsweise in Zeitungen oder anderen Veröffentlichungen. In dieser Weise konnte ich bei vielen Werken vorgehen, so dass ich bald eine Fülle an Material, auch von einschlägigen Webseiten, zusammentragen konnte.

Das gestattete mir einen Überblick, der aus einer Vielzahl von Quellen schöpft, die sich gegenseitig beleuchtet haben und aneinander verifiziert werden konnten.

Erwähnenswert ist auch das Buch von Rudolf Buntzel und Suman Sahai, welches entwicklungspolitische Aspekte, wie die sozioökonomischen Auswir-

kungen der Gentechnik sehr anschaulich verdeutlichte. So konnte ich auch die Argumentation um die Hungerproblematik viel differenzierter ausarbeiten und viel Wissen über das Funktionieren von Entwicklungsarbeit erlangen.

Für das sechste Kapitel nutzte ich ein sehr umfangreich recherchiertes Fachbuch zum Thema Gentechnik in der Öffentlichkeit. Die Autoren Hampel und Renn stellen darin aufschlussreiche Analysen, Untersuchungen und Umfragen zusammen, die in medienspezifischer Hinsicht äußerst nützlich waren.

Zusammenfassend möchte ich herausstellen, dass ich, trotz meiner sich während der Arbeit herausbildenden kritischen Sicht auf die Verwendung der Gentechnik, jederzeit bestrebt war, sämtliche Seiten dieser Technologie zu erfassen, Chancen und Risiken gleichermaßen zu bestimmen, mit Skepsis, aber auch gesundem Menschenverstand die vielen Meinungen zusammenzutragen und differenziert sowie gründlich recherchiert wiederzugeben. Umstrittene Themen, wie der Skandal um den Forscher Arpad Pusztai, der nach Veröffentlichung bedenklicher Studienergebnisse von mit GV-Kartoffeln gefütterten Ratten entlassen wurde, habe ich wegen ihrer verworrenen, zum Teil gegensätzlichen Tatsachendarstellungen nicht einbezogen.

Bezüglich der Aktualität des verwendeten Materials habe ich versucht, die neueste Fachliteratur zu Rate zu ziehen. Obwohl die Gentechnik in der Landwirtschaft eine recht junge Technologie ist, können Erkenntnisse sehr schnell überholt und widerlegt sein. Denn erst die aktuellsten Veröffentlichungen können belegen, dass beispielsweise einige negative Folgen schon jetzt, nach mehreren Jahren der Verwendung von GVOs, ersichtlich werden. Die Ansammlung von Wissen ermöglichte mir schnell zu erkennen, welche Literatur nützlich sein könnte.

Dabei habe ich festgestellt, dass die Beschäftigung mit diesem Thema einem Prozess gleicht, da man erst nach und nach ein Gespür dafür entwickelt, welche Meldungen und Veröffentlichungen relevant sein könnten. Dadurch konnte bereits verarbeitetes Material gegebenenfalls korrigiert, erweitert oder verworfen werden, so dass ich nun eine fundierte, umfassende Ausarbeitung über die gewählten Themen vorlegen kann.

Die Besuche bei den Protagonisten meines Films ermöglichten mir zudem, einen tieferen Einblick in das jeweilige Umfeld und Spezialgebiet der Befragten zu erhalten. Diese verschiedenen Sichtweisen werden in meinem Film zu bestimmten Themenkomplexen (wie Kennzeichnung, Koexistenz, Risiken, usw.) gegeneinander gestellt. Die in der Theoriearbeit erläuterten Chancen und Risiken werden nun noch einmal kontrovers diskutiert, und zwar von direkt betroffenen Personen. Durch die Identifizierung mit den Charakteren des Films bekommt die Thematik ein Gesicht, der Betrachter lernt mit den verschiedenen Menschen auch unterschiedliche Sichtweisen kennen. Meine anfängliche Motivation, einen Film über dieses große wissenschaftliche Thema zu drehen, war die scheinbare Gleichgültigkeit der Verbraucher und meine ei-

gene Neugierde, mehr Wissen zu dieser Thematik zu erlangen. Ich wollte die Möglichkeit nutzen, mit meiner Diplomarbeit eine mir wichtige, in der Gesellschaft noch zu wenig beachtete Frage zu stellen: Ist die „grüne Gentechnik“ gut oder schlecht für die Umwelt, für uns Menschen? Und welche Auswirkungen könnte diese Technologie auf die Zukunft der Nahrungsmittelproduktion haben?

Die vorliegende Arbeit versucht diesen Fragen auf den Grund zu gehen.

1. Von den Ursprüngen einer reduktionistischen Denkweise in der Wissenschaft

Das Paradigma des genetischen Determinismus¹ besteht aus zwei Grundpfeilern, den Theorien von Darwin und Mendel. Anhand dieser hat sich die Denkrichtung in der Wissenschaft entwickelt und ist auch bei der Gentechnik noch anzutreffen. Die ideologischen Wurzeln des genetischen Determinismus gehen auf Darwins Theorie der Evolution durch natürliche Auslese zurück. Begünstigt wurde dies durch das sozio-ökonomische und politische Klima im viktorianischen England und den Glauben der herrschenden Klassen an Fortschritt durch Wettbewerb auf jenem „freien Markt“ der Kolonien. Gleichzeitig löste der mechanische Materialismus die Religion und andere romantische Vorstellungen vom Sinn des Lebens ab. Die Naturwissenschaften enthüllten die Abstammung des Menschen vom Affen, die Kirche geriet in Erklärungsnot. Die Wissenschaft, die der Religion nach und nach den Rang ablief, bot als Ersatz für den Glauben an die unsterbliche Seele den Glauben an die Unveränderlichkeit der Gene. Sie waren nun verantwortlich für alles, was uns und unsere biologische Umwelt ausmacht. (vgl. Ho)

Diese neue Überzeugung beinhaltete die Reduktion der komplizierten biologischen und chemischen Vorgänge auf einen verständlichen Sinn, um die Natur besser verstehen, kontrollieren und beherrschen zu können. (vgl. ebd.) Seit der Entdeckung der Doppelhelix neigt man dazu, den Organismus lediglich auf eine Ansammlung von Genen zu reduzieren und seine Entwicklung als ein im Genom kodierte „genetisches Programm“ zu betrachten. Der Organismus wird ohne Einbeziehung seiner Erfahrungen analysiert und nach festgelegten Parametern im Labor untersucht. Der aktuelle Drang, Genmaterial selbst bedrohter Eingeborenenstämme zu sammeln und zu archivieren, resultiert aus dieser Überzeugung. Kurz gesagt, ist das Verschwinden eines vom Aussterben bedrohten Urvolkes weniger schlimm, wenn dessen Zelllinien auf-

¹ Der genetische Determinismus: „Nach der Lehre des Determinismus sind sämtliche Handlungen, Entscheidungen und Geschehnisse die unausweichliche Konsequenz von zuvor vorliegenden hinreichenden Ursachen. Dem genetischen Determinismus zufolge ist der Organismus die unweigerliche Konsequenz seiner genetischen Ausstattung – der Gesamtheit seiner Gene.“ (Ho S. 383).

bewahrt werden können. Es erscheint abenteuerlich, dass das Leben der Menschen, einschließlich ihrer Kultur und Geschichte, also ihrer intersubjektiven Erfahrungen, weniger bedeutsam ist, als deren genetischer Code. Jedoch ist das Human Genome Diversity Project,² welches tatsächlich stattgefunden hat, ein eindeutiger Beleg für diese Überzeugung. Richard Dawkins treibt diese reduktionistische Tendenz des Neodarwinismus auf die Spitze, indem er behauptet: „Organismen seien nichts weiter als Automaten, gesteuert von „egoistischen Genen“, deren einzige Maxime darin bestehe, sich auf Kosten anderer egoistischer Gene zu replizieren.“ (Ho, nach Dawkins, S. 135)

² Das Human Genome Diversity Project (HGDP) wurde 1991 vom Morrison Institute der Stanford University unter Mitwirken zahlreicher Wissenschaftler begonnen. Es ist nicht zu Verwechseln mit dem Human Genome Project, welches sich mit der Entschlüsselung des menschlichen Genoms befasst. Das HGDP versucht anhand von DNA-Proben die Verschiedenheit der Menschen, die genetisch gesehen bei unter einem Prozent liegt, aufzuzeigen. (vgl. http://en.wikipedia.org/wiki/Human_genome_diversity_project vom 18.12.06) Der berühmte Genetiker Cavalli-Sforza, unter dessen Federführung dieses Projekt entstand, ist der Meinung, die DNA sollte weltweit nach unterschiedlichen Populationen systematisch untersucht werden, um die menschliche Evolution besser zu verstehen. Das Anliegen wurde als dringlich eingestuft, da einige indigene Völker vom Aussterben bedroht sind. Seit seinem Beginn kämpfte das HGDP mit starker Kritik. Interessengruppen vieler indigener Völker lehnten nicht nur die terminologische Charakterisierung als „Isolates from Historical Interest“ ab, sie beklagten auch das generelle Desinteresse der Wissenschaftler an den Gründen des Verschwindens jener Völker. Weitere kritische Diskussionen befassten sich mit der Möglichkeit der kommerziellen Ausbeutung der gesammelten Daten (Patente), sowie das Zustandekommen einer informierten Zustimmung, wie auch der wissenschaftlichen Beteiligung indigener Menschen. Unterschiedliche Interessengruppen indigener Populationen riefen zu einem Stopp des HGDP auf, bis „die moralischen, ethischen, sozio-ökonomischen, physischen und politischen Implikationen [des HGDP] von indigenen Populationen ausführlich diskutiert, verstanden und zustimmend behandelt wurden“. (http://uni.snooweatinganima.de/HA_geographische_anthropologie.pdf vom 18.12.06) Das Projekt wurde aufgrund der starken Kritik abgebrochen. Doch seit April 2005 wird ein ähnliches Vorhaben vorangetrieben: Der Anthropologe Spencer Wells ist Leiter des ambitionierten Genographic Project, das derzeit von dem amerikanischen Wissenschaftsverlag National Geographic und dem Computerriesen IBM durchgeführt wird. Er will in den kommenden fünf Jahren weltweit rund 100.000 DNA-Proben zusammentragen, um die Besiedlung der Erde durch den Menschen im Detail nachvollziehen zu können. Es wird befürchtet, dass die wissenschaftlichen Vertreter der 1. Welt mit den gesammelten Daten auf eigene Faust und Rechnung medizinische Forschungen betreiben. Man erahnt in dem Vorhaben eine Fortsetzung des „Human Genome Diversity Project“ und so wird wiederholt gegen die Verantwortlichen der Vorwurf des Gen-Diebstahls, der eine Form moderner Kolonialisierung darstelle, erhoben. Ethische Mindeststandards seien auch diesmal kaum gewährleistet, da das privat finanzierte Projekt nicht durch unabhängige Institutionen, beispielsweise die Vereinten Nationen, unterstützt wird. (vgl. <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/19/19985/1.html> vom 18.12.06).

Jene Theorie Darwins über die Entstehung der Arten mit der Ansicht, dass der Tüchtigere sich im Kampf ums Überleben durchsetzt, bestärkt auch heute noch, so scheint es, die Gesellschaft der freien Marktwirtschaft, des Wettbewerbs, sowie der kapitalistischen und imperialistischen Ausbeutung.

„Begriffe wie „Genbanken“ und „genetische Ressourcen“ machen (...) klar, dass das Leben, der Prozess des Lebendigseins, und ebenso die realen Lebewesen und verschiedene ökologische Gemeinschaften zugunsten von Genen negiert werden, derer man sich bemächtigen kann, die man besitzen, die man aufbewahren und als Ware verwerten kann.“ (Ho, S. 137)

De facto kann man erkennen, dass gerade heute die Überzeugung verfestigt wird, der Organismus verliere mehr an Bedeutung und lediglich dessen Gene seien wichtig bzw. würden wichtig, insbesondere in marktwirtschaftlichen Zusammenhängen. Erst deshalb wurde es denkbar, eine Patentierung auf Leben oder Lebendorganismen zu ermöglichen.

Bis in die späten 1960er Jahre lässt sich eine biologisch deterministische Bewertung menschlicher Verhaltensweisen zurückverfolgen. Danach erst kamen viele Genetiker, Anthropologen und Sozialwissenschaftler zu der Einsicht, dass die Ursachen für menschliche soziale Ungleichheit nicht an der Einzigartigkeit unserer Gene, sondern vielmehr durch Verteilungsprobleme von Reichtum und Macht zwischen den verschiedenen Nationen der Welt bestimmt sind. (vgl. Rose)

Wie stark ein mechanistisch geprägtes Weltbild, der Reduktionismus oder der genetische Determinismus heute noch auf die Wissenschaften wirken, kann nur durch die Beobachtung der Arbeitsweise der Wissenschaftler herausgefunden werden. Einige Ansätze dazu sind in dieser Arbeit zu finden. Zum Beispiel ist eine reduktionistische Sichtweise mitverantwortlich für ein Ausblenden der biologischen und ökologischen Zusammenhänge bei der Erforschung der komplexen Vorgänge pflanzlicher Organismen (bspw. GVOs).

2. Gentechnik in der Landwirtschaft

2.1. Kurze Einordnung gentechnischer Entdeckungen des 20. Jahrhunderts

Die Theorien Darwins und Mendels verloren zu Beginn des 20. Jahrhunderts an Bedeutung, da neue Bahn brechende Erkenntnisse wie die Einsteinsche Relativitätstheorie, die Quantenmechanik, die Entdeckung der DNS-Doppelhelix und die Entschlüsselung des genetischen Codes die Wissenschaft vor neue Herausforderungen stellte. (vgl. Ho)

In den zwanziger Jahren beschrieb ein Forscher namens Phoebus Levine zum ersten Mal einen Stoff, der erst viel später als DNS bekannt wurde. Er erkannte, dass jener Stoff Teil der Chromosomen war und aus Zuckermolekülen (Desoxyribose), Phosphaten und vier so genannten Basen bestand. Erst das von James Watson und Francis Crick entworfene Modell der dreidimensiona-

len Doppelhelix konnte Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts die Wissenschaftler überzeugen, dass nicht die Eiweiße Träger der Erbinformationen sind, sondern die Desoxyribonukleinsäure (DNS oder engl. DNA). Die Entdeckung der Restriktionsenzyme (Gen-Scheren genannt) ist ein weiterer Meilenstein in der Genetik. 1972 schafft es dann der amerikanische Biochemiker Paul Berg das erste Mal, eine so genannte rekombinante DNA zu erzeugen, indem er die Erbsubstanzen zweier verschiedener Organismen mit Hilfe von Restriktionsenzymen auseinander schnitt und anders wieder zusammensetzte. (vgl. Zarzer 2006a) Die Gentechnik war von nun an nicht mehr aus den Laboren wegzudenken.

Die Möglichkeiten, die diese neue Technik zu bieten vermochte, waren scheinbar unbegrenzt. In Forscherkreisen gab es erste Befürchtungen, ob jenes schnelle Voranschreiten dieser Technologie nicht unabsehbare Risiken für Mensch und Umwelt bergen könnte. 1975 rief Paul Berg, einer der ersten führenden Gentechniker, zu einem Treffen auf, welches in der Konferenz von Asilomar gipfelte. 140 führende Wissenschaftler trafen sich dort, um über das Tool „Gentechnik“ zu diskutieren. Es erschien zu wertvoll, um es zu verwerfen, jedoch wurde ein Kompromiss gefunden, welcher sich aus Auflagen und Verboten bezüglich einiger riskanter Forschungsgebiete (z.B. die Forschung mit Bakterienstämmen, wie dem damals noch unzureichend erforschten, aber hochgefährlichen HI-Virus) zusammensetzte. Hierbei war es den Forschern wichtig, dass laborinterne Versuche nur mit Organismen durchgeführt werden sollten, die in freier Natur nicht überleben können. Diese Erkenntnisse der Konferenz von Asilomar flossen dann in nationale Gentechnik-Gesetze mit ein. (vgl. ebd.)

Einige Jahre später wurden die ursprünglichen Richtlinien entschärft, da man sich in der Lage sah, viele Risiken als abschätzbar und kontrollierbar einzustufen. Seit diesen Lockerungen in den 1980er Jahren konnte die Gentechnik sich weiterentwickeln und zog somit auch in den landwirtschaftlichen Bereich ein. (vgl. ebd.)

2.2. *Kurzer Einblick in die klassische Züchtung*

Seit der Mensch sesshaft wurde vor mehr als 10.000 Jahren, hat er Einfluss auf die heutige Form der Kulturpflanzen genommen. Allerdings sei dahin gestellt, ob eine bewusste Auslese von Pflanzen mit bestimmten Eigenschaften schon zu dieser Zeit stattfand. Bereits durch zufälliges Auslesen größerer Samen findet eine Selektion statt. Somit kann man nicht davon ausgehen, der Mensch habe seit seiner Sesshaftigkeit bewusst versucht, die Merkmale der Pflanzen gemäß seiner Ansprüche durch Auslese und Kreuzung zu verbessern. Der genaue Zeitpunkt ist nicht feststellbar.

Das Ergebnis langjähriger Selektion sind unsere heutigen Kulturpflanzen, die im Vergleich zu ihren wild lebenden Urformen deutlich mehr Biomasse,

Samen und Früchte entwickeln. Allerdings fand die enorme Entwicklung zu den heutigen Hochleistungssorten wohl erst in den letzten 100 Jahren statt. (vgl. Wöhrmann)

Durch Kreuzung und Selektion bestimmter Pflanzen erhält man eine neue Sorte mit sortentypischen Merkmalen, die bei weiterer Fortpflanzung beibehalten werden. (vgl. Schmid) Bei diesem Vorgang wird das gesamte Erbgut (alle Gene), also durchschnittlich 50.000 Merkmale, nach den Mendelschen Gesetzen gemischt und neu kombiniert. Auch Merkmale, die nicht erwünscht sind, vererben sich weiter und so findet ein langwieriger Auswahl- und Rückkreuzungsprozess statt, bis man zum gegenwärtig bestmöglichen Ergebnis kommt. (vgl. Jungbluth)

Da eine Pflanze meist nur ein oder zweimal im Jahr keimfähig wird, dauert der Prozess, eine neue Sorte zu züchten, 15 bis 20 Jahre. (vgl. Kempken)

Pflanzenzüchtung heißt ganz allgemein: gezielte Entwicklung von neuen Pflanzensorten mit neuartigen, gewünschten Eigenschaften, dem so genannten Zuchtziel. Dabei ist man auf die Nutzung der pflanzen genetischen Ressourcen angewiesen, da neue Pflanzen nur durch Neukombination der Eigenschaften aus bereits bestehendem Pflanzenmaterial gewonnen werden können. Zu den klassischen Züchtungsmethoden gehört neben der Auslesezüchtung und der Kreuzungszüchtung auch die Hybridzüchtung. (vgl. Meyer)

Bei der Hybridzüchtung wird die Bestäubung selbst gelenkt, um eine maximale Leistungssteigerung zu erreichen. Dies läuft folgendermaßen ab: Zuerst wird eine Inzuchtlinie mit möglichst guter Eigenleistung erstellt. Dann werden die Linien identifiziert, die eine maximale Kombinationseignung aufweisen. Abschließend wird durch die gezielte Bestäubung die Kreuzung gelenkt (die Blüten werden durch spezielle Schutzmaßnahmen vor Fremdbestäubung geschützt), mit dem Ziel Hybridsaatgut aus der sich nun entwickelnden Pflanze zu gewinnen.

Die Hybride weisen dann in der F1 (erste Generation) die stärkste Ausprägung der gewählten Eigenschaften auf (hoher Ertrag, große Früchte etc.), ab der F2 gehen diese Eigenschaften durch genetische Spaltung wieder verloren. Deshalb kann die Hybridsorte nicht nachgebaut werden und das geistige Eigentum des Pflanzenzüchters ist geschützt. (vgl. Ordon)

Diese Methodik wird in der industrialisierten Landwirtschaft des Nordens bevorzugt, da höhere Erträge, einheitliche Fruchtkörper (Verpackung) und somit besseres Aussehen erfolgreicher am Markt bestehen können. Der Film „We Feed the World“³ zeigt diese Entwicklungen in der landwirtschaftlichen Pro-

³ „We Feed the World“: Der österreichische Filmmacher Erwin Wagenhofer hat die Produktionsstätten wichtiger Lebensmittel aufgesucht. Gedreht im Jahr 2005 in Österreich, der Schweiz, Brasilien, Rumänien, Spanien und Frankreich avancierte der Film zum erfolgreichsten österreichischen Dokumentarfilm seit Beginn der statistischen Erfassung. Er handelt von der zunehmenden Industrialisierung der Nahrungs-

duktion anhand eindrucksvoller Bilder. In Entwicklungsländern, wo die Bauern darauf angewiesen sind, ihr Saatgut selber nachzuzüchten, ist diese Züchtungsmethode bereits kritisch zu betrachten. Die Hybridzüchtung gilt als Vorläufer der Terminorttechnologie der „grünen Gentechnik“. Diese wird in späteren Kapiteln noch eingehender beleuchtet.

Die Polyploidiezüchtung (künstliche Chromosomenverdopplung) und die Mutationszüchtung (Mutationsauslösung durch ionisierende, radioaktive (!) Strahlung oder mutagene Chemikalien), auch angewandte klassische Züchtungsmethoden, sind von geringer Bedeutung. (vgl. Meyer) Heute spielen weder die chemische noch die radioaktive Mutationserzeugung in der Pflanzenzucht eine Rolle. (vgl. Weber, B.) Grund dafür ist wahrscheinlich die komplizierte Durchführung sowie die geringe Ausbeute an brauchbaren Mutationen.

2.3. *Die moderne Biotechnologie*

Der Begriff „Biotechnologie“, der im Zusammenhang mit der Gentechnik oft fällt, bedeutet im eigentlichen Sinne Pflanzenzüchtung und landwirtschaftlicher Anbau. Allgemein meint es die gezielte Nutzung und Beeinflussung biologischer Prozesse für menschliche Zwecke. Die Fortschritte, die nun durch die Molekularbiologie und Genetik gemacht worden sind, kann man zu der sich neu etablierten modernen Biotechnologie zählen. Zu den modernen Biotechnologien gehören die Zell- und Gewebekulturtechniken, die molekularbiologischen Techniken und die Gentechnik bei Pflanzen. (vgl. Meyer)

2.3.1. Zell- und Gewebekulturtechniken

Die Zell- und Gewebekulturtechniken dienen der Erhaltung von Pflanzenmaterial, der Vermehrung von Pflanzen, der Erzeugung von Variabilität und der Selektion. Sie sind zusammengefasst In-vitro-Kulturverfahren von Zellen.

Weitere Methoden zur Erzeugung von Variabilität sind die Protoplastenfusion und die somatische Hybridisierung (Fusion von Zellen). (vgl. Kempken)

Die Protoplastenfusion beruht auf Fusion zellwandloser Zellen (Protoplasten) verschiedener Arten und Rassen, wobei es zur Verschmelzung der Genome kommt. Bei dieser Methode steht nicht die ganze Pflanze im Vordergrund, sondern nur einzelne Zellen oder Gewebeteile, aus denen wieder intakte Pflanzen regeneriert werden. Dies ist durch eine besondere Eigenschaft der Pflanzen möglich, der Totipotenz. Das heißt, man kann aus einzelnen Zellen

mittelproduktion und kritisiert diesbezüglich die Rolle der EU und ihrer Agrarpolitik. Ohne Sprecher auskommend, die Bilder und einige Kommentare der handelnden Personen (Bauern, Biologen, ...) sprechen für sich, appellieren die Einblicke, die Wagenhofers Dokumentation ermöglicht, an unser Bewusstsein als Konsumenten. (vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/We_Feed_the_World 28.01.07).

jedes Gewächses eine vollständige Pflanze regenerieren. (vgl. ebd.)

Durch Protoplastenfusion ist zum Beispiel die „Tomoffel“, eine Hybride aus Kartoffel und Tomate hervorgegangen. (vgl. Ordon)

2.3.2. Molekularbiologische Techniken

Zum zweiten Bereich der modernen Biotechnologie sind die molekularbiologischen Techniken zu zählen. Für verschiedene Bereiche nutzt man spezielle Techniken, wie zum Beispiel die Marker-Techniken oder Mikrosatelliten. Bei der Pflanzenzüchtung und zum Erhalt pflanzengenetischer Ressourcen sind diese Techniken relevant. (vgl. Meyer)

2.3.3. Gentechnik bei Pflanzen

Die Gentechnik bei Pflanzen beinhaltet alle Methoden zur Isolierung und Vielfältigung von Genen, sowie deren gezielte Umgestaltung, Neuzusammenfügung und Übertragung in den Ursprungs- oder einen Fremdorganismus. Das Resultat sind transgene Organismen mit neuen bzw. veränderten Eigenschaften. (vgl. ebd.)

Die Gentechnik bietet grundsätzlich neue Verfahren zur Produktion von neuartigen Pflanzensorten, die weder vergleichbar sind mit den Einflüssen des Menschen der letzten 10.000 Jahre, noch mit den klassischen Züchtungsprozessen der letzten 100 Jahre. (vgl. Wöhrmann)

Zwischen klassischer Züchtung und Gentechnik bei Pflanzen sollte bereits eine klare inhaltliche Trennung vollzogen werden, denn erstgenannte mit ihren naturgemäß unkontrollierbaren Mutationen aller Merkmale der gekreuzten Pflanzen ist nicht vergleichbar mit der Gentransfertechnologie, wobei artfremde Gene gezielt in einen Organismus eingeschleust werden. Diese Art der Überwindung von Artgrenzen kommt in der Natur bis auf wenige Ausnahmen nicht vor. (vgl. Kempken)

Eine Tomate kann man auf herkömmliche Art nicht mit einer arktischen Flunder kreuzen, um sie frostresistent zu machen. Die Methodik der Gentechnik, dies zu tun, unterscheidet sich radikal von der Kreuzungstechnik. (vgl. Weber, B.) Als besonders einschneidend ist die Gentransfertechnologie zu bewerten, wenn selbst Gattungsgrenzen, also Tier-Pflanze oder Bakterium-Pflanze, übertreten werden.

Doch scheint die Übertretung der Artbarriere das letzte, einzige Mittel einiger ungelöster Probleme bei der Pflanzenzucht für Anbauer und Züchter zu sein. In dem Fall müssen nicht alle zehntausend Gene wie bei der natürlichen Kreuzung neu kombiniert werden. Es werden nur einzelne Gene übertragen. Der Vorgang des Einschleusens fremder DNA in das Erbgut eines Organismus nennt man Transformation. Transformierte Pflanzen heißen auch transgene Pflanzen und die transformierte DNA wird auch Transgen genannt. (vgl.

Kempken)

Eine gentechnisch veränderte Pflanze wird GVO genannt, von gentechnisch veränderter Organismus, oder GMO (engl.), von genetically modified organism.

2.4. Herstellung transgener Pflanzen

Für die Herstellung einer transgenen Pflanze gibt es drei verschiedene Methoden: *Agrobakterium-tumefaciens-vermittelte Transformation*, *biolistische Transformation* und *Protoplastentransformation*.

Im folgenden werde ich diese ausführlicher erläutern, um nachvollziehbar zu machen, welche Probleme oder Vorteile diese Methoden mit sich bringen. (vgl. Kempken)

Die Verfahren werden je nach Pflanze ausgewählt, so können beispielsweise nur Pflanzen mit der *Agrobakterium-tumefaciens*-Methode bearbeitet werden, die auch zum Wirtsspektrum jenes Bodenbakteriums zählen. Nicht alle Getreidearten können mit dieser Methode verändert werden, z.B. funktioniert sie nicht bei Weizen, Gerste und Mais. (vgl. Wöhrmann)

2.4.1. *Agrobakterium-tumefaciens*-vermittelte Transformation

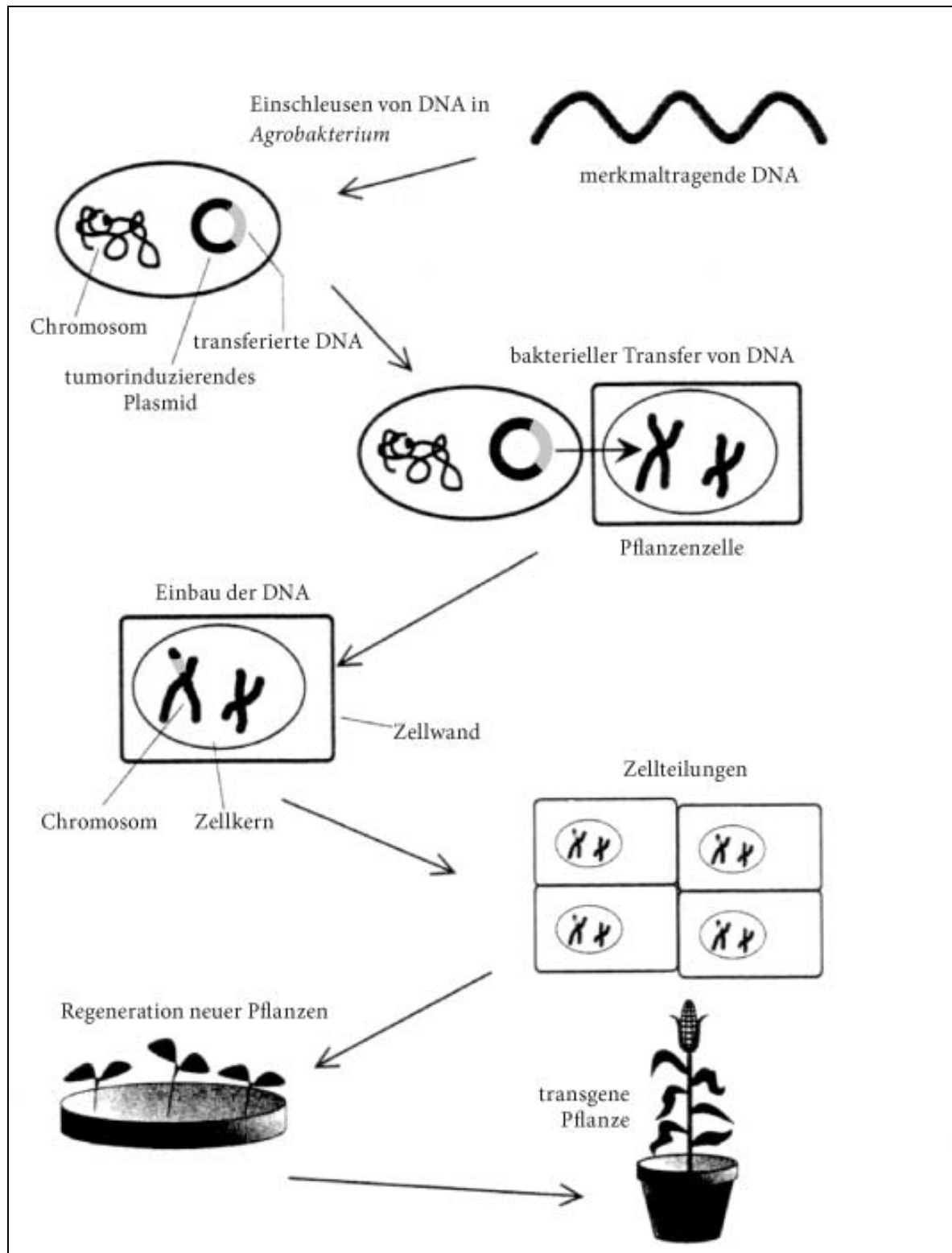
Die erste hier vorgestellte Transformationsmethode bedient sich eines in der Natur vorkommenden Mechanismus, des *Agrobakterium tumefaciens*.

Ziel der Transformation ist es, eine Pflanze mit neu definierten Eigenschaften zu erzeugen. Dafür muss fremde DNA in die Pflanzenzelle eingebracht werden und diese muss sich stabil im Genom der Zielpflanze integrieren. Einen solchen Vorgang kann man bereits in der Natur beobachten: Das Bodenbakterium *Agrobakterium tumefaciens* schleust einen Teil seiner DNA in die Zelle einer verwundeten Pflanze hinein. Diese bildet daraufhin an der Stelle einen Tumor, welcher den Bakterien als Lebensraum dient. Gleichzeitig wird die Bildung bestimmter Nährstoffe angeregt, die das Bakterium als Nahrung aufnimmt (sogenannte Opine). (vgl. Kempken)

Diese Fähigkeit des Bakteriums macht man sich in der Gentechnik zunutze. Das Bakterium besitzt in seiner DNA sehr große Plasmide, deren Funktion es ist, Tumore in der Pflanze auszulösen. Diese Tumor induzierenden – oder kurz Ti – Plasmide besitzen eigene Gene für die Verwertung der Opine, die dem Bakterium als Nahrung dienen, aber auch Gene zur Erkennung verwundeter Pflanzenzellen und weitere für den Transfer der T-DNA (Transfer-DNA), die das Bakterium in die Pflanze einschleust. Nach der Übertragung der bakteriellen T-DNA, wird diese in die DNA des pflanzlichen Zellkerns eingefügt. Dieses Prinzip wird also bei der Gentechnik an Pflanzen übernommen, die T-DNA bekommt dafür die entsprechenden Fremdgene eingebaut und kann diese dann in die Pflanze (im Labor werden nur Teile der Pflanze benutzt) ein-

schleusen. Nach dem DNA-Transfer kann man das Blatt- oder Sprossstück der Pflanze von den Bakterien befreien und aus diesen Teilen wieder eine komplette Pflanze regenerieren. Mit einem Markersystem kann dann geprüft werden, ob das eingeschleuste Gen auch funktioniert, also die Genexpression stattgefunden hat. (vgl. ebd.)

Abbildung 1: Indirekter Gentransfer mit dem Agrobacterium-System



Quelle: Koschatzky/Maßfeller: Gentechnik für Lebensmittel?, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, 1994.

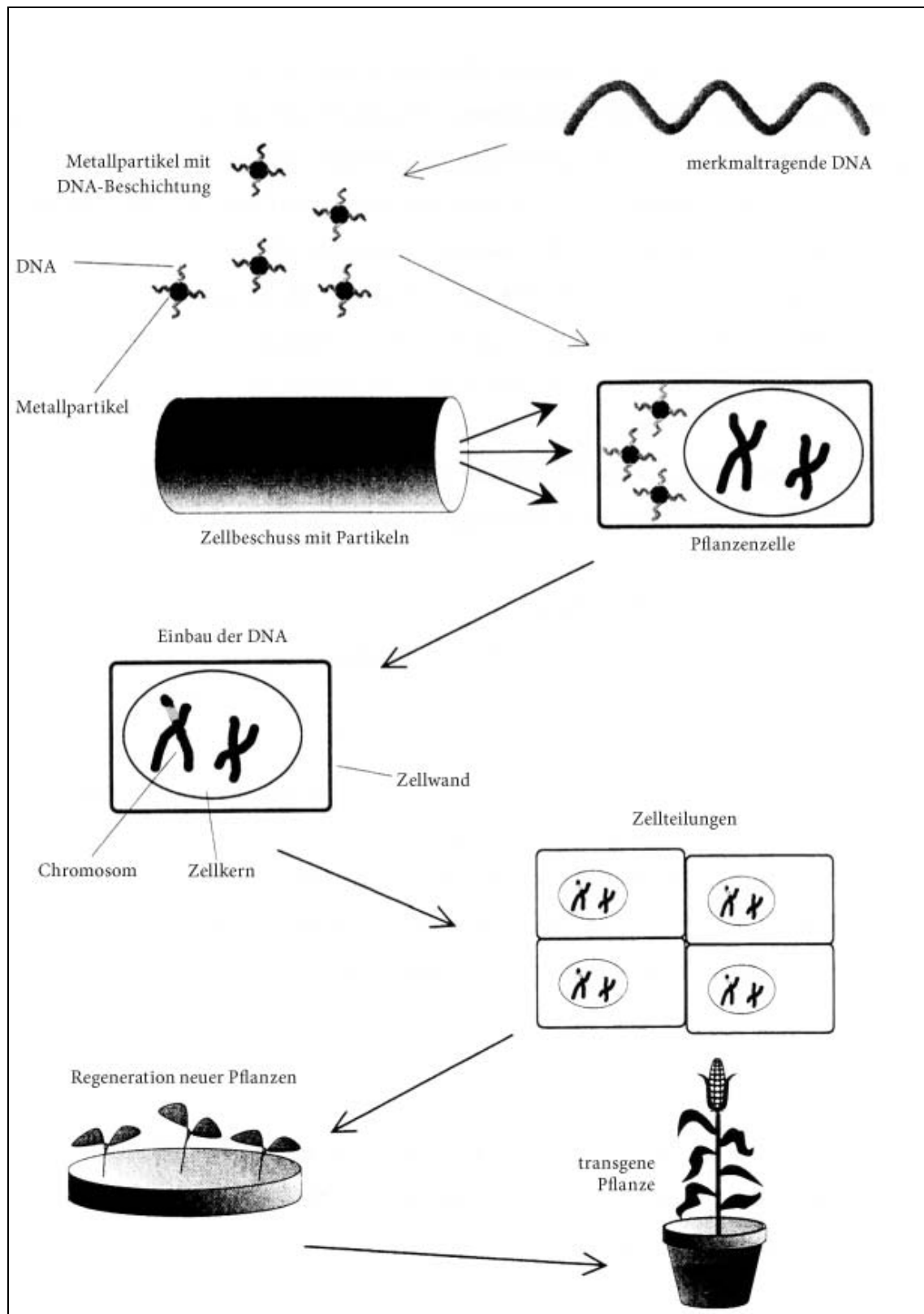
2.4.2. Biolistische Transformation

Die zweite Methode, derer man sich bedient, ist die biolistische Transformation. Sie wurde 1987 von John C. Sanford und seinen Mitarbeitern entwickelt, da man, wie bereits erwähnt, einige Pflanzen nicht mit dem Agrobakterium tumefaciens bearbeiten konnte. Auch die Regeneration ist bei manchen Pflanzen problematisch. Um also die gewünschten Fremdgene in die DNA dieser Pflanzenzellen hinein zubekommen, musste man sich eine andere Methode ausdenken.

Die Überwindung der Zellwandbarriere wurde mit dieser Methode erreicht, indem die fremde DNA auf Gold- oder Wolframpartikel aufgebracht wurde und mit einer so genannten Genkanone in den Zellkern „geschossen“ wurde. Die Partikel sind dabei so klein, dass sie in die Zelle eindringen können, ohne diese dauerhaft zu verletzen. (vgl. Kempken)

Obwohl diese Methode sehr viele Vorteile mit sich bringt, ist die tatsächliche Ausbeute an stabil-integrierter DNA sehr gering. Überdies ist auch hier, wie bei all diesen Methoden, nicht vorhersagbar, wo im Genom sich die Fremd-DNA einschleust und ob Teile der DNA zerstört werden oder neuartige Proteine synthetisieren. Dies sind spezifische Risiken der Gentransfertechnologie, die später eingehender beleuchtet werden. (vgl. ebd.)

Abbildung 2: Direkter Gentransfer durch Partikel-Bombardierung (biolistische Transformation)



Quelle: Koschatzky/Maßfeller: Gentechnik für Lebensmittel?, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, 1994.

2.4.3. Protoplastentransformation

Die dritte genutzte Methode ist die Protoplastentransformation. Wie bei der biolistischen Transformation muss die Zellwand der Pflanzenzellen überwunden werden, um die fremden Gene in die DNA einzuschleusen. Die Zellen bei Pflanzen liegen meist in Gewebeverbänden vor, die durch Pektine (hochmolekulare Kohlenwasserstoffe) zusammengehalten werden. Die Pektine bewirken den Aufbau von Mittellamellen, die die Zellen aneinander kleben lassen. Um die für die Transformation notwendigen Protoplasten (zellwandlose Zellen) herzustellen, müssen zuerst die Pektine durch Pektinasen abgebaut werden, damit die Zellen nicht mehr aneinander kleben. Danach werden die Zellwände abgebaut, die meist aus Zellulose bestehen. Das geschieht mittels Zellulase. Letztendlich erhält man nach diesen Prozessen abgerundete, zellwandlose Protoplasten. (vgl. Kempken)

Die eigentliche Transformation kann auf zwei verschiedenen Wegen erfolgen. Das eine Verfahren erreicht den Gentransfer durch Polyethylenglykol, welches die Protoplasten miteinander verschmelzen und die DNA-Moleküle aufnehmen lässt. Das zweite Verfahren erfolgt durch Stromstöße, auch Elektroporation genannt. Durch diese kurzzeitige Depolarisierung der Zellmembran der Protoplasten kann die DNA-Aufnahme erfolgen. Die DNA gelangt in den Zellkern und integriert sich zufällig in einen nicht vorher absehbaren Abschnitt der chromosomalen DNA der Pflanze. Nach beiden Methoden werden nun wieder ganze Pflanzen aus den Stücken regeneriert, allerdings ist diese Prozedur sehr schwierig und schränkt die Anwendung der Protoplastentransformation ein. (vgl. ebd.)

2.4.4. Letzte Schritte bis zur fertigen GV-Pflanze

Bei allen drei Transformationssystemen ist die wirklich stattfindende Expression des eingeschleusten Gens sehr gering, das heißt, in einem hohen Prozentsatz der Pflanzen wird die fremde DNA nicht stabil aufgenommen. (vgl. Kempken) Lediglich einmal in 10.000 bis zu 100.000 Fällen hat der Gentechniker Erfolg. (vgl. Wöhrmann)

Um zu erkennen, in welchen Fällen die Transformation geglückt ist, braucht man eine Identifizierungsmöglichkeit oder ein Selektionssystem, welches die Pflanze erst dann wachsen (regenerieren) lässt, wenn das entsprechende Fremdgen an seinem neuen Platz auch funktioniert. Diese Selektions- oder Markersysteme funktionieren meist mit Antibiotika. (vgl. Kempken)

Die Markergene, die eine Resistenz gegen ein Antibiotikum aufweisen, werden zusammen mit dem Gen für die gewünschte Eigenschaft eingebaut. (vgl. Wöhrmann) Meistens wird ein Kanamycin-Resistenzgen verwendet, da Kanamycin ein für viele Pflanzen toxisches Antibiotikum ist. Die gentechnisch veränderte Pflanze kann nun auf dem antibiotikumgetränkten Nährboden

überleben, da bei erfolgreichem Gentransfer und Genexpression dieses Antibiotikum (aufgrund des in der Pflanze integrierten Resistenzgens) durch chemische Reaktionen inaktiviert werden kann. Alle anderen Pflanzenteile sterben ab. Als Selektionssysteme kommen noch weit mehr als die Kanamycin-Resistenzgene in Frage. (vgl. Kempken)

Gegenwärtig wird über die Verwendung solcher Antibiotika-Marker heftig gestritten. Dabei werden mögliche Auswirkungen, wie pleiotrope Effekte der Markergene (Pleiotropie, siehe Glossar) auf andere Merkmale der Pflanzen und die ungewisse Bedeutung der eventuell erhöhten Kopienanzahl der neuen Gene in der transgenen Pflanze diskutiert. Besonders umstritten ist jedoch die Frage, ob die Markergene in den Pflanzen eine Übertragung von Antibiotikaresistenzen auch auf Bakterien, vor allem auf Krankheitserreger oder gar den Menschen fördern. (vgl. Wöhrmann) Diese Fragestellung wird im vierten Kapitel behandelt.

Der letzte Schritt zu einer transgenen Pflanze wird durch die Regeneration der genetisch veränderten Zellen der Pflanzengewebestücke erreicht. Dies ist jedoch bei höheren Pflanzen weitaus problematischer als bei einzelligen Organismen wie Bakterien, Hefen oder Algen. Hat man jedoch den geeigneten Zell- oder Gewebetyp der Pflanze erkundet, dann das passende Nährmedium, das die Zellteilung anregt, eingesetzt, ist es möglich, eine komplette Pflanze aus einem kleinen Blatt- oder Sprossstück zu regenerieren und dann die Samen mit den neuen genetischen Eigenschaften zu gewinnen. Selbst aus Protoplasten, also einzelnen Zellen, kann man, wenn die Zellwandbildung und Zellteilung induziert wird, eine ganze Pflanze regenerieren. (vgl. Kempken)

Zusammenfassend ist zu erwähnen, dass nicht alle Pflanzen dazu geeignet sind, aus ihren Protoplasten, Zellen oder Gewebe neue Gewächse zu regenerieren. Gelingen kann dies gut bei Nachtschattengewächsen oder bei Raps-, Orangen-, Apfel- und Möhrenpflanzen. Schwierig hingegen ist es bei sämtlichen Gräsern, also auch bei Getreide. (vgl. ebd.)

Letztendlich bedarf es nach dem Herstellungsprozess der transgenen Pflanze noch weiterer Untersuchungen, um wirklich sicherzustellen, dass das neue Gen auch funktioniert. Weiterführend muss auch erforscht werden, ob die neue Pflanze nicht auch veränderte Inhaltsstoffe oder besondere neue Eigenschaften hervorbringt, zum Beispiel Resistenzen gegen bestimmte Pathogene ausbildet. Pathogene sind neue oder veränderte Proteine, die sich später als Allergien bemerkbar machen und gefährlich sein können. (vgl. ebd.)

Obendrein benötigt man Promotoren, um das Wirken der neuen Gene zu steuern. Diese ermöglichen dann, dass Proteine am richtigen Ort ihre Wirkung entfalten. Ebenso kann man die Wirkung der neuen Gene unterdrücken. Ein wichtiger Promotor dafür ist das umstrittene Blumenkohlmosaikvirus (cauliflower mosaic virus, CaMV). Dessen virale Herkunft ist sehr wirksam bei der Expression von Marker- oder Reportergenen, auch bei der Herstellung von

herbizidresistenten Pflanzen. (vgl. ebd.) Umstritten ist dieses CaMV deshalb, da es mit anderen Viren Rekombinationen eingehen kann. Unter anderem weist es Ähnlichkeit mit einigen menschlichen Retroviren auf, wie dem AIDS-Virus, dem Leukämie-Virus oder Hepatitis-B-Virus. (vgl. Ho) Dieses Problem wird bei der Risikobetrachtung in Kapitel 4 noch eingehender erklärt.

Hat man nun eine transgene Pflanze, deren Gene auch die gewünschten Proteine an den richtigen Stellen herstellen, ist noch ein weiterer Faktor zu beachten: Das transferierte Gen muss stabil im Genom der Zielpflanze eingebaut sein, um auch nach mehreren Generationen zu wirken und nicht pflanzlichen Mechanismen zu unterliegen, die es inaktivieren könnten.

Durch geeignete Verfahren (wie Methylierung oder Co-Suppression) können transformierte Gene inaktiviert werden. Wenn dieser Effekt eintritt, war das neue Gen nicht stabil in die Pflanzen-DNA eingebaut. Die für die Selektion transgener Pflanzenzellen oder –gewebe notwendigen Markergene, die bereits erwähnten Antibiotikaresistenzgene, werden mittlerweile wegen deren Fragwürdigkeit vor der kommerziellen Nutzung der Pflanze entfernt. Die verschiedenen Methoden dazu sind alle nicht optimal und wirtschaftlich. Es wird daran geforscht, neue Selektionssysteme ohne Antibiotikaresistenzgene zu entwickeln. (vgl. Kempken)

2.5. *Entwicklung der Gentechnik in der Landwirtschaft*

Die Nutzung der Gentechnologie in der Landwirtschaft hatte ihren Aufschwung in den 1980er Jahren ausgehend von den USA. 1980 wurde erstmals bakterielle DNA mittels *Agrobacterium tumefaciens* auf Pflanzen übertragen. Drei Jahre später gelang es amerikanischen Forschern, ein Antibiotikaresistenz-Gen aus einem Bakterium in eine Tabakpflanze zu übertragen. Damit war die erste gentechnisch veränderte (oder transgene) Pflanze geboren. (vgl. InterNutrition)

Es folgte 1984 die Transformation von Protoplasten, 1985 die in Pflanzen transferierte Herbizidresistenz und 1986 die Virusresistenz gekoppelt mit den ersten Freisetzungsversuchen.

Ein Experiment zur Kontrolle der Fruchtreife bei Tomaten (1988) mündete 1994 in das erste weltweit kommerziell erhältliche gentechnisch veränderte Lebensmittel, der FlavrSavr[®]Tomate,⁴ deren Erfolg sehr umstritten ist und die

⁴ Flavr Savr[®] Tomato: Schon damals wurde Kritik an gentechnisch veränderten Pflanzen laut und die Flavr Savr[®] –Tomate wird als erster Flop der Gentech-Industrie bezeichnet. Das besondere an dieser Tomate war, dass das eingebaute Gen den Reife-Prozess verlangsamte, so dass die Tomate grün gepflückt werden konnte und auf dem Weg zum Verbraucher ausreifen sollte, ohne an Geschmack einzubüßen. Auch sollte der Transport unbeschadet (ohne matschige Stellen) überstanden werden. Damals gab es keine Regularien für gentechnisch veränderte Pflanzen, so wurde die neue Sorte als substantiell gleichwertig zur Ursprungssorte bewertet (Fachterminus: substantiell

wieder vom Markt genommen wurde. Schon 1989 wurden Antikörper in höhere Pflanzen eingebaut, so wurden neue Möglichkeiten zur Herstellung von Impfstoffen erkundet. 1990 gab es die erste biolistische Maistransformation, bei der männliche Sterilität künstlich erzeugt wurde. Zu den gentechnisch veränderten Pflanzen der zweiten Generation (seit 1991), nämlich jenen mit verbesserten Nährwerteigenschaften, gehört die Modifizierung von Kohlenhydratzusammensetzungen einer Pflanze (1992 wurden auch Fettsäuren modifiziert). Des Weiteren wurde eine verbesserte Alkaloidzusammensetzung erreicht, sowie die erste transgene Pflanze, die biologisch abbaubaren Kunststoff synthetisieren kann, hergestellt. Zukünftig wird daran geforscht, Pflanzen als Bioreaktoren zu nutzen, die nachwachsende Rohstoffe herstellen können. (vgl. Kempken)

In Deutschland wurde 1989 die erste gentechnisch veränderte Pflanze am Max-Planck-Institut in Köln freigesetzt, eine Petunie, deren Blütenfarbe verändert worden war. 1998 wurden bereits 48 transgene Pflanzen bzw. deren Produkte zugelassen (vgl. Kempken)

Zu den populärsten Sorten zugelassener GV-Pflanzen gehören Mais, Sojabohnen, Baumwolle und Raps mit den zwei Haupteigenschaften: Herbizidtoleranz oder Insektenresistenz (eingebautes Bt-Toxin). (vgl. Friends of the Earth) Dabei sind ca. 75% aller transgenen Pflanzen, die es derzeit auf dem Markt gibt, mit einer Herbizidtoleranz ausgestattet, über 20% sind Bt-Pflanzen (Insektenresistenz). Andere Eigenschaften besitzen nach wie vor kaum wirtschaftliche Bedeutung. (vgl. Koechlin)

Der Konzern Monsanto hat sich in der Biotech-Branche als Marktführer herauskristallisiert, dicht gefolgt von den Unternehmen DuPont/Pioneer Hi-Bred, Syngenta, Dow/Mycogen, Bayer Aventis und BASF. (vgl. Friends of the Earth)

Diese sechs multinationalen Großfirmen kontrollieren 98% des Marktes für gentechnisch veränderte Pflanzen und 70% des weltweiten Pestizidmarktes. 91% des gesamten gentechnisch veränderten Saatguts weltweit stammt von Monsanto. 99% aller Gentech-Pflanzen wachsen in 4 Ländern und zwar den USA, Kanada, Argentinien und in China. (vgl. Koechlin) Diese Konzentrationsprozesse im Saatgutmarkt werden bei der Analyse der Risiken ebenfalls eine Rolle spielen und im vierten Kapitel erläutert.

Die USA waren das erste GVO-Anbauland, mittlerweile sind weitere Staaten dazugekommen, die meisten sind Entwicklungs- und Schwellenländer. Die Gewichtung des Anbaus liegt jedoch seit mehreren Jahren bei den gleichen

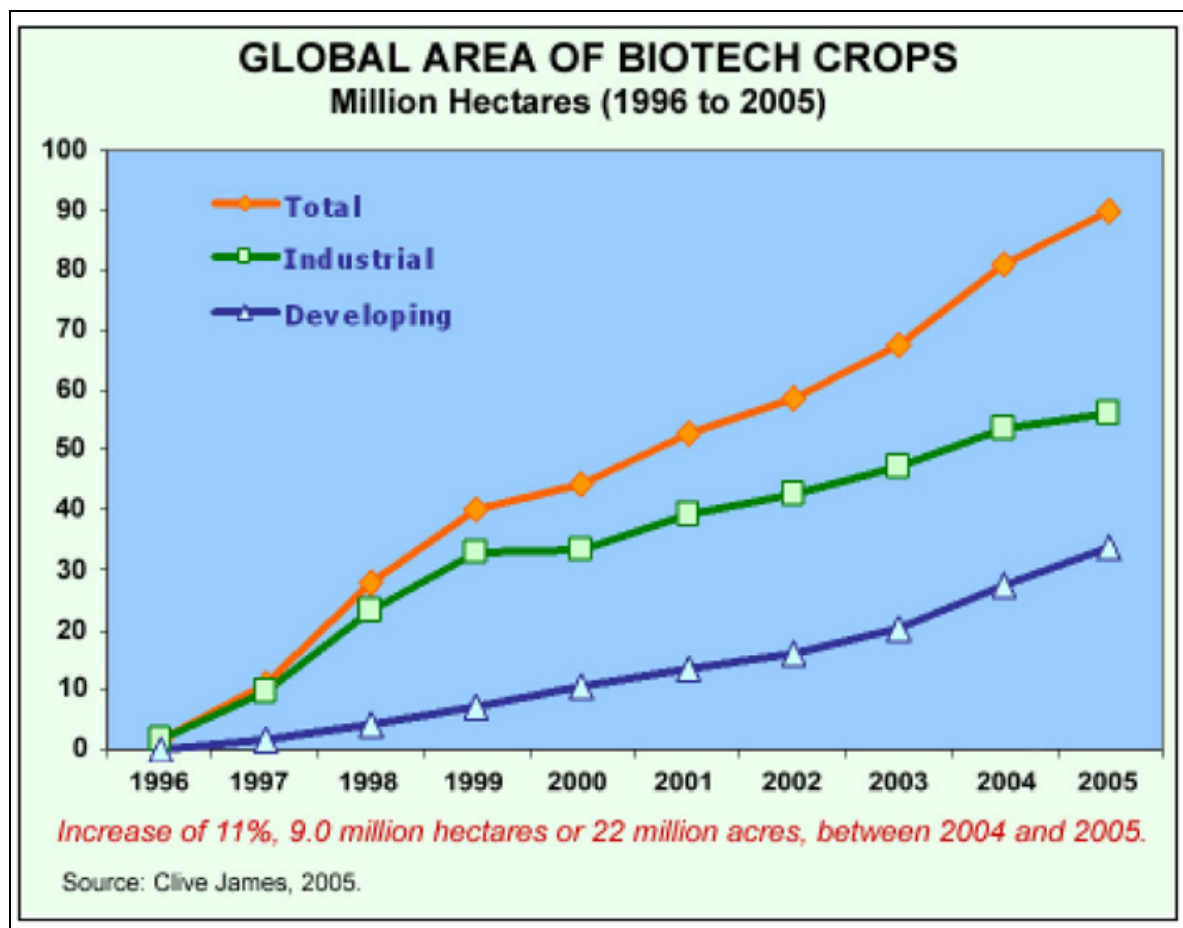
äquivalent) und es mussten keine weiteren Studien durchgeführt werden, die die Markteinführung hätten verhindern können. 1997 verschwand die Tomate dann wieder vom Markt, der Geschmack hatte nicht überzeugt, sie wurde trotz der Genematisierung und Sicherheitsbedenken der Bevölkerung taten ein Übriges. (vgl. Friends of the Earth).

Ländern. Die USA mit einer Anbaufläche von 47,6 Millionen Hektar (2004) wird gefolgt von Argentinien (16,2 Millionen Hektar, 2004), Kanada (5,4 Millionen Hektar, 2004), Brasilien (5,0 Millionen Hektar, 2004) und China (3,7 Millionen Hektar, 2004).

Weitere Länder sind Paraguay, Indien, Süd Afrika, Uruguay, Australien, Rumänien, Mexiko, Spanien, Philippinen, Kolumbien, Honduras und auch Deutschland. (vgl. James)

Bundesweit wurden im Jahr 2006 insgesamt 1,6 Millionen Hektar Mais angebaut, davon 1.704 Hektar gentechnisch veränderte Sorten. Damit liegt der Anteil des GV-Maisanbaus im Promillebereich.

Abbildung 3: Fläche des weltweiten GVO-Anbaus



Quelle: James, C., ISAAA, 2005.

Der Schwerpunkt des GVO-Anbaus liegt mit 98% der Flächen auf den neuen Bundesländern. Brandenburg ist dabei der Vorreiter mit 49,5% der GV-Mais-Flächen, gefolgt von Mecklenburg-Vorpommern mit 19,2%, Sachsen mit 15,4% und Sachsen-Anhalt mit 14% der Flächen. Die restlichen Flächenanteile der anderen Bundesländer liegen bei unter einem Prozent. (vgl. Volling) Interessant erscheint, warum gerade in den neuen Bundesländern eine Häufung

des GV-Maisanbaus zu beobachten ist. Wahrscheinlich sehen die Landwirte in diesen recht struktur- und wirtschaftsschwachen Regionen durch den Einsatz einer neuen Technologie einen Entwicklungsvorsprung. Da auch in einigen Entwicklungsländern die Gentechnik stark ausgeprägt ist, könnte man vermuten, dass auch dort marktwirtschaftliche Erfolgsversprechen der neuen Technologie einen Vorteil verschafft haben. Laut aktuellem Bericht im Greenpeace Magazin (Januar/Februar 2006) kursieren Geschichten über brandenburgische Betriebe, denen von Landhandelsfirmen diktiert wird, was sie anzubauen haben. Die finanzschwachen Betriebe werden praktisch zum Anbau von Genmais gezwungen, heißt es in dem Artikel, da sie ihr Saatgut auf Kredit erwerben müssen, um überhaupt Anbauen zu können und ergo abhängig von ihren Saatgutlieferanten sind. Obendrein gibt es Klauseln, die der Landwirt einhalten muss, wenn er Monsanto-Mais anbauen will. Er ist verpflichtet, Auskunft über Besitzer von Nachbarmais, die ebenfalls Mais anbauen, an die Patentinhaber weiterzugeben.

Kritiker behaupten, der Konzern setze auf eine Ausbreitung des GV-Pollens. So ist es in anderen Ländern bereits geschehen (in Kanada mit Raps) und eine Kontamination konventioneller Sorten eingetreten. Daraufhin wurden die eigentlich geschädigten Landwirte durch Monsanto zu Lizenzzahlungen verklagt, da auf ihren Grundstücken das neue Genkonstrukt gefunden wurde. Betroffene Farmer berichten von der „Monsanto-Polizei“, firmeneigene Inspektorengruppen, die Kunden überwachen sowie solche, die es werden könnten. (vgl. Weber, A.) Der Fall um den kanadischen Farmer Percy Schmeiser ist ein Beispiel für die ausgeklügelten Strategien der Konzerne. Der Bauer aus Saskatchewan, Kanada wurde von Monsanto verklagt, illegal eine patentierte Sorte der Firma angebaut zu haben. Das stimmte so nicht, der Pollen von Nachbarmais ist in die Bestände des Kanadiers geweht worden, der herbizidresistente Monsanto-Raps kreuzte sich mit der Sorte von Schmeisers konventionellem Raps. Das Urteil des Gerichtsprozesses entband Percy Schmeiser zwar von den geforderten Lizenzzahlungen, erlaubte der Firma Monsanto jedoch weiterhin die volle Nutzung seiner Patentansprüche auf die gentechnisch veränderten Pflanzen. (vgl. Zarzer 2006a) Die Probleme mit Patentrechten bei der Gentechnik im landwirtschaftlichen Bereich werden im vierten Kapitel erläutert.

Ein kurzer Überblick über die wichtigsten Kulturpflanzen, deren gentechnisch veränderte „Geschwister“ heute großflächig angebaut werden, soll verdeutlichen, welche landwirtschaftlichen und marktwirtschaftlichen Ziele verfolgt werden.

2.5.1. Sojabohne

Eine der Pflanzen, von der heute 60% gentechnisch veränderte Sorten angebaut werden, ist die Sojabohne. Diese aus dem asiatischen Raum stammende

Zuchtform etablierte sich erst in den 1920er Jahren in den USA. Heute wird sie im großen Stil in Nord- und Südamerika, sowie in Asien angebaut. Das gewonnene Sojaöl wird in der Nahrungsmittelproduktion verwendet, aber hauptsächlich dienen die Sojabohnen wegen des hohen Eiweißgehaltes als Tierfutter.⁵ (vgl. Kempken) Seit 1996 wird vor allem in den USA und Argentinien die herbizidtolerante RoundUp-Ready Sojabohne angebaut. Mit anfänglich weniger als 10% der Anbaufläche stieg die GV-Sojaproduktion bis 2005 in Argentinien auf 98%, in den USA auf 87%. (vgl. <http://www.transgen.de/features/printversion.php?id=201> vom 09.10.2006) Die neue Eigenschaft der Sojapflanze ist ein eingebautes Gen, welches über eine Herbizidtoleranz gegenüber dem Round-Up™ Herbizid verfügt. Spritzt man die Felder nun mit jenem Herbizid der Firma Monsanto, gehen sämtliche Unkräuter ein, lediglich die Sojapflanze überlebt.

2.5.2. Mais

Mais ist eine recht alte Kulturpflanze, deren Domestizierung vor etwa 7000 Jahren begann. Sie stammt ursprünglich aus Mittelamerika und wird seit dem 19. Jh. als winterfeste Sorte in Europa gezüchtet. Heute gibt es fast nur noch Hybridsorten. Diese haben in direkter Nachkommenschaft besonders hohe Erträge, dann aber nicht mehr. Mais wird hauptsächlich als Tierfutter, zur Gemüse- oder Ölgewinnung und als Mehl in Nahrungsmitteln eingesetzt. Aber auch als Rohstoff für Papier, Pappe, Kunststoffe oder Medikamente findet er zunehmend Beachtung.

Das Hauptproblem bei Mais ist der Schädling „Maiszünsler“, eine Raupe, die sich in den Stängel hineinfressen, um Eier zu legen. Die Pflanze wird durch die geschlüpften Larven von innen zerfressen, knickt ab und geht ein. Drei Möglichkeiten der Bekämpfung dieser aus Amerika eingeschleppten Raupe gibt es: Pestizide spritzen, *Trichlomea* (Schlupfwespe als natürliches Bekämpfungsmittel, Nützling) im Feld aussetzen oder transgene Pflanzen mit dem *Bacillus thuringiensis* (der die Darmwand der Raupe durchlöchert) anbauen. Somit stirbt die Raupe nach dem Verzehr an dem Bacillus-Toxin, da aufgrund des eingeschleusten Bt-Gens, in jeder Zelle der Maispflanze dieses Toxin gebildet wird.

Im Jahr 2005 wurden in den USA 55% der Maisanbauflächen mit Bt-Mais bestellt. Auch in Argentinien, Kanada, Südafrika und Spanien wird dieser Mais verwendet. Seit 2006 ist der kommerzielle Anbau zweier GV-Maislinien in Deutschland erlaubt, 950 Hektar wurden mit Bt-Mais bepflanzt. (vgl. <http://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/52.mais.html>, 18.12.06)

⁵ Soja als Tierfutter: Seit dem BSE-Skandal und dem Verbot für Tiermehl bei der Mast ist Soja in Europa als Futtermittel in der Schweine- und Rindermast sowie Milchviehhaltung sehr gefragt.

2.5.3. Raps

Raps ist eine Kreuzung aus Rübsen und Wildkohl und stellt eine der wenigen erfolgreichen Artkreuzungen der klassischen Pflanzenzüchtung dar. Hier ist der in der Natur fast nie vorkommende Fall der Artgrenzenüberwindung eingetreten. Er wird oft von den Befürwortern der Gentechnik als Beispiel genannt, um die Gentransfertechnologie mit einem natürlichen Phänomen zu vergleichen. In Europa wurde Raps erstmals im 14. Jh. angebaut, in Indien fanden sich Hinweise auf Rapsanbau um 2000 v.Chr. Die EU ist der weltweit wichtigste Rapsproduzent (vor China und Kanada). Die Verwendung von Raps reicht von Rapsöl und Rapsschrot (Rapsöl wird in der Lebensmittelherstellung vielfältig verwendet) bis hin zum Futtermittel, als Chemierohstoff (Lippenstifte, Lacke) und in Zukunft als Energiepflanze zur Gewinnung von Biodiesel. (vgl. InterNutrition)

Der Anbau gentechnisch veränderten Rapses findet hauptsächlich in Kanada (mit 75% der Anbaufläche in 2005) und in den USA (mit 76% der angebauten Flächen in 2005) statt. Dazu muss erwähnt werden, dass in Kanada insgesamt 5,28 Millionen Hektar angebaut werden, in den USA sind es lediglich 460.000 Hektar. (vgl. <http://www.transgen.de/features/printversion.php?id=199>, 09.10.06)

Ausgehend von der Universität Rostock gibt es zurzeit einen umstrittenen Probeanbau mit vier verschiedenen gentechnisch veränderten Rapssorten. Diese enthalten verbesserte Omega-3-Fettsäurestrukturen oder andere ernährungsphysiologisch wichtige Eigenschaften. Der Versuch soll zeigen, wie zukünftig Versuchsanbau mit gentechnisch veränderten Pflanzen sicher durchgeführt werden soll. Die Gefahr der Auskreuzung ist bei Raps jedoch enorm hoch, da er viele Artverwandte hat (sämtliche Kreuzblütler und Kohlgemüse) und deshalb stößt dieser Versuch im Rapsanbauland Mecklenburg-Vorpommern auf große Kritik. (aus Interviews mit Prof. Inge Broer und Dr. Sabine Kappes)

GV-Raps wird seit 1995 kommerziell angebaut, vor allem in Kanada, da es sich bei den gentechnisch veränderten Sorten überwiegend um Sommerraps handelt (In M-V wird fast ausschließlich Winterraps angebaut.).

Der GV-Raps ist mit einer Herbizidtoleranz ausgestattet, es gibt aber auch Sorten, die eine männliche Sterilität oder einen veränderten Pflanzenstoffwechsel aufweisen. (vgl. InterNutrition) Somit kann die Pflanze ebenso wie Soja mit dem RoundUp Herbizid gespritzt werden, ohne dass sie eingeht. In Kanada hat der Anbau von GV-Raps zu einem ökologischen Desaster geführt, da durch Wind der Pollen und die sehr leichten Samen in Nachbarmfelder getragen wurden und so konventionell oder ökologisch produzierter Raps verunreinigt wurde.

Weitere GV-Pflanzen, die angebaut werden, sind Baumwolle und Kartoffel-

feln. Beim Baumwollanbau sind vor allem in Indien Probleme aufgetreten. Die gentechnisch veränderte Baumwolle dort war mit dem Bt-Resistenzgen ausgestattet, wurde jedoch trotzdem geschädigt oder konnte aufgrund klimatischer Bedingungen nicht gedeihen. (vgl. Zarzer 2006a) Die Tragweite dieser Probleme macht deutlich, welche marktwirtschaftlichen Interessen wirken und mit welcher Macht der Saatgutmarkt den Bauern gegenüber tritt. Die Folgen sind in der Betrachtung der Risiken aufgeführt.

2.6. Die internationale Gesetzgebung bezüglich GVOs

Um den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen weltweit kontrollieren zu können, ist eine Gesetzgebung nötig, damit bei aufkommenden gesundheitlichen, ökologischen oder wirtschaftlichen Problemen schnell eingegriffen werden kann.

Allerdings gibt es keinen internationalen Vertrag, der alle Aspekte der Gentechnik vereint und als ein schlüssiges Regelwerk fungiert. Es gibt verschiedenste Vereinbarungen, die sich im Laufe der Zeit zu einem Flickenteppich unterschiedlicher Wertigkeit und Regelungsdichte zusammengefunden haben. Fragen zur Gentechnik wurden meist nachträglich eingeführt oder sind einseitig dargestellt. (vgl. Buntzel/Sahai) Unter anderem existieren Empfehlungen zwischenstaatlicher Komitees, unverbindliche Standards und Guidelines internationaler Organisationen sowie einige verbindliche Abkommen, die gentechnische Aspekte allerdings nicht genau regeln, sie lediglich miteinbeziehen. (vgl. Böckenförde)

Im folgenden Abschnitt soll eingehender erläutert werden, welche bestehenden Vereinbarungen im internationalen Regelungsgeflecht vorhanden sind.

2.6.1. Leitlinien mit spezifischer Ausrichtung auf die biologische Sicherheit

Auf dem Weg zum Biosafety-Protokoll, welches gesondert erklärt wird, gab es globale, spezifisch ausgerichtete Bemühungen hinsichtlich der biologischen Sicherheit, die in unverbindlichen Verhaltenskodizen mündeten. Dazu gehört der *Freiwillige Verhaltenskodex für die Freisetzung von Organismen in die Umwelt*, ein *FAO Entwurf eines Verhaltenskodexes für Biotechnologie* und die *UNEP – Internationale Technische Leitlinien zur Gewährleistung der Sicherheit im Bereich der Biotechnologie*.

1986 wurde eine aus vier UN-Sonderorganisationen (FAO, WHO, UNIDO, UNEP) bestehende Arbeitsgruppe zur biologischen Sicherheit berufen, deren Aufgabe es war, Leitlinien für eine sichere Anwendung der Biotechnologie mit Augenmerk auf die Freisetzung von GVOs auszuarbeiten.

Diese Leitlinien wurden dann durch die UNIDO im Juli 1991 veröffentlicht. Katalogartig wurden die einzelnen Voraussetzungen eines sicheren Umgangs mit der Biotechnologie aufgeschlüsselt. Dieser Verhaltenskodex war eines der

ersten Dokumente, welches sich auf internationalem Level mit der Freisetzung von GVOs befasste, eine Vermeidung von Handelshemmnissen nicht erwähnte und eine risikobezogene Sicherheitsvorsorge in seinen Grundsätzen enthielt. Zudem ist der Einfluss auf das spätere Biosafety-Protokoll sichtbar. Dieser Kodex sollte jedoch erst zur Jahrtausendwende zu einem verbindlichen Abkommen ausgearbeitet werden. (vgl. Böckenförde) Die anderen beiden Leitlinien, wenig später entstanden, sollten als Überbrückung des bereits in Arbeit befindlichen Biosafety-Protokolls dienen. Diese drei Dokumente bezogen sich explizit auf Fragen der biologischen Sicherheit. (vgl. ebd.)

2.6.2. Vorschriften, Empfehlungen und Leitlinien mit bestimmten Schutzziele

Im Folgenden sind Abkommen, Empfehlungen und Institutionen erklärt, die ein bestimmtes Schutzgut (Gesundheitsschutz im Lebensmittelbereich, Schutz der biologischen Vielfalt etc.) beinhalten, ein spezifisches Förderungsinteresse (Förderung einer nachhaltigen Entwicklung) verfolgen oder die Gefährlichkeit bestimmter Produkte kontrollieren. Dies sind das *Übereinkommen über die Biologische Vielfalt (CBD)*, die *Agenda 21*, das *Internationale Pflanzenschutzübereinkommen (IPPC)*, der *Codex Alimentarius*, die *Standards des Tierseuchenamts (OIE)*, die *Empfehlung der Vereinten Nationen für den Transport gefährlicher Güter*, das *Luganer Abkommen* und die *Aarhus-Konvention*. Einige sind im Folgenden näher erläutert:

2.6.2.1. Übereinkommen über die Biologische Vielfalt (CBD)

Das Übereinkommen über die Biologische Vielfalt, im folgenden CBD (Convention on Biological Diversity) genannt, wurde während der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahr 1992 von 154 Staaten unterzeichnet. In insgesamt 42 Artikeln werden Anliegen des Naturschutzes mit technologie- und wirtschaftspolitischen Problemen verbunden, deren Hauptziel der Schutz der biologischen Vielfalt ist. (vgl. Meyer) Der Begriff „Biotechnologie“ wird im CBD nicht nur auf den Bereich der Gentechnik begrenzt, sondern erstreckt sich über sämtliche biotechnologische Verfahren. Damit wird eine Notwendigkeit spezieller, die moderne Gentechnik betreffender Maßnahmen negiert. (vgl. Böckenförde) Bei der zweiten Vertragsstaatenkonferenz 1995 in Jakarta wurde beschlossen, ein Protokoll über den sicheren Umgang mit Biotechnologien auszuarbeiten. Damit begann die Arbeit am Biosafety Protokoll. (vgl. Meyer)

2.6.2.2. Agenda 21

Die Agenda 21 wurde ebenfalls auf der Rio-Konferenz im Jahr 1992 beschlos-

sen. Sie ist ein rechtlich nicht bindendes Aktionsprogramm für nachhaltige Entwicklung, dargelegt in 40 Kapiteln. Eines dieser Kapitel beschäftigt sich mit der Sicherheit und internationalen Zusammenarbeit im Bereich der Biotechnologie. (vgl. Böckenförde)

2.6.2.3. Die Internationale Pflanzenschutz-Konvention (IPPC)

Seit Bestehen dieser Konvention 1947 wurde der Pflanzenschutz einseitig aufgefasst. Es ging dabei nur um den Schutz der Kulturpflanzen vor Schädlingen und Krankheiten, die Gesetze dienten lediglich der Zulassung von Pestiziden. Seit 1997 jedoch wurde das Mandat der Konvention erweitert, mit einer Neudefinition des Begriffes „Pflanzenschutz“. Seitdem werden alle Arten von Pflanzen gegen pathogene Gefährdungen einbezogen, einschließlich der Wildkräuter. Der Begriff Pflanze wurde überdies auch auf „pflanzengenetisches Material“ erweitert. Deshalb bekam die IPPC automatisch eine Zuständigkeit für die Gefährdung durch veränderte Lebewesen, also die Auswirkungen von GVO-Kulturpflanzen auf andere Pflanzen. Es wurden Richtlinien erarbeitet, mit denen das IPPC bei bestimmten Sachverhalten zuständig ist. Diese umfassen das Eindringen fremder Organismen (GVO-Pflanzen) in die Umwelt, veränderte, transgene Pilze, Bakterien oder Schädlinge, die anderen Pflanzen schaden können, die Gefährdung von GVOs auf Nicht-Zielorganismen, wie Bodenlebewesen und Nützlinge, sowie pathogene Gefahren, die von genetischen Veränderungen ausgehen, wie die Nutzung von Virusgenen, Markern, Promotoren oder Terminatoren. (vgl. Buntzel/Sahai)

Das IPPC steht unter der Schirmherrschaft der FAO und hat ein eigenständiges Sekretariat in Rom. Seit 1994 wurden einige Standards als Referenzgröße für Seitenabkommen der WTO (dem SPS-Abkommen) genutzt. Seitdem hat sich der rechtliche Wirkungsgrad des Abkommens erhöht, gleichsam wurde auch inhaltlich die handelsrechtliche Ausrichtung stärker betont. Dies rief beim Sekretariat des IPPC Bedenken hervor, da eine Übergewichtung handelsbezogener Vorgaben auf Kosten pflanzengesundheitlicher Aspekte ausgehen könnten. (vgl. Böckenförde)

2.6.2.4. Die Codex Alimentarius-Kommission (CAK)

Diese Kommission ist die Standard setzende Kommission der Welternährungs- und Weltgesundheitsorganisation im Lebensmittelbereich. Anfang der 1960er Jahre gegründet, dient sie der Überwachung des Gesundheitsschutzes des Verbrauchers sowie zur Gewährleistung fairer Praktiken im internationalen Lebensmittelhandel. (vgl. Böckenförde)

Es gibt 28 Ausschüsse, in denen Wissenschaftler aller Länder mitarbeiten und die lebensmittelrechtlichen Standards und Richtlinien festlegen. Diese Standards und Richtlinien werden bei Streitschlichtungsverfahren der WTO

als nicht hinterfragbarer internationaler wissenschaftlicher Konsens zu gesundheitlich gerechtfertigten Obergrenzen eingesetzt. 1989 wurden erstmals Auswirkungen der Biotechnologie für den Lebensmittelbereich thematisiert. Bisher wurden vier Richtlinien zu GVOs verfasst. In diesen geht es um die allgemeine Beurteilung von GVO-Nahrungsmitteln, Sicherheitsbewertung von GV-Pflanzen und GV-Mikroorganismen sowie um die Kennzeichnung von GVO-Nahrungsmitteln. (vgl. Buntzel/Sahai)

2.6.2.5. Die Standards des Tierseuchenamts (OIE)

Das Internationale Tierseuchenamt ist eines der drei Mitglieder der Standard setzenden Organisationen als Referenzgröße für das SPS-Abkommen der WTO, allerdings operiert es nicht wie die letztgenannten unter der Schirmherrschaft der FAO. Hinsichtlich der Gentechnologie wird es beim Vertrieb gentechnisch veränderter Zuchttiere eine neue Relevanz bekommen. Dies könnte voraussichtlich mit Beginn der kommerziellen Züchtung von Lachsen geschehen, die via Gentechnik ein Wachstumsgen erhalten haben. (vgl. Böckenförde)

2.6.2.6. Die Aarhus-Konvention

Ihr Ziel ist es, die Öffentlichkeit an umweltrelevanten Entscheidungen zu beteiligen und Zugang zu Informationen und Gerichtsverfahren zu ermöglichen. Somit stellt sie ein zentrales Dokument für die verstärkte Einbindung der Zivilgesellschaft dar. Allerdings gilt die Aarhus-Konvention nur im Rahmen der Mitgliedsländer der Economic Commission of Europe, der 39 Vertragsparteien angehören. Gerade im Bereich der Gentechnik ist sie von großem Interesse für die Öffentlichkeit, da die Bevölkerung der Technologie weitaus kritischer gegenübersteht als Wissenschaft und Industrie.

2.6.3. Globale Vorschriften mit direktem oder mittelbarem Bezug zur WTO

Damit Schutz- und Vorsorgeregeln nicht missbräuchlich eingesetzt werden, hat das System der WTO spezifische Abkommen geschaffen, um Regierungen solche Fehlritte gar nicht erst zu ermöglichen. Unterstützung erfährt die WTO auch bei den bereits vorgestellten Institutionen des Codex Alimentarius, der IPPC und des Tierseuchenamts. Dazu gesellen sich einige WTO-Nebenabkommen, die nachfolgend der Vollständigkeit halber genannt werden.

Ein Nebenabkommen des GATT ist das Übereinkommen über die Anwendung gesundheitspolizeilicher und pflanzenschutzrechtlicher Maßnahmen – das SPS-Abkommen. Es ist ein Handels- und kein Schutzabkommen, es enthält keine Mindeststandards für Lebensmittelsicherheit oder Herstellungsverfahren von Nahrungsmitteln, verweist jedoch auf die Standard setzenden Or-

ganisationen (s.o.).

Das Abkommen über technische Handelshemmnisse (TBTA bkommen) regelt das Spannungsverhältnis zwischen freiem Warenverkehr und dem legitimen Schutz nationaler Rechtsgüter für Maßnahmen der Produktionssicherheit. (vgl. ebd.)

2.6.4. Das Cartagena-Protokoll zur biologischen Sicherheit (CPB)

Bei der II. Vertragsstaatenkonferenz der Konvention zur Biologischen Vielfalt 1995 in Jakarta fiel der Beschluss, einen Artikel in die Verhandlungen der Convention on Biological Diversity aufzunehmen, der ein Zusatzprotokoll zur Biotechnologie beinhalten sollte. Die Entwicklung dieses Zusatzprotokolls, welches sich konkret mit geeigneten Verfahren im Bereich der sicheren Weitergabe, Handhabung und Verwendung von GVOs befasst, die eine nachteilige Auswirkung auf die biologische Vielfalt haben könnten, dauerte 7 Jahre. 1999 stand der Entwurf des Cartagena-Protokolls fest und wurde schließlich 2001 in Montreal verabschiedet. Seit dem 11. September 2003 ist es als völkerrechtlich verbindliches Vertragswerk in Kraft getreten. Das CPB ist wohl das wichtigste internationale Regelwerk. Das Recht jedes Landes, ein „angemessenes Schutzniveau“ (Artikel 1) herzustellen und „alle lebenden veränderten Organismen einer Risikobeurteilung zu unterziehen“ (Artikel 5) sind die wohl eindrucklichsten Bestimmungen.

Auch die Verweigerung einer Zulassung für gentechnisch veränderte Pflanzen, Export- und Importvorgänge von GVO eines Landes werden behandelt. (vgl. alle Buntzel/Sahai)

Das Cartagena-Protokoll wird als das Maximum angesehen, das international auszuhandeln war. Auch wenn es Importstaaten einen gewissen Rechtsschutz gewährt, legt es den Vertragsstaaten vor allem nahe, eigene Gentechnikgesetze zu erlassen. Das Protokoll besitzt allerdings einige Schwächen:

Es fehlen entsprechende Vorgaben zur Umweltsicherungsprüfung. Das hat zur Folge, dass in jedem Land andere Vorgaben zur Anmeldung und Zulassung einer GVO-Sorte geltend gemacht werden. So mangelt es auch an einer einheitlichen Interpretation von Daten, um auf einer gemeinsamen Basis die Risiken einschätzen zu können. Selbst die genaue Definition eines „Umweltrisikos“ ist nirgends festgehalten. Fragwürdig ist außerdem, inwieweit Ergebnisse von Versuchsfeldern auf den großflächigen Anbau zu übertragen sind. Ferner sind die Möglichkeiten des Monitorings nach der Freisetzung nicht klar definiert oder einheitlich festgelegt. Das internationale Verständnis, ob Umwelttestdaten aus Versuchen im Norden eins zu eins auf die ökologischen Verhältnisse des Südens der Welt übernommen werden können, fehlt ebenso. Sämtliche Aspekte zu sozio-ökonomischen Folgen sind im Cartagena-Protokoll zu schwach ausformuliert. Immer wieder steht der Schutz der biologischen Vielfalt an erster Stelle. Ethisch-religiöse Schutzinteressen sind in

keinem der genannten Organe international kodifiziert, obwohl einige Länder sie in ihre nationale Gesetzgebung bereits aufgenommen haben. Die USA ist dem Cartagena-Protokoll noch nicht beigetreten. Das Cartagena-Protokoll zur biologischen Sicherheit ist das einzige Regelwerk, welches einen direkten Bezug zur Gentechnik herstellt. Es ist Bestandteil der Konvention zur Biologischen Vielfalt. Diese Verträge unterscheiden sich grundsätzlich von den Vereinbarungen der WTO. (vgl. ebd.)

Die Widersprüchlichkeit der verschiedenen Regelungswerke der beiden Rechtsrahmen (zum einen die WTO-bezogenen Regelungen und zum anderen das Cartagena Protokoll) macht es schwer, auf internationaler Ebene zu einem Konsens zu kommen. Da es der WTO um den Schutz des internationalen Handels vor nationaler Willkür und Protektionismus, sowie um größtmöglichen Schutz geistiger Eigentumsrechte geht, laufen deren Vorschriften darauf hinaus, den nationalen Regelungs- und Schutzinteressen bei GVO-Anbau Grenzen zu setzen:

Zum einen sollen Schutzinteressen für Gesundheit und Umwelt durch Standards und vorgegebene Obergrenzen eingegrenzt werden. Weiterhin wird das Vorsorgeprinzip durch das Prinzip der „wissenschaftlichen Nachweisbarkeit“ ersetzt. Das Prinzip der „Nichtdiskriminierung“ und Maßnahmen zur Sicherung des freien Handels werden über alle anderen Ansichten gestellt. Die Regeln der WTO sind bestimmend, denn nur sie hat die Möglichkeit eines internationalen Streitbeilegungsverfahrens mit Sanktionsgewalt bei Nichteinhaltung der Verträge, auch wenn politische Entscheidungen hinsichtlich der Gentechnik laut anderen Bestimmungen, wie dem Cartagena-Protokoll, umweltfreundlicher oder sozialverträglicher gewesen wären. (vgl. Buntzel/Sahai)

Die WTO kann leicht Widerspruch einlegen, wenn Gesetze nur nationaler Natur und nicht in deren internationalen Rahmen festgelegt sind. Bestes Beispiel dafür ist das De-facto-Moratorium der EU. Im Frühjahr 2003 riefen die USA mit Unterstützung von Argentinien und Kanada die WTO an, da in der EU von 1998 bis 2004 ein De-facto-Moratorium für Neuzulassungen von GVOs herrschte. Die USA klagte gegen das EU-Moratorium, da es sich ihrer Meinung nach um wissenschaftlich nicht ausreichend begründete protektionistische Maßnahmen handle. Anfang Dezember 2006 legte die WTO einen 600 Seiten starken Zwischenbericht vor. Da die WTO den Schutz des freien Handels als oberstes Gebot verfolgt, stellt das Moratorium somit eine Handelsbarriere dar und den Anklägern wurde Recht gegeben. Auch die europäische Kennzeichnungspflicht ist in den USA nicht sonderlich beliebt. Die strengen Zulassungsvorschriften sind es ebensowenig. So sind die Amerikaner der Ansicht, Pflanzen, die in den USA als sicher eingestuft wurden, sollten auch für den Rest der Welt zugänglich sein. Die EU argumentiert, dass sie als Einheit und vertreten durch die einzelnen Mitgliedstaaten das Recht hat (wie es das Cartagena-Protokoll proklamiert), eigene Rechtsvorschriften für Lebensmittel

zu erlassen, sofern sie auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen und bestehende internationale Regeln nicht verletzen. In gleicher Weise verhält es sich mit Importverboten einiger europäischer Länder. Die österreichische Agrarministerin will weiterhin versuchen, Österreich frei von GVOs zu halten und sieht das wissenschaftlich bestätigt. Viele europäische Länder mit kleinstrukturierter Agrarlandschaft und traditioneller Bewirtschaftung sehen keinen strategischen Vorteil in der Nutzung dieser Technologie, die zudem eine Industrialisierung der Landwirtschaft begünstigt. (vgl. Zarzer 2006b)

Wenn ein entsprechender rechtlicher Rahmen fehlt, bekommen die Handelsinteressen ein starkes Übergewicht gegenüber den Schutzinteressen wie Biosicherheit, Ethik, Soziales und Gesundheit. Die dargestellten Konventionen, Leitlinien und Protokolle sind entweder lückenhaft, unverbindlicher Natur oder nicht von allen Ländern anerkannt. Die FAO hat eine Studie bezüglich des internationalen Rechtsrahmens von GVOs erstellt und ist zu dem Schluss gekommen:

„Auf internationaler Ebene gibt es kein einheitliches umfassendes Instrument, das alle Aspekte der GVO-Technologie und ihrer Produkte abdeckt. Es gibt mindestens 15 unterschiedliche Rechtsinstrumente.“ (Glowka, 06.01.2007) Gänzlich kompliziert wird es, betrachtet man den internationalen Rahmen der Kennzeichnungspflicht und Rückverfolgbarkeit. Auf diesem Gebiet gibt es bisher nur staats-eigene Regelungen.

Für ein besseres Verständnis der Kennzeichnungsproblematik möchte ich im nächsten Abschnitt das deutsche Gesetz dahingehend erläutern und die damit verbundenen Probleme aufzeigen.

2.7. *Die deutsche Gesetzgebung und die Kennzeichnungspflicht*

Deutschland hat das Cartagena-Protokoll erst am 20. November 2003 ratifiziert, so dass es ab 18. Februar 2004 in Kraft getreten ist. Die Regulierung der Freisetzung und des Inverkehrbringens von GVOs, insbesondere des Inverkehrbringens gentechnisch veränderter Lebensmittel, ist – wie eingangs bereits erwähnt – stark durch das europäische Gemeinschaftsrecht geprägt. (vgl. Deutscher Bundestag)

2.7.1. Die Ursprüngliche Rechtslage der EU

Das Inverkehrbringen von Lebensmitteln, die GVOs im Sinne der Freisetzungsrichtlinie enthalten, wurde europaweit durch die so genannte Novel-Food-Verordnung über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten einer gesonderten Genehmigungspflicht unterstellt. Diese Verordnung vom Januar 1997 bezog sich nicht nur auf GV-Lebensmittel, sondern auch auf „neuartige Lebensmittel“, das heißt Lebensmittel mit gezielt veränderter Molekularstruktur oder solchen, die mit nicht üblichen Verfahren hergestellt wor-

den sind. (vgl. Deutscher Bundestag)

Diese Verordnung verlangte für das Inverkehrbringen neuartiger Lebensmittel, dass besondere Nachweise erbracht werden müssen, die bestätigen, dass keine Gefahr für den Verbraucher besteht. Diese Nachweise in Form von Sicherheitsprüfungen, die der Antragsteller zu erbringen hatte, kontrollierte die zuständige nationale Lebensmittelprüfstelle. Für GV-Lebensmittel gab es zu diesem Zeitpunkt allerdings eine Verfahrenserleichterung, wenn jenes Produkt mit den bestehenden Lebensmitteln oder der Ausgangssorte „gleichwertig“, also substanziell äquivalent war. (vgl. ebd.)

Die Novel-Food-Verordnung fand keine Anwendung auf GV-Futtermittel, diese unterlagen dem Zulassungsverfahren der Freisetzungsrichtlinie. Die Kennzeichnungspflicht war ein weiteres Regelungselement der Novel-Food-VO von 1997.

Auch hier galt diese nur, wenn das GV-Lebensmittel mit einem bestehenden Lebensmittel „gleichwertig“ war. Es mussten also hinsichtlich nutritiver oder risikorelevanter Merkmale Unterschiede zu konventionellen Lebensmitteln vorliegen, dann erst galt eine Pflicht zur Kennzeichnung und die Pflicht zur Angabe der enthaltenen GVO. Durch eine weitere Verordnung (1139/98/EG) mussten auf dem Markt bereits gehandelte Sorten GV-Soja und –Mais gekennzeichnet werden, sofern sie nicht als Futtermittel dienten. Futtermittel mussten demzufolge bis 2004 nicht gekennzeichnet werden. Mit GVO verunreinigte Produkte mussten gekennzeichnet werden, wenn die Verunreinigung 1% überstieg. (vgl. ebd.)

2.7.2. Die neue Verordnung über gentechnisch veränderte Lebensmittel und Futtermittel

Ab April 2004 ergaben sich Neuerungen, die darauf abzielten, die Zulassung von GV-Lebens- und Futtermitteln zusammenzufassen, zu vereinfachen und zu beschleunigen. Die GV-Futtermittel wurden nun bei der Kennzeichnungspflicht mitberücksichtigt. Des Weiteren wurde das Zulassungsverfahren in die Hand einer „einheitlichen Anlaufstelle“ für die wissenschaftliche Bewertung und Zulassung von GVO und GV-Futter- und Lebensmittel gelegt, und zwar der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA – European Food Safety Authority). Nach der Prüfung, Unterrichtung und Anhörung der Öffentlichkeit durch die EFSA wurde der EU-Kommission eine Stellungnahme einschließlich eines Entscheidungsvorschlags unterbreitet. Somit obliegt die Entscheidung der Zulassung nun den EU-Vertretern der Mitgliedsstaaten. Wichtig ist, dass mit der neuen Verordnung das Prinzip der Gleichwertigkeit (die „substanzielle Äquivalenz“) zu konventionellen Lebensmitteln abgeschafft wurde. Auch musste parallel zur „Umweltverträglichkeitsprüfung“ eine „Sicherheitsprüfung“ durchgeführt werden. (vgl. ebd.)

Der Bundestag empfiehlt in seiner Drucksache über die neue Verordnung

bezüglich der GVO, die Gremien zur Sicherheitsbewertung und Zulassung (auch die EFSA) kritisch im Auge zu behalten. Es sind bereits Unstimmigkeiten bei EFSA-Mitgliedern aufgetreten.

Die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit ist eine noch recht junge Behörde der EU. 2002 gegründet, erarbeitet sie generelle Leitlinien für die europäische Lebensmittelindustrie. In die Schlagzeilen gelangte die EFSA, da einigen Mitgliedern, die zuständig für die Zulassungsangelegenheiten und Sicherheitstests der neuen GV-Sorten sind, Verbindungen zu Gentech-Firmen angelastet wurden. Auch die mehrheitlich positive Einstellung der EFSA-Mitglieder zur „grünen Gentechnik“ wirft die Frage auf, wie unabhängig diese Behörde tatsächlich ist, insbesondere wenn dem Expertengremium eine Person vorsteht, die nachweislich die Markteinführung von GVOs in Europa voranbringen will, und zwar als Koordinator des Projektes „Entransfood“, welches zwar EU-gefördert ist, in dem aber Konzerne wie Monsanto, Bayer und Syngenta massiv eingebunden sind. (vgl. Zarzer 2006a)

2.7.3. Regelung zur Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit

Die Kennzeichnung von GVOs dient der Wahlfreiheit des Verbrauchers, um frei entscheiden zu können, ob er GV-Produkte erwerben möchte oder nicht. Überdies sind die Maßnahmen zur Rückverfolgbarkeit bis zum verantwortlichen Erzeuger maßgeblich für die Produktüberwachung und zur Zurechnung bei gegebenenfalls auftretenden nachteiligen Wirkungen von einzelnen GVO. (vgl. Deutscher Bundestag)

Die Bezeichnung „Dieses Produkt enthält genetisch veränderte Organismen“, sowie Name und Anschrift der Person, die für das Inverkehrbringen verantwortlich ist, muss laut der neuen GVO-Kennzeichnungsverordnung auf Produkten erscheinen, die aus GVO bestehen oder aus GVO hergestellt wurden. Ab einem Schwellenwert von 0,9 % müssen auch mit GVO verunreinigte Produkte ausgezeichnet werden. Neuerdings müssen auch solche Produkte gekennzeichnet werden, in denen die gentechnische Veränderung nicht mehr nachgewiesen werden kann (z.B. Glukosesirup aus GV-Maisstärke). Nicht kennzeichnen muss man Lebensmittel von Tieren, die mit GV-Futtermitteln gefüttert wurden, wie Eier, Fleisch und Milchprodukte. (vgl. ebd.) Genau in diesem Punkt wird die Kennzeichnung für kritische Verbraucher verwässert. Der Gründer der Verbraucherinitiative Foodwatch, Thilo Bode,⁶ kritisiert die proklamierte Wahlfreiheit durch das neue Kennzeichnungsgesetz. Der Erfolg

⁶ Thilo Bode, der ehemalige Geschäftsführer von Greenpeace, gründete vor drei Jahren die Verbraucherinitiative Foodwatch. Der in Berlin ansässige Verein konzentriert sich auf die Bereiche Lebens- und Futtermittel, mit dem Ziel, die Verbraucher aufzuklären und vor Missbrauch zu schützen. (Mehr Informationen unter <http://www.foodwatch.de>).

dieser Technologie wurde in Europa von EU-Kommission, Bundesregierung und Industrie in die Hände der Verbraucher gelegt, die fortan beim Einkauf zwischen GVOs oder Nicht-GVOs wählen können sollten. Betrachtet man indes, wie viele Produkte durch den Einsatz von GVO-Futtermitteln in der Viehwirtschaft im Handel stehen, bekommt die Kennzeichnungslücke eine enorme Wichtigkeit: Etwa 80% aller gentechnisch veränderten Pflanzen gehen in die Futtermittelproduktion. Die wenigen Lebensmittel, die im Regal gekennzeichnet sein müssen, wie Maischips oder Sojaöl, sind im Vergleich zu den nicht gekennzeichneten Milchprodukten, Fleisch und Eiern der mit GVOs gefütterten Tiere verschwindend gering. (vgl. Bode in Grössler)

Thilo Bode sieht diese Kennzeichnungslücke auch nicht als ein Versehen der Politiker an, sondern als eine politische Strategie. Denn mit der Kennzeichnung von GV-Lebensmitteln wurde die Einfuhr von jenen Pflanzen aus den USA ermöglicht. Dadurch, dass tierische Produkte kennzeichnungsfrei bleiben konnten, besteht nun keine Gefahr für den hiesigen Absatzmarkt an US-amerikanischem GV-Soja und -Saatgut für die Futtermittelhersteller in Argentinien, Brasilien und Kanada (vgl. Bode in Grössler) Zur Erinnerung: ca. 60% der jährlich produzierten Sojabohnen sind gentechnisch verändert.

Es gibt nur noch einen brasilianischen Hafen, der gentechnikfreies Soja nach Europa exportiert: Paranagua. Die Futtermittel in Europa mussten darüber hinaus nicht von Anfang an gekennzeichnet werden, so dass die Bauern erst nach ca. 7 Jahren, mit Einführung der Kennzeichnung im Frühjahr 2004, erfuhren, ob sie gentechnisch verändertes Soja verwendeten. Da Sojaschrot in der europäischen Viehwirtschaft durch seinen hohen Eiweißgehalt und relativ günstigen Import nicht mehr aus der Branche wegzudenken ist, weil der Verbraucher nur so zu billigen Fleisch- und Milchprodukten aus der Massentierhaltung kommen kann, stimmt diese Entwicklung mehr als nachdenklich.

Bode stellt heraus, dass es nicht darum gehe, ob Genfragmente tatsächlich im Endprodukt nachweisbar seien. Es gibt auch eine Kennzeichnungspflicht für Lebensmittel, die aus GVOs hergestellt sind und in denen keine Genveränderung im Endprodukt nachgewiesen werden kann, wie bei hochraffiniertem Mais-, Soja- oder Rapsöl. Es geht vor allem um die „Rückverfolgbarkeit“ der Verwendung von Gentechnik in solchen Produkten und der Kompetenz der Verbraucher, wegen der Herstellungsweise ein Produkt zu kaufen oder nicht zu kaufen. (vgl. Bode in Grössler) Erst dann ist gewährleistet, dass der Verbraucher wirklich beim Einkauf pro oder contra Verwendung von Gentechnik in Lebensmitteln entscheiden kann. Doch gegen die Prinzipien der Transparenz und Wahlfreiheit wehrt sich die Industrie mit einflussreichen Lobbyverbänden. Da eben diese Transparenz viel Geld kostet, kennzeichnet die Industrie ihre Ware oft durchgängig als gentechnisch verändert, um Haftungsrisiken auszuschließen. Notfalls wird unter die gentechnikfreie Soja ein Teil GV-Soja gemischt, um nicht gegen die Kennzeichnungsverordnung zu

verstoßen. Dadurch wird gentechnikfreies Futter zu teuer und langsam vom Markt verschwinden. (vgl. Bode in Grössler) Kein Verbraucher hat darauf einen Einfluss, schon gar nicht auf die Rodung riesiger Urwaldflächen, die man für den stetig wachsenden Anbau solcher GV-Soja in Argentinien und Brasilien benötigt. (vgl. Greenpeace)

Auswirkungen der Gentechnologie im sozio-ökonomischen Bereich der Entwicklungsländer werden im vierten Kapitel genauer erläutert. Es bleibt abzuwarten, wie das neue Gentechnikgesetz der Bundesregierung ausfallen wird.

Momentan ist eine Novelle des aktuellen Gesetzes in Arbeit. Der Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Horst Seehofer, hat folgende Eckpunkte im neuen Gesetzesentwurf vorgesehen: Die Forschung an gentechnisch veränderten Pflanzen soll im Labor wie im Freiland beschleunigt werden. Die Genehmigung soll erleichtert werden. Eine weitere Neuerung ist die Einschränkung von Informationsweitergaben über Anbauflächen. Das Standortregister wie es jetzt existiert – dort kann jeder Landwirt mit triftigem Grund Auskunft über Anbauflächen mit flurstückgenauen Angaben zu GVO-Feldern erhalten – wird es dann so nicht mehr geben. Damit soll die Zerstörung der Felder durch Gentechnikgegner verhindert werden. Zu den Haftungsregeln gibt es die Neuerung, dass Pflanzenzüchter eine Selbstverpflichtung eingehen sollen, das heißt die Saatguthersteller sollen freiwillig das Risiko der Landwirte übernehmen. Die Abstandsregelungen konnten noch nicht festgelegt werden, Vorschläge von 50 bis 150 Meter werden noch verhandelt. (vgl. Michel 25.11.2006) Bis zum Abschluss der Arbeit lag keine aktuelle Information bezüglich eines neuen Gesetzes vor.

3. Vorteile der „grünen Gentechnik“

Die Veränderung der Natur, insbesondere von Pflanzen, zu menschlichen Zwecken gehört zu den Existenzbedingungen der menschlichen Kultur. Welche Potenziale und welchen Nutzen die Gentechnologie bei Pflanzen für den Menschen birgt, wird im Folgenden betrachtet. Bei der Ausarbeitung der positiven Errungenschaften der Gentechnik war es allerdings an einigen Stellen nicht möglich, belegbare Argumente zu sammeln. Viele der Erfindungen sind noch in der Entwicklung, einige erwiesen sich bereits als fehlerhaft. Nicht nur zum großen Ziel der Gentechnik, den Hunger in der Welt zu bekämpfen, konnten meine Recherchen nur Behauptungen aufspüren, viele Ziele, Hoffnungen und Wünsche wurden genannt, aber nicht belegt.

Unabhängig davon wird nun ersichtlich, welche Innovationen die „grüne Gentechnik“ hervorgebracht hat und in welchen zukünftigen Bereichen sie eine Rolle spielen wird. Warum sind GVOs unverzichtbar in der modernen Landwirtschaft und welche Lösungskonzepte für viele tiefgreifende Probleme kann die Technologie liefern?

3.1. *Gentechnik als Lösung des weltweiten Hungerproblems*

Eins der ehrgeizigsten Ziele, das sich Forscher und Industrie mit Nutzung der Gentechnik auf die Fahnen geschrieben haben, ist die Bekämpfung des Hungers in der Welt: *„Die Gentechnologie kann einen Beitrag zur Sicherung der Welternährung leisten. Bereits heute leiden mehr als 800 Mio. Menschen Hunger. Die Nahrungsmittelproduktion muss bis ins Jahr 2025 mehr als verdoppelt werden, wenn die Erdbevölkerung von dann ca. 8 Milliarden Menschen ausreichend ernährt werden soll.“* (InterNutrition S. 13)

Man möchte dem Problem durch eine Ertragssteigerung begegnen. Dies hofft man auch mit neuen Pflanzen zu erreichen, die Dank Gentechnik auch auf ungünstigen Böden oder in extremen Klimata gedeihen, zum Beispiel dürre- oder salztolerante Pflanzen. (vgl. ebd.) Darüber hinaus sollen Ernteverluste durch die gentechnisch veränderten Kulturpflanzen umweltschonend ausgeglichen werden, beispielsweise durch Pflanzen, die mit einer Schädlingsresistenz ausgestattet werden, um sich selbst vor Insektenbefall schützen zu können (siehe Bt-Technologie).

Letztendlich sind auch Pflanzen in der Entwicklung, die durch gentechnische Methoden einen erhöhten oder verbesserten Nährwert aufweisen. Dadurch soll einer Fehl- oder Mangelernährung entgegengewirkt werden. (vgl. ebd.) (Siehe auch Nahrungsmittel mit erhöhtem Nährwert)

Eine Projektgruppe widmete sich der Bekämpfung des Vitamin-A-Mangels in Entwicklungsländern und erforschte eine neue gentechnisch veränderte Reissorte. Da geschälter Reis weder Vitamin A, noch Provitamin A enthält, leiden viele Menschen tropischer Länder, deren Ernährung vom Reis abhängt, an Vitamin-A-Mangelkrankungen. Dieser Mangel äußert sich in Immunschwäche und Erblindung. Das Fernziel der Forschung besteht nun in der Herstellung und Speicherung von Pro-Vitamin A (dieses wird im Körper in Vitamin A umgewandelt) im Reiskorn selbst. Dadurch soll der Nährwert deutlich verbessert und einer Mangelernährung entgegengewirkt werden. (vgl. InterNutrition) Das Team um Ingo Potrykus der ETH Zürich entwickelte den sogenannten Golden Rice, der in der Lage ist, Provitamin-A zu bilden. Eine Reihe von Unternehmen, Stiftungen und Politikern trat für die Idee ein, das gewonnene Reissaatgut lizenzfrei an Bauern in den betroffenen armen Ländern abzugeben. (vgl. Zarzer)

Die Golden Rice-Kampagne ist dennoch nicht zum Erfolg geworden. Die Gründe dafür finden sich im fünften Kapitel. Da die Hungerproblematik ein besonders tiefgreifendes Problem unserer Zeit darstellt, ist es vonnöten, die Umstände genauer zu analysieren.

3.2. *Ertragssteigerung*

Das Hauptziel der angewendeten Methoden bei der gentechnischen Verände-

zung von Pflanzen ist die Verringerung von Ernteverlusten durch Schädlinge und Unkräuter. Denn mit ansteigenden Ernteverlusten können die Erträge nicht gesteigert werden. Um eine Ertragssteigerung durch die Minderung von Ernteverlusten zu erreichen, wurden neue Eigenschaften in die Pflanzen eingebracht, um sie vor widrigen Umwelteinflüssen und somit vor Ernteeinbußen zu bewahren:

3.2.1. Bt-Pflanzen mit Insektenresistenz

Über 20% aller transgenen Pflanzen sind Bt-Pflanzen. (vgl. Koechlin) Bt steht für *Bacillus thuringiensis*, ein Bakterium, welches ein Toxin (Eiweiß) produziert, das auf bestimmte Fraßinsekten wie den Maiszünsler giftig wirkt. Die Bt-Pflanze enthält das Gen des Bakteriums, welches sie dazu befähigt, in jeder Pflanzenzelle das Toxin zu bilden und sich selbst vor Insektenfraß zu schützen. (vgl. Deutsche Forschungsgemeinschaft) *Bacillus thuringiensis* bildet Proteinkristalle aus. Das Insekt, zum Beispiel der Maiszünsler, nimmt bei der Nahrungsaufnahme jene Proteinkristalle auf, diese lösen sich im Darm des Tieres auf und zerstören die Darmepithel. Die Larven sterben innerhalb von drei bis fünf Tagen daran. Das Kristallprotein wirkt direkt in der Pflanze, damit ist es nur jenen Insekten zugänglich, die auf der Pflanze parasitieren.

Bisher galten die Bt-Stämme als vergleichsweise wirtsbeständig. Das bedeutet, dass jeder Bakterienstamm nur bestimmte Arten von Schädlingen töten kann. (vgl. Wöhrmann)

Durch die Verminderung der Schädlinge führt das eingeschleuste Bt-Gen indirekt auch zu einem verminderten Befall von Schadpilzen, die durch das von der Maiszünslerlarve verletzte Gewebe der Pflanze eindringen und dann gesundheitsschädigende Giftstoffe (Mykotoxine) wie Fumosinin bilden können. Das Vorkommen solcher Mykotoxine ruiniert ganze Ernten und der Mais kann nicht zur Silageproduktion verwendet werden. Durch das eingebaute Bt-Gen kann weiterhin der Einsatz von Insektiziden in einigen Fällen erheblich vermindert werden. (vgl. ebd.) Das Bt-Toxin in der Pflanze vereinfacht zudem die konventionellen Behandlungsmethoden.

Bei herkömmlichen Pflanzen muss das Spritzen der Insektizide genau zum Zeitpunkt des Schlüpfens der Maiszünslerlarve erfolgen, damit sich diese nicht in den Stängel hineinbohren kann, wo sie vor dem Gift in Sicherheit ist. Bei Bt-Pflanzen dagegen stirbt die Larve beim Verzehr der nun für sie giftigen Pflanzenteile. Der Farmer erhält deshalb indirekt auch eine Versicherung vor Ernteaussfällen, wenn er Bt-Pflanzen einsetzt. Der Unterschied zu gespritzten Insektiziden ist allerdings auch der, dass beim Spritzen jenes Gift nur über einen kurzen Zeitraum in die Umwelt eingebracht wird. Bei der Bt-Pflanze liegt das Bt-Toxin allerdings in jedem Pflanzenteil über die gesamte Wachstumsperiode vor, auch in den Wurzeln, die im Herbst untergepflügt werden. Welche Auswirkungen hier zu erwarten sind, wird in Kapitel vier näher erläutert.

Ein Argument der Industrie ist, dass weniger Pflanzenschutzmittel gespritzt werden müssen, wenn die Pflanzen einen Abwehrmechanismus bereits innehaben. Dadurch soll erreicht werden, dass die Böden nicht mehr ausgelaugt werden und der Anbauer weniger Zeit und Arbeitskraft für das Spritzen aufwenden muss. Fragwürdig ist allerdings, dass dieselben Firmen, die GV-Saatgut zum Verkauf anbieten, den Käufer vertraglich an die Verwendung des firmeneigenen Herbizids binden. Die Praktikabilität ist zwar für den Landwirt erhöht, doch wird er so für ein zweites Produkt an einen Konzern gebunden. Diese unredliche Praxis der Konzerne sagt jedoch nichts über die Tragfähigkeit der verwendeten Argumente für den Einsatz der GV-Pflanzen im Allgemeinen aus.

3.2.2. Herbizidtoleranz

Herbizidtoleranz bedeutet, die Pflanze, die via Gentechnik mit einem bestimmten Enzym ausgestattet ist, überlebt die tödliche Wirkung eines Unkrautvernichtungsmittels. Da unsere Kulturpflanzen nicht nur von Schädlingen und Krankheiten heimgesucht werden, sondern ebenso mit Wildpflanzen auf dem Feld konkurrieren, führt eine starke Verunkrautung zu erheblichen Ernteverlusten. Normale Herbizide werden meist schon vor der Saat ausgebracht, um den Kulturpflanzen einen Entwicklungsvorsprung zu gewährleisten. Später würden die Herbizide die Kulturpflanzen gleichermaßen schädigen wie die Wildkräuter. Deshalb konnten sie nicht während der Wachstumsphase eingesetzt werden. (vgl. Deutsche Forschungsgemeinschaft)

Mittels Gentechnik konnte in wichtige Kulturpflanzen wie Soja, Mais, Baumwolle und Raps jenes Enzym eingesetzt werden. Es ist in der Lage, durch die Anlagerung einer Acetylgruppe das Herbizid für die Pflanze unwirksam zu machen. Das Enzym ähnelt dem Zielprotein des Herbizids, ist aber soweit verändert, dass es vom Herbizid nicht blockiert werden kann. (vgl. ebd.) Nun kann der Landwirt ein Mittel gegen mehrere Unkräuter anwenden. Weiterer Vorteil dieser Technologie ist eine geringere Ökotoxizität der eingesetzten Breitbandherbizide, so dass eine gezielte Bekämpfung nach dem Schadschwellenprinzip erfolgen kann, was wiederum wirtschaftliche Vorteile in sich birgt. (vgl. Meyer)

Die Industrie stellt eine Verringerung der Herbizidmenge um 11% bis 30% fest, verglichen mit dem konventionellen Anbau. Ebenso wird herausgestellt, dass die verwendeten Herbizide wie RoundUp oder Liberty im Vergleich zu den bisher verwendeten Produkten umweltverträglicher seien. (vgl. InterNutrition) Im 4. Kapitel wird noch einmal genauer geklärt, welche dieser Herbizide sich wie auf die Umwelt auswirken.

3.2.3. Resistenz gegen andere Krankheitserreger

Ähnlich dem Bt-Prinzip gilt es nun durch den Anbau pilzresistenter Sorten eine deutliche Reduktion des Fungizideinsatzes zu erwirken, der z.B. im Weinbau nach wie vor bis zu sieben Sprühkampagnen umfasst. (vgl. Deutsche Forschungsgemeinschaft) Der Versuch, Weinreben mit einer Pilzresistenz zu züchten, war jedoch bisher nicht von Erfolg gekrönt.

3.2.4. Kulturpflanzen für ungünstige Standorte

Viele Pflanzen können aufgrund ungünstiger Umweltbedingungen wie Trockenheit, hohem Salz- oder Aluminiumgehalt des Bodens sowie extremen Temperaturen in großen Teilen der Welt nicht angebaut werden. Man möchte nun Kulturpflanzen befähigen, diesen Umweltbedingungen zu trotzen, indem man versucht, sogenannte osmoprotektive Substanzen (Osmolyte) sowie spezielle Schutzproteine, die es den Pflanzen dann erlauben, Trocken-, Salz- oder Kältestress zu überleben, durch Gentransfertechnologie in die Pflanzen einzubauen. (vgl. Deutsche Forschungsgemeinschaft)

Es befinden sich derzeit solche gentechnisch veränderten, stresstoleranten Pflanzen in der Entwicklung. Sie haben das Anwendungsstadium jedoch noch nicht erreicht, somit kann über deren wirkliche Wirksamkeit in den betroffenen Regionen nur spekuliert werden. (vgl. ebd.)

3.3. „Nachwachsende Rohstoffe“

Produkte von lebenden Organismen, die in industriellen Fertigungsprozessen ihre Anwendung finden, werden auch als „nachwachsende Rohstoffe“ bezeichnet. Einige Argumente sprechen für den Einsatz dieser pflanzlichen Rohstoffe, da sie nicht wie die begrenzten Vorkommen an fossilen Materialien zur Neige gehen. Außerdem sind pflanzliche Produkte biologisch abbaubar und die beim Abbauprozess entstehenden Kohlendioxide sind in den natürlichen Kreislauf des Kohlendioxidhaushaltes der Erde eingebunden. Somit erscheint die Verwendung „nachwachsender Rohstoffe“ in Produktionsprozessen als faszinierende Lösung für einige Umweltprobleme unserer Zeit. (vgl. Wöhrmann) Eine vielseitige Verwendung kann beispielsweise der Raps aufweisen: Rapsöl kommt als „Dieselkraftstoff“ für das Betreiben von Motoren zum Einsatz. Was die chemische Aufarbeitung des Rapsöls zu Biodiesel mit Gentechnik zu tun hat, wird anhand des Eingriffs in die chemische Struktur des Rapses deutlich. Durch eine gentechnische „Vorbehandlung“ des Rapses könnte man dem Endprodukt Biodiesel bereits bestimmte Wunscheigenschaften verleihen.

Wichtiger wird die Zusammensetzung der Öle bei ernährungsphysiologischen Aspekten, die in einem späteren Punkt ausführlicher beschrieben werden (vgl. ebd.)

3.3.1. Biologisch abbaubarer Kunststoff

Ein ehrgeiziges Ziel der Bioindustrien ist die Herstellung biologisch abbaubaren Kunststoffs mit Hilfe der Gentechnik. Es werden bereits die ersten Versuche mit transgenen Kartoffeln gemacht, die in sämtlichen Zellen einen biologisch abbaubaren Kunststoff erzeugen. Im Zeitalter der sinkenden Rohölvorkommen ist diese Alternative nicht zu unterschätzen. Noch ist der Anteil an wirtschaftlich verwendbaren Inhaltsstoffen zur Nutzung der Pflanzen als nachwachsender Rohstoff zu gering. Durch gentechnische Verfahren ist es jedoch gelungen, die Konzentration bestimmter Stärkeformen wesentlich zu erhöhen. Man strebt an, nachwachsende Rohstoffe so zu gestalten, dass fossile Brennstoffe geschont werden und jene Rohstoffe CO₂-neutral produziert werden können. (vgl. Wöhrmann)

Stärke kann vielfältig eingesetzt werden, beispielsweise als Binde- und Dichtungsmittel in Süßwaren, Fertiggerichten und Arzneimitteln, als biologischer Baustoff in Faserform oder als Papier und Wellpappe. Eine neue Verwendung für Stärke als Kunststoff und Füllstoff wird derzeit erforscht. Stärke ist ein wasserunlöslicher Reservestoff in Pflanzen, der aus vielen verbundenen Glucose-Molekülen besteht. Kartoffeln sind das beste Beispiel für solche Stärkespeicher, der Anteil an Stärke beträgt 12-15%, bei Industriekartoffeln sogar bis 25%. Es gibt zwei verschiedene Arten von Stärke, die je nach industriellem Nutzen benötigt werden. Zum einen werden Glucose-Molekül-Ketten gebildet, die man Amylose nennt. Diese Ketten können aber auch in verzweigter Form auftreten und heißen dann Amylopectin. Die beiden Formen haben unterschiedliche Eigenschaften und je nach Bedarf muss man die jeweils unerwünschte Form heraustrennen. Die Gentechnik möchte das Problem lösen, indem Kartoffelsorten geschaffen werden, die nur eine dieser Stärkevarianten bilden, damit der aufwendige Trennungsvorgang entfällt. (vgl. ebd.)

Kartoffeln sind nicht die einzigen Lieferanten nachwachsender Rohstoffe, auch Mais oder Getreide können beachtliche Mengen liefern. Beim Mais hat die Natur bereits eine Mutation hervorgebracht, die in der Lage ist, in den Samen 100% Amylopectin zu bilden. Allerdings ist der Ertrag bei Mais oder anderen Getreidearten bei weitem nicht so hoch wie bei der Kartoffel. (vgl. ebd.)

3.3.2. Impfstoffe in Pflanzen

Eine neue Innovation ist die Entwicklung von Pflanzen, die mittels gentechnischer Veränderung einen Impfstoff produzieren. Der Vorteil dabei ist, dass langwierige Prozesse vereinfacht werden: Versuchstiere, die man zur Herstellung braucht, können gerettet werden; die Impfstoffe sind frei von weiteren Krankheitserregern jener Tiere (in denen auf herkömmliche Art und Weise der Impfstoff produziert wird) und man kann die Pflanzen ohne wesentliche Kühlung und relativ kostengünstig in die ganze Welt transportieren. Somit könnte

man eine preiswerte Gesundheitsvorsorge in Ländern der Dritten Welt anstreben. (vgl. Broer) Diese Pflanzen befinden sich noch im Entwicklungsstadium. Eine Nutzung ist vor Klärung einiger wichtiger Fragen bezüglich der Handhabung dieser mit hochwirksamen Antigenen ausgestatteten Pflanzen nicht absehbar.

3.4. *Nahrungsmittel mit erhöhtem Nährwert*

„Um den gesundheitlichen Wert für den Menschen zu steigern und Krankheiten vorzubeugen, werden Gene für die Bildung von Ölen, Eiweißstoffen, Kohlenhydraten und Vitaminen gezielt modifiziert.“ (Deutsche Forschungsgemeinschaft S. 13) Momentan ist die Forschung damit beschäftigt, die gentechnisch veränderten Pflanzen der zweiten Generation, die also einen erhöhten Nährwert besitzen, zur Marktreife zu bringen. Folgende Forschungsprojekte wurden oder werden durchgeführt:

3.4.1. Mehr Provitamin-A im Reiskorn (Golden Rice)

Das Ziel der Forschung bestand hierbei in der Herstellung und Speicherung von Provitamin-A (dieses wird im Körper in Vitamin-A umgewandelt) im Reiskorn selbst. Dadurch soll der Nährwert deutlich verbessert und einer Mangelernährung in Entwicklungsländern entgegengewirkt werden. (vgl. InterNutrition)

3.4.2. Bessere Zusammensetzung von Ölpflanzen

Abgesehen von einer Erhöhung des Samengewichts für eine bessere Ölausbeute, versucht man durch gentechnische Methoden die Ölzusammensetzung zu modifizieren. Man möchte zum Beispiel weniger gesättigte Fettsäuren in einer Sojabohne produzieren. Ähnliche Projekte strebt man bei Raps an, dieser soll dann gesunde Omega-3-Fettsäuren produzieren. (vgl. ebd.)

3.4.3. Mehr essentielle Aminosäuren

Da der Mensch nur 10 von den 20 Aminosäuren⁷ selbst aufbauen kann, muss

⁷ Proteinogene Aminosäuren sind Aminocarbonsäuren, die die Bausteine der Proteine von Lebewesen sind. 20 dieser proteinogenen Aminosäuren werden durch Codons des genetischen Materials kodiert. Daher werden sie als kanonische Aminosäuren oder als Standardaminosäuren bezeichnet. Der Mensch selbst nutzt unter anderem diese 20 kanonischen Aminosäuren. Von diesen werden aber nur 12 im menschlichen Organismus (bzw. durch im menschlichen Verdauungstrakt lebende Mikroorganismen) synthetisiert. Die restlichen 8 Aminosäuren sind für den Menschen essentiell, d.h. er muss sie über die Nahrung aufnehmen. Das sind Valin, Methionin, Leucin, I-

er die anderen über die Nahrung zu sich nehmen. Höhere Pflanzen sind in der Lage, alle 20 Aminosäuren zu produzieren, darunter auch Lysin oder Methionin. Da deren Anteil in den Grundnahrungsmitteln sehr gering ist, möchte man diesen nun mit Hilfe der Gentransfertechnologie bei Mais, Sojabohne und Raps erhöhen. Bisher konnte man den Lysingehalt bereits vervielfältigen.

In den Entwicklungsländern spielt das für die Eiweißversorgung, aber auch in der Futtermittelproduktion eine Rolle. Bisher mussten 200.000 Tonnen Lysin weltweit durch Fermentation hergestellt und den Futtermitteln beigemischt werden. (vgl. ebd.)

3.5. *Gentechnisch veränderte Mikroorganismen in der Lebensmittelproduktion*

Ergänzend zu den gentechnisch veränderten Pflanzen gibt es im Lebensmittelbereich gentechnisch modifizierte Mikroorganismen, die die Anzahl gentechnisch veränderter Pflanzen bei Weitem überschreiten. Mikroorganismen sind Bakterien, Hefen oder Schimmelpilze, die sich aufgrund ihrer schnellen Reproduktion und hohen Stoffwechselaktivität besonders gut eignen, um große Mengen benötigter Stoffe herzustellen. Ihre Aufgabe ist es, Stoffwechselprodukte oder Enzyme zu produzieren. Sie werden auch als Fermentationsorganismen für Lebensmittel verwendet.

Zunehmend werden biotechnisch gewonnene Stoffe mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen hergestellt, mit dem Ziel, den Stoffwechsel der Mikroorganismen so zu verändern, dass mit einer erhöhten Rate die gewünschten Produkte erzeugt werden. Die Stoffwechselprodukte sind bei der Lebensmittelverarbeitung für eine Verbesserung von Haltbarkeit, Geschmack, Aroma, Textur, Farbe oder Nährwert essentiell. Auch die Herstellung von Enzymen durch Mikroorganismen erlangt unter Aspekten der Wirtschaftlichkeit einen besonderen Vorteil durch Ressourceneinsparungen, Umweltschutz und gesundheitlicher Unbedenklichkeit.

Beispielsweise können durch den Einsatz gentechnisch veränderter Hefen die anfallenden Mengen von Abfallmasse bzw. Abwasser und die Energiekosten gesenkt werden. Die wohl wichtigste Form der Anwendung bildet in dieser Gruppe das gentechnisch erzeugte Chymosin, welches zur Herstellung von Käse benutzt wird. Dieser Stoff, das Kälberlab, muss traditionell aus Kälbermägen extrahiert werden. (vgl. Deutsche Forschungsgemeinschaft)

Seit 1971 wird Chymosin durch gentechnisch veränderte Bakterien hergestellt. Die Reinheit ist gegenüber dem sogenannten Labferment aus Kälbermägen bis zu zehnmal höher. (vgl. Jungbluth)

Wichtig ist nun herauszufinden, ob die Gründe für die Verwendung der

soleucin, Phenylalanin, Tryptophan, Threonin und Lysin. (vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Aminosäure> vom 26.1.07).

Gentechnologie zum Tragen kommen, besonders die Ziele, den Hunger und die Mangelernährung zu bekämpfen sowie eine verbesserte Umweltverträglichkeit zu gewährleisten. Gegenstand des nächsten Kapitels ist die Analyse bereits erkennbarer, nachweisbarer negativer Auswirkungen in ihrer gesamten Vielfalt, sowie positive Ansätze gentechnischer Entwicklungen. Hierbei ist anzumerken, dass die Argumente der Gentechnik-Kritiker im Unterschied zu genannten Hoffnungen der Befürworter belegbar sind.

4. Risiken der „grünen Gentechnik“

Zitat von Cesare Gessler (ETH Zürich): *„Die Gentechnik ist nicht ausgereift. Ihre heutigen Produkte sind noch auf dem Niveau der Dinosauriertechnologie. Wir benutzen artfremde Gene; wir wissen nicht, wo diese Gene eingebaut sind oder was sonst in der ganzen Kette vom Gen bis zum Protein verändert wird. Wir wissen nicht, in welche Regulationszusammenhänge wir eingreifen. Ein weiterer Punkt ist: Wir kennen heute viele Gene, die momentan keine Funktion haben. Wir kennen zum Beispiel ganze Cluster von Resistenzgenen. Diese haben gegenwärtig keine Funktion; sie sind stillgelegt. Doch wenn ein Pathogen seine Erkennungsproteine verändert, dann kann es sein, dass die Pflanze dank eines bis dahin nicht funktionellen Resistenzgens das Pathogen trotzdem erkennt. Also hat dieses Gen eine Funktion, auch wenn es lange Zeit inaktiv war.“* (Gessler in Then, S. 9)

4.1. Die Gefahr ist nicht abschätzbar

Das wohl eindringlichste, aber auch ambivalenteste Argument gegen die „grüne Gentechnik“ ist die Tatsache, dass die Gefahren nicht abschätzbar sind. Einige Forscher äußern sich besorgt über das schnelle, mitunter unkontrollierte Voranschreiten dieser Technologie.

Zum einen birgt sie ein unvorhersehbares Risiko, da der Einbau fremder Gene in das Erbgut der Pflanzen ungezielt erfolgt. (vgl. Jungbluth) Das heißt, wo genau im Genom der Zielpflanze sich das neue Gen einfügt, basiert auf dem Zufall. Zudem ist nicht absehbar, ob durch das zufällige Integrieren des neuen Gens, nicht eine zuvor an der Stelle des Genoms wichtige Eigenschaft zerstört wurde, bzw. ob selbst an Stellen im Genom, die scheinbar keine Bedeutung haben, nicht doch etwas verändert wird, was letztendlich maßgebliche Entwicklungsveränderungen in der Pflanze mit sich bringt.

Solche Sekundäreffekte, auch Positionseffekte genannt, können das Phänomen bewirken, dass durch die Beeinflussung einiger Regulatorien der Zelle unerwartete und unvorhersehbare physiologische Wirkungen bei der Pflanze hervorgerufen werden. Ob diese Gefahr bei der klassischen Züchtung mit der Durchmischung zweier Gesamtgenome ebenso auftreten kann, bleibt spekulativ. Diese Sekundär- oder Positionseffekte spielen auf die Methode der bio-

listischen Transformation mit Benutzung der Genkanone an, da Teile des Genoms durch den Beschuss verletzt werden. Veränderungen sind dann an der Pflanze erst in späteren Entwicklungsphasen erkennbar. (vgl. Meyer)

Das Problem ist an dieser Stelle vielmehr, dass die Bereiche der Forschung mehr und mehr auf verwertbare Resultate abzielen und die Risiken zugunsten marktwirtschaftlich nutzbarer Ergebnisse vernachlässigt werden können. Inwieweit Risiken dieser Art eingegangen werden müssen, um wichtige Forschungsaufgaben durchführen zu können, wird im Resümee analysiert.

Abgesehen von ungenügender Erfahrung auf dem Gebiet der molekularen Techniken beim Gentransfer, können einige Aspekte eindeutiger benannt werden. Zu erwartende Gesundheitsgefahren, Umweltschäden, aber insbesondere die oft vernachlässigten sozio-ökonomischen Auswirkungen werden nun anhand verschiedener Beispiele erläutert.

4.2. *Gesundheitsgefahren*

4.2.1. Allergien

Das allergene Potential von Lebensmitteln kann mit geeigneten Verfahren bestimmt werden, indem man die molekularen Grundstrukturen von bereits bekannten allergieauslösenden Stoffen mit neuartigen Lebensmitteln oder Pflanzen vergleicht. Nüsse haben beispielsweise ein relativ hohes allergenes Potential. Bei dem Versuch, ein Paranussgen in eine Sojabohnenpflanze zu integrieren, wurde ein allergieauslösendes Protein aktiviert. Wäre diese Sojapflanze jemals in den Handel gekommen, hätte dies für Paranussallergiker gekennzeichnet sein müssen, damit diese das Produkt meiden können. Trotzdem werden bei der Entwicklung gentechnisch veränderter Pflanzen oft eine Reihe von Proteinen inkloniert, die als potentielle Allergene gelten, zum Beispiel Enzyminhibitoren, Lektine und Albumine. Verwendet man diese in wichtigen Nutzpflanzen, kann das für Allergiker bedeuten, eine große Palette an pflanzlichen Lebensmitteln meiden zu müssen. (vgl. Zarzer)

Doch auch wenn nicht gezielt Proteine mit allergenem Potential in eine Pflanze transferiert werden, können sich durch die zufällige Anordnung der neuen Gene im Zielgenom der Pflanze ganz neue Strukturen ergeben, die in der Lage sind, Eiweiße zu produzieren, die möglicherweise ein allergenes Potential besitzen. Die erforderlichen Tests bezüglich der Allergenität werden jedoch oft vernachlässigt. Beispielhaft ist dafür der Monsanto-Mais MON810. Für dessen Antrag wurde kein Untersuchungsergebnis vorgelegt, sondern lediglich argumentativ operiert. (vgl. ebd.) Dieser Mais wächst seit Frühjahr 2006 auch auf deutschen Äckern.

Die Forscher drängen auf strengere Untersuchungen für die Zulassung transgener Pflanzen und schätzen die derzeitige Vorgehensweise bei der Erfassung allergener Potentiale bei Pflanzen mit neu eingebrachten Proteinen als

unzureichend ein.

4.2.2. Antibiotikaresistenzen und horizontaler Gentransfer

Es stellt sich die Frage, ob mögliche Gefahren für die menschliche Gesundheit durch die Verwendung von Antibiotikaresistenzgenen in GVOs als „Marker“ auftreten können. Wenn sich durch die Genübertragung die Resistenzgene unkontrolliert in Bakterienarten ausbreiten, können ernst zunehmende Probleme auftreten. Viele pathogene Bakterienstämme weisen bereits multiple Resistenzen gegen Antibiotika auf und verursachen große Schwierigkeiten und Kosten in unserem Gesundheitssystem. Trotz neuer Techniken fällt es immer schwerer, neue Antibiotika zu entwickeln. Dieses Problem kann sich mit der massenhaften Verbreitung von Organismen mit eingebauten Antibiotikaresistenzgenen sicher noch verschärfen. (vgl. Wöhrmann)

Erst in den 1940er Jahren kamen erste Antibiotika als Medizin zum Einsatz. Dies waren Penicillin und Streptomycin, sie wirkten bei bakteriellen Infektionskrankheiten. Nach einer längeren Zeit der Anwendung wurden die Krankheitserreger resistent gegen diese Mittel und neue mussten gesucht werden. Dieses Problem hat sich bis heute verschärft, da seit 20 Jahren keine neuen Wirkstoffgruppen gefunden wurden. (vgl. ebd.)

Wenn Bakterien unter Einfluss von Antibiotika eine Resistenz „erworben“ haben, bedeutet dies, dass bei einigen Bakterien der Kultur bereits Mutationen vorlagen, die diese zum Überleben befähigten. Nun befürchten Kritiker der Gentechnologie, dass der Einsatz von Markergenen mit Antibiotikaresistenzen dazu führt, dass sich diese Resistenz ausbreiten kann.

Unsere Kulturpflanzen dienen der Ernährung von Mensch und Tier. Diese Nahrungs- und Futtermittel werden im Organismus ab- und umgebaut. Alles was wir nicht verwerten, wird ausgeschieden und gelangt wieder in die Umwelt. Was passiert nun mit den Markergenen, die in den transformierten Pflanzen stecken?

Wenn eine Pflanze stirbt, wird die DNA freigesetzt. Man glaubte lange Zeit, sie werde durch Enzyme abgebaut. Auf anderes ließen die Ergebnisse einer Studie (von Wilfried Wackernagel, Uni Oldenburg) in einem Mikrokosmos (ein Lebensraum wird künstlich im Labor geschaffen, um biologische Vorgänge unter kontrollierten Bedingungen besser nachvollziehen zu können) schließen: nackte DNA, die dem Boden zugeführt wurde, konnte sich schnell an Mineralien binden. So war sie tausend Mal resistenter gegen Enzyme, die DNA abbauen. Dabei war es von keiner Relevanz, von welchem Organismus die DNA stammte oder ob es nur Bruchstücke (beispielsweise bakterielle Plasmid-Ringe, die Träger der Antibiotikaresistenzgene) waren, sie blieb mitunter mehrere Monate lebens- und funktionsfähig in solchen mineralischen Böden.

Dieser Fakt ist allerdings nicht besorgniserregend, es sei denn die DNA ge-

langt in andere Organismen (Bakterien), verändert deren Funktion und wird durch Vermehrung weiter verbreitet.

Also ist es von Relevanz, ob freie DNA in Organismen gelangen kann. Seit 1928 werden in der Bakteriengenetik genau diese Beobachtungen gemacht. Frederick Griffith hat damals die Veränderung des Genotyps durch einen von außen hinzukommenden Faktor beobachtet. Erst später wurde ersichtlich, dass die DNA das verändernde Prinzip war. So wurde später von O. Avery und Kollegen anhand einer Methode nachgewiesen, dass der Austausch genetischer Informationen nicht nur zwischen Bakterienarten stattfindet, sondern auch zwischen höheren Organismen möglich wird. Bei mehr als 40 Bakterienarten konnten diese Transformationsprozesse gezeigt werden. Das *Agrobacterium tumefaciens* ist ebenso ein Beispiel dafür, da es einen Teil seiner DNA (den Plasmid-Ring) in die Pflanze transferiert. Zumindest im Labor konnte dies auch für einige, den Menschen betreffende Bakterienarten nachgewiesen werden. Das Einwandern von genetischer Information eines Organismus einer Art in einen Organismus einer anderen Art wird *horizontaler Gentransfer* genannt. (vgl. Wöhrmann)

Die Befürworter der Gentechnik argumentieren nun basierend auf der Tatsache, dass Resistenzgene in der Natur weit verbreitet sind, dass ein Genfluss schon immer statt fand und sie somit die Prozesse der Natur nur nachahmen. Allerdings sind diese Resistenzgene nicht überall und beliebig oft in Ökosystemen anzutreffen. Zum Beispiel wird das Antibiotikum Kanamycin, welches als Marker benutzt wird, recht selten in der Natur vorgefunden. Genauso verhält es sich mit den Antibiotika- und Herbizidresistenzgenen, die in den Gebieten, wo keine GVOs angebaut werden, auch nicht vorhanden sind. Welche Folgen nun durch den großflächigen, weltweiten Anbau transgener Pflanzen zu erwarten sind, wenn Resistenzgene im Boden in wesentlich höherer Konzentration vorliegen, kann noch nicht abgeschätzt werden.

Die steigende Zahl multipler Resistenzen bei einigen Bakterien ist eine große Gefahr. Einige Lungenentzündung verursachende Bakterienstämme, sowie Stämme der Erreger von Tuberkulose, Gonorrhöe und Bakterienruhr sind bereits vollständig resistent gegen sämtliche Präparate. (vgl. ebd.) Ein verantwortlicher Umgang sollte gewährleistet werden.

4.2.3. Indirekte Wirkungen auf die Gesundheit

Indirekte Auswirkungen sind Folgen der Nutzung von Gentechnik in der Landwirtschaft, sie sind nicht auf die Gentechnik selbst zurückzuführen. So können indirekte schädliche Eigenschaften durch das eingesetzte Totalherbizid Glyphosat auftreten. Dieses Herbizid wird auf herbizid-resistente Pflanzen aufgebracht, damit alle anderen Unkräuter absterben. Es wurden allerdings Glyphosat-Reste (des RoundUp®-Herbizids) in den Sojabohnen nachgewiesen. In dem Fall ist der Schaden nicht durch die genetische Veränderung her-

vorgerufen, sondern rührt von dem Einsatz des Spritzmittels her. (vgl. Malatesta in Then)

In diesem Zusammenhang wurde festgestellt, dass menschliche Gebärmutterzellen empfindlich auf Glyphosat reagieren, selbst wenn es in niedrigerer Konzentration vorhanden war, als in der landwirtschaftlichen Nutzung. Das würde die hohe Fehl- und Frühgeburtenrate amerikanischer Sojabäuerinnen erklären. (vgl. Seralini in Then)

Aufgrund der Resistenz vieler Unkräuter auf die RoundUp-Herbizide im Sojaanbau Argentiniens, werden mittlerweile noch giftigere Substanzen gespritzt, um der „Superunkräuter“ Herr zu werden, darunter auch Atrazine, Paraquat und Metsulphuron Methyl, die in anderen Ländern (wie Deutschland) aufgrund ihrer Toxizität verboten sind.

Die GV-Sojaproduktion Argentiniens, eine im großen Maßstab angelegte industrialisierte Landwirtschaft, verschlimmert zudem die Hunger-Problematik. Als Lösung des Hungerproblems hat die Regierung begonnen, Soja als neue gesunde Alternative zu verschwindenden Getreidesorten, Fleisch und Milch zu fördern. Die Kampagne „Soja Solidaridad“ wurde gestartet, Suppenküchen begannen auf Sojabasis zu kochen, Rezeptbücher wurden auf Soja-Gerichte umgestellt. Die Bevölkerung nimmt mittlerweile sojahaltige Nahrung täglich zu sich. Obwohl Soja Teil einer gesunden Ernährung sein kann, fördert übermäßiger Verzehr die Absorption von Kalzium, Eisen, Zink und Vitamin B12. (vgl. Friends of the Earth aus Grupo de Reflexion Rural Argentina) Trotz dieser Maßnahmen verschlimmert sich das Hungerproblem in Argentinien von Jahr zu Jahr (siehe Abschnitt 4.4.1.).

Dazu kommen die noch völlig unklaren gesundheitlichen Auswirkungen des gentechnisch veränderten Sojas auf den Menschen, da dessen Anbau hauptsächlich für den Gebrauch als Tierfutter bestimmt ist. Die arme Bevölkerung Südamerikas sehen kritische Beobachter der Gentechnologie auch als Probanden in einem menschlichen Langzeitversuch.

An diesen Beispielen erkennt man, dass nicht die Gentechnik selbst Schäden verursachen muss, sondern die mit ihr einhergehenden Maßnahmen bzw. die sich daraus ergebenden Folgen Ursache neuer Probleme sind, zum Beispiel bestimmte Herbizide zu spritzen oder der einseitige Gebrauch eines bestimmten Lebensmittels in der Ernährung. Es fällt dabei auf, dass solche Auswirkungen scheinbar vernachlässigt und nicht als Problem der Gentechnik gewertet werden, obwohl sie mit ihr einhergehen. (vgl. Lorch/Then)

4.3. *Umweltschäden*

4.3.1. Auskreuzungsgefahr/Auswilderung

Das wohl signifikanteste Problem der Gentechnik ist die Auskreuzung von GVOs auf Nicht-GVOs bzw. deren verwandte Wildkräuter sowie die Auswil-

derung von GV-Kulturpflanzen in angrenzende Ökosysteme. Die Kontamination von Nicht-GVOs oder verwandten Arten ist jedoch nicht vergleichbar mit einer chemischen Verschmutzung der Umwelt. Kommt es beispielsweise zu einem Unglück, bei dem größere Mengen einer Chemikalie in die Umwelt eingebracht werden, kann diese Verschmutzung weitgehend rückgängig gemacht werden, also nach und nach beseitigt werden, wenn auch selten rest- bzw. folgenlos. Bei der Auskreuzung von GVOs tritt das Gegenteil ein: Einmal in die Umwelt ausgebracht, kann man verwilderte Pflanzen schlecht zurückholen, sie können sich vermehren und dadurch das Ökosystem nachhaltig verändern. Die unerwünschte Verbreitung der Transgene wurde wiederholt wissenschaftlich festgestellt. Trotzdem hält die Diskussion um Abstandsregelungen an. Einige Forscher und Agrarwirte sind der Ansicht, dass durch angemessene Abstände zu Nachbarkulturen, das Problem der Auskreuzung minimiert werden kann. Allerdings nimmt die Gefahr mit kleinstrukturierten Agrarsystemen, abnehmenden Toleranzwerten und Anwesenheit biologisch naher Verwandter unter den Kulturpflanzen und Beikräutern zu. Besonders für den Ökolandbau ist diese Problematik relevant, da deren Produkte zu 100% frei von GVOs sein müssen. (vgl. Wöhrmann)

Ein Aspekt bei der Koexistenzdebatte ist der Genfluss. Das bedeutet, schleichende genetische Veränderungen könnten entstehen, wenn geringe Mengen an GVO im Saatgut von Aussaat zu Aussaat weitergegeben werden. Die im Ökolandbau üblichen Hofsorten, die durch eigene Auslese perfekt an Ort und Klima angepasst sind, würden dadurch ihre Einmaligkeit verlieren.

Folgendes Zitat verdeutlicht den Umgang mit den Folgen der Auskreuzung im wirtschaftlichen und politischen Zusammenhang:

„You’d think that the North American agricultural export industry would have no choice but to bow to the demand: keep GM seeds far away from their unaltered counterparts and, in general, move away from the controversial crops. You’d be wrong. The real strategy is to introduce so much genetic pollution that meeting the consumer demand for GM-free food is seen as not possible. The idea, quite simple, is to pollute faster than countries can legislate – then change the laws to fit the contamination.” (Klein, 29.01.2007)

Führt man den Gedanken weiter, könnte man davon ausgehen, dass die Saatgutindustrie einer schleichenden Verbreitung ihrer patentierten Pflanzen nicht unbedingt abgeneigt ist.

4.3.2. Wirkung der Bt-Toxine

Bacillus thuringiensis (Bt), ein Protein, welches bei bestimmten Organismen tödlich wirkt, gibt es nicht erst seit der Einführung der Gentechnik. Es wurde schon vorher auch als biologisches Pflanzenschutzmittel im Ökolandbau⁸ ge-

⁸ Bt im Ökolandbau: Im ökologischen Landbau sind chemisch-synthetische Pestizide

nutzt. Dabei wird aus getrockneten Bazilluskulturen eine Spritzbrühe hergestellt, die man auf die Pflanzen aufbringt. Diese Bakterien wirken nur kurze Zeit und werden vom UV-Licht wieder abgebaut (anders als bei synthetisch hergestelltem Bt, der lange lebensfähig ist). Im Übrigen liegt das natürlich vorkommende Gift in einer nicht wirksamen Form (Protoxin) vor und muss sich erst im Darm des Schadinsekts in seine aktive Form umwandeln, es wirkt dadurch nur bei bestimmten Insekten. (vgl. Lorch/Then)

Da die Raupe des Maiszünslers sich durch den Stängel der Pflanze nach unten frisst, um direkt über den Wurzeln im letzten Stengelabschnitt überwintern zu können, sehen biologisch wirtschaftende Bauern, aber auch konventionelle Kollegen, das Maiszünslerproblem auf einfache Weise lösbar: durch tiefes Durchpflügen werden die Pflanzenreste in untere Erdschichten befördert und die Raupe erfriert im Winter. Da dies jedoch kostenintensiv ist (Dieselpreise, Maschinenverleih), wird auf die „einfachere“ Beseitigung des Zünslersproblems durch den Genmais zurückgegriffen. (vgl. ebd.)

Jedoch gestaltet sich die Verwendung von Genmais nicht unproblematisch: Ein wenig beachtetes Problem mit transgenem Mais, der das Bt-Toxin in jeder Pflanzenzelle bildet, ist die noch unzureichend erforschte Wirkung auf die Mikroorganismen des Bodens oder auf verschiedenste dort lebende Nützlinge, wie den Regenwurm. Im Boden wird das Gift gebunden und kann dort monatelang überdauern. Es reichert sich auch in der Nahrungskette an und wird über den Darm von Nutztieren (Gülle) wieder ausgeschieden. Darüber hinaus liegt das Gift (anders als das biologische Bt-Präparat) in seiner aktiven Form vor. Dadurch erweitert sich das Spektrum an möglicherweise gefährdeten Organismen. Der Name des Proteins ist Cry1Ab, aber dieses bei der Bt-Technologie meistverwendete synthetische Protein unterscheidet sich im molekularen Bereich trotz gleicher Bezeichnung von der natürlichen Variante. (vgl. ebd.)

Erst seit Ende der 1990er Jahre werden die Auswirkungen von Bt-Mais auf den Boden (und die dort lebenden Organismen) untersucht, also nachdem der Mais bereits in den USA angebaut wurde und nachdem Bt176 und MON810 (zwei populäre transgene Sorten von Syngenta und Monsanto) in Europa zum Anbau zugelassen wurden. (vgl. ebd.)

Das Toxin kann auf verschiedene Weise in den Boden gelangen: als Pflan-

verboten. Neben vorbeugenden Maßnahmen sind einige natürliche Substanzen für die Schädlingsbekämpfung zugelassen. Zu diesen gehört auch das Bt-Präparat. Seit über 30 Jahren wird Bt in Deutschland eingesetzt. Dieses sporenbildende, aerobe Bodenbakterium, 1910 in Deutschland zum ersten Mal aus Schmetterlingsraupen isoliert, ist in 67 Subspezies eingeteilt. Bei der Sporenbildung entstehen die zur Schädlingsbekämpfung wichtigen Eiweißkristalle, die bei Aktivierung im Verdauungstrakt des Schädling den Darm perforieren, woraufhin der Schädling stirbt. Die Toxinkristalle des biologischen Präparats weisen eine gute Umweltverträglichkeit auf. (vgl. Gerber 06.01.07).

zenmaterial, als abgestorbene Feinwurzeln und Wurzelausscheidungen während der Wachstumsperiode, als Pollen, der in den Boden gewaschen wird, Ernterückstände oder als Bt-toxinhaltiger Kot von Bodenorganismen, Nutztierexkrementen oder deren Gülle. Trotz einer Reihe verschiedener Studien zum Überdauern von Bt-Toxinen im Boden, gibt es keine Untersuchungen über Menge und Art des in den Boden gelangten Toxins während und über die Wachstumsperiode hinaus: *„Nach unserem Kenntnisstand ist es nicht bekannt, wieviel Cry1Ab-Protein in der Rhizosphäre von Bt-Mais unter landwirtschaftlichen Bedingungen gebildet wird, und wie viel dieses Proteins nach der Ernte im Boden verbleibt.“* (Lorch/Then nach Baumgarte & Tebbe 2005, S. 3) Unter anderem wurde festgestellt, dass *„der Bt-Gehalt in Wurzelresten (...) 12% des Bt-Gehalts in intakten Wurzeln (entspricht).“* (Lorch/Then nach Baumgarte & Tebbe 2005, S. 3)

Die EFSA, welche die Zulassungsanträge für transgene Pflanzen ausarbeitet, hat im vorliegenden Antrag einer neuen Sorte Bt-Mais Nr. 1507 den Bt-Gehalt verschiedenster Pflanzenteile angegeben, nicht aber den der Wurzeln, obwohl bekannt ist, dass auch Wurzeln jenes Gift enthalten und in den Boden abgeben können. Doch nicht nur Wurzeln, Pollen und Pflanzenteile sind Eintrittspfad des Toxins in die Umwelt.

Es wurde der Abbau von Bt-Protein im Darm von Kühen untersucht (Mais ist neben Soja das meist genutzte Futtermittel in der Viehzucht) und herausgefunden, *„dass ‚bemerkenswerte‘ Mengen von Bt-Gift im Magendarmtrakt gefunden wurde(n) und dass das Gift auch noch im Kot der Tiere vorlag“.* (Lorch/Then nach Einspanier et al. 2004) Wie lange das Toxin im Boden bleibt, wurde durch verschiedenste Studien versucht herauszufinden. Da diese jedoch sehr unterschiedlich angelegt sind, ist ein Vergleich schwierig. Es wurde jedoch ergründet, dass tonhaltige Böden das Gift besonders lange nachweisen.

Verschiedenste Indikatoren beeinflussen die Persistenz von Bt-Toxinen im Boden. Bei einem Versuch von D. Saxena et al. (2002a) konnte das Toxin von Bt-Mais-Wurzelausscheidungen und von verrottendem Bt-Mais-Pflanzenmaterial im Boden noch nach 350 Tagen (dem längsten untersuchten Zeitraum) nachgewiesen werden. In anderen Studien wurde isoliertes Bt-Toxin noch nach 234 Tagen (als der Versuch abgebrochen wurde) nachgewiesen. (Tapp & Stotzky 1995, Palm et al. 1996, Koskella & Stotzky 1997, Tapp & Stotzky 1998). (vgl. Lorch/Then)

„Auch damit sind frühere Studien widerlegt. Sims & Holden (1996) hatten aus Laborstudien berechnet, dass 90% des Toxins nach 41 Tagen abgebaut sein sollten, und schlossen daraus, dass das Cry1Ab-Toxin in Bt-Mais-Pflanzenmaterial unter Feldbedingungen instabil sei und unter Anbaubedingungen schnell abgebaut würde. Obwohl sich Antragsteller und Zulassungsbehörden häufig immer noch auf diese Studie (Sims & Holden 1996) stützen,

ist sie vielmehr ein Beispiel für unrealistische Studien, die der Risikoabschätzungen von Bt-Mais zugrundegelegt werden.

So benutzten Sims & Holden (1996) z.B. für ihre Laborstudie eine konstante Temperatur von 24-27°C, die für die Bodentemperatur in europäischen Maisanbaugebieten vollkommen unrealistisch ist.“ (Lorch/Then, S. 4)

Der Abbau von Bt-Toxinen hängt in starkem Maß von der mikrobiellen Aktivität ab und diese ist bei kühleren Temperaturen (z.B. realistischen Bodentemperaturen bei Feldversuchen von 8,5°C) reduziert. (vgl. Lorch/Then nach Zwahlen et al. 2003b)

Um die komplexen Bodenmechanismen ansatzweise verstehen zu können, ist es sinnvoll, sich die Anreicherung von Toxinen im Boden genauer anzusehen. Bt-Toxine besitzen die Eigenschaft, sich an oberflächenaktive Bodenpartikel zu binden und dadurch vor biologischem Abbau zu schützen. Dieser Prozess geschieht in einer halben Stunde nach Freisetzung des Toxins im Boden. Sind die Bt-Toxine einmal gebunden, lösen sie sich nicht so schnell wieder ab. Daneben wurde festgestellt, dass Erde mit Bt-Pflanzenmaterial nach 120 bis 180 Tagen je nach Zusammensetzung der Bodenminerale unterschiedlich toxisch war. Das liegt daran, dass sich Bt-Toxine besser an Bodenpartikeln mit höherer Kationenaustauschkapazität und einer ausgeprägteren Oberflächenstruktur binden. (vgl. Lorch/Then nach Saxena & Stotzky (2002))

Es wurde auch festgestellt, dass sich 88 bis 98% des Bt-Gifts sehr fest an Tonpartikel bindet, dass sich keine strukturellen Veränderungen des gebundenen Toxins ergaben und es weiterhin eine toxische Wirkung besaß. Diese war nach 45 Tagen sogar höher als von ungebundenen Bt-Proteinen. (vgl. Lorch/Then nach Lee et al. (2003))

In dem Zusammenhang ist es wichtig darauf zu verweisen, dass sich diese Ergebnisse bei verschiedenen klimatischen Bedingungen selbst bei ähnlicher Bodenbeschaffenheit unterscheiden. Diese Einflussfaktoren sind laut Greenpeace völlig unzureichend untersucht worden.

Den Boden betreffend lassen sich folgende Schlüsse ziehen: „Je höher der Gehalt an organischer Substanz ist, besonders in den Oberböden, desto geringer ist die Bindung des Bt-Toxins. Erklärung: Die organische Substanz verschließt kleine Poren zwischen den Bodenpartikeln, so dass das Bt-Toxin nicht in den Zwischenräumen gebunden werden kann. Je größer die Oberfläche der Bodenpartikel ist, desto mehr Bt-Toxin wird an den Bodenpartikeln gebunden.“ (Lorch/Then nach Schröder (2005) S. 5)

Diese Erkenntnis ist wichtig, wenn man mehrere Jahre hintereinander Mais anpflanzen möchte. Es muss nämlich davon ausgegangen werden, dass sich das Bt-Toxin im Boden anreichert und über die Jahre auch akkumulieren kann.

Losgelöst von diesen Erkenntnissen, muss auch die Wirkung auf Insekten und andere gefährdete Tiere erforscht werden. Denn selbst wenn diese unbeschadet das Bt-Gift aufnehmen, ist es immer noch nicht aus dem Kreislauf der

Natur verschwunden. Werden Insekten, die das Gift vertragen, von anderen Tieren gefressen, nehmen deren Fraßfeinde das Gift ebenfalls auf.

Man hat bei einer Untersuchung an Milben festgestellt, dass diese das Bt-Gift sogar anreichern und letztendlich mehr Gift enthalten als die Bt-Maispflanze selbst. Die Werte des Bt-Gehaltes in der Milbe waren dreimal höher als der Anteil in den Bt-Blättern der Maispflanze. Somit sind Raubinsekten diesen höheren Bt-Konzentrationen der Milbe ausgesetzt, wenn sie diese fressen. Das Toxin kann im Kreislauf über die Nahrungskette weitergegeben werden. (vgl. Lorch/Then)

Bei anderen Tieren wie Regenwürmern, Blattläusen, Spinnen oder Kellersasseln, konnte das Bt-Toxin auch im Kot nachgewiesen werden. Da deren Kot einen Teil des Bodens ausmacht, kann er von weiteren Organismen (Mikroorganismen) aufgenommen werden. Das Bt-Gift der an Kühe verfütterten Maispflanze übersteht auch die Verdauung im Wiederkäuermagen und gelangt als tierischer Dung wieder auf Felder und Weiden. (vgl. ebd.)

Auswirkungen auf Mikroorganismen

An dieser Stelle möchte ich die Wichtigkeit der Bodenorganismen hervorheben: ca. 90% des Kohlenstoffumsatzes im Boden leisten die Bodenmikroorganismen, von denen in einem Gramm Ackerboden über 10⁹ leben. Diese Mikroorganismen sind im Kreislauf der Natur fest eingebunden, zum Beispiel zersetzen Trauermückenlarven verrottetes Pflanzenmaterial, welches die Mikroorganismen vorkompostiert haben. Auch hier variiert der Effekt des Bt-Toxins je nach Bodenart. Seit einigen Jahren gibt es Hinweise auf eine anti-bakterielle Wirkung von Bt-Toxinen. Dies könnte die strukturellen Veränderungen der Bakteriengemeinschaften in der Rhizosphere (dem Wurzelgeflecht) auf Bt-Maisfeldern erklären. Generell wurde nach über drei Jahren Beobachtungszeitraum geschlussfolgert, dass Mais mit und ohne Bt-Gift zu verschiedenen Bakteriengemeinschaften in der Rhizosphere führt.

Auswirkung auf die Mykorrhiza

Die Mykorrhiza ist eine Symbiose von Pilz und Pflanze, bei der der Pilz mit dem Feinwurzelsystem der Pflanze in Kontakt tritt. Dadurch kann die Pflanze besser mit Nährstoffen und Wasser aus dem Boden versorgt werden. Die Mykorrhiza bietet auch einen besseren Schutz vor Krankheiten und ermöglicht der Pflanze, auch bei Trockenheit zu überleben. Greenpeace stellt heraus, dass die Mykorrhiza von Nutzpflanzen einen wichtigen ökologischen Parameter darstellt, der in keiner Risikoabschätzung fehlen sollte. Derzeit gibt es in den aktuellen Bt-Mais-Zulassungsanträgen keine Berücksichtigung der Mykorrhizakolonisation. Zwei Studien belegen eine geringere Besiedelung der Wurzeln mit Mykorrhizen bei Bt-Maispflanzen.

Der fehlende Symbiosepartner des Bt-Mais und dessen Beitrag zur Pflanzenernährung äußert sich vermutlich in einer höheren Anfälligkeit für Schad-

insekten, da ohne Mykorrhizabesiedelung der Bt-Mais weniger natürliche Fraßfeinde, zum Beispiel Blattläuse, anlockt. In einer Studie von Turrini et al. (2004) wurde herausgefunden, dass die Pilze es nicht schafften, funktionsfähige Strukturen an den Wurzeln von Bt176-Mais auszubilden. (Lorch/Then) Bis heute gibt es noch keine Studie, die eine erhöhte Anfälligkeit für Schadinsekten aufgrund der Mykorrhizabildung untersucht hat.

Trauermücke

Trauermücken und deren Larven ernähren sich von abgestorbenen Pflanzenteilen. Pro Quadratmeter oberer Bodenschicht können 6.000 Individuen schlüpfen. Die Trauermücke spielt als Zersetzer von Pflanzenresten eine wichtige Rolle in der Bodenökologie und für die Bodenfruchtbarkeit.

Eine Studie mit transgenem Mais MON810 hat ergeben, dass die Mortalität bei Trauermücken erhöht ist und die Verpuppungsrate geringer. Auch können schädliche Auswirkungen auf Käfer auftreten, die die Larven fressen. (vgl. Lorch/Then nach Langenbruch et al. 2006 und Büchs 2005)

Dauert die Verpuppung länger, ist die Larve durch den noch nicht vollständig ausgebildeten Chitinpanzer anfällig für Parasiten oder Krankheiten. Auch werden sie in diesem Stadium von anderen Insekten als Nahrung bevorzugt. Insofern ist die Zeitdauer der Verpuppung ein wichtiger Parameter zur Abschätzung von negativen Effekten auf diese für die Zersetzung und Bodenfruchtbarkeit besonders wichtigen Bodeninsekten. Gerade bei mehrjährigem Anbau von Bt-Mais am gleichen Standort, kann es zu einer Verschiebung in der Lebensgemeinschaft der Zersetzer kommen und das Funktionieren der Kompostierung und Bodenbildung beeinträchtigen. (vgl. Lorch/Then nach Langenbruch et al. 2006)

Gerade am Beispiel der Trauermückenlarve ist erkennbar, wie wichtig langfristige Forschungsstudien sind. Denn in Freilandversuchen festgestellte negative Effekte wurden erst ab dem zweiten Anbaujahr beobachtet. Im ersten Versuchsjahr gab es sogar erhöhte Artenzahlen, Schlupfdichten und Zersetzungsleistungen bei MON810-Maisanbau. Erst ab dem zweiten Jahr kehrte sich dieser Trend um und erreichte im dritten Jahr eine deutlich geringere Zersetzungsleistung als im Vergleichsfeld. Das könnte aus dem ums 2,5fache erhöhten Toxingehalt der Streu (abgestorbenes, zerkleinertes Pflanzenmaterial) resultieren. (vgl. Lorch/Then nach Langenbruch et al. 2006)

Zusammenfassend kann man zwei Wege der Beeinflussung von Bt-Mais auf die Trauermücke festmachen: zum einen ist die veränderte Lebensdauer der Larve Garant für Raubinsekten, mehr Nahrung zu finden. Langfristig wird dadurch eine grundlegende Störung der Bodenfruchtbarkeit auftreten, da die Anzahl der Trauermückennachkommen gesenkt ist. Effekte, die sich mit Bt-Anbau auf Nahrungsketten im Boden ergeben könnten, wurden jedoch noch nicht über mehrere Jahre erforscht. (vgl. ebd.)

Der zweite Weg der Beeinträchtigung durch Bt-Mais ist die Weiterreichung

des Toxins in der Nahrungskette auf Fraßfeinde der Trauermücke. Dabei wurde beobachtet, dass räuberische Käfer, die die Larven fraßen, dieselben Entwicklungsverzögerungen aufwiesen wie die mit MON810 gefütterten Trauermückenlarven. (vgl. Lorch/Then nach Büchs 2005)

Nematoden

Nematoden (Fadenwürmer) sind nach Bakterien und Pilzen die zahlreichsten Vertreter der Bodenorganismen. Diese pflanzenfressenden, zersetzenden, parasitierenden oder insektenfressenden Organismen weisen eine geringe Mobilität auf, sind relativ stressanfällig und beinhalten Arten mit unterschiedlichsten Ernährungsformen. Diese sind ausschlaggebend für eine direkte oder indirekte Schädigung durch das Bt-Gift. Die Vielzahl an Nematodenarten erschwert es, umfassende Studien zu erstellen, da die verschiedenen Ernährungsarten auch differenziert betrachtet werden müssen. Im Freiland konnten Unterschiede in der Zusammensetzung der Nematodenpopulationen festgestellt werden, jedoch ist es schwierig zu beurteilen, ob direkte oder indirekte Effekte (auf der Ebene des Nahrungsnetzes, Bakterien, Pilze, Fressfeinde) des Bt-Toxins dafür ausschlaggebend waren.

Regenwürmer

Die Nützlichkeit der Regenwürmer in der Landwirtschaft ist unbestritten, dennoch bleiben sie bei der Risikoabschätzung von Bt-Mais fast vollständig außen vor. Regenwürmer zersetzen nicht nur Pflanzenmaterial, sie tragen auch durch die Tunnelbildung massiv zur Bodenbewegung bei, indem sie die unteren sauerstoffarmen Bodenschichten mit sauerstoffhaltigen Nischen ausstatten. Darüber hinaus steuert deren Kot zur Bodenfruchtbarkeit bei.

Verschiedenste Studien mit drei verschiedenen Wurmarten zeigen, dass auch wenn kein akuter Effekt durch Bt-Mais festgestellt wurde, dennoch das Cry1Ab-Toxin im Kot und Darm der Regenwürmer gefunden wurde. Man weiß jedoch noch nicht, wie sich das Gift durch den Kotalausstoß im Erdreich verteilt. Ein aktueller Versuch (Vercesi et al. (2006)) mit einer Regenwurmart, die wohl am weitesten verbreitet in landwirtschaftlichen Gegenden der gemäßigten Klimazonen ist, beschäftigte sich mit verschiedenen Parametern des Regenwurmlbens (Überlebensrate, Schlupfrate, Vermehrung, Wachstum u.a.). Die meisten untersuchten Parameter zeigten keine negativen Effekte, jedoch gelang es einer signifikant geringeren Anzahl von Würmern aus dem Kokon zu schlüpfen. Dieser negative Effekt könnte die Populationszahlen dieses Regenwurms in einem Maisfeld signifikant verringern und somit Auswirkungen auf andere Bodenorganismen, die von den Interaktionen des Regenwurms abhängen, haben.

Auch hier scheint eine Forschung über mehrere Jahre sinnvoll, um Langzeiteffekte erkennen zu können.

Bienen

Bienen sind besonders wichtig im landwirtschaftlichen Anbau, sie Bestäuben die Kultur- und Wildpflanzen. Ca. 80 % der Kulturpflanzen sind angewiesen auf die Bienenbestäubung und der volkswirtschaftliche Nutzen, der daraus entsteht, wird um das 10fache höher eingeschätzt als die Honigproduktion. Auch abseits der Äcker machen sich die Bienen nützlich, indem sie für den Erhalt und die Erneuerung der Blütenpflanzen und reichlich Frucht- und Samenansatz bei Wildpflanzen und –kräutern sorgen. (vgl. Haefeker)

Da die Imkerei in Deutschland stark rückläufig ist, steht die Landwirtschaft in Zukunft vor einem Problem: das Bestäuben der landwirtschaftlichen Flächen wird nicht mehr ausreichend gewährleistet sein. Die Deutschen sind zwar Weltmeister im Honigkonsum, mit 80 % Importware ist allerdings fraglich, wie zukünftig die Bestäubung der Pflanzen gesichert werden kann. (vgl. ebd.)

Die Probleme der Imker sind unter anderem das Grassieren der Varroa-Milbe, die einheimische Bienenvölker extrem schwächt, aber ebenso die extensive Landwirtschaft mit ihren Monokulturen, Pestizideinsätzen und modernen Gerätschaften und die dadurch resultierenden „grünen Wüsten“ mit Pollenmangel. Der deutsche Honig hat sich trotz dieser Probleme seinen guten Ruf mit einem Qualitätsstandard weit über dem Weltmarktniveau bewahrt und kann durch Direktvermarktung die höchsten Preise erzielen. (vgl. ebd.)

Zwei verschiedene Probleme birgt die Agrogentechnik für die Imkerei. Zum einen wird derzeit erforscht, ob sich der Pollen von Bt-Mais in irgendeiner Weise auf die Bienengesundheit auswirkt, sprich ob GVOs eine Bienenvolkgefährlichkeit darstellen.

Die neuesten Untersuchungsergebnisse zeigen folgendes: Untersuchte Bienenvölker waren zufällig mit Parasiten (Mikrosporidien) befallen. Dieser Befall führte bei den Bt-gefütterten Völkern ebenso wie bei den Vergleichsvölkern, die nicht mit Bt-Toxin-haltigen Pollen gefüttert wurden, zu einer Abnahme der Zahl an Bienen und in deren Folge zu einer verringerten Brutaufzucht. Dieser Effekt war jedoch bei den mit Bt-Pollen gefütterten Völkern signifikant stärker. (vgl. Kaatz)

Das Bt-Toxin, welches der GV-Mais selbst produziert, ist ein Pflanzenschutzmittel und ebenso wie jedes gespritzte Insektizid ist es auch bienenvolkgefährlich, mit dem Unterschied, dass die Bienen nicht nur während des Spritzens (zu Befallszeiten oder außerhalb des Bienenflugs) gefährdet sind, sondern zu jeder Zeit. Denn das Bt-Toxin ist in jeder Pflanzenzelle aktiv, auch im Pollen, den die Bienen sammeln. Zudem kann sich die Gefahr ausweiten, wenn die gentechnisch erzeugte Eigenschaft der Kulturpflanze auf Wildkräuter auskreuzt. Die Imker fühlen sich zurecht unverstanden, wenn es geheime Versuchsflächen gibt, die für Bienenvölker laut Aussage der Industrie nicht gefährlich sein können, da sie mindestens 200 Meter von Imkereien entfernt sein sollen. Der Flugkreis einer Biene beträgt jedoch zwischen 3 und 10 Kilo-

metern. (vgl. Haefeker)

Hier schließt sich das zweite Problem an. Die Frage der Koexistenz zwischen konventioneller, biologischer und agro-gentechnischer Landwirtschaft macht nicht vor der Bienenproblematik halt. Gesundheitsbewusste Verbraucher möchten gentechnikfreien Honig konsumieren. Wie kann ein Imker garantieren, dass sein Honig keine GV-Pollen enthält? Der Flugkreis eines Bienenvolkes, der mindestens 30 Quadratkilometer umfasst, entspricht etwa der Stadtfläche von Köln. In unserer kleinstrukturierten Landwirtschaft kommen daher sehr viele Flurstücke als Kontaminationsquelle in Betracht, besonders in den Bundesländern, in denen GV-Saatgut bereits vermehrt eingesetzt wird. Der Imker sollte sich also über GVO-Anbaustandorte informieren, wenn er seine Bienenprodukte GVO-rein halten will. (vgl. ebd.)

Fakt ist, dass die Kosten für eine Analyse des Honigs für den Imker unbezahlbar sind und dass die Wahlfreiheit für Imker und Verbraucher nicht gewährleistet wird. Honig wurde vom Gesetzgeber als tierisches Produkt eingestuft und muss nicht gekennzeichnet werden, obwohl anders als bei Eiern, Fleisch und Milch, Gene von gentechnisch veränderten Pflanzen im Honig nachweisbar sind. (vgl. ebd.)

Mit welchen zukünftigen gentechnischen Entwicklungen bezüglich der Bienenzüchtung muss man rechnen? Im Jahr 2004 wurde das Genom der Honigbiene entschlüsselt. Im selben Jahr wurden Forschungsprojekte in Großbritannien bekannt, die sich mit gentechnisch veränderten Bienen, welche eine verbesserte Resistenz gegen Parasiten aufweisen, befassen. Seit über hundert Jahren züchten Imker mit konventionellen Methoden eigene Bienen mit guten Eigenschaften für eine ertragreiche Imkerei. Was geschieht, wenn sich Imker Jahr für Jahr von der Industrie lizenzierte Bienenköniginnen kaufen müssen? Weitere Forschungsideen sind, Bienen zu produzieren, die insektizid-resistent sind und so nicht mehr durch das Spritzen der Felder beeinträchtigt werden können. Somit würde unsere Umwelt (z.B. das Trinkwasser) dann nicht mehr nur durch den Einsatz von Breitbandherbiziden geschädigt werden, sondern auch durch Breitbandinsektizide. (vgl. ebd.) Die Industrie könnte dann immerhin die insektizid-resistenten Bienen aus der Liste der geschädigten Lebewesen streichen.

Hier zeigt sich die Gentechnik als das Lösungskonzept für alle landwirtschaftlichen Probleme, ohne jedoch auf die Ursachen dieser Probleme einzugehen. Die Gentechnik schafft obendrein Probleme, die nur mit noch mehr Gentechnik gelöst werden sollen (siehe Zukunftsideen in der Bienenzüchtung). Fazit ist, dass die Berufsimkerei durch die Agro-Gentechnik in ihrer Existenz bedroht ist und eine Garantie für GVO-freie Bienenprodukte bei großflächigem Anbau von GVOs nicht gegeben werden kann.

Schmetterlinge

Auch bei Schmetterlingen gibt es aussagekräftige Studien, in denen nachweis-

lich ein Gefahrenpotenzial durch Bt-Mais gegeben ist. In den USA wurde der Monarchfalter auf Bt-Effekte untersucht. Nachdem Ende der 1990er Jahre eher zufällig entdeckt wurde, dass die Raupen des Falters beeinträchtigt werden, wurde dieses Erkenntnis bisher mehrfach bestätigt.

In einer deutschen Studie (Felke & Langenbruch 2005) konnten zunächst 26 tag- und 53 nachtaktive Schmetterlingsarten in der unmittelbaren Nähe eines Bt-Maisfeldes bestimmt werden. Fünf der vorgefundenen Arten sind derweil in ihrem Bestand bedroht oder im Rückgang begriffen. Hier kann man Parallelen zur Gefährdung der Biodiversität durch genmanipulierte Pflanzen auf dem Acker ziehen.

Ein Teil eines Laborversuchs hat berechnet, wie hoch die Empfindlichkeit sieben einheimischer Schmetterlingsarten in Bezug auf das Bt-Toxin ist. Dabei wird der so genannte LD₅₀-Wert jeder Schmetterlingsart bestimmt. Dieser sagt aus, welche Menge des Bt-Toxins nötig ist, dass bei deren einmaligem Verzehr 50% der Versuchstiere sterben. Die Arten Tagpfauenauge, Kleiner Fuchs und Kleiner Kohlweißling waren genauso empfindlich wie der Maiszünsler, den das Bt-Gift töten soll. Die Kohlmotte war hingegen noch empfindlicher. (vgl. Lorch/Then nach Felke & Langenbruch)

Entwicklungsstörungen konnten bei den Raupen von Tagpfauenauge und Kohlmotte schon unter dem LD₅₀-Wert beobachtet werden, beispielsweise eine Lethargie, die dazu führte, dass die Raupe auf der Oberseite des Blattes, welches sie verzehrte, sitzen blieb und sich nicht mehr vor Fraßfeinden versteckte. Auch eine geringere Gewichtszunahme war zu verzeichnen, was wiederum Auswirkungen auf die Anzahl der zu legenden Eier haben kann oder einen vorzeitigen Tod bedeutet. (vgl. Lorch/Then nach Dolezel et al. 2005)

Abbildung 4: LD₅₀-Wert für Bt176-Pollen für in Deutschland heimische Schmetterlinge

Art		LD ₅₀ [Anzahl Pollenkörner]
Kohlmotte	<i>Plutella xylostella</i>	8
Schwalbensch		14
Maiszünsler	<i>Ostrinia nubilalis</i>	32
Kleiner Fuchs	<i>Aglaia urticae</i>	32
Tagpfauenauge	<i>Inachis io</i>	37
Kleiner Kohlweißling	<i>Pieris rapae</i>	39

Tabelle 1: LD₅₀-Wert für Bt176-Pollen für in Deutschland heimische Schmetterlinge. Der LD₅₀-Wert bezeichnet diejenige Menge, bei deren einmaliger Gabe 50% der Versuchstiere sterben. (Nach Felke & Langenbruch 2005)
(Quelle: "Gift im Gen-Mais" veröffentlicht von Greenpeace (Lorch/Then))

Quelle: Lorch/Then: „Gift im Gen-Mais“ Greenpeace, 2006.

Bei Laborversuchen dieser Art ist zu beachten, dass die Schmetterlinge unter

optimalen Bedingungen gehalten werden und Stressfaktoren wie Agrochemikalien, Parasiten, Wetterbedingungen etc., die in der Natur vorkommen, hier nicht zusätzlich auf die Organismen wirken. (vgl. Lorch/Then)

Spinnen

Wenige Studien zu Spinnen mit möglichen Auswirkungen von Bt-Mais sind bisher veröffentlicht worden. Spinnen können zum einen das Bt-Toxin über den Pollen aufnehmen (durch Netzrecycling) oder indirekt durch gefangene Beutetiere. Spinnen scheinen in Maisfeldern, laut einer Studie von Lang häufiger vertreten zu sein als zunächst angenommen wurde. Bei einer Spinnenkartierung zu einer Freilandstudie konnten im Feld und am Feldrand 50 Arten bestimmt werden, von denen zwei auf der roten Liste stehen. 7% aller Spinnen die bei einem Monitoring im Bt-Maisfeld gefangen wurden, wiesen das Cry1Ab-Toxin auf. (vgl. Lorch/Then nach Lang (2005)) Bisher konnte (in den wenigen Studien) kein negativer Effekt festgestellt werden, allerdings bedarf es weiterer Beobachtungen, da die Spinnen eine langfristige Exposition mit Bt-Toxin aufweisen.

Nützliche Insekten

Die Schlupfwespe *Trichogramma brassicae* wird als natürlicher Fraßfeind des Maiszünslers in der biologischen Schädlingsbekämpfung eingesetzt. Sie legt ihre Eier in den Larven des Zünslers ab. Da die Schlupfwespe auf Bt-Maisfeldern weniger Beute hat, wird befürchtet, dass ihr Bestand zurückgeht und sich negativ auf benachbarte konventionelle Maisfelder auswirkt. Die Annahme, dass die Wespe durch den Bt-Pollen, den sie auch als Nahrung zu sich nimmt, geschwächt oder anderweitig beeinträchtigt wird, konnte allerdings nicht bestätigt werden. (vgl. Lorch/Then)

Obwohl die Agrarlandschaften der USA grundlegend anders sind als die verschiedenen Kulturräume in Europa, wird die US-Ökologie bei der Risikobewertung in Europa verwendet.

47% der Studien mit Freilandversuchen stammen aus den USA, jeweils zwei Publikationen aus Frankreich, Italien und Spanien und nur jeweils eine aus Ungarn und aus Deutschland. Des Weiteren liefen sechs (40%) der Arbeiten über einen Untersuchungszeitraum von einem Jahr, acht Studien (53%) liefen zwei Jahre und nur eine Arbeit aus Spanien lief drei Jahre.

Die Organismen, die dabei hauptsächlich erforscht wurden, waren blattlausfressende Raubanthropoden, wie Marienkäfer, Florfliegen, parasitische Wespen und räuberische Wanzen. (vgl. Lorch/Then nach Lang (2005)) Das Problem ist nun, dass sich Blattläuse vom Phloem⁹ der Pflanze ernähren, der kein

⁹ Das Phloem (auch Siebteil) ist das Leitgewebe der Pflanzen, um den Nährstofftransport von den Blättern in Richtung Wurzeln zu bewerkstelligen. Beispielsweise wird der vom Chlorophyll der Blätter produzierte Zucker innerhalb des Phloems in andere

Bt-Toxin enthält. Demnach ist es auch nicht verwunderlich, dass bei diesen Studien keine direkten Effekte auf Blattläuse und auf deren Fraßfeinde messbar sind. Dieses Fehlen negativer Effekte wird häufig als Beleg für sichere Bt-Pflanzen in Bezug auf Schädigungen von Nicht-Zielorganismen im Allgemeinen verwendet. (vgl. Lorch/Then)

Die Masse an Beispielen, die an dieser Stelle vorgestellt wurden, zeigen allerdings, wie vielschichtig die Gefahren beim Einsatz einer solchen Pflanze sein können und wie viele verschiedene Organismen betroffen sind (zum Beispiel auch die Fraßfeinde einiger Insekten).

Die ökosystemaren Effekte von GVOs sind sehr komplex und können deswegen im Hinblick auf einen Nutzen oder Schaden für die Umwelt wissenschaftlich nur unzureichend abgeschätzt werden. Mehr Forschung, beispielsweise auch über grundlegende Funktionsweisen der Bodenmechanismen in Zusammenhang mit gentechnisch veränderten Pflanzen, ist unbedingt erforderlich.

4.3.3. Resistenzbildung

Die Resistenzbildung ist ein biologischer Prozess der Anpassung von Organismen an die Bedingungen ihrer Umwelt. Einige Unkräuter überleben Herbizide dank einer Mutation in ihrem Erbgut, sie pflanzen sich fort und können nicht mehr „weggespritzt“ werden, sie sind resistent gegen das Herbizid geworden. So verhält es sich auch mit Schädlingen, die resistent gegen bestimmte Spritzmittel werden. Die Problematik wird anhand der folgenden Beispiele erläutert, um die Bedeutung der Resistenzproblematik herauszustellen.

4.3.3.1. Resistenz gegen Bt-Toxin

Werden in Nachbarschaft zu biologisch arbeitenden Höfen Bt-Pflanzen angebaut, besteht die Möglichkeit, dass der Schädling (bei Mais der Maiszünsler) eine Resistenz gegen das Bt-Toxin entwickelt, sprich das Toxin nicht mehr tödlich wirkt. In dem Fall nützt die biologisch angewandte Methode den Nachbarbauern nichts mehr. Der Bt-Mais selbst verliert seine Wirksamkeit.

Resistenzbildung ist ein normaler, in der Umwelt vorkommender Prozess der Reaktion von Organismen auf die Gegebenheiten der Umgebung. Ähnlich wie Schädlinge sich durch Bildung von Resistenzen gegenüber Insektiziden eine vorher unzugängliche Nahrungsquelle erschließen, funktioniert das Schema bei Unkräutern, die sich im stetigen Konkurrenzkampf mit den Kulturpflanzen befinden.

Bisher ist noch keine Resistenzbildung des Maiszünslers gegenüber dem Bt-Toxin bekannt geworden. Dies wird bei konventioneller Applikation darauf

zurückgeführt, dass sich verschiedene Toxinvarianten durch die Wildstämme von *Bacillus thuringiensis* bilden und zum anderen auch auf die geringe Persistenz der ausgebrachten Stoffe (sie werden schnell abgebaut).

Bei den transgenen Pflanzen liegen die Bt-Toxine nun über die gesamte Vegetationsperiode in jeder Pflanzenzelle vor und es wird nur eine Toxinvariante gebildet. Das begünstigt einen permanenten Resistenzdruck auf den Schädling. Dies soll durch anbautechnische Maßnahmen wieder ausgeglichen werden (z.B. durch Mantelsaaten, Refugien mit Nicht-Bt-Pflanzen o.ä.). Diese bieten dem Maiszünsler ein Ausweichgebiet, so dass der Druck auf die Population, eine Resistenz zu bilden, abgefedert wird. (vgl. Meyer)

Lediglich bei der in tropischen Ländern vorkommenden Kohlmotte oder -schabe konnte eine Mehrfach- bzw. Kreuzresistenz nachgewiesen werden. Kreuzresistenz heißt, eine auf einem Gen beruhende Eigenschaft schützt gegen verschiedene Toxinvarianten. Wissenschaftlich unumstritten ist, dass bei großflächigem Anbau Resistenzen unvermeidbar sind und auch die zukünftige Verwendung von multiplen Toxinen keine sinnvolle Gegenmaßnahme sein wird, sondern eine Resistenzbildung wahrscheinlich sogar beschleunigt. (vgl. ebd.)

Wie schon anfangs erwähnt, könnte der ökologische Landbau empfindlich und nachhaltig durch kreuzresistente Erreger beeinträchtigt werden. Da die Bt-Präparate zu den wenigen im Ökolandbau zugelassenen Pflanzenschutzmitteln zählen, stellen sie beispielsweise für die Bekämpfung des Kartoffelkäfers eine praktisch unersetzbare Maßnahme dar. (vgl. Meyer nach Epping)

4.3.3.2. Breitbandherbizide und Unkräuterresistenzen

Die Unkräuterresistenz ist zu einem großen Problem geworden. Bei Sojapflanzen in Argentinien oder beim Rapsanbau in Kanada konnte durch die eingebaute Herbizidresistenz in die Kulturpflanze auch eine höhere Widerstandsfähigkeit bei den Unkräutern festgestellt werden. Das folgende Beispiel anhand der Sorghum-Pflanze in Afrika soll diese Problematik verdeutlichen.

Sorghum ist als Auskreuzungsproblemfall bekannt: Es kreuzt sich mit Johnson-Gras, welches dadurch zu einem der hartnäckigsten Unkräuter der Welt geworden ist. Da sich Sorghum und Johnson-Gras genetisch so sehr gleichen, haben Forscher dringend davon abgeraten herbizid-tolerantes GV-Sorghum in Afrika einzusetzen. Da Afrika das Vielfalts- und Ursprungszentrum der Pflanze ist, gibt es dort die größte Vielfalt und Variabilität an Sorghum. Diese reiche Biodiversität an Sorghum würde großen Schaden erleiden, wenn sich durch Auskreuzung eine herbizidtolerante Johnson-Grassorte ausbreiten und das Sorghum verdrängen würde.

Genetische Eigenschaften wie Herbizidtoleranz, Bt-Technik oder Salztoleranz könnten auf wilde Unkräuter übertragen werden und sie können dann mit den verbesserten Eigenschaften der Kulturpflanze mithalten. Sie wären eben-

falls resistent gegen Schädlinge, versalzene Böden oder können zum Superunkraut werden. Die Theorie der Unkrautbildung belegt, dass die evolutionären Erfolge der Unkräuter darauf zurückgehen, dass sie sich seit jeher mit den Kulturpflanzen messen und kreuzen. Viele wild verwandte Pflanzen wurden erst durch die Vermischung mit Kulturpflanzen zu Unkräutern und gerade deshalb ist das Problem der Auskreuzung mit der GVO-Technologie besonders brisant. Die nötigen Studien werden nicht gefördert, da die Gentechnikkonzerne an dieser Fragestellung nicht interessiert sind. (vgl. Buntzel/Sahai)

In Argentinien sind ebenfalls Fälle von Unkrautresistenzen bekannt geworden. Der Agraringenieur an der Universität Buenos Aires, Walter Pengue und sein Kollege Miguel Altieri schätzen die Folgen des Gen-Soja Anbaus folgendermaßen ein: *„In Argentinien führte der Anbau zu einer massiven Auslaugung des Bodens. (...) In der Pampa sind bereits acht Unkrautsorten gegen Glyphosat resistent.“* (Pengue/Altieri nach Viollat) Ein Teufelskreis nahm seinen Anfang, denn von nun an mussten noch mehr Herbizide gespritzt werden, um die hartnäckigen, weil unkrautvernichtungsmittel-resistenten Unkräuter zu bekämpfen. (vgl. ebd.)

Über die Wirkung von GV-Pflanzen auf die ganze Bandbreite von Umwelt- und Gesundheitsindikatoren gibt es nach wie vor zu wenige Erkenntnisse. Gerade für Entwicklungsländer, die Ursprungs- und Vielfaltszentren wichtiger Nahrungspflanzen sind, gibt es kaum regulative Systeme, Geld für Folgenbewältigung, geschweige denn ein ernsthaftes Monitoring-System. (vgl. Buntzel/Sahai)

Laut aktuellen Meldungen der Presseagentur AP vom Dezember 2006 ist das jüngste Beispiel für Resistenzentwicklung gegen Glyphosat auf Baumwollfeldern in North Carolina und Georgia gefunden worden. Palmer Amaranth führte auf einzelnen Flächen bereits zum Totalverlust der Ernte. Das gefürchtete Unkraut wächst sehr schnell und wird zwei bis drei Meter groß. Forscher nehmen an, daß noch weitere US-Bundesstaaten betroffen sind. (vgl. Minor)

4.3.4. Indirekte Folgen (Herbizideinsatz)

Seit den 1950er Jahren führte der großflächige Einsatz von Herbiziden zu einer starken Reduktion der Gesamtverunkrautung. Dabei wurden viele Ackerwildpflanzenarten verdrängt, andere Ungräser, die schwer bekämpfbar sind, gefördert. Mit Einzug der Gentechnik wurde nun besonderes Augenmerk auf die Herbizidtoleranz bei Kulturpflanzen gelegt. (vgl. Meyer)

Im Kapitel über gesundheitliche Auswirkungen der Gentechnologie wurde bereits über indirekte Folgen der Technologie durch Herbizideinsätze berichtet. Hier geht es nun um Auswirkungen auf Umweltfaktoren.

Viele gentechnisch veränderte Kulturpflanzen wurden bereits mit den Resistenzgenen gegen die nicht-selektiven (Breitband-) Herbizide Glufosinat (L-

Phosphinothricin; Handelsname Basta©) oder Glyphosat (Handelsname: RoundUp©) versehen. (vgl. ebd.)

Glufosinat (Basta) hemmt die Synthese von Glutamin. Die Pflanzen bilden daraufhin Ammoniak und sterben. Wie der Stoff abgebaut wird, ist noch nicht geklärt, er soll aber keine Bodenwirkung besitzen. (vgl. Wöhrmann)

Glyphosat (RoundUp) greift in die Biosynthese der aromatischen Aminosäuren von Chloroplasten ein. Dadurch wird in der Pflanze Shikimat angehäuft. Das Mittel wird im Boden an Lehmpartikel gebunden und es kann einige Tage aber auch Jahre dauern, bis es abgebaut wird.

Herbizide sind Chemikalien, einige von ihnen wurden mittlerweile in Deutschland verboten, da sie sich auch schädlich auf den Menschen auswirken können. Atrazin zum Beispiel kann Störungen bei der Zellteilung und Veränderungen an den Chromosomen hervorrufen. Dieses Gift ist zudem sehr langlebig und konnte bei Anwendung auch im Grundwasser nachgewiesen werden. Weitere Herbizide wie Paraquat oder Alachlor stellten sich erst nach jahrelanger Anwendung als toxisch oder krebserregend heraus und wurden aus dem Verkehr gezogen. (vgl. ebd.)

In einigen Ländern, besonders in Entwicklungsländern, können diese Chemikalien trotzdem eingesetzt werden und gefährden das Leben der Menschen und der Umwelt weiterhin. Besonders wegen der aktuell auftretenden Unkräuterresistenzen gegen die zugelassenen Herbizide RoundUp oder Basta, wird auf die noch schädlicheren „alten“ Gifte zurückgegriffen (siehe Gesundheitsgefahren).

Zusammenfassend sind folgende potentielle Einflüsse durch die Methode der Herbizidtoleranz zu erwarten: Umschichtung des Artenspektrums, großflächige Unterdrückung der vegetativen/generativen Erneuerung, Herausbildung von resistenten Biotypen, Abnahme der Winterannuellen (einjährige Pflanzen), tiefgreifende Veränderung der Unkrautzönose und Förderung ausdauernder Unkräuter. (vgl. Meyer) Diese Folgen sind nicht auf die Gentechnik zurückzuführen, sondern wiederum Teil der Handhabung von GV-Pflanzen und deshalb auch zu berücksichtigen.

4.3.5. Bildung neuer Viren

Die Möglichkeit, eine virusresistente Pflanze zu züchten (damit diese bei der Viruserkrankung nicht abstirbt), birgt die Gefahr, dass durch Rekombination neue Viren entstehen können.

Dieser natürliche Vorgang, bei dem virale Gensequenzen ausgetauscht werden, ermöglicht die Bildung neuer Viren mit stärkeren Krankheitssymptomen oder einem erweiterten Wirtsspektrum. Jenes Risiko ließe sich vermindern, wenn man keine vollständigen viralen Gensequenzen verwendet, so dass die Pflanze zwar widerstandsfähig gegenüber dem Virus ist, jedoch keine Rekombination eingehen kann und somit eine Bildung neuer Viren nicht möglich ist.

(vgl. Deutsche Forschungsgemeinschaft)

Bei der Herstellung transgener Pflanzen braucht man Promotoren, Schalter, die Gene an oder abschalten können (siehe erster Teil der Arbeit). Ein solcher Promotor ist der 35S CaMV (Cauliflower Mosaic Virus – Blumenkohl Mosaik Virus), der eine wichtige Rolle in bereits kommerzialisierten gentechnisch veränderten Pflanzen spielt. Da man davon ausging, dass dieser CaMV nur pflanzenspezifisch und nicht in anderen Organismen wie Bakterien, Pilzen oder menschlichen Zellen wirkt, wurde er in fast allen GV-Pflanzen, speziell in Bt-Mais benutzt.

Doch diese Annahme hat sich als falsch herausgestellt. Denn es hat sich gezeigt, dass der CaMV-Promotor im Darmbakterium *E.coli*, in verschiedenen Hefevarianten (Pilzen) und in Extrakten menschlicher Krebszelllinien aktiv war, ebenso im Bodenbakterium *A. rhizogenes*. (vgl. Steinbrecher) Weiterhin konnte dieser, mit einer doppelsträngigen DNA ausgestattete Virus bei einigen Säugern und im Menschen nachgewiesen werden, z.B. war der Promotor in den Eierstöcken von Hamstern aktiv, sowie in menschlichen embryonischen Nierenzellen. (vgl. Myhre) Aktiv bedeutet, dass sich jenes Virus durch Transkription seiner DNA am Leben erhält. Gelangen nun diese DNA-Fragmente mit einem solchen Promotor über die Nahrung in die Blutbahn und somit in jedes Organ des Körpers, können Prozesse von statten gehen, die noch nicht einzuschätzen sind. Es ist zwar nachgewiesen, dass beachtlich große Fragmente von DNA durch Nahrungsaufnahme vom Darm aus in die Blutbahn von Säugern, unlängst auch von Menschen gelangen, der intakte 35S Promotor konnte über die Nahrung jedoch noch nicht in eine Spezies vordringen. (vgl. Myhre)

Das Versagen, dies zu erkennen bzw. die Ignoranz dieser Erkenntnisse scheint unverantwortlich und zeigt ein Fehlen von wissenschaftlicher Strenge und Verpflichtung zu Sicherheit. Weitere Forschung scheint hier unabdingbar, um den Einsatz spezifischer Promotoren zu ergründen sowie die Folgen abschätzen zu können. (vgl. ebd.)

Eine weitere Annahme ist, dass das CaMV gefährlich werden kann, wenn es mit anderen Viren Rekombinationen eingeht, da es unter anderem Ähnlichkeit mit einigen menschlichen Retroviren, wie dem AIDS-Virus, dem Leukämie- oder Hepatitis-B-Virus aufweist. Sollte der Promotor über die Nahrung eingenommen werden, im Darm überleben und eine Rekombination mit menschlichen Viren eingehen, könnte das fatale Auswirkungen haben. (vgl. Ho) Diese Annahme bedarf weiterer Forschung, da noch nicht gezeigt werden konnte, dass das komplette CaMV tatsächlich über GVOs ins menschliche Blut gelangt.

4.3.6. Genfluss und Biodiversität

Die Verarmung unserer Kulturpflanzen gibt es nicht erst mit dem Aufkommen

der Gentechnik. Die Menschen nutzten seit Beginn ihrer Geschichte ungefähr 3.000 Arten für Ackerbau und zur Nahrungsbeschaffung. Seit den Anfängen des weltweiten Handels sind davon noch etwa 15 Arten in Umlauf. Parallel dazu nahm die Vielfalt der in den Regionen und Betrieben angebauten Landsorten ab. Mit Beginn der Monokulturen der „grünen Revolution“¹⁰ der 1960er Jahre verringerte sich auch die Zahl der angebauten Kulturpflanzen und die heute üblichen weiten großen Felder beherrschen seitdem das Bild. Die neuen Hochleistungssorten der großen Zuchtfirmen verdrängen die alten Landsorten, genetische Verarmung ist die Folge. (vgl. Wöhrmann)

Mit der Gentechnik sind weitere Probleme dazugekommen, die diesen Trend unterstützen. Die Übertragung von genetischen Eigenschaften zwischen Pflanzenbeständen ist ein gängiger biologischer Vorgang in der Natur. In Zusammenhang mit der GVO-Technologie bekommt diese Thematik jedoch eine neue Signifikanz.

Die Meinung der Gentech-Befürworter ist oft, dass Pollenflug nicht gleich Genfluss bedeutet. Dazu müsste zuerst einmal der Pollen zu entfernteren Beständen transportiert werden und dann auch noch die Pflanze befruchten, was nur stattfinden kann, wenn die Pflanze zur gleichen Zeit in der Blüte steht. Es müssten sich dann die transgenen Eigenschaften letztendlich ausdrücken und genetisch durchsetzen. Nach der Befruchtung muss die Hybride auch selbst fruchtbar sein. Fruchtbar sind Nachkommen aber nur, wenn die Kreuzungseltern genetisch hinreichend nahe verwandt sind. Doch selbst diese von Natur aus schwierigen Hürden wurden übersprungen und das Auskreuzen zwischen Wild- und Kulturpflanzen ist weit verbreitet.

Ein weiteres Argument ist, dass die Auskreuzung nur ein Problem für Fremdbestäuber sei, nicht für Pflanzen die sich selbst bestäuben. Bei Reis dürfte es dann keine Befruchtung durch Fremdbestäubung geben, bei Mais schon, doch selbst bei Reis wurde dies bereits nachgewiesen.

¹⁰ Grüne Revolution: Konzept der grünen Revolution, eingeführt nach dem zweiten Weltkrieg, ist das Erreichen höherer Erträge durch den Einsatz von Spezialsorten, Schädlingsbekämpfungsmitteln und Kunstdünger unter erhöhtem Wasserverbrauch. Monokulturen wurden dadurch begünstigt und der kapitalintensive Ansatz erschwerte die Überlebenschancen subsistenzwirtschaftlich ausgerichteter Kleinbauern. Durch Aufgabe von Mischkulturenanbau zu Gunsten von wenigen ertragreichen und exportfähigen Sorten wie Weizen oder Reis, wurde Mangelernährung gefördert. Die auf Effizienzsteigerung ausgerichtete mechanisierte Landbewirtschaftung hinterließ immense Folgen für die Umwelt sowie im sozio-ökonomischen Bereich. Starkes Bewässern, da nur so die Mineraldünger in die Pflanzen aufgenommen werden können, hatte eine Absenkung des Grundwasserspiegels zur Folge sowie das daraus resultierende Auftreten versalzener, übersäuerter und überdüngter Böden mit Erosionserscheinungen. (vgl. Böckenförde) Nichtsdestotrotz hat sich aufgrund dieser Entwicklung die Ernährungslage im 20. Jahrhundert in Europa entscheidend verbessert. Die Konsequenz war jedoch die teilweise Zerstörung unserer zum Leben nötigen Umwelt.

Nach den neuesten Messungen anhand von molekularen Markern konnte man unbestreitbar feststellen, dass sich Reis mit wilden Verwandten ausgekreuzt hat. Somit ist die Gefahr der langsamen Verringerung der Biodiversität, also des Artenreichtums, besonders in artenreichen Gegenden nicht von der Hand zu weisen. Das Auskreuzungsverhalten wurde auch vom Europäischen Umweltamt untersucht und festgestellt, dass das Potenzial zur Auskreuzung bei Raps sehr groß ist, mittelgroß bei Zuckerrübe und vielen Früchten und gering bei Kartoffeln, Gerste und Weizen. Da Mais keine wilden Verwandten in Europa hat, besteht dieses Problem hier nicht. (vgl. Buntzel/Sahai) Jedoch kann eine gentechnisch veränderte Pflanze auf Nicht-GVOs der gleichen Art auskreuzen und so die biologisch oder konventionell angebauten Pflanzensorten kontaminieren.

4.4. *Sozio-ökonomische Auswirkungen*

Dass GV-Pflanzen und -Nahrung negative Auswirkungen auf die Umwelt und Gesundheit haben können, ist kaum noch umstritten. Soziale oder ökonomische Faktoren werden bei der Risikobetrachtung aber gern außer Acht gelassen. Gerade die Bauern in Entwicklungsländern, mit wenig Einkommen und Ressourcen, in Trockengebieten oder ähnlichen fragilen Ökosystemen sind besonders häufig negativ von den Folgen der GVO-Technik betroffen. Selbst das Cartagena Protokoll nimmt sich dieser Thematik nicht wirklich an. Lediglich sozio-ökonomische Bedenken in Hinsicht auf die Artenvielfalt können als Einspruchsgründe gegen den Einsatz der GV-Pflanzen vorgebracht werden. (vgl. Buntzel/Sahai)

Folgende problematische Zusammenhänge werden mit der GVO-Technologie forciert:

4.4.1. *Abhängigkeit der Bauern*

Die wohl dramatischsten Auswirkungen in sozio-ökonomischer Hinsicht können in Indien beobachtet werden. Seit 2002 wird dort die Bt-Baumwolle Bollgard angebaut. Diese Sorte ist resistent gegen den Baumwollkapselwurm, aber auch viermal so teuer wie herkömmliches Saatgut. Viele Bauern haben deshalb Kredite aufgenommen, da sie hofften, mit dem Erwerb des teuren Saatgutes ihre Ernte entsprechend zu steigern. Trotz all der Versprechen von Monsanto wirkte die Bt-Technologie auf den indischen Baumwollfeldern in Andrah Pradesh unzureichend. Es kamen weitere Schadinsekten hinzu und auch der Baumwollkapselwurm ließ sich nur begrenzt durch das Bt-Toxin abhalten. Neue Spritzmittel mussten eingesetzt werden.

Die Erträge waren nicht größer als sonst und die Kosten waren letztendlich höher als die Erlöse aus der Ernte. Die Landwirte saßen in der Schuldenfalle. Viele Bauern begingen Selbstmord, indem sie die Pestizide schluckten, die

einst den Fortschritt in die Agrarwirtschaft bringen sollten. Andere verkauften ihr Land an den jeweiligen Konzern oder veräußerten sogar eigene Organe (Niere etc.), um die Schulden zu tilgen. Diese dramatischen Vorfälle zeigen das Maß der Verzweiflung deutlich. „Killing fields“ wurden die Baumwollfelder in den indischen Tageszeitungen genannt. 10.000 bis 12.000 Familien waren von den Missernten in Andrah Pradesh betroffen. Die Regierung lenkte ein, indem sie der Monsanto-Sorte Bollgard die Lizenz zum weiteren Anbau verweigerte. Entschädigungsforderungen lehnte der Konzern jedoch ab. Ähnlich verlief die Situation in Indonesien, dort funktionierte die Bt-Baumwolle ebensowenig. Die Bauern nahmen Kredite bei einer Tochtergesellschaft(!) von Monsanto auf, um neues Saatgut und Pestizide zu erwerben. Ca. 70% der Bauern konnten aufgrund der niedrigen Erträge die Kredite nicht zurückzahlen. Das Unternehmen verdoppelte sogar die Preise für das Saatgut im darauffolgenden Jahr und senkte gleichzeitig den Aufkaufpreis der Baumwolle. Die Proteste der Bauern führten dazu, dass sich Monsanto aus Indonesien zurückzog. Es wurde zudem aufgedeckt, dass ein Monsanto-Manager versuchte, eine Umweltverträglichkeitsprüfung durch Behördenbestechung zu umgehen. Dafür wurde der Konzern zu einer Geldbuße von 1,5 Millionen Dollar verurteilt. (vgl. Buntzel/Sahai) Angesichts der Tatsache, wie viele Familien unter der Misere leiden mussten, ist das nicht mehr als ein Tropfen auf den heißen Stein.

Ein weiteres Beispiel ist Argentinien, wo die Probleme jedoch noch in andere sozio-ökonomische Richtungen ausufern. Als zweitgrößter Produzent von gentechnisch veränderter Soja begannen sich die ersten sozialen Veränderungen nach wenigen Jahren abzuzeichnen. Die Armut stieg an, die Umwelt wurde stärker geschädigt und die Ernährungssicherheit für die Mehrheit der Argentinier wurde gefährdet. (vgl. Friends of the Earth) Seit 2000 ist ein Viertel der Bevölkerung Argentiniens so verarmt, dass sie sich nicht mehr ernähren kann. Ein Arbeitslosenhilfsprogramm des IWF erreichte von den 8,7 Millionen betroffenen Menschen jedoch nur 1,5 Millionen, wobei die Vergabep Praxis der zur Verfügung gestellten Gelder von verschiedenen Organisationen kritisiert wurde. UN-Sonderberichterstatter Jean Ziegler, der sich für das Recht auf Ernährung einsetzt, forderte mit Übergabe einer mehrwöchigen Untersuchung des Sozialprogramms und der Ernährungssituation Argentiniens eine Stellungnahme zu den Kritikpunkten von der Regierung ein. Paradox erscheint das Hungerproblem deshalb, da die argentinische Landwirtschaft das Zehnfache an Agrarprodukten erwirtschaftet, als die Bevölkerung eigentlich benötigt. Der Großteil der Güter wird jedoch exportiert. (vgl. www.eed.de, 06.01.2007)

Jorge Rulli von der Umweltschutzgruppe „Reflexionen zur Landwirtschaft“ schätzt die Lage im Jahr 2006 folgendermaßen ein: *„Um Soja für den Export zu pflanzen, haben wir Millionen Hektar Wald vernichtet. Das Landesinnere hat sich geleert, die Menschen flüchten in die Slums der Städte. Heute wird in Argentinien gehungert. Früher gab es Armut, aber niemals Hunger.“*

Die Soja hat den Anbau von Gemüse verdrängt. Über fünfzig Prozent aller Obstplantagen sind der Soja zum Opfer gefallen. Wir pflanzen kaum noch Reis an. Baumwolle importieren wir inzwischen aus Brasilien. Mais kaufen wir von den Paraguayern. Die Hälfte der 40.000 milchproduzierenden Höfe hat auf Soja umgestellt und wir mussten im letzten Jahr aus Uruguay Milch einführen. Die Ernährungssituation hat sich derart zugespitzt, dass uns eine soziale Krise wie vor vier Jahren droht.“ (Weber, G. nach Jorge Rulli S. 1)

Es konnte durch den rasanten Anstieg der Anbauflächen mit GV-Soja eine Verdrängung anderer Nutzpflanzen, sowie Rodung von Regenwaldflächen beobachtet werden: *„Die Entwaldung schreitet heute weit schneller voran als während des ‚Baumwollfiebers‘ oder des ‚Zuckerrohrfiebers‘.“* (Viollat nach Emiliano Ezcurra, 06.01.2007)

Die Liste der Probleme, denen Argentinien nun gegenübersteht, ist mit diesen Beispielen noch nicht erschöpft, sie zeigen allerdings bereits deutlich, in welche Richtung der kommerzielle Anbau der Gen-Soja geht. Argentinien verfolgt eine exportorientierte Landwirtschaft. Dadurch können Kleinbauern nicht mehr mit den großen Farmen mithalten und werden von ihrem Land verdrängt (160.000 Kleinbauernfamilien wurden bereits enteignet) oder sind dem Willen der Gouverneure bzw. Saatgutlieferanten schutzlos ausgeliefert. (Buntzel/Sahai) Vorerst ist ein Ende dieser prekären Situation der Landbevölkerung nicht absehbar.

Die Terminorttechnologie als Lösung des Auskreuzungsproblems birgt ebenfalls die sozio-ökonomische Folge der Abhängigkeit der Bauern. Einerseits kann mit dieser Technologie das Problem der Auskreuzung eingedämmt und so der Anbau von GVOs in Ursprungszentren ermöglicht werden. Diese Maßnahme heißt im Fachjargon GURT-Technologie (Genetic Use Restriction Technologie, d.h. genetische Maßnahmen, um Gene an- oder abzuschalten). Diese Technologie ermöglicht es, GV-Pflanzen steril zu machen, so dass sie nach einer Wachstumsperiode keine keimfähigen Samen hervorbringen. Andererseits gibt es vor allem in sozio-ökonomischer Hinsicht Bedenken, auch umweltrelevante Wirkungen sind zu erwarten (jedoch noch nicht belegt). Die Befürchtung ist, dass die Bauern dazu gezwungen werden, jedes Jahr neues Saatgut zu kaufen und dass sie so in eine Abhängigkeit der Saatgutkonzerne geraten. Gerade in Entwicklungsländern ist es jedoch Tradition und gängige Praxis, einen Teil der Ernte als Saatgut für die nächste Saison aufzuheben. In Indien gibt es bereits ein Gesetz zu „Sortenrecht und Bauernrechten“ welches die Terminator-Technologie explizit verbietet.

Auch die Variante einer männlich sterilen GV-Pflanze erscheint fragwürdig. Hierbei wird die Pflanze genetisch so verändert, dass sie nur sterilen Pollen hervorbringen kann. Deshalb müssen Nicht-GVOs als Pollenspender für die GV-Pflanzen ausgebracht werden. Allerdings ist es nicht sicher, ob tatsächlich keine fruchtbaren GV-Pollen gebildet werden. Das Risiko sei zwar um 80%

reduziert, jedoch ist eine Wahrscheinlichkeit der Verbreitung fruchtbarer GVO-Pollen von 20% eine sehr große Fehlerquote. Fraglich ist, warum auf diese Variante gedrängt wird, wenn bereits im Vorfeld feststeht, dass es ein hohes Restrisiko gibt. Gerade in den Ursprungszentren sollte nach dem Vorsorgeprinzip verfahren werden und diese Strategie nicht zur Anwendung kommen! Besondere Sorgfalt ist in Entwicklungsländern geboten, denn dort sind die Bauern zu arm, als dass sie sich in einer sehr fragilen Umwelt auf risikoreiche Experimente einlassen könnten. (vgl. Buntzel/Sahai)

Denkt man die Kette zu Ende, mag es sehr abenteuerlich erscheinen, wenn sich solche „Terminator-Pflanzen“ mit anderen Arten auskreuzen könnten. Inwieweit dadurch wilde Pflanzenarten geschädigt werden, weil ihr natürliches Vermehrungssystem abgeschaltet wird, darüber kann man momentan nur spekulieren.

4.4.2. Markterosion

Ein weiteres Problem der Gentechnik könnte die Substitution von konventionellen tropischen Produkten durch neuartige Erzeugnisse und Verfahren werden. Ein Beispiel ist der Zuckerersatzstoff Fruktosemaissirup, dessen Erfindung den rohrzuckerexportierenden Länder geschadet hat. Die Agrarsubventionen der USA und gentechnisch veränderter Mais spielen bei dieser Marktverschiebung eine entscheidende Rolle. Ein weiteres Beispiel ist die Kokosnuss. Sie enthält Pflanzenöl mit wertvollem Laurinsäuregehalt. Die Gentechniker versuchen, laurinsäurebildende Gene in Raps einzubauen, um diesen Stoff billiger und lokal zu produzieren. Großer Schaden für die Kokosnussbauern der Entwicklungsländer ist hier vorhersehbar. (vgl. Buntzel/Sahai)

Der Wert vieler tropischer Pflanzenprodukte wäre in Gefahr, wenn bestimmte chemische Substanzen durch die GVO-Technik in andere Kulturpflanzen eingebaut würden. Gen- und biotechnische Verfahren sind zwar nicht die einzigen, die synthetische Substitute herstellen, ihr Anteil auf dem Markt ist jedoch steigend.

Man darf dabei aber nicht vergessen, dass ähnliche Vorgänge bereits schon häufig vorgekommen sind, beispielsweise die Einführung von Tomaten, Kartoffeln, Mais – ehemals exotische Produkte, die es vor Kolumbus in Europa nicht gab. Ob es wirklich sozio-ökonomisch gesehen richtig wäre, auf den Einsatz von Substituten exotischer Pflanzenprodukte zu verzichten, wenn die Äquivalente tatsächlich risikoarm und hilfreich sind, ist fraglich. Ob sie das sind, muss erst erforscht werden.

4.4.3. Zerstörung von Arbeitsplätzen in der Landwirtschaft

Herbizidtoleranz ist eine neue Technik, die damit wirbt, der Plackerei des Unkrautjäters ein Ende zu bereiten. Das ist aber vornehmlich Frauenarbeit, die

auf dem Land eine willkommene gelegentliche Lohnarbeit darstellt. Kann es also das Ziel sein, diese meist einzige Chance monetären Einkommens durch den Anbau herbizidtoleranter Sorten zu unterbinden? Die Landarbeit ist immer noch die primäre Erwerbstätigkeit für Arbeitskräfte in den Entwicklungsländern.

Herbizidtoleranz würde nun diese steigende Zahl an Arbeitskräften durch Chemie und Gentechnik ersetzen. Gerade in Entwicklungsländern, die von Arbeitskräfteüberschuss gekennzeichnet sind, ist ein arbeitskraftsparender technischer Fortschritt kein wirklicher Fortschritt. (vgl. Buntzel/Sahai) Besonders dann nicht, wenn keine alternativen Arbeitsplätze geschaffen werden. Wenn durch den Einsatz moderner Technologien Arbeitsplätze vernichtet werden, besteht eine soziale Verpflichtung nach Alternativen für die betroffene Bevölkerung zu suchen. In Entwicklungsländern ist es darüber hinaus wichtig, nicht nur einen Teilbereich durch moderne Technologien zu verändern. Das Leben in diesen Ländern bildet einen starken Kontrast zu unserem hochtechnisierten Alltag. Einen Bereich dort zu technisieren, während andere Bereiche außen vor bleiben (Mobilität, Krankenhäuser, moderne Schulen etc.), wertet den Nutzen des Einsatzes einer solchen Technologie in der Landwirtschaft ab, besonders dann, wenn die Errungenschaften und die damit einhergehende Ertragserhöhung nicht der Bevölkerung zu Gute kommt (wie bereits in Argentinien und Brasilien zu beobachten ist).

Die Rolle der „Unkräuter“ oder „Beikräuter“¹¹ ist im Zusammenhang mit der Herbizidtoleranz noch einmal gesondert zu betrachten. Gerade in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft der Entwicklungsländer bestehen die Felder nicht nur aus Reinkulturen. Die Beikräuter sind zum Teil erwünschte Kuppelprodukte mit einer Vielzahl an Funktionen. Zum einen ernährt sich die arme Landbevölkerung von den abgehackten Pflanzen, die die kärgliche Diät als Salat, Gemüse oder Kleintierfutter bereichern. Diese Pflanzen sind besonders wichtig als Nährstofflieferant, z.B. für Vitamine. Zum anderen ist das Beikraut auch als Viehfutter wichtig oder wird als Heilpflanze eingesetzt. Herbizidtolerante Sorten würden es unmöglich machen, an Feldrändern oder Bewässerungswällen Nutzpflanzen anzubauen, da mit den eingesetzten Totalherbiziden sämtliche nichtresistente Pflanzen absterben würden. Der für alle Kontinente typische Mischkulturenanbau der kleinbäuerlichen Landwirtschaft setzt ein sehr kompliziertes Managementsystem voraus, um ganzjährig eine Summe an

¹¹ Beikräuter: Ich entscheide mich an dieser Stelle für das Wort Beikraut an Stelle von Unkraut, da ich es hier für angemessen halte. Nicht alles, was wir als Un-Kraut bezeichnen und vernichten, ist gleichzeitig ein unnützes Kraut, weswegen der Name „Beikraut“ eingeführt wurde. Wie in diesem Beispiel ersichtlich wird, ist nicht jedes „Unkraut“ unwichtig und eine Vernichtung nicht in jedem Fall wünschenswert. Das trifft indessen nicht auf Kräuter zu, ohne deren Vernichtung Landwirtschaft ineffektiv, bisweilen unmöglich werden würde.

Einzelerträgen zu gewährleisten. Die oft für den großflächigen kommerziellen Anbau der nordamerikanischen Betriebe entwickelten Techniken kann man nicht problemlos auf die kleinbäuerlichen Systeme der Entwicklungsländer übertragen. Gerade die sozio-ökonomischen Auswirkungen müssen im Vorfeld eingehend untersucht werden, bevor solche komplizierten Techniken in den Entwicklungsländern angewandt werden. (vgl. ebd.) Die weitere Zerstörung einer subsistenzwirtschaftlichen Struktur sollte verhindert werden, solange sie (anders als die industrialisierte Landbewirtschaftung) in bestimmten Regionen existenzsichernd und ökologisch vorbildlich ist.

Das Grundprinzip der Sicherung des Lebensunterhalts der finanziell schwächer gestellten Bauern beruht auf Diversifizierung (der Anbaumethoden, der Anbaumöglichkeiten, der Einkommensquellen). Es gehört zu den Überlebensstrategien, Nischen ausfindig zu machen, um z.B. Sondererzeugnisse, ungewöhnliche Erwerbs- und Sammeltätigkeiten oder Subsistenzbedarfsdeckung zu vermarkten. Der Einsatz der GVO-Techniken in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft der Entwicklungsländer könnte all diese Überlebensstrategien gefährden. (vgl. ebd.)

4.4.4. Patentrechte

Dadurch, dass gentechnisch veränderte Pflanzen im Labor hergestellt werden, unterliegen sie nicht dem Ausschluss der Patentierbarkeit wie normale Sorten oder mit biologischen Verfahren der Züchtung gewonnene Pflanzen. Das Patentieren dieser Pflanzen stellt für die Saatgutbranche ein gutes Geschäft dar, wenn man bedenkt, dass man für 20 Jahre Inhaber eines solchen Patentes sein kann und demzufolge eine Monopolstellung für die Herstellung, den Verkauf, den Import bzw. Export jener Pflanze hat. Marktwirtschaftliches Denken lässt dann den Schluss zu, ein agrartechnisches Problem lieber mit dem Einsatz einer gentechnisch veränderten Pflanze zu lösen, als sie auf herkömmliche Weise zu züchten, um auf größere Gewinne dank der Patentierbarkeit zu hoffen. Durch diese Rechtslage (auf normale Pflanzen darf man keine Patente erheben, obwohl dies in der USA schon vorgekommen ist, da es dort andere Regelungen gibt. Dazu mehr am Ende des Kapitels.) wird der Einsatz der Gentechnik in der Landwirtschaft indirekt subventioniert. (vgl. Buntzel/Sahai)

Eine weitere Folge der Patentierung dieser Pflanzen ist die Abhängigkeit der Bauern, die bereits eingehend beschrieben wurde. Ebenso kritisch ist die Tatsache zu bewerten, dass Züchter zukünftig keinen freien Zugang zu sämtlichen GV-Sorten haben werden, da diese patentrechtlich geschützt sind. Züchtet man eine traditionelle Sorte, braucht man dafür ungefähr 50 Ausgangssorten, die in jahrelanger Arbeit zu neuen Sorten weiterentwickelt werden. Dieser freie Zugang ist deshalb für neue Innovationen in der Pflanzenzüchtung essentiell. Wird er verwehrt durch die Abgabe von Lizenzgebühren oder Patentrechten, werden dem Züchter unüberwindbare kostenintensive, bürokratische Hür-

den gestellt. Das Aus für kleinere oder mittelständische Unternehmen hemmt somit auch die Innovation in der Pflanzenzucht. (vgl. ebd.)

Herkömmliches Saatgut besitzt auch eine Form des geistigen Eigentums, das so genannte Sortenschutzrecht. Das bedeutet, jenes Recht (in der Schweiz besitzt es juristische Gültigkeit, in Entwicklungsländern ist es in der Überzeugung der traditionellen Landwirtschaft verankert, jedes Jahr einen Teil der Ernte aufzuheben für eine Aussaat im nächsten Jahr) erlaubt den Bauern den freien Nachbau ihres Saatgutes. Sie entscheiden, wie viel der Ernte aufgehoben wird für eine erneute Aussaat im folgenden Jahr. In der Schweiz wird dies hauptsächlich mit Kartoffeln praktiziert (ca. 30% Nachbau), in Deutschland oder Frankreich ist dies bei Weizen (ca. 50% Nachbau) weit verbreitet. Nachbau der Sorten ist wichtig, damit diese an die bestehenden Verhältnisse vor Ort angepasst bleiben. Die Verträge der Saatgutindustrie verpflichten die Bauern jedoch, auf Nachbau zu verzichten, sie werden durch Kontrollen ob der Einhaltung dieser Regelungen überprüft (auch durch Detektive) und vertraglich an den Gebrauch des Herbizids des jeweiligen Vertragspartners gebunden. Die Abhängigkeit ist dann vollständig. (vgl. Meienberg)

Patente auf lebende Organismen, also auf Tiere, Pflanzen und Bakterien sind die extremste Form der Patentproblematik. Mit der voranschreitenden Globalisierung verschob sich der Entwicklungsmotor „Forschung“ für die Landwirtschaft zunehmend in den kommerziellen Bereich. So genannte „Life Science“ Firmen entstanden und bildeten die ersten Forschungsfirmen, die eigenständig auf marktorientierter Basis arbeiteten und Agrartechnologien mitentwickelten. Diese Firmen sind die Hauptinvestoren der Bio- und Gentechnologie und eine Haupteinnahmequelle stellen unter anderem „geistige Eigentumsrechte“ auch auf Lebendorganismen dar. Es wurden immer öfter biotechnische Komponenten in die Pflanzenzüchtung integriert. Diese Neukonstruktion der Natur führte auch zu einer weiteren Ausdehnung der geistigen Eigentumsrechte auf globaler Ebene. Obwohl die Patentierbarkeit auf Lebewesen einst explizit untersagt war, wurde sie vor allem in den USA neu eingeführt und weltweit durchgesetzt. (vgl. ebd.)

Diese neue Form des sogenannten Bio-Kolonialismus, die Inbesitznahme von Organismen, die dem Allgemeingut unterliegen, ist mit dem Florieren der Gentechnik entstanden. Dabei erschafft die Gentechnik keine neuen Gene, sie tauscht lediglich aus, bedient sich an dem, was da ist und kann dann ein Patent auf diese „Erfindung“, die eigentlich einer Entdeckung entspricht, anmelden. Das System funktioniert folgendermaßen: Zuerst werden Bäuerinnen und Bauern unfreiwillig zu Lieferanten der seit Jahrtausenden gezüchteten Pflanzen und deren genetischen Material. Dieses wandeln Wissenschaftler der Saatgutbranche mit Hilfe der Gentechnik um und erheben Patente auf die neuen Sorten. Sie treten in Konkurrenz mit den Bäuerinnen und Bauern und machen sie dann abhängig von den neuen Errungenschaften, die meist nur eine

Ernte hervorbringen (wie die Terminator-Technologie). (vgl. Shiva)

In den Entwicklungsländern ist die Problematik besonders gravierend. Diese Art von geistigen Eigentumsrechten spielten dort nie eine Rolle, denn alles was in der Natur wächst, gehört nach der Auffassung der dortigen Bevölkerung zum Allgemeingut und ist jedem zugänglich. Selbst landwirtschaftliche Erfindungen galten als öffentliches Eigentum. In Indien gab es beispielsweise eine Regelung, die das Patentieren im Agrarbereich untersagte. Da Indien Mitglied der WTO ist, änderten sich solche Regelungen schlagartig, als der Vertrag über geistiges Eigentumsrecht (TRIPs – trade related intellectual property rights) in Kraft trat. Aus Angst vor juristischen Belangen auf WTO-Ebene ließen viele Länder die private Forschung zu und integrierten sich in das System der geistigen Eigentumsrechte auf Lebendorganismen. Natürlich erhofften sich die Länder von den geistigen Eigentumsrechten auch Vorteile, zum Beispiel dass ausländische Investoren die Agrarforschung finanzieren könnten. (vgl. Buntzel/Sahai)

Die öffentliche Forschung musste sich beeilen, selbst Patente anzumelden, um so Gelder für die eigene Forschungsarbeit sicherstellen zu können, die von staatlicher Seite her immer stärker beschnitten wurde. Ob deren Rechnung aufgeht, hängt nun davon ab, inwieweit die Bauern das öffentlich gezüchtete Saatgut gegenüber dem der privaten Züchter bevorzugen und das Saatgutverteilungssystem und die Fähigkeit der staatlichen Züchter der Konkurrenz der Privaten standhält. (vgl. ebd.)

Mit den geistigen Eigentumsrechten kann man aber nicht nur Geld verdienen, sie kosten auch Geld. Die nationalen Agrarforschungssysteme, die nun dafür zuständig sind, geschützte Zuchtlinien, Technologien und Methoden rechtlich abzusichern und für die Patentzulassung vorzubereiten, verlangen oft hohe Lizenzgebühren. (vgl. ebd.)

Auswirkungen der Patente sind die auftretenden Probleme beim freien Austausch in der Forschung. Die Suche nach patentierbarem Material blockiert die Kommunikation zwischen den Wissenschaftlern/innen, wegen der Angst, ein Mitstreiter könnte schneller sein und eine vielversprechende Idee zuerst patentieren lassen. Somit sind der Offenheit, dem freien Austausch von Ideen, Materialien und Techniken Grenzen gesetzt. Die einhergehende Kommerzialisierung und Privatisierung des Wissens stellt die Forschungsgemeinschaft auf eine harte Probe. Bereits jetzt ist es für einige Forschungseinrichtungen zu teuer, bestimmte Lizenzen für biologisches Material zu zahlen um daran zu forschen, da bereits eine Firma ein Patent darauf besitzt. Es scheint ein Trugschluss zu sein, dass Menschen nur dann kreativ sind, wenn sie Profit machen können, der ihnen durch die geistigen Eigentumsrechte garantiert wird. (vgl. Shiva) Obendrein führen die geistigen Eigentumsrechte zu einer Schwerpunktverlagerung der Forschungsbereiche auf jene, die besonders profitabel sind. Wenn nämlich bestimmte wissenschaftliche Disziplinen Profit durch Kommerziali-

sierung erzeugen, werden andere vernachlässigt, obwohl sie das Fundament für ein in sich geschlossenes Wissenssystem bilden.

Vandana Shiva drückt das Problem folgendermaßen aus: *„In dem Moment, wo wir das Nützliche und Notwendige ignorieren und uns nur auf das Profitable konzentrieren, zerstören wir die sozialen Bedingungen für die Schaffung intellektueller Vielfalt.“* (Shiva, S. 28)

4.4.5. Entwicklung des internationalen Saatgutsektors

Die zu erwartenden Veränderungen in der Struktur der Saatgutbranche könnten letztendlich dazu beitragen, das vielfältige Sortenangebot zukünftig zu beeinträchtigen. Gerade der steigende Bedarf an wenigen hochgezüchteten ertragreichen Sorten, kann als Gefahr für die biologische Vielfalt, die auch durch das Sortenangebot der Saatgutbranche bestimmt wird, geltend gemacht werden. Im Folgenden sind die Verflechtungen der Branche erkennbar: Etwa 1.500 Saatgutunternehmen existieren weltweit, der überwiegende Teil (600) in den USA und in Europa (400). Die Hälfte des gesamten Umsatzes am weltweiten Markt für Saatgut wurde 1997 von den 24 größten Unternehmen erwirtschaftet. Von diesen Unternehmen sind zwei Drittel Saatgutspezialisten, das restliche Drittel gehört zu den größeren Mischkonzernen (Monsanto, Bayer, Syngenta). Zwei deutsche Unternehmen, KWS und Saaten Union, gehören zu den führenden Unternehmen mit einem Umsatz von mehr als 100 Mio. US\$. (vgl. Meyer)

In Deutschland gibt es rund 100 mittelständische Unternehmen, die sich mit der Züchtung und dem Vertrieb von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturpflanzen beschäftigen. Die kleineren Unternehmen bearbeiten meist wenige Kulturarten, während die private Pflanzenzüchtung sich auf die wirtschaftlich wichtigsten Ackerkulturen (das sind Getreide, Mais, Raps, Zuckerrübe, Kartoffel, Futterpflanzen) konzentriert. Im internationalen Saatgutsektor konnten in den letzten Jahren Konzentrationsprozesse beobachtet werden. *„Seit den 70er Jahren haben sich branchenfremde Firmen, z.B. aus der Petrochemie, in die Saatgutbranche eingekauft.“* (Meyer, S. 123)

Diese Entwicklung führte auch zu einigen Fusionen branchenfremder Unternehmen der Agrarchemie, Pharma- und Ernährungsindustrie mit der durch die modernen Biotechnologien beeinflussten Pflanzenzüchtung und den damit zusammenhängenden Saatgutunternehmen. (vgl. ebd.)

Diese Entwicklung scheint auch in Zukunft zuzunehmen, in Anbetracht der stärker umkämpften Märkte durch internationale Konzerne, steigender Kosten für Forschung und Entwicklung insbesondere durch die Gentechnik, sowie hoher Kosten für die Untersuchungen gentechnisch veränderter Pflanzen im Rahmen der Zulassung und der Patentrechtslage für GVOs. Einzelne international interessante Kulturarten (Mais, Raps, Zuckerrübe) werden bereits von wenigen Unternehmen züchterisch bearbeitet. Diese haben durch den Einsatz

der Gentechnik bei gewissen Kulturen Monopolstellung erreicht. Beispielsweise gehören 91% der weltweit angebauten GV-Soja und gar 97% des GV-Mais der Firma Monsanto. Mittelständische Unternehmen werden zukünftig in Nischen gedrängt oder letztendlich ganz verschwinden. Die Patentierbarkeit von Genen oder molekularbiologischen Techniken könnte, solange der Zugang zu den Patenten nicht verwehrt wird, unproblematisch sein. Allerdings ist es rechtlich gesehen möglich, sowohl Zugang zu Patenten zu verwehren, als auch Exklusivverträge abzuschließen oder sogar das eingesetzte Gen bzw. die Eigenschaft nur innerhalb der eigenen Produktkette zu benutzen. Deshalb ist es wichtig, dass Züchtungsunternehmen die eigene Forschung und Entwicklung vorantreiben, um nicht in Abhängigkeit anderer Unternehmen zu gelangen. (vgl. Meyer)

Die Aneignung der Natur durch private Saatgutfirmen schreitet voran. Diese Konzerne werden oft zu Trittbrettfahrern der öffentlichen Forschung. (vgl. Friends of the Earth) Die enorme Konzentration auf diesem Sektor bewirkt eine in ernährungspolitischer Sicht kritische Situation: die Kontrolle über die wichtigsten Nutzpflanzen in der Hand weniger (oder einer) Firma würde bedeuten, dass die Ernährungssicherheit zum Spielball kurzfristiger kommerzieller Interessen wird. (vgl. Buntzel/Sahai)

Besonders kritisch ist die Tatsache zu bewerten, dass die Bereiche Saatgut, Pflanzenschutzmittel, Futterzusätze und Dünger nicht mehr von verschiedenen Unternehmen bedient werden. Mit Einzug der „grünen Gentechnik“ sind Saatgutfirmen, Pflanzen- und Futtermittelhersteller sowie Düngemittel- und Pestizidhersteller zu großen Konzernen zusammengewachsen.

Die Befürchtung, dass die Lebensmittelverarbeitung an nächster Stelle der Übernahme durch jene Konzerne steht, ist durchaus gerechtfertigt. Kritische Stimmen sehen bereits die gesamte Nahrungsmittelproduktion in der Kontrolle weniger internationaler Firmen (siehe Abb. 5). (vgl. Zarzer)

Abbildung 5: Kontrolle der Nahrungsmittelproduktion

Syngenta	Bayer Crop-Science	Monsanto	DOW	DuPont	BASF
Astra Zeneca		Calgene	Agrigenetics	Pioneer	American Cynamid
Novartis Seeds	Aventis	Holdens	Mycogen		ExSeed
Sandoz	AgrEvo	DeKalb	Biosource		Genetics
Ciba-Geigy	Hoechst-Roussel	Asgrow			Rohm & Haas
Northrup King	Agritope	Upjohn (inzw. wieder getrennt)			
Rogers	Exelixis	Agracetus			
Zeneca	Limagrain	Seminis			
Hilleberg	Plant Genetic Systems				
Wilson	Haaris Moran				
Genetics	Rhône-Poulenc				

Tabelle: Nach SAG, Verschobene Marktreife. Benno Vogel, Christof Potthof.
Feb. 2004 / v. Verf. adaptiert.

Quelle: Zarzer (a): Einfach GEN:ial - Die grüne Gentechnik: Chancen, Risiken und Profite, Hannover, 2006.

4.4.6. Verbindung von Wirtschaft und Politik

Wissenschaftliche Erkenntnisse dienen oft der Beurteilung von Risiken. Die Wissenschaft verkörpert ein Bild der Vorurteilslosigkeit, der Einhaltung rationaler Kriterien sowie weitgehender Unabhängigkeit. Im Zusammenhang mit der „grünen Gentechnik“ gilt zu hinterfragen, inwieweit der Ansatz, politisch und wirtschaftlich hoch brisante Themenbereiche an eine neutrale Instanz zu übertragen, eine wirtschaftspolitische Vereinnahmung jener Instanzen, also beispielsweise der universitären Forschung, zur Folge haben könnte. Im anglo-amerikanischen Bereich sind Verflechtungen zwischen Industrie und Politik besonders häufig anzutreffen.

Dies wird dann bedenklich, wenn wissenschaftliche Erkenntnisse durch politische bzw. wirtschaftliche Interessen beeinflusst werden und sie so für sicherheitsrelevante Vorkehrungen und Maßnahmen nur noch eine Nebenrolle

spielen. (vgl. Böckenförde) Beispiel dafür sind die vielen firmeneigenen Sicherheitstests, die oft wegen ungenügender Versuchsparmeter angezweifelt werden, bzw. schlichtweg nicht veröffentlicht werden.

Das Phänomen des Postenwechsels zwischen Regierungsämtern und der Tätigkeit in Konzernen der Biotechnologiebranche (revolving doors) ist in beiden Richtungen häufig zu beobachten, dies steht exemplarisch für die engen Verflechtungen zwischen Politik und Industrie.

Folgende Beispiele verdeutlichen die Brisanz dieser Situation: Linda J. Fischer war, bevor sie Vizepräsidentin der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit bei Monsanto wurde, Verwaltungsangestellte bei der „Environmental Protection Agency“ (EPA) im Bereich Umweltvermeidung, Pestizide und Giftstoffe. Nach ihrer Monsanto-Karriere wurde sie stellvertretende Direktorin der EPA. William D. Ruckelshaus ist seit 12 Jahren Vorstandsmitglied bei Monsanto, zuvor war er Verwaltungsleiter der Food and Drug Administration (FDA), die über Zulassungsanträge von GVOs entscheidet. Michael Taylor, erst Rechtsberater und stellvertretender Beauftragter für Politisches bei der FDA, ist mittlerweile Leiter des Monsanto Büros in Washington. (vgl. Böckenförde)

In Großbritannien gab es ähnliche Verknüpfungen von Parlamentariern und Biotech-Industrie. Das Novel Foods Committee, welches in Großbritannien über die Vergabe von Lizenzen der GVO-Produkte entscheidet, bestand zu mehr als der Hälfte aus Biotech-Vertretern. Die in jenen Komitees arbeitenden Wissenschaftler werden augenscheinlich von der Industrie beeinflusst, so etwa die Lebens- und Arzneimittelbehörde der USA, die FDA (Food and Drug Administration). Sie unterhält eigene Wissenschaftler, die Zulassungsanträge überprüfen und Lebens- und Arzneimittel testen, um die Sicherheit der Öffentlichkeit zu gewährleisten. Zum Aufgabenbereich der FDA gehört auch, die Überprüfung der Zulassungsverfahren von GVOs durchzuführen. Auch hier gibt es enge Verbindungen zur Industrie, insbesondere dem Konzern Monsanto, die sogar soweit gehen, dass der Konzern betreffende Regulierungen zu seinen GVOs weitestgehend selbst festlegen kann. (vgl. ebd.)

Eine anonyme Umfrage unter fast 6.000 Mitarbeitern der FDA zeigte auf, dass es signifikante Beeinträchtigungen in der wissenschaftlichen Arbeitsweise der Organisation gibt. 18% der Befragten sagten: *„I have been asked, for non-scientific reasons, to inappropriately exclude or alter technical information or my conclusions in an FDA scientific document.“* (Union of Concerned Scientists S 2) Die Ergebnisse der Studie umfassen weitere solcher Erkenntnisse.

Zwar stehen viele Wissenschaftler der Gentechnik kritisch gegenüber, dennoch besitzen die meisten führenden Molekulargenetiker entweder eine eigene Biotechnik-Firma, arbeiten sehr eng mit der Wirtschaft zusammen oder im Auftrag dieser. Somit kann behauptet werden, dass die Gentechnik die Naturwissenschaften in einem hohen Ausmaß kommerzialisiert. (vgl. Ho)

Auch in Deutschland ist diese Tendenz vorhanden: staatlich finanzierte WissenschaftlerInnen haben ein großes Interesse an der Vermarktung von Patenten ihrer Erfindungen. Da es auch hierzulande üblich ist, in Zeiten schrumpfender öffentlicher Fördergelder Drittmittel von privaten Unternehmen einzuwerben, besteht die Gefahr einer Beeinflussung oder gar Abhängigkeit von den geldgebenden Firmen. (vgl. Böckenförde) Inwieweit die universitären Wissenschaftler tatsächlich empfänglich für die Interessen der Sponsoren sind, ist umstritten.

5. Resümee

„Trotz des breiten Instrumentariums der Technikfolgenabschätzung bietet die Wissenschaft keine überzeugende Methode, um hypothetische Risiken exakt zu bestimmen, es sei denn im Nachhinein. Dies kann zu der paradoxen Situation führen, dass man die zukünftige Entwicklung abwarten muss, um bestimmen zu können, ob man sie hätte verhindern sollen.“ (Hampel/Renn S 17)

In der Debatte um die Gefährlichkeit der Gentechnologie gibt es weit auseinander liegende Auffassungen, zum einen die Einschätzung, Gentechnik sei eine Risikotechnologie und zum anderen die Überzeugung, dass es überhaupt keine Risiken bei der Anwendung von Gentechnik gibt. (vgl. Hampel/Renn) Selbst Experten sind verschiedener Meinung, wenn es um das Ausmaß der Risiken geht. Diese Ansichten sind das Ergebnis unterschiedlicher Risikokonzepte und der Frage, inwieweit langfristige, nicht einschätzbare oder sogar unbekannte Risiken mitberücksichtigt werden sollen oder nicht. (vgl. Ammann)

Bevor ich ein Resümee aus den Chancen und Risiken der „grünen Gentechnik“ erstellen werde, möchte ich den Risikobegriff im Zusammenhang mit der Gentechnikdebatte kurz erläutern.

Der Begriff der Gefahr ist nicht mit dem Risikobegriff gleichzusetzen. Gefahren sind nicht durch das Zutun menschlichen Handelns bestimmt, sondern sie sind wie Vulkanausbrüche oder Orkane unabwendbar. Gefahren werden erst dann zu Risiken, wenn aus einer menschlichen Absicht heraus bewusst ein Risiko eingegangen wird, also die Gefahr insofern kalkulierbar wird, dass Ungewissheiten über die Folgen in Kauf genommen werden. Risiken sind also vom Menschen bewusst gewählte und kalkulierte Unsicherheiten, dessen Entscheidung es einzugehen ein gewisses Interesse an bestimmten Handlungen vorausgegangen sein muss.

Die durch das Eingehen eines Risikos erhofften Möglichkeiten erzeugen, selbst wenn sie sich eröffnen, nicht nur Fortschritt und Wohlstand, sondern bergen gleichzeitig immer neuartige Gefahren. Man kann heute immer wieder beobachten, wie ein Versuch der Kalkulation, das Abwägen der Art und Größe des Risikos, dem Druck der ökonomischen Chance geopfert werden. (vgl. ebd.)

Das Risiko der Gentechnik unterscheidet sich von anderen deshalb, da die

Gentechnologie ein völlig neuartiges komplexes System darstellt, welches nicht mit anderen technischen Systemen verglichen werden kann oder mit den dafür geltenden Kriterien beurteilt werden sollte. So ist zum Beispiel in Diskussionen oft das Argument zu hören, der Mensch setze sich auch freiwillig in ein Flugzeug. An diesem Beispiel ist leicht zu verstehen, dass die technischen Systeme Flugzeug und Gentechnologie sehr unterschiedliche Risikoqualitäten besitzen. Während ein Flugzeugabsturz unmittelbar wahrgenommen werden kann, zeigen sich Unfälle durch Gentechnologie erst mit großer zeitlicher Verzögerung oder sehr schleichend. Ein Flugzeugunglück hat sehr kleinräumige Auswirkungen, nur ein beschränkter Kreis von Personen ist betroffen. Mit der Gentechnik verhält es sich entgegengesetzt, die Folgen können sich weiträumig ausdehnen und eine beliebig große Anzahl unserer Mitmenschen treffen. (vgl. Ammann)

Ulrich Beck bezeichnete den direkten Vergleich solcher Risiken als den Jahrhundertfehler der Risikogesellschaft: *„Der Jahrhundertfehler, das heißt die unzulässige Einschätzung von modernen Großrisiken (Atomtechnik, Gentechnologie) anhand von veralteten Kriterien, ist allgegenwärtig. Gefahrenquellen werden in ihrer Risikoqualität nicht verstanden beziehungsweise mit Risiken der klassischen Maschinenwelt gleichgesetzt, und es wird ihnen aus dieser Fehleinschätzung ein fatal falsches Sicherheitsversprechen angeheftet.“* (Ammann nach Beck, S. 2)

„In dieser Unzulässigkeit und in diesem Irrtum akzeptiert die spätindustrielle Gesellschaft Selbstgefährdungen, die sich zu künstlichen Katastrophen entwickeln können. Das Risiko eines großtechnischen Systems nimmt plötzlich die Dimension und den Charakter einer Naturkatastrophe an (Ozonloch, Klima, Tschernobyl usw.).“ so Dr. Daniel Ammann der Schweizerischen Arbeitsgruppe Gentechnologie. (Ammann S. 2)

Bringt man gentechnisch veränderte Pflanzen in die Umwelt ein, sind Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe meist unbekannt, man spricht von Ungewissheit. In diesem Sinne sind Entscheide über das Ausbringen von solchen Pflanzen nicht bloß Entscheide unter Risiko, sondern unter Ungewissheit. (vgl. ebd.)

Durch die eingangs erwähnte Komplexität des Systems der Gentechnologie kann ein Risiko weder vollständig durch Experimente erforscht werden, noch mittels Risikomodellen theoretisch beschrieben werden. Zuverlässige Vorhersagen über das Ausmaß möglicher Auswirkungen sind praktisch unmöglich. Dazu kommt, dass wissenschaftlich gesehen in einigen gentechnikbezogenen Fragestellungen kein allumfassendes Wissen herrscht. Oft verschwindet dieses Nicht-Wissen hinter Analogieschlüssen, wie bei dem Vergleich gentechnisch veränderter Pflanzen mit herkömmlich gezüchteten Kulturpflanzen. Dabei ist es unerlässlich, kritische Sichtweisen in der Risikodebatte zu forcieren, etwa GVOs auch mit Neophyten zu vergleichen, um beispielsweise das Auswilde-

rungsrisiko anhand unterschiedlicher Modelle bewerten zu können.

Das Exotenmodell ist ein schönes Beispiel um erahnen zu können, welches Ausmaß die Freisetzung und anschließende Verwilderung transgener Pflanzen erreichen kann. Eine biologische Invasion, also das Ausbreiten eines Lebewesens außerhalb seines Herkunftsgebietes, verursacht enorme Kosten und gefährdet die heimische Biodiversität. Die zeitliche Verzögerung zwischen Einführung eines Exoten und dessen spontaner großflächigen Ausbreitung kann bis zu 200 Jahre betragen. Einzelne Erfahrungswerte, die aus Freisetzungsvorversuchen gewonnen werden, können zwar nützlich zur Bestimmung von Langzeitprognosen sein, ihr Aussagewert bleibt jedoch beschränkt. So gesteht man sich heute auch ein, dass sich ein gentechnisch veränderter Organismus in unterschiedlichen Ökosystemen auch völlig unterschiedlich entwickeln kann. Die Unsicherheit über langzeitliche Auswirkungen kann man nicht wegargumentieren, sie wird bestehen bleiben, da das Verhalten eines genmanipulierten Organismus in einem Ökosystem eine zu komplexe Situation darstellt. (vgl. ebd.)

Wie sich das Restrisiko manifestieren wird, welche Bedingungen und Faktoren dazu beitragen, wann mit dem Auftreten eines Ereignisses zu rechnen ist oder welches Schadensausmaß erreicht wird, entbehrt jeglicher Prognostizierbarkeit.

Es drängt sich die Frage auf, ob es aufgrund der Ungewissheit eines zu erwartenden Schadens überhaupt in Frage kommt, dieses Risiko einzugehen. Das ist pauschal nicht zu beantworten, gerade da einige Probleme, die die „grüne Gentechnik“ in sich birgt, nicht in der Technologie selbst begründet liegen, sondern in der Art und Weise der Anwendung, nicht zuletzt durch ihre Einbindung in den marktwirtschaftlichen Rahmen zum Tragen kommen. Abgesehen von den großen Zielen, wie der Hungerbekämpfung oder der Schaffung neuer biologisch abbaubarer Rohstoffe, belaufen sich die anvisierten Bestrebungen der Saatgutunternehmen, die diese Technologie bereits in der Landwirtschaft anwenden, zurzeit in erster Linie auf eine Produktivitätssteigerung durch höhere Erträge und weniger Missernten. Diese Effizienzsteigerung in der landwirtschaftlichen Produktion beinhaltet auch sinkende Verbraucherpreise. Fraglich ist jedoch, ob es nötig ist, unsere Lebensmittel, die zu den billigsten in der Welt zählen, noch weiter zu verbilligen und damit auch der Möglichkeit einer nachhaltigen Landnutzung entgegenzusteuern.

Der Druck auf eine Intensivierung und Rationalisierung in der Landwirtschaft würde mit niedrigeren Preisen weiter steigen. Eine Entwicklung in diese Richtung, wie sie zur Zeit stattfindet, scheint also nicht erstrebenswert. Wichtigere Ziele sind hingegen der vorsorgende Verbraucherschutz, Qualitätssicherung, eine tier- und umweltgerechte Erzeugung in wettbewerbsfähigen Unternehmen und die Entwicklung ländlicher Räume. (vgl. Deutscher Bundestag) Hier stößt das Konzept der „grünen Gentechnik“ aufgrund seiner starken Aus-

richtung am marktwirtschaftlichen System an seine Grenzen.

Bereits heute ist absehbar, dass die Einführung der Agro-Gentechnik dem Strukturwandel zur Industrialisierung der Landwirtschaft Vorschub leisten wird. Nachhaltiger Biolandbau¹² stellt für die Großbetriebe keine Alternative dar. Anbaumethoden der konventionellen Landwirtschaft werden als Entwicklungsvorsprung gewertet, ohne Berücksichtigung der schon jetzt eingetretenen Umweltschäden, wie ausgelaugte Böden, belastetes Trinkwasser und andere mehr. Im Vergleich zur industriellen Landwirtschaft sollte der biologische Landbau jedoch nicht unterschätzt werden, auch wenn die Meinung von einigen Seiten besteht, Ökolandbau sei nicht produktiv genug, um die großen Menschenmassen zu ernähren.

Die profitorientierte Ausrichtung der derzeitigen Anwendung von GVOs findet ihren traurigen Höhepunkt in der Terminatortechnologie, welche den Widerspruch des Lebens und Wirtschaftens mit oder gegen die Natur am krassen aufzeigt. Wie bereits erläutert sind Terminatorpflanzen solche, die aufgrund eines eingebauten Gens keine fruchtbaren Samen erzeugen und nur für eine Saison benutzt werden können. Dieses System widerspricht dem Jahrtausende alten und anhaltenden Brauch, Saatgut aufzuheben und für die nächste Aussaat zu verwenden (auch Nachbau genannt). Die Konzerne sehen hier allerdings erstens einen Garanten dafür, jedes Jahr neues Saatgut abzusetzen und zweitens die Lizenzzahlungen (GVOs sind patentgeschützt) zu sichern. Das Argument der Gentechnik-Gegner, GVOs könnten mit anderen Pflanzen auskreuzen, wird nun dank dieser Technologie (eingebaute Sterilität) entkräftet. Deshalb drängt die Industrie auf den Einsatz solcher Methoden, selbst wenn alle Konsequenzen noch nicht ausreichend erforscht sind und ein hohes Restrisiko durch aktuelle Studien ermittelt wurde. Ein keinesfalls abwegiges Szenario, dass die Sterilität dieser Pflanzen auf umliegende Organismen übertragen werden könnte, findet keine Beachtung. Das genaue Abwägen der Risiken scheint in diesem Fall dem Druck der ökonomischen Chance zu unterliegen. Nicht nur ist die Terminatortechnologie ethisch fragwürdig, auch die profitsichernde Funktion dieser Pflanzen, deren denkbare Gefahren wissenschaftlich noch nicht aus dem Weg geräumt sind, verstärkt deren Fragwürdigkeit. Demzufolge ist meiner Auffassung nach die Terminatortechnologie als Teilbereich

¹² Dabei ist der ökologische Landbau nicht mit Subsistenzwirtschaft zu verwechseln. Auch wenn er subsistenzwirtschaftliche Züge hat, ist er doch auf größere Absatzmärkte ausgerichtet als auf bloße Eigenversorgung. Der biologische Landbau geht einem ganzheitlichen Verständnis der Bewirtschaftung nach: dem Arbeiten im Einklang mit der Natur. Auch auf soziale, kulturelle und ethische Bedingungen wird geachtet. Der Eintrag an Stoffen, Energie und Kapital soll bei optimiertem Austrag an Erzeugnissen verringert werden. Gentechnisch verändertes Saatgut spielt deshalb für den ökologischen Landbau keine Rolle, im Gegenteil. So sind die Vertreter des Ökolandbaus die vehementesten Gegner des Einsatzes dieser Technologie.

der „grünen Gentechnik“ abzulehnen.

Ein weiteres Problem der Einbindung der Gentechnologie in das marktwirtschaftliche System ist, dass nötige Studien zu Umweltrisiken zugunsten der Erforschung neuer GV-Sorten vernachlässigt werden, da die Gentechnekkonzerne an dieser Fragestellung nicht interessiert sind. Umso intensiver die Begleitforschung ausfällt, desto interessanter sind die Ergebnisse.

Doch selbst bei aufgetretenen Störungen des Ökosystems wurden einige Sorten zugelassen. Oft reichen sogar die firmeneigenen Gutachten aus, obwohl sie nicht durch unabhängige Feldforschung untermauert wurden. Zudem sieht sich die „grüne Gentechnik“ oft selbst als das Lösungskonzept für landwirtschaftliche Probleme. Das Herausfinden der Ursachen dieser Probleme ist jedoch nicht von Interesse. Dagegen schafft die Verwendung dieser Technologie zudem neue Probleme, die dann wieder mit noch mehr Gentechnik gelöst werden sollen. Ein fataler Kreislauf nimmt seinen Anfang, ohne jegliche langfristige Auswirkungen zu kennen.

Ebenso wenig wird die Gefahr der langsamen Verringerung der Biodiversität ernst genommen, obwohl das Voranschreiten dieses Problems besonders auch in artenreichen Gegenden nicht von der Hand zu weisen ist. In einer export- und ertragsorientierten Landwirtschaft geht das Bewusstsein für Umweltschädigungen, Biodiversitätsverlust, sowie das Arbeiten im Einklang mit der Natur, verloren. Die Einbindung der Gentechnologie in dieses landwirtschaftliche System verstärkt diese Tendenz. Ist die Nutzung dieser Technologie in der Landwirtschaft dann überhaupt noch sinnvoll? Auch im Hinblick auf die Situation der Entwicklungs- und Schwellenländer gibt es einige Fragestellungen bezüglich der Anwendung der Gentechnik zu bedenken. Der Schutz dieser Länder, die Ursprungs- und Vielfaltszentren wichtiger Nahrungspflanzen sind, ist besonders wichtig. Doch hier fehlt Geld für regulative Systeme, für Folgenbewältigung, sowie für ein ernsthaftes Monitoring-System. Aber gerade hier müssen im Vorfeld sämtliche, im Besonderen die sozio-ökonomischen Auswirkungen eingehend untersucht werden. Die kleinbäuerliche Landwirtschaft der Entwicklungsländer könnte empfindlich durch den auf Ertragssteigerung getrimmten Einsatz der GVOs geschädigt werden.

Nun sollten auch die Möglichkeiten dieser Technologie sorgfältig analysiert werden, denn diese könnten auch Lösungen für tiefgreifende Probleme der heutigen Zeit (Hunger, Umweltprobleme) bereitstellen. Welche Risiken lohnt es sich einzugehen, welche kann man verantworten?

Viele der in den vorherigen Ausführungen benannten Probleme beruhen auf den indirekten Auswirkungen durch die Anwendung der Gentechnologie. Sie sind allerdings kein Argument gegen die Methode selbst. Es ist jedoch wichtig, diesen Zusammenhang, nämlich dass unter marktwirtschaftlichen Bedingungen viel eher Risiken eingegangen oder nicht hinreichend berücksichtigt werden, auch als Kriterium einer fehlgeschlagenen Anwendung der Technolo-

gie im landwirtschaftlichen Bereich zu begreifen.

An dieser Stelle möchte ich das Argument der Gentech-Befürworter, der Hunger der Welt kann nur durch den Einsatz der Gentechnik in der Landwirtschaft bewältigt werden, eingehender betrachten. Mit der Plausibilität dieses Arguments steht und fällt der zukünftige Einsatz der Gentechnik in der Landwirtschaft, denn das Hungerproblem ist eines der größten Probleme, die wir haben. In der westlichen Welt ist die Landwirtschaft bereits hoch produktiv, die Menschen sind gut ernährt, wenn nicht sogar „über-ernährt“. In unseren Breiten hat Hunger nichts mit Produktionsdefiziten zu tun. Aber wie sieht es mit dem Rest der Welt aus? Könnten gentechnisch veränderte Pflanzen wichtige Helfer in Regionen der Erde sein, wo die Produktion von Nahrungsmitteln schwierig ist und wo das größte Bevölkerungswachstum in Zukunft stattfinden wird? (vgl. Rissler and Mellon)

Welthunger ist ein sehr komplexes und dringliches Problem, dass intensiverer Fokussierung bedarf, als diese Arbeit leisten kann und will. Einige Gründe gibt es jedoch, die bereits erahnen lassen, dass die derzeit entwickelten GVOs zur Hungerproblematik eher wenig beitragen können. Es ist also von Interesse herauszufinden, ob andere Entwicklungen in diesem Bereich den betroffenen Ländern bei der Bewältigung des Hungerproblems dienlich sein können.

Das Verhalten der Regierungen dieser Länder wird ausschlaggebend für einen weiteren Vormarsch dieser neuen Technologie sein. Doch warum braucht man diese Ertragssteigerung so dringend, wenn auf dem Großteil der Erde eine Überproduktion an Lebensmitteln vorhanden ist? Indien verzeichnet mit den meisten unterernährten Menschen Getreideüberschüsse von über 50 Millionen Tonnen. Statt die Armen davon profitieren zu lassen, werden diese Mengen (meist hochsubventioniert) auf dem Weltmarkt angeboten. Warum soll die Gentechnik also das neue Wundermittel gegen den Hunger werden, wenn augenscheinlich das Problem der Unterernährung andere Ursachen als einen Mangel an Nahrungsmitteln hat? Bevor man also nach Lösungen unter Zuhilfenahme der Gentechnik in der Landwirtschaft sucht, sollte zweifelsfrei geklärt werden, inwieweit andere Auswege, sprich weniger risikobehaftete Mittel und Wege, gefunden werden können. Da die Weltbevölkerung jedoch stetig wächst, scheint die Diskussion um den Einsatz der Gentechnik zur Lösung des Ernährungsproblems noch nicht abwendbar.

Seit der grünen Revolution stagniert die Produktivität immer mehr. Die Ursachen hierfür liegen bei verschiedenen Faktoren, beispielsweise Getreidepreisdumping, Absenkung des Grundwasserspiegels, ausgelaugte Böden, Zunahme an Schädlingen und sinkende Investitionen. (vgl. Buntzel/Sahai) Kann es trotz allem eine Lösung für beide Probleme (Sicherung der Ernährung und Erhalt der zum Leben nötigen Umwelt) geben?

Im Übrigen werden gentechnisch veränderte Kulturpflanzen heute meist von Konzernen entwickelt, die hauptsächlich, da sie im marktwirtschaftlichen

System integriert sind, für zahlende Konsumenten produzieren. Das erkennt man auch am wissenschaftlichen Fokus, der auf die zu entwickelnden Pflanzen gelegt wird: hauptsächlich Mais, Soja, Raps, Baumwolle.

Diese spielen für die Industrieländer eine maßgebliche Rolle (für Viehzucht, Energie, Ölgewinnung, Bekleidung), sie sind aber keineswegs für die Ernährung der Menschen in den Entwicklungsländern geeignet. Besonders makaber mutet die Situation in Südamerika an. Riesige Gebiete werden auf teils gerodeten Urwaldflächen mit Soja bebaut. Die Pflanzenvielfalt für den eigenen Bedarf der Bevölkerung nimmt ab. Die Sojabohnen werden zum Großteil in die Industrieländer verschifft, wo sie für die Verfütterung an Tiere in Massenhaltung gebraucht werden, um den Bedarf nach billigem Fleisch gerecht zu werden, den Bedarf der Europäer wohl gemerkt, nicht der Südamerikaner.

Es sollten also neue Fragen in Hinblick auf die tatsächliche sinnvolle Nutzung der Gentechnik zur Lösung des Hungerproblems gestellt werden. Vergleichsweise wenig Forschung wurde bisher in die wichtigen Grundnahrungsmittel der Afrikaner wie Cassava, Kochbananen oder Cowpea gesteckt. Die FAO räumt beispielsweise ein, dass gentechnisch veränderte Sorten auch zur Bekämpfung des Hungers in der Welt eingesetzt werden könnten, sie beklagt jedoch zugleich, dass dies zehn Jahre nach Einführung dieser Sorten noch immer nicht der Fall sei.

Im Jahresbericht der FAO von 2003/2004, der sich mit Biotechnologien in der Landwirtschaft beschäftigte, kritisiert die Welternährungsorganisation, dass GV-Pflanzen allein zu kommerziellen Zwecken entwickelt werden: *„Die Forschung über transgene Anbaupflanzen erfolgt überwiegend im Rahmen transnationaler Privatkonzerne. Dieser Sachverhalt hat schwerwiegende Konsequenzen für die Ausrichtung der Forschungsarbeiten und die entwickelten Produkte. Pflanzen und Eigenschaften, die für die Armen von Interesse wären, werden vernachlässigt.“* (Viollat, 06.01.07)

Könnte die Entwicklung eben solcher noch unerforschter Pflanzen nicht trotzdem ein Ansatzpunkt für unabhängige wissenschaftliche Projekte sein, die sich intensiv mit der Erzeugung und Risikoforschung solcher Nahrungsmittelpflanzen befassen?

Nach dem Motto *„This rice could save a million kids a year.“* (Time Magazin, Juli 2000) wurde das bereits erwähnte Prestigeprojekt gestartet, welches sich mit der Erforschung des Golden Rice befasste. Finanziert wurde dieses Projekt jedoch ausschließlich durch öffentliche Forschungsgelder. Die Industrie nutzt diese Konstellation dennoch zu Werbezwecken für GVOs im Allgemeinen. (vgl. Böckenförde) Man wollte mit dieser Neuentwicklung beweisen, dass nicht nur der Hunger mit Hilfe der Gentechnik zu stillen sei, sondern dass auch die häufig in Entwicklungsländern auftretende Vitamin-A-Mangelkrankung beseitigt werden kann.

Da Vitamin-A-Mangel meist nicht isoliert auftritt, sondern mit anderen Nährstoffmängeln einhergeht, kann sich der durch die gentechnisch modifizierte Reissorte angestrebte positive Effekt auf die gesundheitliche Situation großer Teile der Bevölkerung in den Entwicklungsländern nicht oder nur sehr eingeschränkt entfalten. Daher ist der Sinn, viel Geld in die komplizierte Entwicklung einer solchen Reissorte zu stecken, bereits fragwürdig. Das Problem des Vitamin-A-Mangels gibt es schon seit den 1970er Jahren und seitdem auch diverse Bemühungen, eine Lösung zu finden. Zwei Drittel aller betroffener Kinder wurden bereits mit einer 40-Länder-umfassenden Aktion erreicht, bei der Vitamin-A in Tablettenform verabreicht wurde.

Zweifellos ist der Kern des Problems die oft immer noch nicht ausreichende und ausgewogene Ernährung. Da es in den Zielländern eine erhöhte Skepsis gegenüber den GVOs gibt, sollte nach effektiveren und sozial verträglicheren Lösungen gesucht werden. Mangelernährung mittels einer gentechnisch veränderten Pflanze beheben zu wollen, ohne Alternativen im Vorfeld in Betracht zu ziehen und ohne zu wissen, ob die Vorzüge dem Gefahrenpotenzial standhalten können, so dass eine Wirksamkeit wirklich garantiert werden kann, widerspricht jeglicher Fundiertheit. Das Zitat von Day-Cha Siripat vom Alternative Agriculture Network in Thailand bringt es auf den Punkt: *„Die Armen brauchen keinen Vitamin-A-Reis. Sie brauchen Vitamin L wie Land und sie brauchen Vitamin G wie Geld. Mangelernährung ist kein Technologieproblem, sondern ein Armutsproblem.“* (in Zarzer, S. 83)

Es fehlt also an ernsthaften Programmen, die auf eine Lösung des Problems hinarbeiten, obendrein fehlt es an politischen Maßnahmen, die eine Verteilung von Geld und Land an die Betroffenen bewirken könnten. Mit Hochtechnologien wie der „grünen Gentechnik“ ist den hungernden Menschen derzeit nicht zu helfen.

Auch die Geste mancher Firmen, kostenloses GV-Saatgut zu verteilen, kann die breite Anzahl lokal angepasster Pflanzen nicht ersetzen. Regierungen einiger Entwicklungsländer haben Hilfslieferungen mit GV-Mais aus Übersee abgelehnt oder nur im gemahlenen Zustand entgegengenommen. (vgl. Rissler/Mellon)

Sambia lehnte im Oktober 2002 trotz einer Dürrekatastrophe genmanipulierten Mais als Hungerhilfe ab, da die Regierung der Empfehlung eines internationalen Forscherteams folgte.

Die Pressemeldungen überschlugen sich, Sambia wurde vorgeworfen, die eigenen Bewohner verhungern zu lassen. Das Problem ist allerdings komplizierter, denn zwei Dinge störten die sambische Regierung: Zum einen gab es gesundheitliche Bedenken. Da GV-Mais in den USA oder Europa hauptsächlich zur Viehfütterung verwendet wird, ist nicht absehbar welche Auswirkungen der ausschließliche Verzehr dieses Maises für die Hunger leidenden Einwohner Sambias haben könnte. Das zweite Problem ist der übliche Brauch des

Rückbehaltens einiger Maiskörner für die Aussaat im nächsten Jahr. Nicht nur würden Felder dann gentechnisch kontaminiert werden, es wurde auch befürchtet, dass nach einigen Jahren Lizenzgebühren für die nun wachsenden GV-Sorten gezahlt werden müssten. Geld, welches die Bauern dort nicht besitzen. Der Vorschlag, den Mais in gemahlener Form darzureichen, wurde von der sambischen Regierung mit der Begründung abgelehnt, dass die finanziellen Mittel zum Mahlen der eingeführten Maiskörner nicht vorhanden wären und dass genügend Non-GV-Mais lieferbar sei. Ein Sprecher des US-Entwicklungsministeriums entgegnete darauf: „*Bettler haben keine Wahl.*“ (vgl. Zarzer S. 83)

Hunger entsteht nicht nur durch eine Knappheit an Nahrungsmitteln, sondern auch und vor allem durch bestimmte Handelsgesetze, Subventionspolitik (anderer Export-Länder), Armut, Bodenerosion, Wasserknappheit. Diese wichtigen Aspekte bei der Hungerproblematik dürfen nicht vergessen werden. Die Entwicklungshilfsorganisationen, die seit Jahren vor Ort helfen, lehnen die Gentechnik daher als zu einseitig ausgerichtete Maßnahme ab. (vgl. Buntzel/Sahai)

Renommierete Wissenschaftler des Nuffield Councils sehen die Gentechnik jedoch als ethischen Imperativ, d.h. die Anwendung dieser Technologie sei ein Muss für Entwicklungsländer, da es ethisch nicht vertretbar sei, wenn diese an der neuen Technologie nicht teilhaben würden. Ein einschlägiger Slogan der Industrie war: „*Biotechnology is one of tomorrow's tools today. Slowing its acceptance is a luxury our hungry world cannot afford.*“ (vgl. Böckenförde S. 40 aus S. Rampton und J. Stauber's: Trust us, we're experts) Es wird der Eindruck erweckt, die fehlende Akzeptanz der „grünen Gentechnik“ im Norden sei Schuld an der Hungermisere, obwohl die derzeit hergestellten Sorten zum Großteil dem Export dienen statt der Ernährungssicherung der Armen. Diese sogenannte „moralische Schwitzkasten-technik“ der Konzerne, die selbst über keine skandalarme Vergangenheit verfügen, stieß auf Missbilligung, nicht nur bei den Entwicklungsländern. (vgl. ebd.) Der Nuffield Council on Bioethics¹³ ist auch der Meinung, dass es keine anderen Alternativen als die der Gentechnik gibt, um Erträge steigern zu können. Die Gentechnik wird von jenen Wissenschaftlern als eine Verdoppelung der grünen Revolution angesehen. Die grüne Revolution verschärfte jedoch das Problem der Mangelernährung in einigen Gebieten, da Mischkulturen (Kulturen, die notwendige mineral- und vitaminreiche Nahrungsmittel hervorgebracht hatten) zugunsten von erhöhtem

¹³ Der Nuffield Council on Bioethics untersucht ethische Themen, die durch neue Entwicklungen in der Biologie und Medizin aufgekommen sind. Gegründet wurde der Nuffield Council 1991 als unabhängige Körperschaft. Laut Eigenaussage, erreichte er weltweite Anerkennung für die Aufarbeitung bioethischer Fragen und für unabhängige Hilfestellung bei Gesetzesentwürfen. (vgl. <http://www.nuffieldbioethics.org/> vom 26.1.07.

Reis- und Weizenanbau aufgegeben wurden. Es ist schwierig zu beurteilen, ob die Vorteile der Agrarintensivierung die Nachteile übertreffen können, insbesondere da (entgegen der Meinung des Nuffield Councils) alternative Möglichkeiten vorhanden sind. Zahlreiche Modelle, die auf den ökologischen Landbau setzen, erzielen gute Erfolge, sogar Ertragssteigerungen. Eine Studie der Universität Essex bestätigt dieses Bild: 200 Projekte in 52 Ländern zeigten, dass dem Welthunger mit naturnaher Landbewirtschaftung Einhalt geboten werden kann. (vgl. Böckenförde)

Vielleicht kann die Gentechnik mit einzelnen Projekten einen Beitrag dazu leisten, das gilt es herauszufinden. Aber die Agrarkonzerne werden dieser Fragestellung nicht viel Aufmerksamkeit schenken, da in diesem Bereich kein Profit zu erwarten ist. Also sind unabhängige Wissenschaftler gefragt, sich mit dieser Problematik zu befassen. Die gewonnenen Erkenntnisse ermutigen, von einer agrarischen Nutzung der gegenwärtig vorhandenen Gentechnologie abzuraten. Besonders für Entwicklungsländer scheint diese Form der Bewirtschaftung nutzlos, wenn die Ursachen der Probleme nicht genau untersucht und keine alternativen nachhaltigen Konzepte entwickelt werden. Derzeit ist indessen nicht abschätzbar, inwieweit eine anders entwickelte und auf die wirklichen Probleme ausgerichtete Gentechnologie zu einer Lösung beitragen kann. Es ist jedenfalls augenscheinlich, dass die Nutznießer der heutigen „grünen Gentechnik“, nämlich die Saatgut- und Spritzmittelindustrie, für die Landwirte keine wirtschaftlichen Vorteile garantieren können. Lediglich eine Verfahrensoptimierung ist möglich. Für den Endverbraucher lässt sich bisher ebenfalls kein Nutzen entdecken. Auch das Argument, die Umwelt sei Nutznießer dieser Technologie bleibt bisher zweifelhaft. Der ökologische Landbau als nachhaltige und umweltfreundlichere Alternative ist unumstritten.

Gemessen an konventioneller Landwirtschaft bestehen aber ebenfalls Zweifel. Zunehmende Resistenzen gegen Totalherbizide beim Anbau herbizidresistenter Pflanzen fördern neue noch hartnäckigere Unkräuter und erfordern einen stärkeren Spritzmitteleinsatz mit giftigeren Substanzen.

Auf den vorangegangenen Seiten habe ich zu verdeutlichen versucht, dass die marktwirtschaftlich eingebundene Nutzung der Technologie nicht zu begrüßen ist und viele Probleme in der Landwirtschaft hervorgebracht hat. Besonders kritisch ist der Einsatz der Terminorttechnologie zu bewerten. Auch in der Hungerdebatte stechen keine stichhaltigen Argumente für den derzeitigen Einsatz dieser Technologie hervor. Es bedarf weiterer, aber vor allem unabhängiger Forschung ohne wirtschaftliche Profitgedanken. Im Folgenden sollen wirkliche Optionen der „grünen Gentechnik“ auf ihre Nutzbarkeit hin überprüft werden.

Echte Alternativen könnten die im Kapitel 3. bereits erläuterten nachwachsenden Rohstoffe sein. Unabhängig vom absehbaren Ende der Erdölvorkommen, könnten diese Pflanzen eine wichtige Innovation zur Gewinnung von

sonst rohölabhängigen Rohstoffen sein. Derzeit werden GV-Kartoffeln erforscht, aus denen biologisch abbaubares Plastik hergestellt werden kann. Auch bei der Biodieselgewinnung könnte gentechnisch veränderter Raps eine Rolle spielen.

Doch auch bei solchen Projekten muss die Ökobilanz stimmen. Was nützt eine Intensivierung des Rapsanbaus, der enorme Pestizid- und Düngeeinsätze mit sich bringt. Außerdem ist die Aufarbeitung zu Treibstoff sehr energieintensiv, was die Ökobilanz weiter verschlechtert. (vgl. Zarzer) Bei diesen zukunftssträchtigen Ideen ist grundsätzlich eine intensive Auseinandersetzung mit möglichen Konsequenzen zu gewährleisten. Auch wenn die Pflanzen nicht zum Verzehr angebaut werden, wirken sie auf Ökosysteme, können Auskreuzen oder Tiere schädigen.

Deshalb muss die Forschung sich auch und vor allem um jene Fragestellungen kümmern, die die problemlösenden – nicht die vermarktbareren – Potenziale der Gentechnologie voll ausschöpfen sollen.

Neuartige Ideen, Pflanzen mit veränderten Nährstoffeigenschaften zu züchten, sehe ich ebenso kritisch. Der Mensch kann aus einer Fülle an Pflanzen wählen, die ihm sämtliche Nährstoffe und Mineralien zur Verfügung stellen. Das Transferieren einer speziellen Eigenschaft in eine weit verbreitete Ackerpflanze negiert die Existenzberechtigung der Ursprungspflanze, die diese Eigenschaft bereits enthält. Die Folgen reichen bis hin zu einer Verstärkung des Biodiversitätsproblems. Obendrein bleibt die Frage offen, ob der Verbraucher tatsächlich eine solche Pflanze akzeptieren würde, wenn es natürliche Alternativen gibt.

GV-Pflanzen, in denen Impfstoffe herausgebildet werden, könnten ein weiteres interessantes Forschungsprojekt sein. Mit solchen Projekten als Ausgangspunkt, kann die bisher noch am Anfang stehende Gentechnologie durchaus eine Zukunftstechnologie werden – dazu müssen jedoch die richtigen Fragen gestellt werden, die Risiken nicht verschwiegen oder gar verharmlost, sondern Gegenstand weiterer Forschung werden, damit sie gemindert werden können.

Versuche mit Hepatitis-B-Antigen-Kartoffeln fielen vielversprechend aus. Auch mit Pflanzen, die Impfstoffe gegen Malaria, Grippe, Cholera, Diarrhoe und autoimmunes Diabetes herstellen, wurde experimentiert. Umstritten ist nach wie vor die sichere Handhabung der Pflanzen, in denen hochwirksame Antigene gezüchtet werden. Die Gefahr besteht, dass Wirkstoffe entweichen oder in die Nahrungskette gelangen. (vgl. Zarzer) Freilandanbau ist hier besonders heikel, die „Cholera-Kartoffel“, die auch in Groß Lüsewitz bei Rostock versuchsweise angebaut wurde, erfreute sich keiner großen Beliebtheit bei der Bevölkerung. Diesbezüglich ist eine objektive Aufklärung über gentechnisch veränderte Pflanzen dringend notwendig. Wie das Thema in den Medien bereits gehandhabt wurde, ist im folgenden Kapitel dargestellt.

6. Die Gentechnik im öffentlichen Diskurs

Wichtig bei der Ausarbeitung dieser Thematik sowie bei der Recherche für filmtaugliche Themen ist die mediale Aufbereitung des Themas Gentechnik. Auch das bereits vorhandene Wissen und die Meinung der Bevölkerung wollte ich genauer bestimmen. Ich habe herausgefunden, dass der Komplex Gentechnik zwar vielen ein Begriff ist, doch besitzen die Wenigsten genug Hintergrundwissen, um über die Risiken und Chancen dieser Technologie angemessen diskutieren zu können. Mit meinem Film möchte ich zum einen Wissenslücken schließen und zum anderen die Diskussionsbereitschaft entfachen.

Mir war es wichtig, im Vorfeld herauszufinden, in welcher Weise die Bevölkerung bereits durch die allgemeinen Massenmedien über das Thema Gentechnik informiert wird. Auf welcher Grundlage basieren die Medienbeiträge; sind sie eher pro oder contra „grüne Gentechnik“?

Welche Rolle spielen die Journalisten bei der Wissensvermittlung dieses kontroversen Themas? In den nächsten Abschnitten gehe ich diesen Fragen nach.

6.1. *Wahrnehmung und Bewertung der Gentechnologie durch die Bevölkerung*

Der deutschen Öffentlichkeit wird vorgeworfen, sie verharre in einer pauschalen Technikfeindlichkeit und reagiere bei der Gentechnik genauso wie bei anderen neuen Technologien, erst einmal mit Ablehnung. Obwohl bei Beantwortung der Allensbach-Frage,¹⁴ ob die Technik Fluch oder Segen sei, der Anteil der Befragten, die in der Technik einen Segen sehen, stark zurückgegangen ist, ist der Anteil derer, die in der Technik einen Fluch sehen, nicht gestiegen.

Es ist vielmehr ein größerer Anteil zu beobachten, der eine differenzierte oder ambivalente Einstellung gegenüber Technik entwickelt hat. Somit kann man nicht pauschal von einer Technikfeindlichkeit der Deutschen reden, zeigt doch diese Umfrage, dass der Fortschrittseuphorie eine stärker differenzierende, von Kosten-Nutzen-Überlegungen und mit Gerechtigkeitsabwägungen sowie Kontrollerwartungen geprägte Haltung der Technikfeindlichkeit gegenübergetreten ist. (vgl. Hampel/Renn)

Es ist fraglich geworden, ob technischer Fortschritt automatisch zu einer

¹⁴ Das Institut für Demoskopie Allensbach ist eine Gesellschaft zum Studium der öffentlichen Meinung. Das deutsche Institut für Umfragenforschung führt jährlich ca. 100 Studien mit Schwerpunkt Mediaanalyse, Marktforschung, Sozialforschung sowie politischer Forschung durch und bringt das Allensbacher Jahrbuch der Demoskopie heraus. Seit über 30 Jahren werden auch immer wieder gleiche Fragen gestellt (beispielsweise ob die Technik Fluch oder Segen ist oder ob sich die Demokratie im Großen und Ganzen bewährt habe), so dass Schwankungen in der öffentlichen Meinung über Jahre hinweg beobachtet werden können.).

Verbesserung der Lebensqualität führt. Der Widerstand gegen neue Techniken könnte das Resultat einer Krise des Konzepts „Fortschritt“ sein (nach Alain Touraine). Technik erscheint vielmehr als ein Instrument, welches bestimmten Gruppen oder Individuen erlaubt, ihre Ziele erreichen zu können, die nicht mehr rational begründet werden können. Obendrein wird die Wissenschaft an sich nicht mehr als Angelegenheit einer kleinen Gemeinschaft angesehen, sondern als Bestandteil oder abhängiger Lieferant des ökonomischen und politischen Systems; denn, so Hampel/Renn, die finanziellen Ressourcen von Wissenschaft, die Karrieren von Wissenschaftlern, manchmal auch die Ziele von Forschungseinrichtungen hängen von nichtwissenschaftlichen Faktoren ab. Zusammenfassend lautet die Annahme, dass wissenschaftlicher und technischer Wandel nicht mehr als Garanten von Wohlstand, Freiheit und Glück angesehen werden. (Vgl. Hampel/Renn) Die Riege der Wissenschaftler nimmt an, dass mehr Aufklärung und ein besseres Verständnis auch zu einer größeren Akzeptanz der Gentechnologie führen würden.

Diese These ist bislang eher eine Vermutung bzw. eine Hoffnung. Umgekehrt findet man diese Hoffnung auch bei den Gegnern der Technologie. Das heißt in deren Sinne, je besser die Bevölkerung aufgeklärt ist, desto mehr wird sie eine ablehnende Haltung gegenüber der Gentechnik entwickeln. Obwohl beide Haltungen sehr einseitig sind, nehmen beide Gruppen an, dass nur über Wissen eine Bewertung der Gentechnik erfolgen kann und je umfassender dieses Wissen ist, desto stärker ist die Akzeptanz oder Ablehnung der Gentechnik. Doch woher bekommt die Bevölkerung die Informationen? Die direkten Quellen sind Zeitungen, Fernsehen und Rundfunk und dort werden meist nur einzelne Aspekte oft unzureichend erläutert, missverständlich oder gar falsch dargestellt. Auch fehlt den meisten das Vorwissen in Molekularbiologie, um angebotene Informationen zu dem Thema entsprechend aufnehmen zu können. Wie sollen die Menschen also diese Technologie hinsichtlich wissenschaftlicher Fakten beurteilen können? (vgl. ebd.)

Ein weiteres Problem stellt das mangelnde Vertrauen und die Skepsis gegenüber „Experten“ dar. Das liegt daran, dass die soziale Differenzierung zwischen Technikproduzenten, aktiven Techniknutzern und passiv Betroffenen groß ist. Die meisten Menschen haben keinen Einfluss auf die Entwicklung und Anwendung der Technologien und somit müssen sie den technikproduzierenden Teilnehmern im wissenschaftlichen System Vertrauen schenken. Tun sie das nicht, sehen sie die uns umgebende Technisierung eher als Bestandteil einer vorgegebenen, potenziell bedrohlichen Umwelt, deren Gefahren man als „Betroffener“ ausgesetzt ist. Früher standen eher Bedrohungen aus einer feindlichen Natur im Vordergrund (Katastrophen, Seuchen), heute dominieren zivilisatorisch verursachte Bedrohungen (z.B. Chemisierung der Umwelt, Verkehrsunfälle, Katastrophenpotenziale großtechnischer Anlagen). Bei der Gentechnik sind zwei Perspektiven auf die Technik möglich: zum einen die

Technik als Werkzeug, also als Mittel zum Erreichen von Zielen, zum zweiten die *Technik als bedrohliche Umwelt*, besonders im Zusammenhang einer profitorientierten Entwicklung und Nutzung. Zum einen gilt die Gentechnologie im medizinischen Bereich als Mittel zur Erkennung und Behebung von Krankheiten, im industriellen und agrarischen Bereich löst die Gentechnik eher Befürchtungen aus, dass die Umwelt in einer gefährlichen Art und Weise verändert wird. (vgl. Peters in Hampel/Renn)

Da gerade im Lebensmittelbereich dem Kunden die Gentechnik quasi aufgezwungen wird, und er eine sehr geringe Entscheidungsgewalt besitzt, ist die Konsumentensouveränität unterlaufen worden. Durch diese den Verbrauchern willkürlich auferlegte Bedrohung ist es umso leichter, pauschale und mit Gefühlen der Ohnmacht und Wut verbundene Ablehnung zu provozieren.

Das Vertrauen der Hersteller in die eigenen Produkte scheint nicht allzu groß, sonst würden sie, so denkt der Kunde, wie bei ähnlichen innovativen Produkten, damit werben und das Innovationsmerkmal Gentechnik nicht schamhaft verschweigen. (vgl. ebd.)

Dadurch, dass die Technikfolgen keiner individuellen Kontrolle unterliegen, ist das Vertrauen in die gesellschaftliche Kontrollierbarkeit der Gentechnik bedeutsam. Das Zusammenwirken von Politikern und politischen Institutionen gepaart mit Experten der wissenschaftlichen Institutionen sind an dieser Stelle gefragt, die Technikkontrolle vorzunehmen. Die Glaubwürdigkeit und Legitimation derer, die Einfluss auf die Entwicklung und Anwendung der Gentechnik haben, wurde anhand einer repräsentativen Bevölkerungsbefragung ermittelt. Dabei wurde den Naturwissenschaftlern und den Unternehmen der stärkste Einfluss zugeschrieben, also denjenigen, die die Gentechnik entwickeln und anwenden. Demokratisch legitimierten nationalstaatlichen und europäischen regulativen Institutionen wurde jedoch ein deutlich geringerer Einfluss zugesprochen. Selbst nichtstaatliche gesellschaftliche Institutionen wie Presse, Funk und Fernsehen, Verbraucher- und Umweltverbände wurden als einflussreicher bewertet. Ergo kann von hohem Vertrauen in die staatlichen Institutionen und deren gentechnikbezogenen Kontrollmechanismen kaum die Rede sein. Rund 70 Prozent der Befragten meinen, die Gentechnik sei nicht durch Gesetze genügend kontrollierbar, wobei 80% befürchten, die Gesetze zur Kontrolle der Gentechnik seien nicht streng genug überwacht. Diese Ergebnisse deuten auf die Wahrnehmung eines erheblichen Kontrolldefizits hin. Den Befragten scheint die Anwendung der Gentechnik kaum durch Regulierungsversuche der demokratisch legitimierten Institutionen beeinflussbar zu sein. Davon ausgehend wurde untersucht, wie das Vertrauen zu den Experten, die diese Technologie initiieren und steuern, unter den Befragten eingeschätzt wird. Da wir im alltäglichen Leben, im verwissenschaftlichten und technisierten Alltag, der Technik ständig vertrauen (bspw. der Medizin, den Flugzeugen, Aufzügen, Geldautomaten und Festplatten), könnte man davon ausgehen,

dass dem ebenso in gentechnikbezogenen Fragen so ist. Festgestellt wurde jedoch, dass die Validität des Wissens jener Gentechnikexperten eher skeptisch beurteilt wurde, ihnen wurde das Interesse am Allgemeinwohl abgesprochen, eine Orientierung hin zu Interessen der Arbeit- und Auftraggeber unterstellt und es wurde abgelehnt, den Experten eine besondere politische Einflussnahme zuzuweisen.

Auch die ethische Kompetenz der Fachleute wurde eher als mittelmäßig eingeschätzt. (vgl. ebd.) Es wird hierbei deutlich, dass das Misstrauen nicht die Gentechnologie selbst betrifft, sondern den Interessen der Leute gilt, die über sie verfügen.

Es ist davon auszugehen, dass die Bevölkerung durch die Wahrnehmung eines Kontrolldefizits in Bezug auf die Gentechnik und den hohen Einfluss, den sie den Entwicklern und Anwendern dieser Technik zuschreibt, bei niedrigem Vertrauen in diese Experten tendenziell kritischer zur Gentechnik eingestellt ist, als Personen die ein hohes Vertrauen in Gentechnikexperten haben. Grund dafür könnte die hohe Wissenskluft zwischen Experten und Laien sein.

Es gibt verschiedene Ansätze zur Überwindung dieser, durch den Vertrauensverlust in die Kontrollmöglichkeiten und den Experten entstandenen, ablehnenden Haltung der Konsumenten gegenüber der Gentechnik. Eine konsequente Maßnahme wäre, den Verbrauchern wieder die Chance der Mitbestimmung zu geben. Dazu könnte eine umfassende Kennzeichnung von Lebensmitteln, bei deren Herstellung die Gentechnik im Spiel war, beitragen.

Schließlich hängt die Kaufentscheidung vieler davon ab, unter welchen Umständen ein Produkt hergestellt wurde (zum Beispiel Eier aus Käfighaltung) oder ob politische Ziele verfolgt werden (Boykott von Shell im Fall „Brent Spar“). (vgl. ebd.)

Auch die stärkere Einbindung von Experten in gesellschaftliche Kommunikations- und Meinungsbildungsprozesse ist wichtig, ebenso die Ermöglichung der öffentlichen Diskussion, mit der Bereitstellung des nötigen Wissens durch die Medien. Dadurch allein kann das Vertrauen der Bürger in jene Experten zwar nicht gewonnen werden, aber durch eine Verbesserung des Wissens- oder Informationsstandes der Bevölkerung kann diese auch die Experten besser verstehen. Ob die Eliminierung der Wissensschlucht jedoch genügt, ist fraglich. Schließlich ist das nur ein Faktor, der die Einstellung gegenüber der Technik beeinflusst. Trotzdem sollte dieser Weg eingeschlagen werden, um beide Gruppen durch Kommunikation einander näher zu bringen. Dadurch müssten die Vorurteile auf beiden Seiten aus dem Weg geräumt werden, nicht nur das Vertrauen seitens der Bürger gegenüber den Experten müsste überdacht werden, sondern auch das Vertrauen der Experten in die Mündigkeit der Bevölkerung! (vgl. ebd.)

6.2. Medienresonanz

6.2.1. Gentechnik und Journalismus

Da der Konsument hauptsächlich durch die Massenmedien Nachrichten übermittelt bekommt, wird von verschiedenen Seiten (Politik, Wissenschaft etc.) vermutet, dass dies auch die Ursache für das negative Image der Gentechnik in Deutschland sei, denn die Berichterstattung sei zum Großteil eher kritisch bis hin zu feindlich eingestellt.

Journalisten stehen an erster Stufe im Meinungsbildungsprozess, da sie der Bevölkerung durch Darstellungen von Technik (speziell Gentechnik) Informationen liefern, die der einzelne Bürger sonst nur schwer beurteilen könnte. Daher sind Journalisten in hohem Maße verantwortlich für die Bildung, also Beeinflussung unserer Meinung. Da Journalisten über so vielschichtige Themen wie die Gentechnologie selbst nicht genügend Informationen haben, ziehen sie oft Experten zu Rate, die auch zitiert werden. Hier ist es wichtig, welche Quellen benutzt bzw. welche Experten zu welchen Themengebieten der Gentechnik befragt werden, ob es fachlich die richtigen Wissenschaftler sind, oder nur am Rande beteiligte, aber prominente Vertreter. Gerade eine risikoreiche Technologie, die viele Unsicherheiten birgt, verhilft unzähligen Experten aus den verschiedensten Bereichen dazu, zu Wort zu kommen (Naturwissenschaftler, Sozialwissenschaftler, Theologen und Philosophen). Unterschiede zwischen den verschiedenen Professionen sind also auch nicht zu vernachlässigen. (vgl. Schenk in Hampel/Renn) Ein weiterer Aspekt ist, dass gerade im Falle der Gentechnik Risiken betont werden, da der Negativismus als Nachrichtenfaktor besonders genutzt wird („Bad news are good news.“). Aber auch die Kritik-Funktion der Medien spielt dabei eine Rolle.

Auf der anderen Seite agieren die Experten auch als Wissenschaftsmanager, die von wirtschaftlichen Ressourcen abhängig sind und im eigenen Interesse öffentliche Akzeptanz für ihre Forschung erhalten wollen. Für sie wird Publizität zum Erfolgsfaktor und deshalb ringen Pressemitteilungen um die Aufmerksamkeit der Journalisten. (vgl. ebd.)

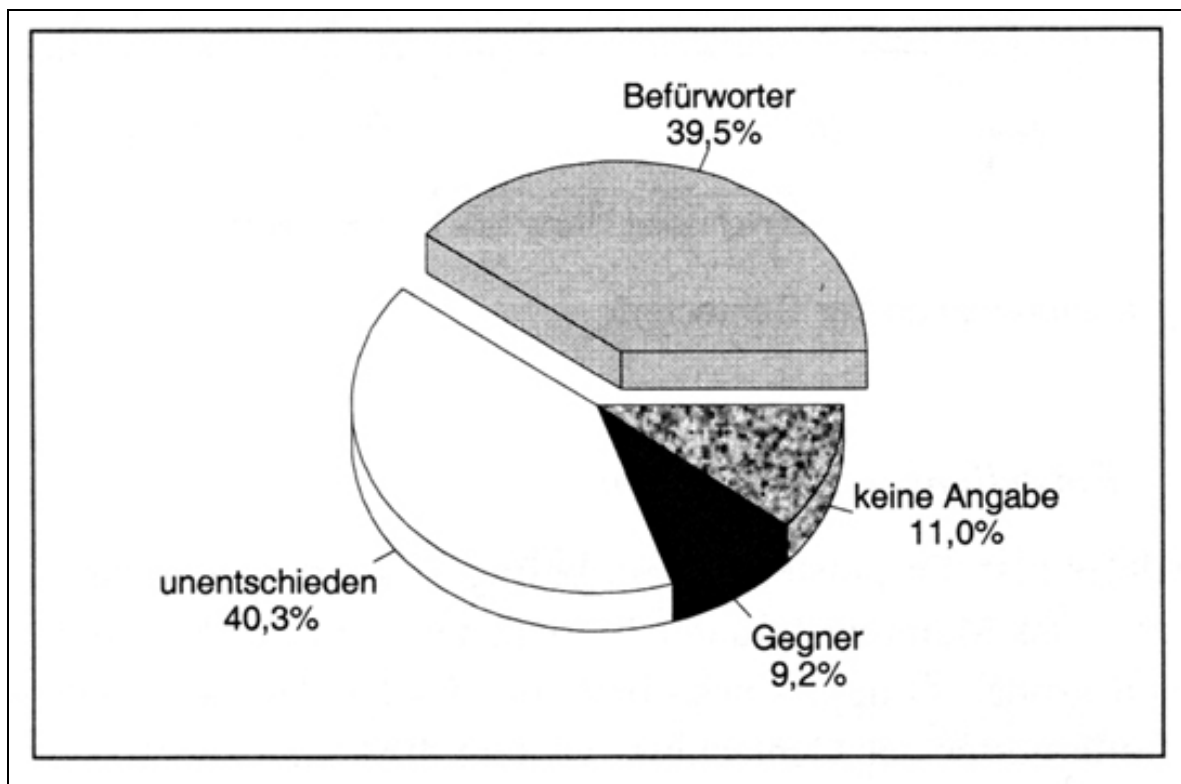
Inwieweit diese nun tatsächlich beeinflusst werden, wie sie recherchieren und welche Quellen in Betracht kommen, wurde in einer Studie durch Befragung von 119 deutschen Journalisten, die regelmäßig über das Thema Gentechnologie berichten, untersucht.¹⁵ Weitere Kernfragen der Umfrage waren, ob die Quellen, welche Journalisten heranziehen, um ihre Wissenslücken zu schließen, eher naturwissenschaftlicher oder geisteswissenschaftlicher Natur sind. Gibt es Unterschiede in der Quellenwahl zwischen allgemeinpolitischen Redakteuren und Wissenschaftsjournalisten, so dass man daraus schließen

¹⁵ Studie „Gentechnik und Journalisten“ von Michael Schenk veröffentlicht in „Gentechnik in der Öffentlichkeit“ von Jürgen Hampel und Ortwin Renn, erschienen 1999.

könnte, Wissenschaftsjournalisten ziehen eher Naturwissenschaftler zu Rate und allgemeinpolitische Redakteure eher Geistes- und Sozialwissenschaftler? (vgl. ebd.) Rund 60% der Befragten arbeiten im Wissenschaftsressort, der Rest in anderen Bereichen wie Politik, Wirtschaft, Lokales. Dabei sind 76% in den Printmedien, 24% in elektronischen Medien tätig. Interessant ist, dass 85% der Befragten ein Studium abgeschlossen haben, 22% sogar promovierten. Dabei ist die überwiegende Zahl der Studienfächer im naturwissenschaftlichen Bereich angesiedelt (45% hatten einen Abschluss im Bereich Biologie oder Chemie, in einigen Fällen sogar in beiden Fächern), lediglich ein Drittel hat ein rein wirtschafts-, geistes- oder sozialwissenschaftliches Studium abgeschlossen. Die journalistische Ausbildung (z.B. ein Volontariat) haben jedoch nur 55% abgeschlossen. Das resultiert daraus, dass bei den befragten Journalisten die berufliche Qualifikation aus der fachspezifischen (meist naturwissenschaftlichen) Ausbildung stammt. Schon hier erkennt man, dass entgegen mancher Vorurteile die Journalisten über eine solide naturwissenschaftliche Basis verfügen. (vgl. ebd.)

Die befragten Journalisten verteilen sich in ihrer allgemeinen Einstellung in der Mehrzahl auf zwei gleich große Gruppen: 40% verstehen sich als Befürworter, weitere 40% sind (noch) unentschieden. Der Anteil der Gegner gentechnischer Anwendungen beläuft sich auf 9% (siehe Abb. 6).

Abbildung 6: Generelle Beurteilung der Gentechnik (befragte Journalisten)



Quelle: Hampel/Renn: Gentechnik in der Öffentlichkeit, 1999.

Man kann schlussfolgern, dass jene, die noch unentschieden sind bezüglich einer Position pro oder contra Gentechnik, möglicherweise deshalb noch keine abschließende Meinung zu dem Thema gebildet haben, da sie ihre Wissens- und Erfahrungswerte noch als mangelhaft bewerten. Bei der Anwendung gentechnischer Verfahren bei Nutzpflanzen gibt es jedoch weniger eindeutige Positionen: 28,6% bewerten sie positiv, 21,8% negativ und 27,7% haben hierzu eine (noch) indifferente Meinung. Dies zeigt, dass es nicht nur keine durchgängig negative oder positive Meinung gibt, sondern dass diese sogar themenspezifisch variiert. (vgl. ebd.)

Auffallend ist, dass konkrete Auslöser für einen Bericht überdurchschnittlich oft (30% aller Fälle) Freisetzungs- bzw. Freilandversuche oder die damit einhergehenden Proteste waren.

Danach kommen innenpolitische Anlässe, wissenschaftliche Kongresse oder Fachtagungen und zum Schluss außenpolitische Entwicklungen oder die Entwicklung und Anwendung neuer gentechnischer Produkte oder Verfahren. Deutlich wird, dass das Augenmerk zum einen auf inländischen Ereignissen liegt, zum zweiten ist die Bedeutung der Freisetzungen und der damit einhergehenden Proteste für die journalistische Arbeit überdurchschnittlich hoch. Diese Ereignisse haben einerseits eine regionale oder lokale Bedeutung, darüber hinaus besitzen derartige Geschehnisse viele Nachrichtenmerkmale bzw. Faktoren, die für einen hohen Nachrichtenwert sorgen: die Singularität des Geschehens, Überraschung, Konflikthaltigkeit. Die Chance, über die Gentechnik zu berichten, steigt mit solchen spektakulären Begleitumständen deutlich. (vgl. ebd.)

Das Informations- und Rechercheverhalten der Journalisten wurde ebenfalls untersucht. Zusammenfassend geht daraus hervor, dass es eine hohe Wertschätzung von Informationsquellen mit eindeutiger fachspezifischer Ausrichtung gibt, wobei das Rechercheverhalten sich vor allem an wissenschaftlichen Arbeitsmethoden orientiert. Demzufolge kann man aus der hohen Nutzung von Fachliteratur, Tagungen oder Datenbankrecherchen schließen, dass die Berichterstattung zu diesem Thema mit einem ungewöhnlich hohen Rechercheaufwand betrieben wird, welcher über dem journalistischen Standard liegt. (vgl. ebd.)

Auch die Nutzung der Printmedien spielt eine große Rolle bei der Quellenwahl. Die Mehrheit der befragten Journalisten nutzt regelmäßig folgende aktuelle Wochen- und Tageszeitungen: *Der Spiegel* (61%), *Süddeutsche Zeitung* (63%), *Die Zeit* (58%) und *Bild der Wissenschaft* (50%). Andere überregionale Printmedien wie *taz*, *Die Woche* oder *Die Welt* sind von deutlich geringerer Bedeutung. Über die vorgegebenen Printmedien hinaus wurden noch weitere Presseerzeugnisse genannt, die regelmäßig genutzt werden. Dabei hatten zwei Drittel eine naturwissenschaftliche Ausrichtung, wobei die Zeitschriften *Nature*, *Science* und *New Scientist* die größte Rolle spielten. Es ist auffällig, dass

sich 44% der Nennungen auf internationale, englischsprachige Fachzeitschriften beziehen. Dies zeigt eine enorme Vielfältigkeit der Mediennutzung, kein Printmedium kann sich als Meinungsführer behaupten. (vgl. ebd.)

Pressemitteilungen waren ebenfalls Teil der Befragung, da sie einen wichtigen Bestandteil von Public-Relations-Maßnahmen der Unternehmen oder anderer Institutionen darstellen, die versuchen, auf die öffentliche Meinung oder einzelne gesellschaftliche Teilgruppen Einfluss zu nehmen. Journalisten stehen Pressemitteilungen im Allgemeinen mehrheitlich positiv gegenüber, jedoch variiert diese Ansicht bei Gentechnikjournalisten, welche die Zuverlässigkeit der Pressemitteilungen anzweifeln. So schätzt man ein, dass Pressemitteilungen zu einer unkritischen Berichterstattung führen können und betrachtet diese Art der Quelle keineswegs als hinlänglich, um die Aufarbeitung des Themas ersetzen zu können. (vgl. ebd.)

Anhand der Analyse, welche Personen im näheren beruflichen Umfeld der Journalisten eine beratende, ratgebende Funktion haben, wurde festgestellt, dass die Kontaktpersonen in hohem Maße einem wissenschaftlichen Kontext entstammen (48,5%). Weitere Personen verteilen sich wie folgt: Unternehmen (Gentechnikbranche) 14,6%, Politiker 9,2%, Medienbranche 8,4%, Verbände pro Gentechnik 6,2%, Bürgerinitiativen 5,4%, Verbraucherschutz 3,8% (Kirche und private Forschung spielen kaum eine Rolle). (siehe Abb. 7) Insgesamt ist festzustellen, dass es einen eindeutigen Überhang an Personen bzw. Institutionen gibt, die der Gentechnik eher positiv gegenüberstehen. Weiterhin veranschaulichen die Daten, dass Wissenschaftsjournalisten häufiger ein homogenes befürwortendes Netzwerk an rat- und informationsgebenden Personen haben, als deren Kollegen anderer Ressorts. Ein homogen ablehnendes Netzwerk wurde allerdings bei keinem der Befragten (also auch nicht bei politischen Redakteuren) sichtbar. (vgl. ebd.)

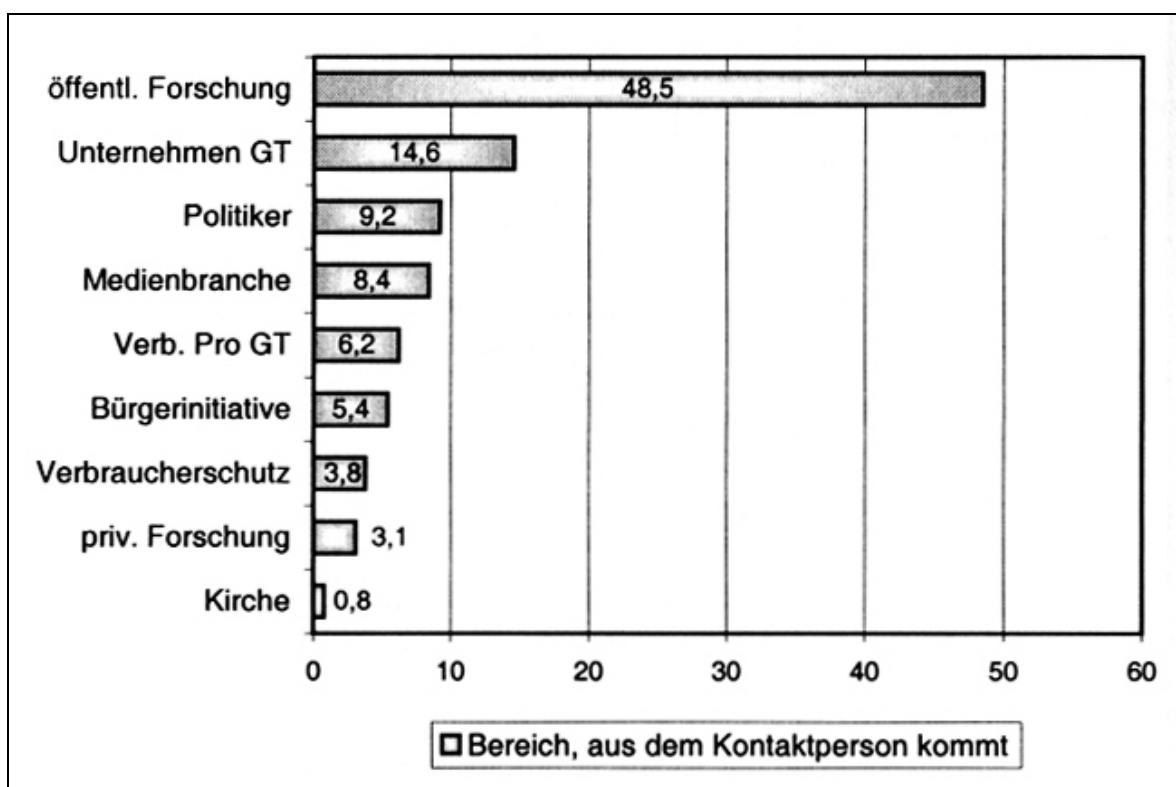
Zusammenfassend kann man sagen, dass Naturwissenschaftler von Journalisten eher befragt werden, also eine Dominanzstellung gegenüber Politikern, Kirchenvertretern oder Sozialwissenschaftlern inne haben (siehe Abb. 7). (vgl. ebd.)

Kritische Mutmaßer argwöhnen, dass die Berichterstattung über Gentechnik eher negativ und allzu kritisch erfolgt, teilweise sogar feindlich gesinnt sei. Journalisten wird oft unterstellt, mehrheitlich negativ gegenüber der Gentechnik eingestellt zu sein, was sich in einer wenig qualifizierten und überkritischen Berichterstattung niederschlägt.

Dieses Bild wird durch die Studie jedoch nicht bestätigt, zeigt sie doch ein vielschichtiges Bild der Journalisten, die überwiegend eher Befürworter als Gegner der Gentechnik sind. Vorbehaltlos wird eine Zustimmung jedoch nicht für jedes Anwendungsfeld übernommen, sondern die verschiedenen Bereiche werden differenzierter betrachtet. Anwendungen im Bereich der Human- und der Mikrobengenetik werden weitaus positiver bewertet, als Nutzpflanzenge-

netik oder Tiergenetik, welche am negativsten bewertet werden. Es konnten auch keine Hinweise auf eine Sonderrolle von politischen Redakteuren oder Wissenschaftsjournalisten ausgemacht werden. Die Untersuchung verdeutlicht zudem, dass die persönliche Meinungsbildung der Journalisten relativ stark vom beruflichen Umfeld – insbesondere universitären Naturwissenschaftlern – beeinflusst wird, wobei ein gentechnik-positiver Einfluss von diesen Experten ausgeht. Das Rechercheverhalten zeigt, dass das Thema Gentechnik überwiegend mit einem journalistischen Aufwand betrieben wird, der ungewöhnlich hoch ist. Es wurden keine Anzeichen sichtbar, dass Naturwissenschaftler kein Gehör in der öffentlichen Debatte zur Gentechnik bekommen. (vgl. ebd.)

Abbildung 7: *Bereiche, aus denen die Kontaktpersonen der Journalisten kommen*



Quelle: Hampel/Renn: Gentechnik in der Öffentlichkeit, 1999.

6.2.2. Mediale Aufbereitung des Themas Gentechnik

„Risikokommunikation ist ein neuzeitliches Phänomen und verdankt sich drei voneinander relativ unabhängigen Entwicklungen: a) der Entwicklung von Hochtechnologien, b) der Entwicklung der Gesellschaft zur Mediengesellschaft und c) einem veränderten Sozialbewußtsein, das nicht mehr, wie früher, nur positivistisch am Nutzen von Technologien interessiert ist, sondern – eher

skeptisch – auch den möglichen (zukünftigen) Schaden vorweg mitbilanzieren möchte.“ (Merten in Hampel/Renn S. 318)

Lange Zeit galten die Deutschen verglichen mit anderen Industrieländern als besonders gentechnikkritisch. Die deutschen Journalisten wurden für das schlechte Ansehen, das sie der Einführung dieser neuen Großtechnologie bescherten, verantwortlich gemacht. Den Massenmedien wurde vorgehalten, sie hätten unnötig alarmierende Nachrichten über die Gentechnik verbreitet und diese damit in Misskredit gebracht, statt die Bevölkerung aufzuklären. Seitens einiger medienkritischer Hardliner gab es sogar die Auffassung, sensationalistische und negative Meinungsmache habe die nationale Gentech-Forschung außer Landes getrieben und dem Industrie- und Technologiestandort Deutschland schwer geschadet. (vgl. Hampel/Renn)

Diese Annahmen entbehren jedoch jeder Eigenlogik und halten auch den kommunikationswissenschaftlichen Analysen nicht stand, wie in der im vorangegangenen Abschnitt vorgestellten Studie über journalistisches Arbeiten deutlich wurde. Die Ergebnisse einer internationalen Vergleichsstudie zur Gentechnikberichterstattung zeigen, dass es keinen deutschen Sonderweg gibt. Es wurde auch ersichtlich, dass weder deutsche, amerikanische, französische noch britische Medien die Gentechnik als ein extremes Konfliktthema inszeniert hätten.

Länderübergreifend zeigte sich, dass vielen gentechnischen Anwendungen (beispielsweise bei der Bekämpfung von Aids und Krebs) eine hohe Akzeptanz bescheinigt wurde. Wenn es aber um Landwirtschaft und Umwelt ging, wurde die Berichterstattung skeptischer, speziell im Hinblick auf gentechnische Veränderung von Nahrungsmitteln. Wie im vorigen Kapitel über Journalismus und Gentechnik erkennbar wurde, liegt es auch nicht an der Ignoranz des wissenschaftlichen Sachverstandes jener Journalisten, die das Bild der Gentechnik in der deutschen Öffentlichkeit mitprägen. So ist es auch ein länderübergreifendes Merkmal, dass die Wissenschaft ein nicht minder dominanter Akteur bei der Gentechnikberichterstattung ist. (vgl. Merten in Hampel/Renn)

Wie sieht es nun konkret mit Produkten journalistischer Arbeit, mit Zeitungsartikeln und Fernsehberichten, aus? Wie wird in den Medien das Thema Gentechnik tatsächlich aufbereitet?

Die Bundeszentrale für politische Bildung äußert sich folgendermaßen über die Partizipationsmöglichkeiten am öffentlichen Diskurs durch betroffene und interessierte Gruppen: *„Für eine demokratisch und offen geführte Diskussion über neue Techniken und Produkte sowie deren Bewertung muß gewährleistet sein, daß alle beteiligten Personen vor dem Hintergrund ihrer persönlichen Werthaltungen, Interessen- und Betroffenheitslagen die ihnen bedeutend erscheinenden Gesichtspunkte in den Meinungsbildungs- oder Entscheidungsprozeß einbringen können.“* (Bundeszentrale für politische Bildung in Ham-

pel/Renn S. 320)

Gerade bei der Gentechnologie sind diese Aspekte von besonderer Bedeutung, da hier im Gegensatz zu anderen Technologien ethische und auch religiöse Aspekte stärker im Vordergrund stehen. Der Eingriff in die vorgegebene Natur impliziert also weitaus mehr kritisches Diskussionsmaterial, als zum Beispiel bei der Kernenergie. Massenmedien (Presse und Fernsehen) sind in dieser Diskussion zum einen Informationsquelle, bieten aber zugleich auch das Forum für diverse Diskurse. Dieser Einfluss wird von Vertretern der Wissenschaft und Wirtschaft sehr kritisch beäugt, da die Massenmedien durch ihren Informationsvorsprung gegenüber den Rezipienten eine Schlüssel- und auch Expertenfunktion bedienen. Den Medienvertretern wird hingegen seitens der Bevölkerung eine unabhängige und nicht interessengeleitete Position zugewiesen, durch die sie im Gegensatz zu Vertretern biotechnologischer Unternehmen einen größeren Grad an Glaubwürdigkeit besitzen. Somit ist die Rolle der Medien als primäre Informationsquelle eine wichtige in der gesellschaftlichen Diskussion über Gentechnologie, da angenommen wird, die Medien haben maßgeblichen Einfluss auf die gesellschaftliche Akzeptanz oder Ablehnung dieser Technologie. (vgl. ebd.)

Die Studie dazu, die ich kurz vorstellen möchte, fand im Zeitraum zwischen März und August 1994 statt und beschäftigte sich mit deutschen Presseerzeugnissen und Fernsehprogrammen.

Zwischen dem Fernsehen als „Bildmedium“ und den Printmedien muss dahingehend unterschieden werden, dass den Printmedien ein weitaus stärker strukturzeugendes Potential zugewiesen wird. Das bedeutet, dass das aktive Handeln des Lesers durch die Möglichkeit des wiederholten und selektiven Lesens weitaus stärker gefordert wird, als beim Fernsehen, welches eher zu den entstrukturierenden, vereinheitlichenden Medien gezählt wird.

Seitens der Printmedien wurden vorrangig überregionale Zeitungen, wie die Prestigezeitungen *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, *Süddeutsche Zeitung* und *Die Welt*, sowie die linksalternative *Tageszeitung (taz)* und die *BILD-Zeitung* als Beispiel der Boulevardpresse ausgewählt. Auch zwei regionale Tageszeitungen wurden mit einbezogen. (vgl. ebd.)

Insgesamt konnten 444 Artikel ausgewertet werden, wobei in der *taz* die meisten Beiträge erschienen, dicht gefolgt von den Prestigezeitungen. In den regionalen Zeitungen, sowie in *BILD* konnten die wenigsten Artikel, auch flächenanteilig betrachtet, ausgemacht werden. Der Großteil der Artikel über Gentechnik bestand aus Berichten, Reportagen und Meldungen bis zu 16 Zeilen.

Seitens der TV-Analyse wurden die bundesweit ausgestrahlten Vollprogramme *ZDF* und *RTL*, sowie die *ARD*-Landesprogramme *West 3* und *Bayern 3* untersucht. Insgesamt 101 Sendungen berichteten über Gentechnik, wobei 36 auf das *ZDF* entfielen, 25 auf *WDR*, 24 auf den *Bayrischen Rundfunk* und

16 auf den Sender *RTL*.

Anlässe für die Berichterstattung waren in den Gruppen ›Entdeckungen/erste Anwendungen/erste Erfolge‹, bei ›Tagungen o.ä.‹ und ›Entscheidungen/Umsetzung von Entscheidungen‹ zu finden. In den Bereichen Wissenschaft und Politik konnten die wichtigsten Anlässe für Berichterstattungen ausgemacht werden, die Öffentlichkeit bildet dagegen nur selten einen Anlass für Berichte über Gentechnik und agiert in der Debatte nicht als Initiator medialer Information und Diskussion über Gentechnologie. (vgl. Merten in Hampel/Renn)

Die Themenstruktur zeigt eine Betonung der Themenkreise ›Medizinische Forschung und Therapie‹, ›Biotechnologische Grundlagenforschung‹, ›Zulassung und Kennzeichnung von genmanipulierten Nahrungsmitteln‹, ›Landwirtschaft und Nahrungsmittelindustrie‹ sowie ›Wissenschaftliche Verantwortung und Ethik‹. Die Darstellung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse kommt in knapp zwei Dritteln aller Artikel und Sendeberichte vor. In den Hintergrund tritt vergleichsweise die Diskussion politischen Handlungsbedarfs und ethischer Fragen. Bei den TV-Sendungen zeigt sich zudem eine stärkere Orientierung auf anwendungsbezogene Berichte. Zusammenfassend wurde festgestellt, dass die Berichterstattung weniger die spektakulären Aspekte in den Vordergrund stellt, sondern eher sachliche Darstellungen favorisiert. In ihrer Gesamtheit wurde die Berichterstattung als relativ unaufgeregt bewertet.

Die Themenkreise waren derweil so unterschiedlich, dass nicht von der Gentechnikberichterstattung gesprochen werden konnte, sondern das jeweilige thematische Umfeld im Auge behalten werden musste. Ein Unterschied zwischen Presse und Fernsehen konnte beim Umgang mit Zitaten ausgemacht werden. Die Nennung personaler, medialer oder anderer Informationsquellen wurde in den TV-Sendungen nur viermal registriert, in den untersuchten Presseartikeln fanden sich 124 Quellenverweise. Das zeigt, dass in der Presse mehr auf Hintergründe geachtet wird und die Aufbereitung gentechnischer Themen hier mehr an wissenschaftlichen Standards orientiert ist als beim Fernsehen. (vgl. ebd.)

Betrachtet man die Aussagen zu Nutzen bzw. Chancen und Risiken bzw. Schäden der Gentechnik, werden die Erstgenannten in einem erheblich größeren Ausmaß genannt als die Schäden und Risiken der Technologie: 1579 Aussagen zu Nutzen bzw. Chancen stehen hier 467 Aussagen zu Schäden/Risiken gegenüber. Dieses Ergebnis stimmt nicht mit den oft genannten Vorwürfen überein, die Medien betonten die Risiken und Schäden zu stark. Allerdings werden Nutzen und Chancen am häufigsten im Zusammenhang mit der Gentechnologie im medizinisch-gesundheitlichen Bereich genannt. Auffällig ist auch, dass die meisten genannten Risiken und Schäden im Bereich Gesundheit, Ethik und Umwelt/Natur liegen und damit unmittelbar auf das Allgemeinwohl bedacht sind. Chancen und Nutzen hingegen beziehen sich auf Ge-

sundheit, wirtschaftliche und wissenschaftliche Prosperität und nehmen damit eher Bezug auf Schutzgüter einzelner Individuen oder bestimmter gesellschaftlicher Gruppen. (vgl. ebd.)

Während also die Risiko- und Schadensargumente sehr deutlich auf das Allgemeinwohl abzielen, bleibt der dargestellte Nutzen in der Berichterstattung eher unscharf und mehrdeutig. Gerade die Nutzenorientierung in Bezug auf den medizinischen Humanbereich, wo Optionen der Lebensverlängerung oder Heilung letaler Krankheiten wie Krebs gentechnologische Anwendungen notwendig erscheinen lassen, stehen im Kontrast zu den im landwirtschaftlichen Bereich angestrebten wirtschaftlichen Aspekten einer maßgeschneiderten industriellen Produktion von Lebensmitteln, denen gegenüber die ethischen und gesundheitlichen Bedenken in den Hintergrund treten. (vgl. ebd.)

Während in der Presseberichterstattung die Handlungsträger zunächst aus dem Bereich der Politik, dann aus Wissenschaft und Wirtschaft stammen, werden in TV-Berichten eher Vertreter der Wissenschaft gezeigt, aber auch häufig Personen (‹Menschen wie Du und Ich›) aus der Bevölkerung. Dies beweist die eher populistische Orientierung der TV-Berichterstattung.

Als Akteur kommt die Bevölkerung dennoch selten vor, weder in TV- noch in Printmedien, die Journalisten stellen einen beachtlichen Teil der aktiven Protagonisten. (vgl. ebd.)

6.3. Gentechnik in der Schule

„Einen wichtigen Absatzmarkt für gentechnologische Hirngespinnste und Produkte haben Biotech-Lobbyisten längst erkannt: Die Jugend. Nicht umsonst greifen Unternehmen und Forschungseinrichtungen bereitwillig die Idee des Nobelpreisträgers James Watson auf, DNALern-Zentren für Schüler und Familien einzurichten. An US-amerikanischen und deutschen Universitäten sprießen öffentliche Labore aus dem Boden, deren Angebote sich vor allem an junge Menschen richten.“ (GiD August/September 2006, S. 3)

Nach einer Recherche über Verbindungen zwischen öffentlichen Schulen, Forschungseinrichtungen und der Industrie wurde festgestellt, dass Unternehmen versuchen, den Stellenwert der Gentechnik im Unterricht zu erhöhen. Allerdings kann man nicht davon ausgehen, dass Jugendliche wie Marionetten den Manipulationsversuchen der Industrie ausgeliefert seien. (vgl. GiD) Folgende Beispiele sind nennenswert im Umgang mit Gentechnik in Schulen etc.:

In Baden-Württemberg wurden bereits rund 20 berufliche Gymnasien zu biotechnologischen Gymnasien umgestaltet. Hier gesellt sich zur Prüfung der allgemeinen Hochschulreife mit den Hauptfächern Deutsch und Mathematik auch das Fach Biotechnologie. Ziel ist es, zukünftige Fachkräfte für biotechnologische Betriebe auszubilden. Gerade in Baden-Württemberg, einer Region, in der Firmengründungen in Richtung Biotechnologie vom Bundesforschungsministerium gezielt gefördert wurden, möchte man sich auf dem Bio-

technologie-Markt behaupten.

Man ist daran interessiert in den Schulen anzusetzen, um früh Interesse zu wecken und Schülerinnen und Schüler so zu qualifizieren, dass sie die Chancen und die Risiken dieser innovativen Technologie beurteilen können, aber auch um durch Dialogfähigkeit und Fachkompetenz innovative Zukunftsentwicklungen in der Gesellschaft voranzubringen.

Die heute eher leise Akzeptanzbeschaffung in der Schule ist aber nicht neu. Bereits 1990 gab es im Land Bayern mobile Genlabore, die durchs Bundesgebiet fuhren. Das Urteil zu diesen Science-Mobilen fiel allerdings etwas härter aus: einseitige Propaganda statt umfassender Aufklärung, so der damalige Landtagsabgeordnete von Bündnis 90/Die Grünen Volker Hartenstein. Das verwendete Material stammte entweder von der chemischen Industrie oder deckte sich mit deren Forderungen. (vgl. Feuerlein)

Heute gibt es verschiedenste Initiativen von Forschungsverbänden und Biotechunternehmen, die Akzeptanz für Gentechnologie in der Jugend zu fördern. Auffällig ist jedoch, dass das Augenmerk auf Experimente und auf von der Industrie abgeleitete Versuche gelegt wird. Gesellschaftliche Hintergründe und Theorie kommen oft zu kurz, kritisches Denken scheint in einer verwertungsorientierten Biologieausbildung zweitrangig und wissenschaftsgeschichtliche oder -theoretische Reflexion unnötig. Das ist bereits ein Hinweis darauf, dass die Industrie sehr genau weiß, dass die marktwirtschaftliche Entwicklung und Verwertung der Technologie das eigentliche Problem ist und eine Auseinandersetzung mit solchen Fragen von vornherein vermieden wird. Gleichermassen gewinnt Bildungssponsoring einen immer größeren Stellenwert, da zum Beispiel die Einrichtung von Versuchslaboren, ausgebildeten Lehrkräften und Sicherheitsmaßnahmen kostspielig, für öffentliche Schulen gar unbezahlbar ist. Natürlich möchte man eine sinnvolle Rückbindung der beruflichen Ausbildung an neue Entwicklungen auf dem Arbeitsmarkt erreichen, aber nicht zuletzt ist für Sponsoren die Imagepflege, Produktplatzierung und die Anpassung der Lehrpläne an standortpolitische Interessen von großer Bedeutung. (vgl. Feuerlein) Kritisch verfolgt die *Verbraucherzentrale Bundesverband* die Zunahme an Aktivitäten im Bereich „Bildungssponsoring“ und stellte in einer jüngst veröffentlichten Studie heraus, dass „*Sponsoring mit Imagewerbung (...) Alltag an deutschen Schulen und der Unterschied zur reinen Produktwerbung (...) in vielen Fällen fließend*“ ist. (Feuerlein S. 6)

Diese Entwicklung zeigt, dass es sehr fragwürdig erscheint, die Finanzausstattung und das Bildungsangebot in den Schulen für die folgenden Generationen den Unternehmen zu überlassen. Es scheint, als wolle man schon in der Schule an gentechnische Experimente heranzuführen, gar gewöhnen, obwohl die Diskussion in der Bevölkerung noch lange nicht abgeebbt ist. Es werden weiterhin Felder mit GVOs zerstört und diverse Ethikgremien diskutieren nach wie vor die verschiedenen Aspekte der Technologie.

Dagegen zu setzen wäre ein ganz anderes Projekt, Biopoly genannt. Dieses Projekt zielt darauf ab, durch den unmittelbaren Kontakt von kritischen ReferentInnen und SchülerInnen oder Jugendgruppen auf unterschiedliche Weise Themen wie Biotechnologie oder Gentechnik in der Landwirtschaft zu erarbeiten. Dabei werden die Referenten oft mit Vorurteilen der Zuhörer konfrontiert, wie zum Beispiel mit der Annahme, Gentechnik sei ja eh schon überall drin, in der Tomate genauso wie im Apfel, oder dass die Gentechnik nur eine Fortführung normaler Züchtung sei. Die Referenten sind in erster Hinsicht dazu da, zu klären, welche Fakten stimmen oder was eher den Wunschgedanken der Industrie entsprungen ist. Die Gentechnik bleibt bei Biopoly nicht als alleiniges Thema im Raum stehen, zu dieser Fragestellung zählen ebenso Themen wie Biodiversität, Welthandel und Aspekte aus der Entwicklungszusammenarbeit.

Dabei ist wichtig, dass die Biopoly-Einschätzungen nicht kritiklos übernommen werden, sondern sich kritisch mit den Quellen jedweder Information auseinander gesetzt wird. Schwierig ist allerdings, den jungen Leuten eine Lösung für die dargelegten Probleme anzubieten, sprich das Gelernte in die Tat umzusetzen. Denn nicht jeder kann es sich leisten, gerade in Ernährungsfragen auf Bioprodukte oder eben jene aus fairem oder regionalem Handel zurückzugreifen. (vgl. Potthof)

6.4. Zusammenfassung

Die Ausführungen über die Berichterstattung in den Medien verdeutlichen besonders im ersten Teil, dass das Thema weniger negativ dargestellt wird, als viele Medienkritiker uns glauben machen wollen. Bisweilen ist ein Großteil der Journalisten positiv gegenüber der Gentechnik eingestellt, obwohl eine differenzierte Berichterstattung gegeben ist. Es fällt jedoch auf, dass in der Mediendebatte die Risiken und Chancen der Technologie nicht in allen Bereichen aufgezeigt werden, dass sozio-ökonomische Folgen zu kurz kommen bzw. zum Zeitpunkt der Studie vielleicht auch noch nicht absehbar waren.

Bezüglich des letzten Kapitels Gentechnik in der Schule ist festzuhalten, dass ein umfassendes Wissen vor allem den zukünftigen Generationen bereits in der Schule vermittelt werden sollte, so dass eine kritische Auseinandersetzung mit der Gentechnik folgen kann, die auch globale Probleme berücksichtigt und nicht nur auf das Experimentieren im Labor fokussiert ist.

Die Bevölkerung hat es schwer, bei dieser Problematik mitzudebattieren, da den meisten das nötige Vorwissen im Bereich der Molekularbiologie fehlt. Das mangelnde Vertrauen in die Experten und politischen Vertreter mindert den Drang, an der Debatte teilzunehmen, wenn man überzeugt ist, keinen Einfluss auf die Entwicklungen nehmen zu können. Da dem Konsumenten die Gentechnologie im Lebensmittelbereich quasi aufgezwungen wird und er nicht erkennen kann, welche Produkte mit der Technologie in Berührung gekom-

men sind und was das bedeutet, kann Resignation oder Desinteresse schwer verhindert werden. Trotz der differenzierten Berichterstattung fehlt eine umfassende und ehrliche Aufklärung der Bevölkerung, da meist nur Meldungen, die an aktuelle Ereignisse gekoppelt sind, ihren Weg in die Medien finden. Eine konsequente Maßnahme wäre, den Verbrauchern wieder die Chance der Mitbestimmung zu geben, indem Politiker die entscheidenden Weichen zu einer eindeutigen und kompletten Kennzeichnung stellen. Mein Dokumentarfilm könnte nun ein wichtiges, ergänzendes Medium sein, um Interesse für diese Kontroverse zu erzeugen, das Thema beispielsweise auch in der Schule (bildungspolitischer Unterricht) zu behandeln.

7. Schlusswort

Die Motivation, sich dem Thema Gentechnik zu nähern, entstand aus meiner Neugier, den Dingen auf den Grund zu gehen. Seitdem ich mich mit globalisierungskritischen Themen befasse, hat sich ebenso eine Wut über die scheinbare Machtlosigkeit gegenüber den politischen und wirtschaftlichen Systemen entwickelt, die mich dazu brachte, das Thema trotz des bereits absehbaren filmischen Aufwands und der schwierigen Recherche anzugehen. Die scheinbare Gleichgültigkeit der Verbraucher und die Hoffnung, diese Gleichgültigkeit zu besiegen, waren ein wichtiger Antrieb für die Arbeit an dem Film. Meine anfängliche kritische Sicht wich mit der Aufarbeitung der wissenschaftlichen Aspekte nach und nach einer differenzierteren Überzeugung. Durch die gründliche Auseinandersetzung mit Biologie und Genetik und durch das Sammeln und Auswerten verschiedener Meinungen bin ich nun selbst in der Lage, eigenständige Schlüsse und Bewertungen über die Gentechnologie zu ziehen. Erst mit tiefgründigen Recherchen und Befragungen konnten viele Zweifel beseitigt oder verfestigt werden. Diese Möglichkeit hat der normale Konsument nicht, aber durch die Aufarbeitung meines Wissens und durch die Interviews mit relevanten Personen ist es mir möglich gewesen, den Film so zu gestalten, dass er aufklärt, ohne eine konkrete Meinung auszudrücken und dennoch eine Richtung favorisiert. Es ist sehr wichtig, die einzelnen Argumente der Chancen und Risiken so genau und tiefgründig wie möglich zu ergründen, damit sie bei einer Diskussion Bestand haben. Mir ging es also nicht um den Beweis, dass Gentechnik in der Landwirtschaft fehlplatziert ist, ich wollte dagegen in der Lage sein, die weniger guten Fakten von den stichhaltigen zu unterscheiden. Ebenso wollte ich die Gründe für ein Befürworten oder Ablehnen der Technologie von den betroffenen Menschen selbst erfahren. Mir war bewusst, dass jedwede Partei ihre Meinung uneingeschränkt vertritt und dafür auch bestimmte Gründe hat. Warum gibt es kein Entgegenkommen, keine Kompromissbereitschaft? Desto mehr ich mich mit den Chancen und Risiken befasste, wurde auch deutlich, dass es eine grundlegende Differenz in der Betrachtungsweise des Gesamtkontextes gab. So offenbart sich das System der Markt-

wirtschaft, in dem die Gentechnik bei Pflanzen zur Anwendung kommt, als das eigentliche Problem. Abgesehen von den noch unzureichend erforschten Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit sind die steigende Machtkonzentration auf dem Saatgutsektor, die katastrophalen Folgen für Entwicklungsländer, das Streben der Konzerne nach größtmöglichem Profit weitaus eindringlichere Merkmale für eine fehlgeleitete Anwendung jener sensiblen, neuartigen Technologie. Wenn die Sicherheit der Menschen und der Umwelt zu Gunsten konzerninterner Interessen vernachlässigt wird, ist Skepsis angebracht.

Wie sich in einigen Fällen gezeigt hat, ist diese Skepsis leider auch von Nöten. Doch selbst wenn bei mir die Einsicht folgte, dass es durchaus Bereiche der „grünen Gentechnik“ gibt, die Zukunftspotenzial haben, ist der Zwiespalt groß, ob es wirklich sinnvoll ist, sie in dem bestehenden System zur Anwendung zu bringen. Auch wenn wissenschaftliches Wettbewerbsdenken die Forschung vorwärts bringt, ist die derzeitige Entwicklung hin zu einer ökonomisch orientierten Wissenschaftsstruktur fragwürdig. Das schwindende Vertrauen der Bevölkerung in die Wahrhaftigkeit und Verlässlichkeit der Forscher ist dann auch nicht unabwegig. Eine öffentliche und unabhängige Forschung ist also gefragt, andere Anwendungsstrategien (unabhängig von Gewinnorientierung) zu finden, damit die Technologie denen uneingeschränkt zu Gute kommt, die sie verantwortungsvoll nutzen und wirklich brauchen können. Das kostet jedoch Geld und staatliche Finanzierung unabhängig von Konzernen der Branche ist kaum noch möglich.

Da diese Entwicklung ihren Lauf nimmt, ohne dass die Bevölkerung darüber genau informiert ist, schien es mir unumgänglich, ein Bewusstsein für diese Probleme zu schaffen, ein Bewusstsein für die Herstellungsweise unserer Nahrungsmittel und für den Hunger in einer Welt des Überflusses. Das profitorientierte System der Marktwirtschaft, das in vielen Teilen der Erde nicht sozial ist, muss demzufolge hinterfragt werden. Um das jedoch zu gewährleisten angesichts der Komplexität des Themas „grüne Gentechnologie“, muss die Diskussion in der Bevölkerung angeregt werden, muss diese sich mit der Problematik wirklich auseinander setzen. Der Brasilianer Andreoli brachte es bei der Podiumsdiskussion in Badingen auf den Punkt: *„In ganz Lateinamerika, (...) da kann man keinen Widerstand mehr leisten. Aber in Europa kann man es noch.“*

Ich hoffe mit meinem Film und der theoretischen Auseinandersetzung die Debatte zu bereichern.

Literaturliste

- Albrecht**, Stephan und Volker **Beusmann** (Hrsg.): Ökologie transgener Nutzpflanzen, Campus Verlag, Frankfurt/Main, 1995.
- Ammann**, Daniel: Fact Sheet 1: Risiko, Schweizerische Arbeitsgruppe Gentechnologie –

- SAG Geschäftsstelle, Schweiz, 2003.
- Benbrook**, Charles: Economic and Environmental Impacts of First Generation Genetically Modified Crops: Lessons from the United States, International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, Manitoba, Kanada, 2002.
- Berliner Erklärung**: AgrarBündnis e.V. und Zukunftsstiftung Landwirtschaft, Berlin, 2004.
- Böckenförde**, Markus: Grüne Gentechnik und Welthandel - Das Biosafety-Protokoll und seine Auswirkungen auf das Regime der WTO, Springer Verlag, Heidelberg, 2004.
- Broer**, Inge: Chancen der Gentechnik in der Landwirtschaft, Mitschrift eines Vortrages.
- Buntzel**, Rudolf und Suman **Sahai**: Risiko: Grüne Gentechnik, Brandes & Apsel Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 2005.
- Clive**, James: Executive Summary - Preview - Global Status of Commercialized Biotech/GMCrops: 2004, The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), Ithaka, New York, 2004.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft**: Gentechnik und Lebensmittel, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, 2001.
- Deutscher Bundestag**: Drucksache 15/3600, Punkt 10: „Grüne“ Gentechnik, Berlin, 2005.
- Feuerlein**, Monika: Biotech macht Schule im Magazin Gen-ethischer Informationsdienst GID, Gen-ethisches Netzwerk e.V., Berlin, 2006.
- Friends of the Earth**: Genetically Modified Crops – a decade of failure (1994 – 2004), Penang, Malaysia, 2004.
- Gerber**, Alexander: Wird im Bio-Landbau gespritzt? Vorbeugender Pflanzenschutz ohne chemisch-synthetische Pestizide, BÖLW-Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft e.V. http://www.boelw.de/biofrage_10.html, 06.01.2007.
- GID - Gen-ethischer Informationsdienst** (Magazin): Die nächste Generation - Schwerpunkt: Jugend und Gentechnik, in Gen-ethischer Informationsdienst GID, Berlin, 22/177 (2006)
- Glowka**, Lyle: Regulating GMO's in developing and transition countries: in FAO Publications: www.fao.org/biotech/C9doc.htm, 06.01.2007.
- Grössler**, Manfred (Hrsg): Gefahr Gentechnik – Irrweg und Ausweg, Concord Verlag, Mariahof, 2005.
- Haefeker**, Walter: Imkerei – ein vergessener Teil der Landwirtschaft? in Der kritische Agrarbericht 2005, <http://www.kritischer-agrarbericht.de/index.php?id=136>, 29.01.07.
- Hampel**, J. und O. **Renn** (Hrsg.): Gentechnik in der Öffentlichkeit – Wahrnehmung und Bewertung einer umstrittenen Technologie, Campus Verlag, Frankfurt/Main, 1999.
- Ho**, Mae Wan: Das Geschäft mit den Genen – Genetic Engineering – Traum oder Alptraum?, Hugendubel (Diederichs), Kreuzlingen/München, 1999.
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Aminosäure> vom 26.1.07.
- http://de.wikipedia.org/wiki/We_Feed_the_World vom 28.01.07.
- <http://www.eed.de>: UN-Sonderberichterstatter Ziegler pocht auf Recht auf Ernährung für die argentinische Bevölkerung: http://209.85.129.104/search?q=cache:o3ogq3lIP-oJ:www.ked-bayern.de/news/20030623_1.htm+argentinien+ernahrung+ziegler&hl=

- de&gl=de&ct=clnk&cd=1, 06.01.2007.
<http://www.nuffieldbioethics.org/> vom 26.1.07.
<http://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/52.mais.html>, 18.12.06.
- InterNutrition:** Kompendium Gentechnologie und Lebensmittel, AgrEvo GmbH, Monsanto (Dtl) GmbH, Novartis (Dtl) GmbH und dem Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde (alle Hrsg.), Zürich, 1998.
- James, Clive** (ISAAA-International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications): Preview – Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2004. ISAAA Briefs No. 32., Ithaca (NY), 2004.
- Jungbluth, Andreas** (Bundesministerium für Bildung und Forschung Hgb.): Science live Perspektiven moderner Biotechnologie und Gentechnik, Bonn, 2000.
- Kaatz, Heinz Hinrich:** Auswirkungen von Bt-Maispollen auf die Honigbiene (2001-2004), Universität Jena, Institut für Ernährung und Umwelt, Jena, 2004.
- Kempken, Frank und R. Kempken:** Gentechnik bei Pflanzen: Chancen und Risiken, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2000.
- Klein, Naomi:** When anti-GM choice becomes just a memory, <http://www.guardian.co.uk/GWeekly/Story/0,,520477,00.html> (07/2001), 29.01.2007.
- Koechlin, Florianne:** Fact Sheet: Ökonomie und Anbau transgener Pflanzen, Blauen-Institut und SAG, Schweiz, 2003.
- Koschatzky, Knut und S. Maßfeller:** Gentechnik für Lebensmittel? - Möglichkeiten, Risiken und Akzeptanz gentechnischer Entwicklungen, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1994.
- Lorch, Antje und Christoph Then:** Gift im Gen-Mais (Vorversion), Greenpeace e.V., Hamburg, 2006.
- Meienberg, Francois:** Fact Sheet: Kurzargumentarium „Patente“, SAG, Schweiz, 2005.
- Meyer, Rolf, C. Revermann und A. Sauter:** Biologische Vielfalt in Gefahr?: Gentechnik in der Pflanzenzüchtung, Verlag Edition sigma, Berlin, 1998.
- Michel, Jörg:** Seehofer will Gen-Anbau erleichtern, Agrarminister plant neue Regeln für Forscher www.berlinonline.de/bin/_print.php/berliner-zeitung/archiv/.bin/dump.fcgi/2006/1125/politik/0071/index.html vom 25.11.2006).
- Miersch, Michael:** „In zehn Jahren wird man über manches lächeln.“ Interview mit Hugh Grant in brand eins, Wirtschaftsmagazin, Hamburg 07/05 (2006), S. 38-44.
- Minor, Elliott:** Cotton Industry Concerned Over Weed (22 December 2006), <http://www.ibtimes.com/apnews/1168853765/farm-scene.htm> vom 28.01.2007.
- Myhre, Marit R., K. A. Fenton, J. Eggert, K. M. Nielsen, T. Traavik:** The 35S CaMV plant virus promotor is active in human enterocyte-like cells, Springer-Verlag, 2005.
- Ordon, Frank und W. Friedt:** Von Mendel zum Gentransfer – Grundlagen und aktuelle Methoden der Pflanzenzüchtung, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen, 1998.
- Potthof, Christof:** Biopoly in der Schule in Gen-ethischer Informationsdienst GID, Berlin, 22/177 (2006) S. 11.
- Rissler, Jane and Margaret Mellon:** The Ecological Risks of Engineered Crops, Massachusetts Institute of Technology, USA, 1996.

- Rose**, Steven: Darwins gefährliche Erben – Biologie jenseits egoistischer Gene, Verlag C.H. Beck, München, 2000.
- Schmid**, Rolf D.: Taschenatlas der Biotechnologie und Gentechnik, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2002.
- Shiva**, Vandana: Biopiraterie – Kolonialismus des 21. Jahrhunderts, Unrast-Verlag, Münster, 2002.
- Steinbrecher**, Ricarda A.: The CaMV 35S Promotor - Government and Corporate Scientific Incompetence: Failure to assess the safety of GM crops, EcoNexus Briefing (www.econexus.info), Brighton, UK, 2002.
- Then**, Christoph: Das unterschätzte Risiko – Interviews mit neun WissenschaftlerInnen zum Thema gentechnisch veränderter Pflanzen, Greenpeace e.V., Berlin, 2005.
- Union of Concerned Scientists**: Voices of Scientists at FDA: Protecting Public Health Depends on Independent Science, Union of Concerned Scientists (www.ucsusa.org), Cambridge, USA, 2006.
- Viollat**, Pierre-Ludovic: Die Ölfrucht, die goldene Eier legt - In Argentinien boomt der Anbau von Gensoja: <http://www.taz.de/pt/2006/04/13.1/mondeText.artikel,a0064.idx>, 21.06.2007.
- Volling**, Annemarie: Gen-Mais-Anbau 2006 in Unabhängige Bauernstimme, Arbeitsgemeinschaft bäuerliche Landwirtschaft-Bauernblatt e.V., Hamm, 2006.
- Weber**, Andreas: Monsanto erobert schleichend ostdeutsche Maisfelder - eine Spurensuche, in: Greenpeace Magazin, Hamburg, Heft 1 (2007).
- Weber**, Barbara, G. **Hirn** und I. **Lünzer** (Hrsg.): Öko-Landbau und Gentechnik - Entwicklungen, Risiken, Handlungsbedarf, Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim, 2000
- Weber**, Gabi: Grüne Gentechnik – Fluch oder Segen? Teil 3: Argentinien - „Monsanto hat die Pampa erobert“, 2005, <http://www.welt.de/data/2005/02/15/463664.html>, 24.01.2007.
- Wöhrmann**, Klaus, J. **Tomiuk** und A. **Sentker**: Früchte der Zukunft? Grüne Gentechnik, Wiley-VCH, Weinheim, 1999.
- World Health Organisation (WHO)**: Modern Food Biotechnology, Human Health and Development: an Evidence-based Study, Genf, Schweiz, 2005.
- Zarzer** (a), Brigitte: Einfach GEN:ial - Die grüne Gentechnik: Chancen, Risiken und Profite, Heise Zeitschriften Verlag GmbH, Hannover, 2006.
- Zarzer** (b), Brigitte: Gentechnik-Streit: WTO gibt USA Recht., <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/22/22016/1.html>, 13.12.06.

Glossar

- Chromosom**: Riesenmolekül das aus einer sehr langen DNA-Kette besteht. Bei Eukaryonten im Zellkern angesiedelt, bei Prokaryonten die keinen Zellkern besitzen schwimmen sie im Plasma. Die Gene sind auf den Chromosomen in hintereinander in linearer Reihenfolge angeordnet. (vgl. Wöhrmann).
- Gen**: Teile auf der DNA, die die Produktion eines bestimmten Produktes (Eiweiß) ver-

schlüsseln (vgl. Wöhrmann).

Genom: Die Gesamtheit aller genetischen Informationen auf der DNA eines Organismus (vgl. Wöhrmann).

Gentechnologie: alle Methoden und Verfahren, zur Charakterisierung und Isolierung genetischen Materials, zur Bildung neuer Kombinationen sowie Wiedereinführung und Vermehrung des neukombinierten Erbmaterials in anderer biologischer Umgebung. (vgl. Böckenförde).

Horizontaler Gentransfer: im Gegensatz zu vertikalem Gentransfer werden die Gene zwischen Individuen verschiedener Arten ausgetauscht. Kommt in der Natur sehr selten vor und nimmt mit geringer werdendem Verwandtschaftsgrad der Individuen ab.

Mutation: Spontane Veränderung eines Gens oder Chromosoms, die vererbbar sind. (vgl. Wöhrmann).

Neophyten: Das sind Pflanzenarten, die vom Menschen beabsichtigt oder unbeabsichtigt von einer Region der Erde in eine andere, weit entfernte Region gebracht wurden, dort dann Exoten genannt. (vgl. Hampel/Renn) Einbürgerung einer Pflanze in ursprünglich fremde Gebiete.

Persistenz: Bestehenbleiben eines Zustandes über längere Zeiträume.

Phänotyp: Die erkennbaren Merkmale eines Individuums, entstanden durch das Zusammenspiel von genetischer Information und Umwelteinflüssen. Das können einzelne oder wenige Merkmale sein, aber auch das gesamte Erscheinungsbild.

Plasmid: DNA-Molekül in Bakterien, neben der DNA trägt das Plasmid genetische Informationen. (vgl. Wöhrmann).

Pleiotropie: Der Einfluss eines Gens auf mehrere phänotypische Merkmale.

Transgen: Gen, das mittels gentechnischer Methoden in das Genom eines Organismus eingeschleust wird.

Transgener Organismus: Ein Organismus, dessen Genom durch von außen zugeführte DNA verändert wurde. (vgl. Wöhrmann).

Vertikaler Gentransfer: Gene werden innerhalb einer Art von den Eltern auf die Nachkommen übertragen. (vgl. ebd.).

Autorenangaben

Dipl-Designerin (FH) Sabine Hellmann
c/o Prof. Dr. Achim Trebeß
Hochschule Wismar
Philipp-Müller-Straße 14
Postfach 12 10
D – 23966 Wismar
Tel.: ++49 / (0)3841 / 753 543
Fax: ++49 / (0)3841 / 753 131

- Heft 07/2007: Peter Biebig/Gunnar Prause: Logistik in Mecklenburg – Entwicklungen und Trends
- Heft 08/2007: Anja Ziesche: Risikomanagement unter dem Aspekt der Betrieblichen Gesundheitsförderung
- Heft 09/2007: Cornelia Ewald: Kreditinstitute in der Anlageberatung – Anforderungen aus der aktuellen Rechtsprechung und Gesetzgebung
- Heft 10/2007: Herbert Müller: Zahlen, Planeten, Pyramiden und das Meter. Wie die Planung der Pyramiden von Gizeh erfolgt sein könnte – eine ingenieurmethodische Betrachtung
- Heft 11/2007: Klaus Sanden/Barbara Bojack: Depressivität und Suizidalität im höheren Lebensalter
- Heft 12/2007: Andrea Kallies/Anne Przybilla: Marktanalyse von Enterprise Resource Planning-Systemen - Kategorisierung –
- Heft 13/2007: Anne Przybilla: Die Verwaltungsreform und die Einführung der Doppik in die öffentliche Verwaltung
- Heft 14/2007: Jost W. Kramer: Erfolgsaspekte genossenschaftlichen Wirtschaftens aus betriebswirtschaftlicher Perspektive
- Heft 01/2008: Uwe Lämmel (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik – Was ist das?
- Heft 02/2008: Florian Wrede: Qualitätsmanagement – Eine Aufgabe des Controllings, des Marketings oder des Risikomanagements?
- Heft 03/2008: Regina Bojack/Barbara Bojack: Comenius, ein moderner Pädagoge
- Heft 04/2008: Chris Löbbert/Stefanie Pawelzik/Dieter Bastian/Rüdiger Steffan: Datenbankdesign und Data Warehouse-Strategien zur Verwaltung und Auswertung von Unfalldaten mittels Risikopotenzialwerten und Risikoklassen
- Heft 05/2008: Reinhard J. Weck/Anatoli Beifert/Stefan Wissuwa: Wissensmanagement - quo vadis? Case Positions zur Umsetzung in den Unternehmen. Eine selektive Bestandsaufnahme
- Heft 06/2008: Petra Wegener: Die Zeit und ihre Facetten in der Fotografie
- Heft 07/2008: Anne Przybilla: Personalrisikomanagement – Mitarbeiterbindung und die Relevanz für Unternehmen.
- Heft 08/2008: Barbara Bojack: Co-Abhängigkeit am Arbeitsplatz.
- Heft 09/2008: Nico Schilling: Die Rechtsformwahl zwischen Personen- und Kapitalgesellschaften nach der Unternehmensteuerreform 2008
- Heft 10/2008: Regina Bojack: Der Bildungswert des Singens
- Heft 11/2008: Sabine Hellmann: Gentechnik in der Landwirtschaft