

In: Gerhard Banse, Armin Grunwald, Wolfgang König, Günter Ropohl (Hg.): Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. Berlin: edition sigma 2006, 321-330.

5.5 Biotechnologie: Grüne Gentechnik (Nicole C. Karafyllis)

5.5.1 Der Gegenstandsbereich der Biotechnologie

Die Biotechnologie ist die Lehre von den Techniken zur Veränderung von Lebewesen im Hinblick auf die Produktion. Sie hat sich zuerst auf die kleinsten Lebewesen konzentriert: Bakterien und Pilze (Hefen). Schon lange vor der Sichtbarmachung nutzte man ihre Stoffwechselprozesse zur Fermentation, die in erster Linie der Haltbarmachung von Lebensmitteln diente. Bis heute gibt es eine enge Verbindung zwischen Mikrobiologie und Biotechnologie, die durch die Erfindung des Lichtmikroskops und der damit einhergehenden Visualisierung von lebenden Zellen einen rasanten Aufschwung nahm. Als es später möglich wurde, auch Pflanzen-, Tier- und Menschenzellen in Zellkultur zu nehmen, konnten sich die verschiedenen Biotechniken wie z.B. die Gentechnik auch auf die Botanik und Zoologie bzw. Medizin ausdehnen. Die Biotechnologie nutzt Kultivierungstechniken, die in anderen Disziplinen entwickelt wurden. Über die biotechnischen Methoden, die sich auf Zellen und Gene konzentrieren, werden die für die Fachwissenschaften charakteristischen Objekte Lebewesen (Mensch, Tier, Pflanze) in den Hintergrund gerückt und anschlussfähig an eine Allgemeine Technologie (vgl. Ropohl 1999), die sich mit den Systeminputs und -outputs der Attributskategorien Masse, Energie und Information beschäftigt. So verlieren die genannten Wissenschaften Teile ihres sie vormals konstituierenden Objektbereichs und gehen in der allumfassenden Rede von der *Life Science* auf.¹ Biotechnik gibt es im Rahmen von Medizin-, Lebensmittel-, Arzneimittel und Umwelttechnik, d. h. diesseits und jenseits der Körpergrenze Haut.² Die Zelle ist das biotechnische „System“, mit dem gearbeitet wird und das etwas herstellen soll.

Während die klassische Biotechnologie sich mit der Kultivierung von Zellen und Geweben als Produktionssystemen beschäftigt, die man in erster Linie *quantitativ* optimieren möchte, konzentriert sich die moderne Biotechnologie, die molekularbiologisch und vor allem molekulargenetisch arbeitet, auf die optimale Veränderung *qualitativer* Eigenschaften. In diesem Kontext wird „Biotechnologie“ oft mit „Gentechnologie“ gleichgesetzt, obwohl das gentechnische Arbeiten eine Teilmenge des größeren biotechnischen Arbeitszusammenhangs bleibt. Man weist den verschiedenen Objektbereichen der Gentechnik verschiedene Farben zu: „Rote Gentechnik“ für den biomedizinischen Anwendungsbereich bei Tier und Mensch, „Grüne Gentechnik“ für die Veränderung von Pflanzen, „Weiße Gentechnik“ für den mikrobiellen Anwendungsbereich und „Blaue Gentechnik“ für die biotechnische Nutzung mariner Organismen.

Allen Biotechniken gemeinsam ist, dass sie Biofakte (vgl. Karafyllis 2003) hervorbringen: biotische Artefakte, an deren Leben Bedingungen gestellt wurden, die sie im Leben erfüllen und mittels Wachstum in Erscheinung bringen sollen. Der Ort der Herstellung ist gemeinhin das biotechnische Labor, in dem die epistemischen Grenzen zwischen Experiment und Konstruktion, und damit auch die zwischen Naturwissenschaft und Technologie zur

¹ Peter Fischer kennzeichnet dem gemäß die Handhabe von „Leben“ in der jüngeren Biotechnik als Gegenstand der Technik, Teil der Technik, technisches Mittel und als noch nicht realisiertes technisches Artefakt (Fischer 2004, S. 118ff.). Letztere Position markiert die Grenze zwischen Biotechnik und Artificial Life-Forschung, die ohne lebendes Material auskommt um vermeintliches „Leben“ zu erzeugen.

² Auch jenseits der Life Sciences wird Biotechnik großindustriell verwendet, etwa bei der bakteriellen Enzymproduktion für die Waschmittelherstellung oder bei der Erzeugung von B-Waffen.

„technoscience“ verschmelzen (vgl. Weber 2003). Mittlerweile entstehen auch biofaktische Kunstwerke, wie im Jahr 2000 das bei Bestrahlung grün fluoreszierende Kaninchen *CFP Bunny* des Künstlers Eduardo Kac, im Labor (vgl. Reichle 2005).³ Das biotechnische Labor mit seinen Reinkulturen übernimmt mit „Kultur“ den Terminus der Agrar- und Forstwissenschaften. Kulturräume sind solche, in denen Organismen heranwachsen und sich reproduzieren. Die Umgrenztheit des Raumes bei gleichzeitiger Sichtbarkeit des Wachstums und das Gebundensein an ein Medium ist wichtigstes Kennzeichen einer Laborkultur. Im strengeren Sinne beziehen sich Kulturen im Labor auf Organismen, d.h. auf abstrakte Individuen als Vertreter derselben Art. Sie haben als Organismen technischen Modellcharakter (siehe unten).

5.5.2 Prinzipien der Herstellung mittels Bio- und Gentechniken

Mittels Biotechniken werden Lebewesen zu Produzenten. Damit das Endprodukt, das das Lebewesen selbst, seine Zellen, Organe, Gewebe, Proteine oder andere Stoffwechselprodukte, seine Gene oder Nachkommen sein kann, in seinen Qualitäten berechenbar ist, muss der Weg der Erzeugung in normierten Schritten erfolgen. Dies gelingt am ehesten, wenn man bestimmte Funktionen, die sich als Phänomene am Lebendigen offenbaren, auf bestimmte Gene rückführen kann und wenn man einen Modellorganismus mit bekanntem Genom zum methodischen Vergleich nutzen kann. Einzelne Abschnitte der Nukleotidabfolge (= Sequenz) codieren für bestimmte Proteine, d. h. liefern den Befehl an die ausführenden Zellorganellen, die so genannten Ribosomen, ein Protein genau so und nicht anders zu synthetisieren. Das funktionale Zusammenwirken dieser einzelnen Abschnitte, die in einem Eiweißmolekül (Protein) resultieren, nennt man das *Gen*. Die Gesamtheit der im Zellkern lokalisierten Gene, das Genom, wird von Generation zu Generation vererbt. Auch bei jeder Zellteilung im Individuum wird das genetische Material in die neue Zelle weiter gegeben. Zum Teil können dabei kleine Veränderungen (Mutationen) auftreten, zum Teil wird auch, wie bei der Entstehung von Keimzellen, nur eine Hälfte des genetischen Materials auf die Zelle verteilt. So kann man bei höheren Lebewesen in jedem Falle schlussfolgern, *dass* Eigenschaften vererbt werden, aber nicht unbedingt *welche*. Diese Variabilität der Vererbung versucht man durch Unterdrücken der sexuellen Vermehrung, d. h. dem Erzeugen von Sterilität, technisch zu verhindern. Statt dessen vermehrt man über Klonierungstechniken genetisch identische Kopien im Interesse eines standardisierten Endprodukts.

Dies ist insbesondere wichtig bei gentechnisch transformierten Organismen. Unter „Gentechnik“ versteht man ein Methodenarsenal, das es erlaubt, Gene aus einem Organismus zu isolieren und zu analysieren⁴ und auch, in einen anderen Organismus genetisches Material gezielt einzubauen. Mit Hilfe gentechnischer Methoden können diagnostisch-analytische Untersuchungen stattfinden sowie auch neue genetische Konstrukte geschaffen werden. Ersteres wäre z. B. bei der molekularen Saatgutanalyse der Fall, letzteres bei der gentechnischen Einführung einer Herbizidtoleranz in Pflanzen, die die Pflanzen zu „transgenen Pflanzen“ macht. Die Herstellung transgener Pflanzen ist das Ziel der Grünen Gentechnik, die hier als Fallbeispiel für modernes biotechnisches Arbeiten erläutert wird.

Wichtige technische Schritte in diese Richtung waren erstens die Möglichkeit, Genabschnitte gezielt mit Hilfe von Enzymen (mittels Restriktionsenzymen) auszuschneiden und zusammenzubinden (mittels Ligasen), zweitens einen Gentransfer in andere Zellen zu erreichen (mittels so genannter Vektoren), drittens die Möglichkeit, Genabschnitte zu

³ Von der Biotechnik unterschieden ist die Bionik, bei der die lebende Natur und ihre Strukturprinzipien durch Ingenieurskunst aus unbelebten Materialien nachgebaut werden, und die Biometrie, bei der Lebewesen in ihrem Phänotyp vermessen und in ihren personentypischen Charakteristika berechenbar werden.

⁴ Diese Teilleistung wird oftmals als „Molekularbiologie“ von „Gentechnik“ abgeteilt.

vervielfältigen und viertens die Möglichkeit, durch Klonen identische Zellen zu reproduzieren, von denen intakte Lebewesen generiert werden können. Während „Genom“ die Gesamtheit aller Gene eines Lebewesens umfasst, meint der vergleichsweise neu in die Biologie eingeführte Begriff „Proteom“ die Gesamtheit aller Proteine. Sie sind die eigentlichen Wirkkomponenten im Stoffwechsel. Analog zur Genomik etabliert sich nun die Unterdisziplin der Proteomik, die erforscht, welche Eiweißverbindungen durch die Gene codiert werden. Erst mittels der Proteine gelangt man zur Information über die Funktion der Moleküle innerhalb des Organismus.

Biotechnologie systematisiert je nach Aufgabenstellung eine bestimmte Abfolge jeweils standardisierter Techniken:

- (1) Kultivierungstechnik;
- (2) Analysetechnik;
- (3) Herstellungstechnik;
- (4) Vervielfältigungstechnik.

Zu den Kultivierungstechniken (1) gehören Maschinen (z. B. Schüttler, Inkubatoren), Kultivierungsgefäße (z. B. Erlenmeyer-Kolben, Petri-Schalen) und Medien wie Gelatine oder Agar-Agar mit auf den jeweiligen Organismus abgestimmter Nährstoffzusammensetzung. Ferner dient eine komplizierte Sterilisationstechnik mit Filteranlagen und Autoklaven dem kontaminationsfreien Arbeiten mit so genannten *Reinkulturen* eines Organismus. Im Vorfeld der Erbgutanalyse (2), die die Abfolge der Nukleotidsequenzen im „genetischen Code“ klären soll, wirken Reinigungs- und Zerlegungstechniken (z. B. Zentrifugation), die die DNA herauspräparieren und von anderen Zellbestandteilen lösen. Analysiert werden kann das ganze Genom (= Totalsequenzierung), was aufgrund der Datenmengen mehrere Jahre in Anspruch nimmt, oder ein charakteristischer Abschnitt, der vervielfältigt (4) werden kann. Mit Hilfe der PCR (*Polymerase chain reaction*) kann man geringste Mengen DNA, etwa in Spuren von Blut an einem Tatort, durch Einwirken von bestimmten Enzymen im Labor reproduzieren und für aussagekräftige Analyseergebnisse vorab ihre Quantität anreichern. Zur Sichtbarmachung bestimmter Gene dienen Färbetechniken in Kombination mit fluoreszierenden Markergenen, den Ort einer Sequenz auf dem Genom lokalisieren können. Die Sichtbarmachung erfüllt den Zweck einer Qualitätskontrolle und ist Bedingung für die Möglichkeit zur *Selektion* von Menschenhand. Dazu nutzt man einen Abgleich mit einem genetischen Modellorganismus, der als Prototyp dessen, was biotechnisch möglich ist, dient.

5.5.3 Grüne Gentechnik: Die Herstellung transgener Pflanzen

Am Beispiel der Herstellung transgener Pflanzen kann gezeigt werden, wie Pflanzen bestimmte Produkteigenschaften, wie z. B. eine Herbizidtoleranz, erwerben können. Die Grüne Gentechnik steht im Dienste der Produktentwicklung. Das biotechnische Labor einschließlich der Versuchsflächen zur Freisetzung sowie der nachgeschaltete agrarwirtschaftliche Herstellungskontext bilden das pflanzenbauliche Produktionssystem. Die Herbizidtoleranz als eine Eigenschaft des Produkts ermöglicht durch Ausschalten von Nahrungskonkurrenten einen höheren Erntefaktor und steigert damit die Effizienz des Produktionssystems.

Um Kulturpflanzen wie den Mais zu transgenem Mais zu machen (etwa zu so genanntem Bt-Mais, der den Mais gegen Fraß durch den Maiszünsler dadurch schützen soll, dass er das Gen des *Bacillus thuringiensis* trägt, dessen Toxin Insektenlarven töten kann), muss man eine Transformation der Zellen, d. h. die Einführung fremden Erbguts in die Zelle vornehmen. Integriert sich das eingeführte Fremdgen in das Wirtsgenom, hat man eine transgene Zelle

hergestellt, aus der man ein ganzes Lebewesen regenerieren kann. Die Herstellung transgener Pflanzen ist erstmals im Jahr 1983 dokumentiert. Sie gehört heute zum Alltagsgeschäft der Biotechnikerin und konzentriert sich auf die wichtigsten Kulturpflanzen wie Sojabohne, Mais, Reis, Kartoffel, Gerste, Weizen und Baumwolle. Der Ablauf ist bei allen Pflanzen im Wesentlichen gleich: Es werden durch gesteuerte Infektionen genetische Hybride mit neuen Eigenschaftskombinationen hergestellt.

Die am weitesten verbreitete Methode zur Transformation bedient sich des Bakteriums *Agrobacterium tumefaciens*. Es befällt Pflanzen und diese Infektion wird im Labor zur Übertragung des gewünschten Erbgutes gesteuert. Dieses Bakterium enthält neben seiner eigentlichen Erbsubstanz (Chromosom) ein ringförmiges Molekül (Plasmid), das die zu übertragenden Gene beinhaltet. Diese hat man vorher mit Hilfe von Viren, die wiederum das Bakterium befallen haben, in das Bakterium eingeschleust. Das Zusammenspiel bei der kontrollierten Genübertragung durch Viren, Bakterien und Pflanzen nennt man ein Transformationssystem. Beim Eintauchen einer Pflanze in eine Suspension mit Agrobakterien findet ein Kontakt zwischen Bakterien und Blättern statt und man erreicht eine Infektion. Ein Bakterium lagert sich in der Suspension an eine Pflanzenzelle an, dann wird das Erbgut als Plasmid in die Pflanze eingeschleust. Dieser Vorgang dauert wenige Sekunden. Nach Integration der fremden Gene im Erbgut der Pflanzenzellen werden die mit Agrobakterien infizierten Blätter auf künstliche Nährböden transferiert und die Regeneration initiiert. So erhält man transgene Pflanzen. Um gewünschte Eigenschaften in Pflanzen verlässlich einbringen zu können, benötigt man eine *Modellpflanze*, an der man das Funktionieren des Gentransfers testet und aus der man umgekehrt Gene für bekannte Eigenschaften zur Herstellung transgener Kulturpflanzen gewinnt. Ihr Genom ist von der Struktur her bekannt. Das lebendige Modell der Pflanzenbiotechnik ist *Arabidopsis thaliana*, die als Unkraut am Bahndamm und am Ackerrandstreifen wachsende „Ackerschmalwand“.

5.5.4 Modellorganismen als Prototypen: Die Modellpflanze *Arabidopsis thaliana*

Modellorganismen sind methodische Prototypen für eine Klasse von gentechnischen Anwendungsfällen. Im biotechnischen Arbeiten sind sie Prototyp sowohl für die naturwissenschaftliche Analyse einer ganzen Klasse von Lebewesen (z. B. den Pflanzen), als auch für die technische Herstellung eines im Vergleich zum bisherigen Original modifizierten Produkts. Diese dialektische Verfasstheit des Prototyps in der Biotechnologie liegt daran, dass das gewünschte Produkt sich mit Hilfe seines Wachstums quasi selbst herstellt und man für das Erreichen eines Endprodukts seine genetischen Anlagen kennen sowie die Randbedingungen des Wachstums modellieren muss. Man kann Modellorganismen als Modelle der Genetik von Versuchsorganismen als Modelle der Physiologie bezüglich der Art und Weise des biotechnischen Hervorbringens unterscheiden. Beide sind nicht als Zerlegte im Labor, sondern sie gehen in ihrer Lebendigkeit eine Wechselwirkung mit den Mit-Laboranten wie Wissenschaftlern, Biotechnikern, technischen Assistenten, Gärtnern und Tierpflegern ein. Dadurch entsteht ein hybrider Lebens-Raum mit verschiedenen Formen von Kultur, unter denen die Experimentalkultur nur eine ist (vgl. Karafyllis 2005).

Neben zahlreichen Bakterien und der Bäckerhefe (*Saccharomyces cerevisiae*) gibt es dank der zeit- und kostenaufwendigen Sequenzierung des Genoms wenige mehrzellige Modellorganismen wie die Maus (*Mus musculus*), den Fadenwurm (*Caenorhabditis elegans*), die Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*), den Zebrafisch (*Danio rerio*) und die Ackerschmalwand, die als Modelle für Entwicklung, in vielerlei Hinsicht auch die des Menschen, dienen. Von den Kenntnissen über Wachstum und Entwicklung von *Arabidopsis* (z. B. hinsichtlich der Aktivität von Genen bei der Gewebedifferenzierung, bei der Abwehr und Resistenzbildung gegen Pflanzenschädlinge, bei Stressreaktionen auf Dürre und

Temperaturschwankungen etc.) erhofft man sich, analoge Strukturen in wichtigen Nutzpflanzen wie der verwandten Sojabohne aufzufinden und langfristig gentechnisch modellieren zu können. Weil man in der Genomforschung bei strukturalen Analogien oft Homologien vermutet, dient *Arabidopsis* als Modell für die Struktur und Organisation des Genoms zweikeimblättriger Pflanzen (*Dicotyledonae*) schlechthin.

Modellorganismen haben ein ganzes Spektrum an unterschiedlichen Aufgaben zu erfüllen (vgl. Burian 1993), die wiederum von unterschiedlichen Kontexten abhängen (vgl. Köchy 2003, S. 566ff.). Für Kristian Köchy stehen Modellorganismen in der anschaulich-explanativen Sphäre des wissenschaftlichen Arbeitens und erreichen nie eine Identitätsbeziehung zwischen Urbild und Abbild. Zumindest bei Modellorganismen im engeren Sinne, d. h. den Modellen der Molekulargenetik, deren Genom vollständig sequenziert ist und dessen Reproduktion sie unter Aufsicht im Labor mit Hilfe ihres Körpers vollziehen, scheint eine gewisse Vorsicht in der Entschiedenheit der Aussage angebracht. Ein Modell beschreibt eine Äquivalenzbeziehung von Merkmalen, die zur Erklärung eines Sachverhalts für relevant erachtet werden. Will man Wachstums- und Entwicklungsvorgänge erklären, hat man es bei der Auswahl des Modells mit dem Problem zu tun, dass die Bezugnehmenden Merkmale sich selbst ständig verändern (etwa wie bei einer Stadt, die ihre Topographie stets dann wechselt, wenn der Stadtplan als Modell angefertigt ist). Einzig die genetische Struktur bleibt in ihrer Abfolge von Nukleotiden weitgehend konstant, wohingegen einzelne Gene in verschiedenen Wachstumsstadien an- oder abgeschaltet werden. *Arabidopsis* ist ein „Globalisierungsgewinner“ und konnte nahezu jedes pflanzengenetisch arbeitende Labor kolonialisieren. Sie ist ein unscheinbares Ackerwildkraut und gehört zu den Senfpflanzen (Familie *Brassicaceae*). Friedrich Laibach, Schüler von Eduard Strasburger, beschrieb 1907 die fünf Chromosomenpaare der Pflanze in verschiedenen Zellteilungsstadien. Seine Schülerin Erna Reinholz legte 1945 die erste Sammlung im Labor induzierter Mutanten an (vgl. Rédei 1975). Mittlerweile sind die meisten Labors räumlich und technisch auf *Arabidopsis* ausgerichtet. Im Standardwerk „Molecular Biology of the Cell“ findet sich in der zweiten Auflage von 1995 noch der Hinweis, dass *Arabidopsis* ein „weed of no economic value, but of potentially great value for experiments in the molecular genetic of plants“ sei. Aufgrund seiner attraktiven Möglichkeiten werde *Arabidopsis* wohl bald die *Drosophila* (Fruchtfliege) der Pflanzenentwicklungsgenetik werden, so die Autoren (vgl. Alberts et al. 1989, S. 1184). Ein Jahr später war es soweit: 1996 wurde unter der Beteiligung von Japan, USA und Europa die AGI (Arabidopsis Genome Initiative) gegründet. Das ebenfalls folgende ESSA (European Scientists Sequencing Arabidopsis) ist ein Konsortium aus mehr als zwanzig Labors, die sich der Sequenzierung widmeten. Internationales Ziel der Proteomforschung ist es, bis 2010 die Rolle aller 25.000 *Arabidopsis*-Gene zu entschlüsseln, d. h. das Genom in seiner Organisation (Aktivität in verschiedenen Geweben, Musterbildung) und spezifischen Funktion auf Proteinebene zu kennen.

Ein Modellorganismus muss generell folgende Kriterien erfüllen (vgl. zum Teil Burian 1993): Robustheit, ausreichende Verfügbarkeit, geringer Platzbedarf und niedrige Ansprüche an die Kultivierung, kurze Generationszeiten bei zahlreicher Nachkommenschaft, gute Sichtbarkeit der Resultate im Experiment. Ein wichtiger Punkt ist die leichte Isolierbarkeit von Geweben, Zellen und ihren Bestandteilen, bei gleichzeitigem Erhalt ihrer *Potentialität*. *Arabidopsis* konnte deshalb eine „Karriere“ im Labor machen, weil sie diese Kriterien alle erfüllt. Sie verfügt über einen kurzen Reproduktionszyklus von nur fünf Wochen von Aussaat bis zur Samenreife bei reichlich Samenproduktion (mehrere 1000 pro Pflanze, ein Blütenstand trägt ca. 200 sehr kleine, weiße Blüten). Bei 25°C erreicht man bis zu acht Generationen im Jahr. *Arabidopsis* ist platzsparend, sie wird maximal zwanzig Zentimeter hoch und wächst sogar im Reagenzglas. Sie ist Selbstbefruchter. Nach genetischer Transformation erhält man durch *Selbstung* homozygot transformierte, reinerbige Pflanzen. Die Mutanten sind leicht isolierbar

und zeigen oft die Mutation bzw. Transformation schon im Keimlingsstadium phänotypisch an. Mit dem Vektororganismus *Agrobacterium tumefaciens* ist ein effizientes Transformationssystem etabliert. Nach der Herstellung des gentechnischen Prototyps und dem erfolgreichen Ablauf der Testphase unter realistischen Umweltbedingungen im Rahmen von Freisetzungsversuchen erfolgt die Mengenproduktion.

5.5.5 Gesellschaftliche Auswirkungen

Die Entwicklung einer transgenen Pflanzenlinie, die man als Sorte auf den Markt bringen kann, dauert bis zu zehn Jahre. Die Kosten für die Entwicklung liegen im zweistelligen Millionen-Euro-Bereich und sind nur von Großkonzernen zu leisten. Transgene Pflanzen, die einen großen Einzelmarkt aufweisen, wie transgenes Soja oder transgener Mais, bei denen eine Herbizidtoleranz und/oder Insektenresistenz eingefügt wurde, versprechen am ehesten Gewinn über Ertragssteigerungen. Hier handelt es sich um die Veränderung so genannter Input-Eigenschaften, auf die man sich bis in die 1990er Jahre bei der Herstellung transgener Pflanzen konzentrierte. Input-Eigenschaften sind die Merkmale einer Pflanze, die Ertrag und Kultivierungstechnik bestimmen, aber nicht zwangsläufig die Qualität des Endprodukts. Sie sind in erster Linie für Züchter und Landwirte von Bedeutung, weil sie sich auf den agronomischen Aufwand auswirken. Output-Eigenschaften dagegen sollen vor allem der pflanzenverarbeitenden Industrie, wie der Lebensmittel- und Arzneimittelindustrie sowie den Verbrauchern einen Vorteil bringen. Bei einem Endprodukt können so beispielsweise Allergene vermieden oder aber auch Zusatzstoffe wie Vitamine gegen Mangel- oder Fehlernährung eingefügt werden. Die Erhöhung der Output-Eigenschaften von Pflanzen gewinnt auf sich diversifizierenden Märkten mehr und mehr an Bedeutung. So wird in Zukunft für jedes reale oder vermeintliche Problem, das durch biotische Mittel gelöst werden kann, vermutlich eine transgene Pflanzensorte angeboten werden können. Als Pflanzen der Zukunft werden gegenwärtig angedacht: *Low-Carb*-Pflanzen für bestimmte Diäten, Photosmog-tolerante Pflanzen für die Bepflanzung von Großstädten sowie geeignete Pflanzen für Dürregebiete, die längere Trockenheit tolerieren.

Gesellschaftlicher Widerstand gegen die Grüne Gentechnik formiert sich unter anderem in den EU-Ländern wegen der vermuteten Risiken, die, obwohl nur in Einzelfällen bislang nachweisbar, als gravierender erachtet werden als die anvisierten Vorteile. Hier problematisiert sich der unterschiedliche Umgang mit Nichtwissen hinsichtlich der Möglichkeit von unerwünschten Nebenfolgen. Diskutiert werden z. B. Folgen für die natürliche Umwelt durch so genannte Auskreuzungen von Genen transgener Pflanzen in Wildtypen. Das technische Biofakt würde sich dann selbständig fortpflanzen und aus der Kontrollsphäre des Menschen entweichen. Man spricht deshalb auch von der „Entgrenzung“ der Technik. Gefordert werden eine *Kennzeichnungspflicht* für transgene Produkte sowie Regelungen zur *Koexistenz* der verschiedenen Agrarproduktionssysteme mit Produkthaftung. Ferner werden von Kritikern bei der Ernährung mit „Gen-Food“ unkalkulierbare Interaktionen mit dem menschlichen und tierischen Körper vermutet, die sich etwa in Allergien zeigen könnten. Die substantielle Äquivalenz von transgenen und Natur belassenen Lebensmitteln wird angezweifelt. Zentrales Argument für beide Annahmen ist, dass bisherige Kulturpflanzen eine Koevolution mit dem Menschen und seiner natürlichen Umwelt durchlaufen haben, bei der sich alle Beteiligten aneinander anpassen konnten, wohingegen der gentechnische Eingriff zu einer Beschleunigung der Veränderung auf der Produktionsseite führt, die für die Konsumentenseite zu Anpassungsschwierigkeiten bzw. sogar deren Verunmöglichung führt. Die globale Marktdynamik mit ihrer Forderung nach immer neuen Output-Eigenschaften des Produkts Pflanze läuft der evolutiven Dynamik der Pflanze als Teil der natürlichen Mitwelt des Menschen in einigen Bereichen zuwider. Die Grüne Gentechnik

ist daher in ganz besonderer Weise Vorreiter einer ökonomischen Globalisierungsidee, gegen die sich in den westlichen Industrieländern zunehmend Gegner formieren.

Durch die disziplinäre Vermengung von Konzepten der Biologie und Informatik zur Bioinformatik erlebt die Gentechnik bei der Produktentwicklung eine weitere Beschleunigung. Überall dort, wo man mit Information handelt, entstehen ethische Probleme zu zwei signifikanten Themenbereichen: dem Datenschutz und der Patentierung. Ein Kritikpunkt speziell an der Grünen Gentechnik wird in diesem Zusammenhang genannt: die befürchtete Abhängigkeit der Entwicklungsländer vom patentierten Saatgut der Industrieländer, oft bei gleichzeitiger Aneignung des indigenen Erbmaterials von in den Ländern des Südens traditionell verwendeten Kulturpflanzen („Biopiraterie“ bzw. „Biokolonialismus“ genannt).

5.5.6 Ausblick

Biotechnologie abstrahiert von biotischen Phänomenen, denen sie bestimmte Funktionen, insbesondere vor dem theoretischen Hintergrund der Evolutionstheorie und der klassischen Physik, Maschinentheorie und Informatik, zuschreibt. Dies beeinflusst den Zugang zu unserer Naturwesenheit selbst, wie man im Lebensmittelbereich an dem zur Zeit populären Begriff „Functional Food“ erkennen kann. In biotechnisch arbeitenden Labors ist „Natur“ jedoch relevant in ihrer Lebendigkeit und nicht als zerlegtes Material, aus dem etwas konstruiert werden kann. Die Lebendigkeit ist gerade bei der gentechnischen Herangehensweise nicht mehr im Experimentierraum als Produktivität sichtbar, weshalb Wissenschaftstheoretiker wie Karin Knorr-Cetina und Hans-Jörg Rheinberger das Labor der Life Sciences als „Werkstatt“ fassen (vgl. Knorr-Cetina 1984; Rheinberger 2002). Dabei werden aber die reproduktiven Räume wie Gewächshäuser und Brutschränke aus dem Laborkomplex ausgeblendet. Modellorganismen stellen nicht *etwas* her, sondern *sie stellen sich her*. Sie sind – die in Frage zu stellende Werkstattmetaphorik an dieser Stelle beibehaltend – in unterschiedlichen Räumen des Labors Konstrukteure, Werkzeuge und Repräsentanten, bei denen Wachstum als Mittel eingesetzt wird (vgl. Karafyllis 2006).

Sind Natur und Leben nun durch Technik ersetzbar? Nein, Biotechnik bleibt Teil der Kultur. Kultur ermöglicht durch instrumentelles Handeln modellierte Hervorbringungen physischen Wachstums. Im Bereich der Modellierung des Lebendigen müssen wir immer mit dem leben, was schon da ist. Wer für ein Leben im Labor geeignet ist, entscheidet sich aufgrund von alltagsweltlicher Erfahrung mit der Kultivierung von Natur, die die betreffenden Lebewesen in ihrer Teilautonomie anerkennt. Erst eine als widerständig und auch unter schwierigen Umweltbedingungen als lebenswillig anerkannte Natur gelangt aufgrund der hohen Produktionsraten ins biotechnische Labor – wie die Ackerschmalwand *Arabidopsis thaliana*, die jenseits der Laborgrenzen ihre jahrhundertealte Symbolik als Unkraut behalten hat und sich auch als solches dort fortpflanzt.