



1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Biotechnologie und mit ihr auch das Teilgebiet der „Grünen Gentechnik“ wird immer wieder als eine Schlüsseltechnologie beschrieben. Die traditionellen Züchtungsmethoden sind im Hinblick auf die Ziele innerhalb der Pflanzenzucht an gewisse Grenzen gestoßen. Noch heute werden weltweit ein Drittel der Erntemengen aufgrund von Schädlingen, Unkräutern und Krankheiten eingebüßt. Zusätzlich wird eine wachsende Weltbevölkerung die Nachfrage nach Nahrungsmitteln weiter steigen lassen, wobei diese, ökologisch vertretbar, nur begrenzt über eine Ausweitung der Ackerflächen gedeckt werden kann. Derartige gesellschaftliche Herausforderungen bedürfen innovativer Lösungsansätze. Hierbei wird, neben anderen Strategien, insbesondere der „Grünen Gentechnik“ ein großes Potenzial zur Problemlösung zugeschrieben (SCHUCHERT und BENNER, 2000).

Dessen ungeachtet bestätigte die aktuellste Eurobarometer-Befragung erneut, dass die Mehrzahl der europäischen Konsumenten auch weiterhin gentechnisch veränderten Pflanzen und daraus hergestellten Lebensmitteln ablehnend gegenüber steht. Eine wichtige Ursache hierfür ist in den Lebensmittelskandalen zu sehen, welche seit den Neunziger Jahren verstärkt und immer häufiger im medialen Fokus, und damit auch in der Wahrnehmung der Verbraucher gestanden haben. Diese Sensibilisierung der Verbraucher gegenüber den Risiken durch den Verzehr von Lebensmitteln sowie der oftmals vom Verbraucher nicht wahrgenommene Nutzen durch den Konsum von gentechnisch veränderten Produkten sind damit zwei wesentliche Erklärungsansätze, warum ein Großteil der europäischen Gesellschaft, die mit der „Grünen Gentechnik“ verbundenen Risiken, weitaus stärker als deren Chancen gewichtet. Überdies haben die zahlreichen Lebensmittelskandale das Vertrauen der Verbraucher in die Fähigkeit ihrer Regierungen, einen angemessenen Rahmen für Nahrungsmittelsicherheit zu gewährleisten, sowie teilweise jenes in die Wissenschaft selbst, stark erschüttert (STIRLING, 1999, S. 4).

Diese Umstände führten schließlich zur Entwicklung eines sehr strikten, eher technologiehemmenden Gesetzesrahmens, mit dem die Risiken durch den Einsatz von gentechnisch veränderten Produkten deutlich in den Vordergrund gestellt worden sind. Dies findet u.a. seinen Ausdruck darin, dass innerhalb der EU, der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen nur stark eingeschränkt praktiziert wird und Importe nur in einem sehr langwierigen Zulassungsverfahren genehmigt werden. So dauert die Genehmigung eines „gentechnisch veränderten Organismus“ (GVO) in der EU im Durchschnitt doppelt so lang wie in anderen Regionen (BACKUS et al., 2008, S. 10). Dies liegt allerdings nicht unbedingt an der Zeitspanne, die die in der EU zuständige



„Behörde für Lebensmittelsicherheit“ (EFSA) benötigt, um die Sicherheitsbewertung des betreffenden GVOs abzuschließen, sondern vielmehr an den zahlreichen unterschiedlichen Sichtweisen einzelner Mitgliedsländer bezüglich der Risiken eines GVOs (BACKUS et al., 2008, S. 10; EU-KOM, 2007, S. 2)¹.

Demgegenüber wächst die Zahl derjenigen Länder, in denen zunehmend gentechnisch veränderte Pflanzen angebaut werden, kontinuierlich von Jahr zu Jahr. Im Jahr 2009 haben über vierzehn Millionen Landwirte in 25 verschiedenen Ländern gentechnisch veränderte Pflanzen auf einer Fläche von ca. 134 Mio. ha angebaut. Verglichen mit der Fläche zu Beginn der Kommerzialisierung im Jahr 1996 entspricht dies nahezu einer Steigerung um das Neunundsiebzifache. Führende Länder beim Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen sind die drei bedeutenden Agrarexportnationen USA, Brasilien und Argentinien, welche zusammen einen Anteil an der globalen transgenen Anbaufläche von etwa 80 % halten (JAMES, 2009).

Im Gegensatz zum gesellschaftlichen Diskurs in der EU führte die Abwägung zwischen den Chancen und Risiken der „Grünen Gentechnik“ offenkundig in zahlreichen anderen Regionen zu einem anderen Ergebnis mit einer stärkeren Gewichtung der Chancen gegenüber den Risiken und damit auch zu einer von der EU abweichenden, mehr technologiefreundlicheren Ausgestaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Umgang mit ihr. Damit verbunden ist schließlich das Auftreten von asynchronen Zulassungen, d.h. während eine bestimmte GV-Pflanze in einem Land bereits zum Anbau oder zu Verarbeitungszwecken zugelassen wurde, steht die Zulassungsgenehmigung in der EU noch aus². Dieses Phänomen hat in der Vergangenheit bereits zu internationalen Handelsdisputen³ aber auch auf gemeinschaftlicher und nationaler Ebene zu Differenzen geführt.

¹ So erhielt bislang kein in der EU zugelassener GVO seine Genehmigung durch eine qualifizierte Mehrheit im zuständigen Ministerrat für Landwirtschaft. Diese immer wiederkehrende politische Pattsituation in diesem Gremium führte letztendlich stets zu einer Genehmigung ausschließlich durch die EU-Kommission.

² Da, unabhängig von der schleppenden Zulassungspraxis der EU, die Zahl der Zulassungen von GVOs in wichtigen Agrarexportländern steigt, kommt es zum gehäuftem Auftreten von asynchronen Zulassungen, was in Kombination mit der „Null-Toleranz-Politik“ der EU bezüglich nicht zugelassener GVOs in der Gemeinschaft, zunehmend zu Importunterbrechungen bis hin zu Importverboten führt. Die Anzahl solcher von asynchroner Zulassung verursachten Konflikte, deren Häufigkeit sowie die Anzahl davon betroffener Produkte, steigen dabei mit den Zulassungen von GVOs in Drittländern, während diese in der EU nicht bzw. noch nicht genehmigt worden sind (EU-KOM, 2007; STEIN und RODRÍGUEZ-CEREZO, 2009).

³ Im Fall von gentechnisch veränderten Pflanzen wurde die EU bereits von den USA, Kanada und Argentinien beschuldigt, Bedenken bezüglich GVOs nur als Vorwand zu benutzen, um das Preisstützungssystem auf eine andere Art und Weise fortführen zu können (NIELSON und ANDERSON, 2000; WTO, 2004).



So können beispielsweise die Unterbrechungen bzw. Verbote von Sojaschrotimporten den tierischen Sektor der EU vor weitreichende Schwierigkeiten stellen, da womöglich nicht mehr ausreichend qualitativ hochwertiges, proteinreiches und preiswertes Futtermittel importiert werden kann. Dies könnte wiederum einen Verlust an internationaler Wettbewerbsfähigkeit mit sich bringen und zu den damit verbundenen Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Einkommen und Beschäftigung sowohl für den unmittelbar betroffenen Sektor, aber auch auf vor- und nachgelagerte Bereiche der Volkswirtschaft, führen⁴.

Vor diesem Hintergrund war das wesentliche inhaltliche Ziel der vorliegenden Arbeit, sowohl die ökonomischen Auswirkungen der Status-quo-Politik als auch anderer alternativer Politiken der EU als Reaktion auf die zunehmende Nutzung der „Grünen Gentechnik“ in anderen Regionen zu untersuchen und diese wohlfahrtsökonomisch miteinander zu vergleichen. Auf diesem Wege sollte letztlich die aus wohlfahrtsökonomischer Sicht beste Politikalternative für die EU identifiziert werden, aber auch bewertet werden, welche der verschiedenen Politikoptionen, das höchste politische Konfliktpotenzial für den internationalen Handel birgt. Hierfür wurde das partielle Gleichgewichtsmodell AGRISIM herangezogen, womit sich auch gleichzeitig die methodische Zielsetzung dieser Arbeit ableitete. Sie bestand darin sowohl die Technologieadoption als auch die unterschiedlichen Produktions- und Handelsstrategien adäquat mit AGRISIM zu modellieren.

1.2 Aufbau und Abgrenzung

Das zweite Kapitel gibt eine ausführliche Bestandsaufnahme zum Thema „Grüne Gentechnik“ wieder, beginnend mit der Klärung und Abgrenzung verschiedener Begrifflichkeiten und dem Aufzeigen der unterschiedlichen Anwendungsbereiche der „Grünen Gentechnik“ im Agribusiness. Des Weiteren wird die Bedeutung gentechnisch veränderter Pflanzen weltweit, innerhalb der EU sowie Deutschlands illustriert. Zentraler Baustein dieses Kapitels stellt die ausführliche Beschreibung der verschiedenen gesetzlichen Rahmenbedingungen für gentechnisch veränderte Pflanzen in verschiedenen Regionen dar. Die an dieser Stelle diskutierten Unterschiede in den nationalen Rahmenbedingungen bilden eine wichtige Grundlage für die Annahmen der in dieser Arbeit durchgeführten Simulationsrechnungen. Abgerundet wird die Bestandsaufnahme durch einen Blick auf die gesellschaftliche Diskussion. Hierbei werden drei Themengebiete kurz ange-

⁴ Der tierische Sektor ist im Speziellen stark von Sojabohnenimporten abhängig, welche in Regionen erzeugt werden, in denen der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen stark vorangeschritten und zur Normalität geworden ist. Die Substituierbarkeit dieser Importe durch Einfuhren aus anderen Bezugsquellen sowie zwischen Sojaprodukten und anderen proteinreichen Futtermitteln ist stark beschränkt (EU-KOM, 2007, S. 9).



sprochen: Risiko und Risikowahrnehmung, Verbrauchereinstellungen und Verbraucherakzeptanz sowie ethische Aspekte bezüglich des Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen.

Das dritte Kapitel, welches den Schwerpunkt dieser Arbeit bildet, befasst sich mit den Auswirkungen, die sich durch den Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen ergeben können. Dabei wurde bewusst auf die sonst übliche konsekutive Darstellung von Risiken und Chancen verzichtet. Bei der Herausarbeitung der Auswirkungen wurde zunächst einmal die grobe Unterteilung in ökonomische und andere, weniger ökonomisch geprägte Effekte vorgenommen, wobei der Schwerpunkt auf die ökonomischen Aspekte gelegt wurde. Bei der Betrachtung der ökonomischen Effekte wurde zwischen solchen, die sich auf betrieblicher Ebene, und jenen, die sich auf der Marktebene ergeben können, differenziert. Für die jeweilige Ebene wurden zunächst die theoretisch zu erwartenden und anschließend die empirisch belegten Auswirkungen vorgestellt und diskutiert. Im letzten Unterkapitel zu den „nicht-ökonomischen“ Auswirkungen kommen vor allem die häufig von Gentechnikgegnern vorgetragenen Argumente bezüglich der Risiken von gentechnisch veränderten Pflanzen auf das Ökosystem und die Gesundheit zur Sprache⁵. Ein Exkurs zu den internationalen Märkten für Mais und Sojabohnen zu Beginn des dritten Kapitels erschien als angebracht und notwendig, da zum einen die ökonomischen Auswirkungen eines Einsatzes gentechnisch veränderter Pflanzen am Beispiel dieser beiden Kulturpflanzen diskutiert und zum anderen im Rahmen der eigenen empirischen Analyse Simulationen mit diesen beiden Produkten durchgeführt werden.

Das vierte Kapitel umfasst die eigene empirische Analyse. In ihrem Rahmen soll unter Anwendung des partiellen Gleichgewichtsmodells AGRISIM der Hauptfragestellung dieser Arbeit nachgegangen werden, die sich mit den ökonomischen Auswirkungen unterschiedlicher Produktions- und Handelsstrategien der EU bezüglich des Einsatzes von gentechnisch veränderten Pflanzen beschäftigt. Dazu wird zunächst ein kurzer Überblick über die verschiedenen Gleichgewichtsmodelle und deren Eigenschaften gegeben und AGRISIM anhand der vorgestellten Unterscheidungskriterien eingeordnet. Anschließend soll kurz und knapp auf den Aufbau des Modells inklusive seiner Gleichungsstruktur eingegangen werden. Dem folgt das theoretische Herzstück des vierten Kapitels, in dem sehr detailliert die eigenen Modellerweiterungen sowie theoretische Überlegungen zur Weiterentwicklung AGRISIMS vorgestellt und diskutiert werden. Diese Ausführungen bilden schließlich die Grundlage der eigentlichen Simulationsrechnungen des Unter-

⁵ An dieser Stelle sei nochmals betont, dass sowohl die gesundheitlichen als auch ökologischen Gesichtspunkte durchaus auch über eine ökonomische Dimension verfügen, diese in der vorliegenden Arbeit allerdings, zur besseren Strukturierung, zur Kategorie „nicht-ökonomische“ Auswirkungen zusammengefasst worden sind.



kapitels 4.3. In diesem Abschnitt der Arbeit sollen zunächst einmal die fünf verschiedenen Szenarien beschrieben und anschließend deren Simulationsergebnisse präsentiert werden. Ergänzend zur Ergebnisdarstellung wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, die letztendlich der Tatsache Rechnung tragen soll, dass Modellparameter stets mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind und so deren Einfluss auf die Resultate der Simulationen näher untersucht werden sollte.

Im Schlusskapitel werden die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst und darauf aufbauend der weitere Forschungsbedarf aufgezeigt sowie Schlussfolgerungen und ein Fazit formuliert.



2 „Grüne Gentechnik“ – Eine Bestandsaufnahme

Je komplexer eine Thematik ist, umso wichtiger ist eine umfassende und ausführliche Bestandsaufnahme für die analytische Betrachtung und Bewertung auf diesem Gebiet. Schließlich ermöglicht erst eine sorgfältige Analyse der Fakten, komplexe Zusammenhänge in ihre einzelnen Bestandteile herunterzubrechen und so deren Zusammenwirken verständlicher darzustellen. Aus diesem Grund umfasst das folgende Kapitel eine solche ausführliche Bestandsaufnahme zum Themenbereich „Grüne Gentechnik“, wobei zunächst mit der Bestimmung und Abgrenzung verschiedener Begrifflichkeiten und dem Aufzeigen der unterschiedlichen Anwendungsbereiche der „Grünen Gentechnik“ im Agribusiness begonnen werden soll. Im Anschluss daran soll auf die stets wachsende globale Bedeutung des Einsatzes gentechnisch veränderter Pflanzen, aber auch auf dessen Entwicklung und aktuelle Situation innerhalb der EU sowie Deutschlands eingegangen werden. Zentraler Baustein dieses Kapitels stellt die ausführliche Beschreibung der verschiedenen gesetzlichen Rahmenbedingungen für gentechnisch veränderte Pflanzen in verschiedenen Regionen dar. Die an dieser Stelle diskutierten Unterschiede in den nationalen Rahmenbedingungen bilden dabei eine wesentliche Grundlage für die gesamte Argumentationsführung innerhalb der vorliegenden Arbeit sowie für die Annahmen der in Kapitel vier durchgeführten Simulationsrechnungen. Ergänzt wird die Bestandsaufnahme durch drei ausgewählte Themenbereiche aus der gesellschaftlichen Diskussion.

2.1 Begriffsbestimmung und Anwendungsbereiche

Oftmals werden die Begriffe Biotechnologie und Gentechnik als Synonyme verwandt. Diese häufig anzutreffende Begriffsverwendung ist nicht korrekt, denn Gentechnik stellt, wie weiter unten noch näher ausgeführt, nur einen Teilbereich von Biotechnologie dar. Umso wichtiger erscheint die Notwendigkeit, sich zunächst einmal den einzelnen Begrifflichkeiten und deren tatsächlicher (Be)-Deutung zu widmen. Im Anschluss an dieser Begriffsklärung soll die Bedeutung der Gentechnik und damit auch die Anwendung gentechnischer Methoden im Agribusiness aufgezeigt werden.

2.1.1 Biotechnologie

Auf der Suche nach einer Definition für den Begriff „Biotechnologie“ kommt man nicht umhin, zunächst einmal eine Unterscheidung von klassischer und moderner Biotechnologie zu registrieren. Die klassische Biotechnologie bezieht sich dabei auf die traditionellen Techniken, mit denen bereits vor Tausenden Jahren z.B. Sauerteig, Essig und aus vergorenem Fruchtsaft gewonnene alkoholische Getränke hergestellt wurden. Basierten die ersten Anwendungen der Biotechnologie jedoch auf Zufällen und bauten später auf diesen zufällig gemachten Erfahrungen auf, begann



sich die Wissenschaft um die Biotechnologie, beispielsweise mit der Entwicklung des Mikroskops, Ende des 17. Jahrhunderts enorm weiterzuentwickeln. Mit neuen Forschungserkenntnissen auf den Gebieten der Biochemie, der Molekularbiologie, der Mikrobiologie, der Zellbiologie und der Verfahrenstechnik konnte sich so aus der traditionellen Biotechnologie die moderne Biotechnologie entwickeln und weist seither bemerkenswerte Fortschritte vor. Die traditionelle Biotechnologie, bei der Mikroorganismen und Enzyme zur Rohstoffverarbeitung eingesetzt werden, hat jedoch bis in die heutige Zeit ihre große Bedeutung in der Lebensmittelverarbeitung beibehalten (siehe dazu auch weiter unten Kapitel 2.1.3.2).

Die Vereinten Nationen definieren im Rahmen der „Konvention zur biologischen Vielfalt“ (Convention on Biological Diversity, CBD) „Biotechnologie“ nun wie folgt:

„Any technological application that uses biological systems, living organisms, or derivatives thereof, to make or modify products or processes for specific use.“ (CBD-ONLINE, 1992, Artikel 2).

Auch die „Food and Agricultural Organisation“ (FAO) greift diese Definition auf und ergänzt sie mit dem Zusatz, dass moderne Biotechnologie verschiedene molekulare Verfahren, wie z.B. Genmanipulierung und Gentransfer, umfasst. (FAO-ONLINE, 2000).

Die „Organisation for Economic Co-Operation and Development“ (OECD) gliedert ihre Definition von Biotechnologie in zwei Ebenen. In ihrer sogenannten statistischen Definition von Biotechnologie, die sie als Basis für eigene Studien bzw. Statistiken entwickelt hat, schlägt die OECD die Kombination einer weiter gefassten Einzeldefinition (*single definition*) mit einer konkreteren listenbasierten Definition (*list-based definition*) vor. In der Einzeldefinition, die der aus der CBD ähnelt, wird der Begriff „Biotechnologie“ wie folgt definiert:

„The application of science and technology to living organisms, as well as parts, and models thereof, to alter living or non-living materials for the production of knowledge, goods and services“ (VAN BEUZEKOM und ARUNDEL, 2006, S. 7).

In ihrer listenbasierten Definition, welche als eine Art Interpretationshilfe für die Einzeldefinition fungiert und diese somit komplettieren soll, werden lediglich verschiedene biotechnologische Methoden aufgeführt, wie DNA/RNA (wie Genomanalyse, Gentechnik und PCR), Proteine und andere Moleküle (wie die Sequenzierung, Synthese und Konstruktion von Proteinen und Peptiden), Zell- und Gewebekulturen, prozessbezogene Methoden (Fermentierung mittels Bioreaktoren), Gene und RNA-Vektoren, Bioinformatik (Aufbau einer Genom- und Proteinsequenzierungsdatenbank und Modellierung komplexer biologischer Prozesse) sowie Nanobiotechnologie (OECD, 2005, S. 9 und S. 39ff).

Die von der OECD gegebene Begriffsdefinition zu „Biotechnologie“ erscheint insbesondere für naturwissenschaftliche Laien nur wenig greifbar. Sie zeigt jedoch zugleich, wie komplex und um-



fangreich das Gebiet der Biotechnologie ist. Bereits bei der listenbasierten Definition der OECD wird deutlich, dass es sich bei Biotechnologie um eine interdisziplinäre Wissenschaft handelt und sich diese als eine Querschnittstechnologie nicht nur der Methoden der Lebenswissenschaften, sondern auch der aus den Gebieten der Informationstechnologie, Chemie, Medizin und Physik bedient (BMBF, 2007).

Biotechnologie umfasst also ein Bündel an Methoden, die sich zelluläre und mikromolekulare Prozesse zu Nutze machen. Grundlegende Verfahren der modernen Biotechnologie sollen in der folgenden Tabelle 1 dargestellt werden. Diese Aufteilung ist dabei vergleichbar zu der listenbasierten Definition der OECD und veranschaulicht noch einmal sehr deutlich, dass Gentechnik nur einen Teilbereich aus dem umfangreichen Portfolio moderner biotechnologischer Methoden darstellt und deshalb beide Begrifflichkeiten nicht als Synonyme zu verwenden sind.

Tabelle 1: Basismethoden der modernen Biotechnologie

DNA/RNA-bezogene Methoden	Analyse und Modifikation von genetischen Materialien	• Genomanalyse
		• DNA-Marker
		• Sequenzierung von Genomen, Genen und DNA
		• DNA-Synthese und – Vervielfältigung (z.B. PCR)
		• Gentechnik
		• Anti-sense-Methode
Proteinbezogene Methoden	Analyse und Modifikation von Proteinen	• siRNA-Methode
		• High-throughput Identifizierung, Quantifizierung und Sequenzierung von Proteinen und Peptiden
		• Synthese von Proteinen und Peptiden
Stoffwechselproduktbezogene Methoden	Analyse von Metaboliten	• Proteinkonstruktion und Biokatalyse
		• High-throughput Identifikation und Quantifizierung von Metaboliten
Zell- und Gewebekultur	Zellmanipulierung für verschiedene Anwendungen	• Konstruktion von Stoffwechselwegen
		• Zellhybridisierung/-fusion
		• Gewebekulturen
		• Embryonale Methoden
Unterstützende Methoden	Analyse und Speicherung von biologischen Daten	• Stammzellbezogene Methoden
		• Bioinformatik

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an OECD (2005, S. 39) und ZIKA et al. (2007, S. 131).

Des Weiteren kann Biotechnologie auch nach ihren Anwendungsgebieten systematisiert werden. Dabei werden im Wesentlichen drei Bereiche unterschieden:

- (1) Medizin und Gesundheitswesen,
- (2) Primäre landwirtschaftliche Produktion und Lebensmittelverarbeitung sowie



(3) Industrielle Produktion, Energie und Umwelt (ZIKA et al., 2007, S. 18).

Oftmals werden diese drei Anwendungsbereiche mit den drei unterschiedlichen Farbattributen rot, grün und weiß bzw. grau versehen. Allerdings ist in diesem Kontext das Heranziehen dieser Farbuordnung nicht immer ganz exakt und aus wissenschaftlicher Sicht überholt. Die verschiedenen Anwendungsgebiete überschneiden sich nämlich teilweise, und eine klare Zuordnung ist nicht immer möglich (JANY, 2008). Dennoch haben sich diese Farben zur Bezeichnung der unterschiedlichen Anwendungsbereiche der Biotechnologie und auch der Gentechnik in der Öffentlichkeit und in den Medien bereits etabliert. Auch im Rahmen dieser Arbeit wird deshalb der Begriff der „Grünen Gentechnik“ verwendet, wobei im folgenden Unterkapitel zunächst der Begriff Gentechnik geklärt werden soll.

2.1.2 Gentechnik

Gentechnik, als ein Teilbereich der modernen Biotechnologie, ist ebenfalls eine Querschnittstechnologie, die auf wissenschaftliche Errungenschaften aus den unterschiedlichsten Gebieten fußt. Historische Meilensteine für die Entwicklung der Gentechnik waren die Entdeckung der universellen Erbsubstanz DNA von Avery et. al im Jahr 1944 und die Strukturaufklärung der DNA im Jahr 1953 von Watson und Crick. Weitere bedeutende Wegmarken waren das Jahr 1973, in dem es Cohen und Boyer gelang, artfremdes Erbmateriale auf einen anderen Organismus zu übertragen (ZIKA et al., 2007) sowie der erstmalig erfolgreiche Transfer bakterieller DNA auf eine Pflanze mit Hilfe des Vektors *agrobacterium tumefaciens* Anfang der Achtziger Jahre (KEMPKEN, 2004/2005, S. 10).

Der Begriff Technik an sich steht für die einzelne oder kombinierte Anwendung von Methoden, Verfahren und Prinzipien, um eine bestimmte Wirkung zu erzielen (WIKIPEDIA-ONLINE, 2010). Dabei wird im Rahmen der Gentechnik auf eine begrenzte Zahl von molekulargenetischen Methoden zurückgegriffen, welche zum größten Teil bereits in den Siebziger Jahren entwickelt wurden. Zu den grundlegenden Methoden der Gentechnik zählen: die Restriktionsendonukleasen, das Southern Blot und die Hybridisierung sowie die Polymerase-Kettenreaktion (PCR). Diese Methoden benötigt man für die Übertragung von Fremd-DNA auf z.B. Pflanzen. Sie werden aber auch in der traditionellen Pflanzenzüchtung angewandt (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 37ff).

Den Vorgang, bei dem fremde DNA in das Erbgut eines Organismus eingeschleust wird, bezeichnet man als Transformation und derartig transformierte Pflanzen werden als transgene Pflanzen bezeichnet (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 11). Zur Herstellung einer transgenen Pflanze sind drei Schritte notwendig: (1) die Genisolierung, (2) die Vermehrung des isolierten Gens und (3) der Gentransfer. Um die erfolgreich transformierte Pflanzenzelle allerdings in der



Züchtung nutzen zu können, muss aus der so gewonnenen transgenen Einzelzelle eine intakte Pflanze regeneriert werden, die das neue Gen stabil exprimiert und konstant weitervererbt (ORDON und FRIEDT, 1998, S. 84).

Vergleichbar mit der Annäherung an eine Begriffsklärung für „Biotechnologie“ existiert auch für den Begriff „Gentechnik“ sowohl eine etwas enger als auch eine etwas weiter gefasste Definition, wobei sich allerdings die Mehrzahl der Quellen an der enger gefassten Formulierung orientiert.

So verstehen sowohl die OECD als auch die FAO unter „Gentechnik“ (genetic engineering⁶) Folgendes:

„Altering the genetic material of cells or organisms in order to make them capable of making new substances or performing new functions“ (OECD, 2005, S. 39).

„Changes in the genetic constitution of cells (apart from selective breeding) resulting from the introduction or elimination of specific genes through modern molecular biology techniques...“ (ZEID et al., 1999, S. 106).

Auch das „Joint Research Center“ (JRC) der EU-Kommission fokussiert in seiner Auslegung von „Gentechnik“ ebenso wie die zuvor zitierten Definitionen ausschließlich auf die gezielte Veränderung des genetischen Materials:

„It is used to modify the genome of an organism by adding or deleting a gene or modifying the nucleotide sequences of existing genes...“ (ZIKA et al., 2007, S. 132).

Vereinzelst stößt man allerdings auch auf eine etwas weiter gefasste Definition, die unter Gentechnik die Gesamtheit aller Methoden zur Charakterisierung und Isolierung, gezielten Veränderung und Übertragung von genetischem Material versteht (MENRAD et al., 2003, S. 11). Neben den Verfahren zur Modifizierung und Übertragung des Erbmaterials werden gelegentlich also auch verschiedene analytische Methoden zur Gentechnik gezählt, die auf der Charakterisierung und Isolierung von Teilen des Erbmaterials basieren (HEINE et al., 2002, S. 3; ORDON und FRIEDT, 1998, S. 75ff). Hierzu zählt zum Beispiel die Charakterisierung bestimmter Genotypen mit Hilfe eines genetischen „Fingerabdrucks“. Dieses Verfahren hat unter anderem in der konventionellen Züchtung als markergestützte Selektion große Bedeutung erlangt. Ein weiteres Beispiel in diesem Zusammenhang sind diagnostische Verfahren, die auf einer enzymatischen Vermehrung bestimmter Sequenzabschnitte basieren (PCR) (HEINE et al., 2002, S. 3). Das Bundes-

⁶ Der im angelsächsischen Sprachraum verwendete Begriff der „genetic modification“ ist ins Deutsche mit „genetisch verändert“ zu übersetzen und schließt damit auch eine (ungezielte) Veränderung des Erbgutes durch Mutation oder Strahlung ein. Die im Deutschen gebräuchliche Verwendung des Begriffs „gentechnisch verändert“ weist auf eine gezielte Veränderung durch Einführung einer definierten DNA-Sequenz in eine Zelle hin und wird im Englischen mit „genetically engineered“ übersetzt (HEINE et al., 2002, S. 3). Als Synonym für die Bezeichnung „genetic engineering“ wird oftmals „recombinant DNA-technology“ benutzt (FAO-ONLINE, 2000).



amt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) klammert hingegen in seiner Definition von „Gentechnik“ explizit die diagnostischen Verfahren zur Entschlüsselung, Markierung und Isolierung von Teilen des Erbmaterials aus und ordnet diese allgemein den biotechnologischen Methoden zu (BVL, 2008, S. 3). Das BVL folgt damit in seiner Auffassung von „Gentechnik“ der EU-Kommission und anderen internationalen Organisationen, wie der OECD und der FAO. Im Rahmen dieser Arbeit soll unter „Gentechnik“ ebenfalls ein Bündel an Methoden zur gezielten Veränderung von genetischem Material verstanden werden.

Analog zur Begriffsverwendung von „Biotechnologie“ werden auch im Zusammenhang mit der Begrifflichkeit „Gentechnik“, den einzelnen Wissenschafts- und Anwendungsbereichen entsprechend, bestimmte Farbattribute bemüht. Der Begriff „Grüne Gentechnik“ bezeichnet demnach den Anwendungsbereich der Gentechnik, in denen pflanzliche Organismen das Ziel gentechnischer Veränderungen darstellen (HEINE et al., 2002, S. 3). Im folgenden Abschnitt soll auf die zahlreichen Anwendungen der „Grünen Gentechnik“ im Agribusiness eingegangen werden.

2.1.3 Anwendung gentechnischer Methoden im Agribusiness

Bereits vor 10.000 Jahren begann der Mensch mit der Züchtung von Kulturpflanzen, um diese seinen Bedürfnissen anzupassen. So sind zahlreiche heute angebaute Nutzpflanzen in ihrer jetzigen Form erst durch diese Zuchtwahl des Menschen entstanden und ihren ursprünglichen Wildformen nicht mehr sehr ähnlich (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 3). An den wesentlichen Zuchtzielen hat sich bis heute nicht viel geändert. Im Vordergrund stehen nach wie vor die Ertragssteigerung, die Ertragssicherung durch Schutz vor Schädlingen und Krankheiten sowie die Verbesserung der Qualitäts- und Verarbeitungseigenschaften (DFG, 2001, S. 8).

Während die Pflanzenzüchtung in ihren Anfängen dem Zufallsprinzip folgte, begann man vor ca. 100 Jahren, im Zuge der (Wieder)Entdeckung der Vererbungsregeln von Mendel, mit der gezielten Züchtung. Dadurch konnten enorme Ertragssteigerungen erreicht werden. Im Gegensatz zu den modernen Methoden werden in der traditionellen Pflanzenzucht alle Erbanlagen (d.h. ganze Chromosomen bzw. Chromosomensätze) der Eltern miteinander kombiniert und per Zufall auf die Nachkommen aufgeteilt. Da Pflanzen mehrere zehntausend Gene besitzen, kann der sich anschließende Selektionsprozess unter den Nachkommen nach den gewünschten Merkmalen sehr zeitaufwändig sein. Die Etablierung einer stabilen Zuchtlinie kann deshalb mitunter zehn bis 15 Jahre dauern (KEMPKEN, 2004/2005, S. 6). Die klassischen Züchtungsmethoden stellen dennoch weiterhin das Rückgrat der praktischen Pflanzenzüchtung dar. Moderne Methoden wie Zell- und Gewebekulturtechniken, molekulargenetische sowie gentechnische Techniken eröffnen



jedoch völlig neue Möglichkeiten in allen drei Phasen der Sortenzucht⁷ (ORDON und FRIEDT, 1998, S. 38) und können damit zu erheblichen Zeit- und Kosteneinsparungen bei der Entwicklungen neuer Pflanzenzüchtlinien beitragen. Während die Anwendung traditioneller Züchtungsmethoden auf nahe artverwandte Pflanzen beschränkt ist, können mit Hilfe der Gentechnik gezielt einzelne Gene über die Artengrenze hinweg übertragen werden⁸ (ORDON und FRIEDT, 1998, S. 75).

Bei der Herstellung einer transgenen Pflanze finden neben den Methoden der Gentechnik auch eine Vielzahl anderer biotechnologischer Methoden ihre Anwendung, so zum Beispiel die der Zell- und Gewebeskulturtechniken und molekulargenetische Techniken. Diese werden jedoch ebenso bei der Züchtung konventioneller Pflanzen herangezogen. So können nach erfolgter traditioneller Kreuzung die Gene der noch jungen Nachkommen untersucht und diejenigen mit den gewünschten Eigenschaften bereits auf molekularer Ebene selektiert und damit die Entwicklungsdauer und Kosten in der Züchtung gesenkt werden⁹ (DFG, 2001, S. 8; MENRAD et al., 2003, S. 66).

In den beiden folgenden Unterkapiteln soll nun auf die verschiedenen Anwendungen der Gentechnik im Agribusiness eingegangen werden, wobei zunächst der Einsatz gentechnischer Methoden in der landwirtschaftlichen Produktion betrachtet werden soll. Hierbei sollen insbesondere die verschiedenen Eigenschaften vorgestellt werden, über die gentechnisch veränderte Pflanzen bereits verfügen bzw. vielleicht einmal verfügen könnten. Daran anschließend werden die verschiedenen Einsatzgebiete gentechnischer Veränderungen in der Lebensmittelverarbeitung aufgezeigt. Dabei sollen vor allem die Produkteigenschaften transgener Pflanzen genannt und kurz beschrieben werden. Im Zusammenhang mit Produkt- und Anbaueigenschaften transgener Pflanzen fallen oft auch die Begriffe „Output- und Inputtraits“.

⁷ Die Sortenzüchtung kann vereinfachend in drei Schritte eingeteilt werden: (1) die Schaffung neuer bzw. Nutzung bereits vorhandener Ausgangsvariationen durch intra- und interspezifische Kreuzungen, Mutationen und Gentransfer (ORDON und FRIEDT, 1998, S. 75), (2) die Selektion von Sortenkandidaten und (3) die Prüfung, Erhaltung und Vermehrung des Sortenkandidaten (ORDON und FRIEDT, 1998, S. 38).

⁸ Allerdings gibt es auch Beispiele, bei denen bereits mittels traditioneller Züchtung auch die Artenbarriere überschritten werden konnte. Ein solches Beispiel ist der Gattungshybrid Triticale – ein Kreuzung aus Weizen und Roggen (KEMPKEN, 2004/2005, S. 6).

⁹ Ein sehr anschauliches Beispiel in diesem Zusammenhang sind die Backeigenschaften von Weizen. Aufgrund der Verfügbarkeit moderner Selektionsmethoden ist es möglich, bereits auf molekularer Ebene auf die gewünschten Eigenschaften hin zu untersuchen, statt erst beim Backen eines Brotes diese Erkenntnisse zu gewinnen (SCHUCHERT und BENNER, 2000, S. 9).



2.1.3.1 Anwendungsfelder in der Landwirtschaft

Unter den sogenannten „Inputtraits“ werden die anbaurelevanten Eigenschaften transgener Pflanzen verstanden, die die Wachstumseigenschaften einer Pflanze beeinflussen. Hierzu werden Resistenzen gegenüber Schädlingen, Unkräutern und Krankheiten, aber auch gegenüber abiotischen Stressfaktoren gezählt.

Da die jährlichen Ernteverluste, die durch ungünstige biotische und abiotische Standortfaktoren verursacht werden, mitunter relativ hoch sind, besitzen transgene Pflanzen mit derartigen Eigenschaften besonders für Züchter und Landwirte eine große Bedeutung. Weil zunächst ausschließlich gentechnisch veränderte Pflanzen mit modifizierten „Inputtraits“ entwickelt und kommerzialisiert wurden, werden solche transgenen Pflanzen manchmal auch als Pflanzen der „ersten Generation“ bezeichnet.

▪ **Herbizidresistenz**

Herbizidresistenz ist die meistverbreiteteste Eigenschaft bei transgenen Pflanzen. Dies hat verschiedene Ursachen. Ein gewichtiger Grund sind mit Sicherheit die jährlichen Ernteeinbußen, die durch Unkrautwuchs entstehen. Sie können 10-15 % des Ertrages ausmachen. Abgesehen von der Tatsache, dass die technische Umsetzung der Herbizidresistenz in Pflanzen vergleichsweise einfach ist, spielen bei der weiten Verbreitung dieses Merkmals transgener Pflanzen auch noch die Problematiken wie Bodenerosionen beim Unterpflügen der Unkräuter sowie die relativ hohen Mengen bei der prophylaktischen Behandlung mit Herbiziden in der konventionellen Landwirtschaft eine tragende Rolle (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 126f).

Hinter der Eigenschaft „Herbizidresistenz“ verbirgt sich genau genommen ein aus zwei Komponenten bestehendes System: Zum einen die künstlich hergestellte herbizidresistente Pflanze und zum anderen das dazugehörige nicht-selektive Herbizid, welches aufgrund seines breiten Wirkungsspektrums auch Breitbandherbizid genannt wird. Das Breitbandherbizid ist für alle Pflanzen toxisch, dadurch, dass es in zentrale Stoffwechselprozesse (meistens durch Enzymhemmung) eingreift. Herbizidresistente Pflanzen werden, durch Einführung eines neuen (aus bakterieller DNA) oder „Ausschalten“ eines bereits vorhandenen Gens, derart modifiziert, dass sie, im Gegensatz zu den Unkräutern, die Behandlung mit dem Breitbandherbizid überleben. Derzeit dominieren zwei unterschiedliche Herbizidresistenzsysteme. Das sind „RoundupReady“ mit dem Wirkstoff Glyphosat und „LibertyLink“ mit dem Wirkstoff Glufosinat (TRANSGEN-LEXIKON, 2010). Beide Wirkstoffe werden im Boden schnell zu für Tier und Mensch harmlosen Bestandteilen abgebaut (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 128).



▪ **Insektenresistenz**

Kulturpflanzen können durch Insekten auf zwei Arten geschädigt werden: Zum einen direkt durch Fraßschäden, Gewebeverluste und damit einhergehenden mechanischem Schaden und zum anderen indirekt durch die Übertragung von anderen Krankheitserregern. Aus ökologischer Sicht ist die Verwendung von Pestiziden in der konventionellen Landwirtschaft, aufgrund von möglichen Rückstandsbelastungen und nicht spezifischer Toxizität für Tiere, nicht ganz unbedenklich. Darüber hinaus verursachen Pestizide erhebliche Kosten. Hierin liegt u.a. das große Potenzial von künstlich insektenresistenten Pflanzen (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 130ff). Für die Realisierung des Merkmals „Insektenresistenz“ wird derzeit auf ein natürliches Toxin zurückgegriffen, welches vom Bodenbakterium „Bacillus thuringiensis“ (deshalb auch Bt-Toxin) gebildet wird und nur für bestimmte Insekten bzw. Insektengruppen giftig ist. Pflanzen wie Mais und Baumwolle, in deren Genom das bakterielle Gen erfolgreich integriert werden konnte, sind in der Lage, selbst ein Bt-Toxin zu bilden. Mit den Fraßschäden durch Insekten ist oftmals auch das Auftreten von Schimmelpilzen verbunden. Diese bilden giftige Stoffe, sogenannte Mykotoxine. So kann durch das Ausbleiben bzw. die Verminderung des Schädlingsbefalls auch die Mykotoxinbelastung reduziert werden (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 130ff).

▪ **Virusresistenz**

Viren lösen relativ viele Pflanzenkrankheiten aus und führen so zu erheblichen Ernteverlusten. Deshalb wurde eine weitere Gruppe von transgenen Pflanzen gezüchtet, die resistent gegen Viren sind. Bei der Gewinnung solcher gentechnisch veränderten Pflanzen gibt es zwei unterschiedliche Herangehensweisen. Bei der ersten Methode werden Pflanzen Gene übertragen, die die Exprimierung einer bestimmten Virenproteinhülle kodieren und dazu führen, dass solche transgenen Pflanzen quasi „immunisiert“ werden. Die zweite Strategie macht sich in Pflanzen natürlich vorkommende Resistenzgene zunutze (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 133; TRANSGEN-LEXIKON, 2010).

▪ **Schutz vor pathogenen Pilzen und Bakterien**

Abgesehen von den zum Teil erheblichen Ernteaussfällen, die durch den Befall von Kulturpflanzen mit Bakterien und Pilzen entstehen, stellen die von Pilzen gebildeten Mykotoxine ein zusätzliches ernstzunehmendes Problem in der Landwirtschaft dar, vor allem dann, wenn nicht mit Fungiziden behandelt wird, wie z.B. im ökologischen Landbau. Trotz aller Forschungsbemühungen konnten bisher jedoch keine anwendungsfähigen transgenen Pflanzen, welche Resistenzen gegenüber Pilzen aufweisen, hergestellt werden. Hierzu werden unterschiedliche Forschungsansätze verfolgt. So können Pflanzen dazu befähigt werden, Substanzen zu bilden, die zur Zerstörung des Pilzes führen (z.B. Chitinasen), die den Pilz durch ein eigenes Toxin abwehren oder eine



gentechnische Verstärkung eines Mechanismus, der eine Ausbreitung der Pilzerkrankung einzudämmen vermag (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 136f; TRANSGEN-LEXIKON, 2010).

▪ **Resistenzen gegen abiotische Stressfaktoren**

Mit wachsender Bevölkerung insbesondere in Entwicklungsländern und der Tatsache, dass landwirtschaftliche Nutzfläche begrenzt ist, wird die Nutzung sogenannter Ungunststandorte in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Solche Standorte weisen für das Wachstum von Pflanzen ungünstige, wenn nicht gar ungeeignete Umweltbedingungen auf, wie z.B. zu kalt oder zu heiß, zu feucht oder zu trocken und zu salzig. Pflanzen, die gegenüber derartigen abiotischen Stressfaktoren resistent sind, befinden sich derzeit allerdings noch im Versuchsstadium (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 138).

2.1.3.2 Anwendungsfelder in der Lebensmittelverarbeitung

Mit dem Begriff „Outputtraits“ sind alle produktbezogenen Eigenschaften transgener Pflanzen gemeint. Dabei können die Eigenschaften von Nahrungsmitteln zum Beispiel hinsichtlich ihrer Zusammensetzung, ihrer Lagerfähigkeit und ihres Geschmacks verändert werden. Während der Nutzen von gentechnisch veränderten Pflanzen der ersten Generation von der Mehrzahl der Konsumenten nicht als solcher wahrgenommen wurde, sollen sich ihm die Vorteile transgener Produkte der sogenannten zweiten Generation wesentlich klarer erschließen.

▪ **Veränderung der Nahrungsmittelzusammensetzung**

Mit der Änderung der Zusammensetzung von Nahrungsmitteln sind im Wesentlichen zwei Ziele verbunden: Zum einen eine Verbesserung der Nahrungsmittelqualität bzw. des ernährungsphysiologischen Wertes und zum anderen eine Erhöhung der Rohstoffausnutzung insbesondere für industrielle Zwecke. Dazu werden Pflanzen derart gentechnisch verändert, dass sie z.B. bestimmte Stoffe produzieren, die sie ursprünglich nicht bilden konnten oder sie werden mit gesundheitsfördernden Stoffen wie Sekundären Pflanzenstoffen oder Vitaminen angereichert. Prominentestes Beispiel für eine solche gentechnische Veränderung ist der „Goldene Reis“. Dieser Reis kann, im Gegensatz zum konventionellen Reis, Beta-Carotin, eine Vorstufe des Vitamins A, in seinen Körnern bilden und soll so in Regionen, in denen keine ausreichende Versorgung mit Vitamin A gewährleistet und gleichzeitig Reis eines der Hauptnahrungsbestandteile ist, helfen, den massiven Vitamin-A-Mangelercheinungen entgegenzuwirken. Neben der Anreicherung von gesundheitsfördernden Stoffen werden speziell für die industrielle Verwendung solche Pflanzen entwickelt, die in der Lage sind, maßgeschneiderte Inhaltsstoffe zu produzieren. Hierzu zählen vor allem Stoffe wie Fette mit verändertem Fettsäuremuster, Stärke mit einer ganz spezifischen Zusammensetzung oder die Produktion von Inulin (TRANSGEN-ONLINE, 2010).



▪ **Veränderung der Lagerfähigkeit und des Geschmacks**

Viele Früchte, wie z.B. Tomaten und Bananen, werden in unreifem Zustand geerntet, da sie so leichter ohne Beschädigung maschinell geerntet werden und darüber hinaus längere Transport- und Lagerzeiten derart überstehen können, dass sie aus Sicht der Verbraucher keine erkennbaren Qualitätseinbußen aufweisen. Solche Produkte werden im Nachhinein künstlich zur Fruchtreife gebracht. Das Ernten in unreifem Zustand kann allerdings zu Geschmacksbeeinträchtigungen führen. Deshalb ist die Entwicklung von Produkten mit einer verzögerten Reifung sowohl aus Sicht der Produzenten (Steigerung der Transport- und Lagerwürdigkeit) als auch der Konsumenten (besserer Geschmack, da Ernte im reifen Zustand möglich) interessant. Bekanntestes Beispiel ist die „Anti-Matsch-Tomate“, die Anfang der Achtziger Jahre in den USA unter dem Namen „FlavrSavr“ auf den Markt kam, mittlerweile aber aus verschiedenen Gründen wieder vom Markt genommen wurde (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 147f; TRANSGEN-ONLINE, 2010).

▪ **Reduktion von Allergien auslösenden Stoffen**

Allergien gegen bestimmte Nahrungsmittel oder Nahrungsmittelbestandteile, wie z.B. Nüsse und Sojabohnen, und vererbte Nahrungsmittelunverträglichkeiten, wie Zöliakie, stellen für viele Menschen ein großes Problem und damit verbunden eine relativ große Einschränkung ihrer Lebensqualität dar. Die Strategie für die betroffenen Menschen besteht derzeit meist darin, die entsprechenden Nahrungsmittel zu meiden. Mit Hilfe gentechnischer Methode gibt es die Möglichkeit, Pflanzen zu entwickeln, die weder Allergene noch Unverträglichkeit auslösende Stoffe beinhalten (KEMPKEN und KEMPKEN, 2000, S. 148f).

▪ **Verwendung gentechnisch veränderter Mikroorganismen**

Neben den zuvor besprochenen Produkteigenschaften transgener Pflanzen soll, aufgrund ihrer großen Bedeutung in der lebensmittelverarbeitenden Industrie, kurz auf die Verwendung gentechnisch veränderter Mikroorganismen bei der Lebensmittelverarbeitung eingegangen werden. Traditionell werden Mikroorganismen sehr vielfältig in der Lebensmittelverarbeitung eingesetzt. Dabei werden im Wesentlichen zwei Anwendungsgebiete unterschieden: Die Nutzung von Mikroorganismen als Starter- und Schutzkulturen, wobei sie gezielt einem Lebensmittel zugesetzt werden, um bestimmte Stoffwechselforgänge zu aktivieren, und die Verwendung von Mikroorganismen als Produktionsorganismen z.B. für die Herstellung von Enzymen, Aminosäuren, Vitaminen und Zusatzstoffen bei der Lebensmittel-, aber auch Futtermittelproduktion (DFG, 2001, S. 15ff; TRANSGEN-ONLINE, 2010). Während gentechnische Methoden bei der Modifizierung von Mikroorganismen als Produktionsorganismen eine breite Anwendung finden, sind in der EU keine gentechnisch veränderten Mikroorganismen für die Verwendung als Starterkulturen zugelassen. Der wesentliche Unterschied und damit ein Erklärungsgrund für diese Tatsache könnte



sein, dass gentechnisch veränderte Starterkulturen in dem jeweiligen Lebensmittel verbleiben und mit der Nahrung in den menschlichen Körper aufgenommen werden und somit mögliche Wechselwirkungen mit Mikroorganismen im Verdauungstrakt zu berücksichtigen wären. Hinzu kommt, dass die Unbedenklichkeit von transgenen Starterkulturen mit relativ hohem wissenschaftlichem Aufwand belegt werden müsste und eine Kennzeichnung des Lebensmittels erforderlich wäre (TRANSGEN-ONLINE, 2010).

Insbesondere in der Enzymtechnologie hat die Anwendung gentechnischer Methoden zu einem enormen Entwicklungsschub beigetragen. Die sonst sehr teure Herstellung von Enzymen wurde durch Verfahren ersetzt, in denen Enzyme in höherer Reinheit und größerer Ausbeute und damit wesentlich billiger durch gentechnisch veränderte Mikroorganismen produziert werden können. Bei der Modifizierung der enzymbildenden Mikroorganismen werden hauptsächlich drei Ansätze unterschieden. Entweder werden Mikroorganismen erstens so optimiert, dass sie deutlich mehr als ursprünglich von einem Enzym bilden oder zweitens sogar Enzyme produzieren, die sie natürlicherweise selbst nicht bilden würden. So wird z.B. Chymosin, Hauptwirkstoff des Labferments, welches unverzichtbar bei der Herstellung von Hartkäse ist, nicht mehr aus Kälbermägen, sondern aus Mikroorganismen gewonnen. Ein dritter Ansatz beschäftigt sich mit dem „Enzym-Design“, welches allerdings noch in den Kinderschuhen steckt und darauf abzielt, Enzyme auch unter Bedingungen arbeitsfähig zu machen, unter denen sie sonst gar nicht oder viel zu langsam Stoffe umsetzen würden (TRANSGEN-ONLINE, 2010).

Abschließend soll festgehalten werden, dass drei Kategorien von gentechnisch veränderten Lebensmitteln unterschieden werden können: (1.) solche, die selbst der lebende GVO sind, wie Mais und Sojabohne; (2.) solche Lebensmittel, welche den lebenden GVO enthalten, wie Milchsäurebakterien im Joghurt und (3.) diejenigen, die zwar isolierte oder aus verarbeiteten Produkten GVOs enthalten, aber nicht mehr lebend sind, wie Enzyme, Vitamine oder Aminosäuren oder inaktivierte GVO, wie z.B. in Tomatenketchup, Brot oder Bier (JANY et al., 2003, S. 2).

In diesem Kapitel wurde der Versuch unternommen, sich den beiden Begrifflichkeiten „Biotechnologie“ und „Gentechnik“ zu nähern. Festzuhalten ist, dass beide Technologien interdisziplinär sind und sich aus einem umfangreichen Pool unterschiedlicher moderner Verfahren bedienen. Die „Gentechnik“ stellt dabei nur ein Teilgebiet der „Biotechnologie“ dar. Beiden Begriffen werden oftmals ihren Anwendungsgebieten entsprechend Farbattribute (rot, grün und weiß) vorangestellt. Die Verknüpfung von „Grüner Biotechnologie“ und „Grüner Gentechnik“ liegt darin begründet, dass die erstere Technologie oftmals das Ausgangsmaterial in Form von Protoplasten und Antheren-/Kalluskulturen für gentechnische Versuche liefert. Des Weiteren stellt die „Grüne Biotechnologie“ Regenerationssysteme für die transformierten Kulturen bereit bzw. liefert die



Rahmenbedingungen für großangelegte industrielle Produktionen (infobörse hessen.online). Bei den Merkmalen transgener Pflanzen wird unterschieden zwischen sogenannten „Input- und Outputtraits“. Wie sich der Anbau transgener Pflanzen entwickelt hat und wie der globale Status ist, soll Gegenstand des folgenden Kapitels sein.

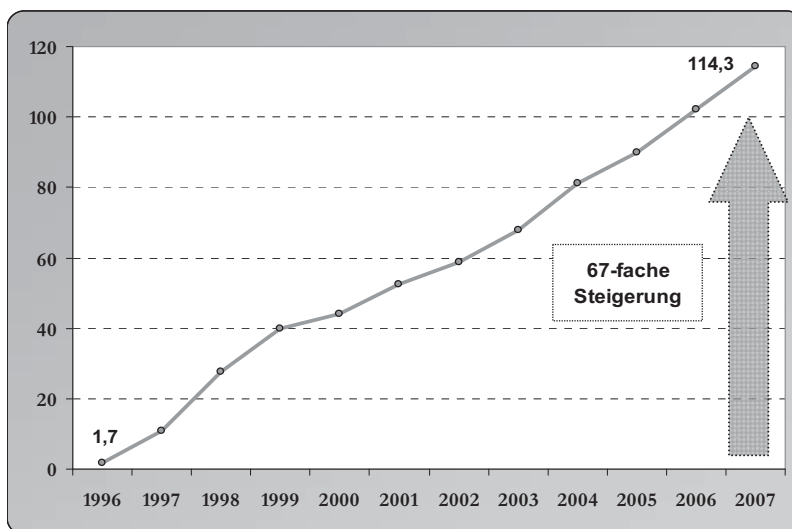
2.2 Bedeutung gentechnisch veränderter Pflanzen

Im Jahr 2006 bauten 10,3 Mio. Landwirte gentechnisch veränderte Pflanzen an, 2007 stieg diese Zahl bereits auf 12 Mio. Landwirte¹⁰. Einer Projektion des „International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications“ (ISAAA) zufolge, werden bis zum Jahr 2015 gentechnisch veränderte Pflanzen insgesamt auf 200 Mio. ha in 40 verschiedenen Ländern von 20 Mio. Landwirten angebaut.

2.2.1 Situation und Entwicklung weltweit

Die weltweite Anbaufläche mit gentechnisch veränderten Pflanzen wurde im Jahr 2007 erneut deutlich ausgebaut. 2006 betrug die transgene Anbaufläche 102 Mio. ha und wurde 2007 auf 114,3 Mio. ha ausgeweitet (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: Entwicklung der transgenen Anbaufläche weltweit von 1992 bis 2007 in Mio. ha.



Quelle: Eigene Darstellung nach JAMES (2007).

Dies entspricht einer prozentualen Steigerung gegenüber dem Vorjahreswert von 12 %. Vergleicht man die weltweite Anbaufläche zu Beginn der Kommerzialisierung gentechnisch verän-

¹⁰ Recherchen zu neueren Anbauzahlen ergaben, dass das aktuellere Zahlenmaterial keinen neuen Erkenntnisgewinn bringt. Siehe dazu auch Anmerkungen am Ende dieses Unterkapitels.