

Globethics Repository

The logo for Globethics, featuring the word "Globethics" in white sans-serif font on a solid blue rectangular background.

Einverständnis mit der Schöpfung. Ein Beitrag zur ethischen Urteilsbildung im Blick auf die Gentechnik und ihre Anwendung bei Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren, vorgelegt von einer Arbeitsgruppe der EKD, 2., um einen Anhang erweiterte Auflage, Gütersloh 1997.

This page was generated automatically upon download from the Globethics Repository.
More information on Globethics see <https://www.globethics.net>. Data and content policy of Globethics Repository see <https://repository.globethics.net/pages/policy>.

Item Type	Preprint
Authors	Barth, Hermann
Rights	With permission of the license/copyright holder
Download date	2026-09-25 06:11:39
Link to Item	http://hdl.handle.net/20.500.12424/216122

**Einverständnis mit der Schöpfung. Ein Beitrag zur ethischen
Urteilsbildung im Blick auf die Gentechnik und ihre Anwendung bei
Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren, vorgelegt von einer Arbeitsgruppe
der EKD, 2., um einen Anhang erweiterte Auflage, Gütersloh 1997.**

Inhaltsübersicht

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Vorwort

Einleitung

I. Orientierung über den Sachstand

1. Auf welchen Grundlagen baut die Gentechnik auf?
 - a) Der Zusammenhang von Erbgut, Umwelt und Gestalt.....
 - b) Das Erbgut (Genom)
2. Wie werden gentechnische Eingriffe in das Genom vorgenommen?
3. Wozu wird die Gentechnik genutzt?
 - a) Viren, Bakterien und Hefen
 - b) Pflanzenzucht
 - c) Säugetiere
 - d) Menschen

II. Die Herausforderung

1. Veränderungen in den Voraussetzungen und Rahmenbedingungen
für Forschung, Technik und ihre öffentliche Kontrolle
 - a) Gegenseitige Durchdringung von Grundlagenforschung und Anwendung
 - b) Zusammenwachsen von Wirtschaft und Wissenschaft
 - c) Notwendigkeit der Legitimation
 - d) Reduktion der Distanz zwischen Wissenschaft/Technik und Ethik.....
 - e) Der Ruf nach der Ethik.....
 - f) Patentierung gentechnischer Verfahren und Produkte
 - g) Gefährdung der Forschungstransparenz
 - h) Internationalisierung von Forschung und wirtschaftlicher Verwertung

- i) Die Rolle der Experten und die Wiederermächtigung der Laien
- j) Politisierung und Vergesellschaftlichung
- k) Technikbewertung als Aufgabe
- 2. Das Bewußtsein von der Bedrohung der Biosphäre
- 3. Der Charakter gentechnischer Eingriffe
- a) Die Ebenen der Wirkung gentechnischer Eingriffe
- b) Das additive und das synergistische Modell der Risikobewertung
- c) Zur Unterscheidung zwischen Gentechnik und konventioneller Züchtung

III. Falsche Alternativen

- 1. Natur *oder* Kultur
- a) Evolution ohne Menschen *oder* Evolution durch Menschen
- b) Anthropozentrik *oder* Physiozentrik
- 2. Universelle Verantwortung *oder* Handlungsverzicht
- 3. Fortschrittsförderung *oder* Fortschrittsverweigerung
- 4. Freiheit *oder* Grenzen
- 5. Ja zur Gentechnik *oder* Nein zur Gentechnik

IV. Plädoyer für ein neues Verhältnis zur Natur

- 1. Geschichtliche Aspekte
- a) Der vorherrschende Gedanke der Unterwerfung der Natur und seine Krise
- b) Neubelebung gegenläufiger Elemente in der Gegenwart
- c) Erinnerung an gegenläufige Elemente der christlichen Tradition
- 2. Systematische Aspekte
- a) Die Welt gut sein lassen
- b) Die zwiespältige Grundgegebenheit der Welt
- c) Die Übermacht des Lebens

V. Zum Umgang mit der Gentechnik: Perspektiven für Wahrnehmung, Urteil und Handeln

- 1. Allgemeine ethische Perspektiven
- a) Abschätzung der Folgen
- b) Bewertung der Risiken
- c) Abwägung von Kosten und Nutzen
- d) Einbeziehung von Alternativen

- e) Gerechtigkeit
- 2. Allgemeine Perspektiven für das menschliche Handeln gegenüber der Natur
 - a) Respekt vor dem Gegebenen
 - b) Solidarität mit den Mitgeschöpfen
 - c) Eigenwert und Eigenrecht der Mitgeschöpfe
- 3. Besondere Perspektiven für die Gentechnik
 - a) Artgerechtigkeit.....
 - b) Artgrenzen
 - c) Artenvielfalt
 - d) Fehlerfreundlichkeit
- 4. Hinweise und Anregungen
 - a) im Blick auf Einstellungen und Weisen des Vorgehens
 - b) im Blick auf die Wahrnehmung des Lebens und die Lebensführung
 - c) im Blick auf das Gespräch zwischen Experten, Politikern und Laien
 - d) im Blick auf die Handlungsmöglichkeiten von Wissenschaft und Forschung.....
 - e) im Blick auf die staatlichen Handlungsmöglichkeiten.....
 - f) im Blick auf die kirchlichen Handlungsmöglichkeiten.....

Weiterführende Literatur

Anhang

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Der hier vorgelegte Beitrag wurde von einer durch den Rat der Evangelischen Kirche in Deutschland eingesetzten Arbeitsgruppe vorbereitet. Ihr gehörten an:

Joachim Hahn, Professor Dr. (Tiermedizin), Hannover

Reinhold Herrmann, Professor Dr. (Botanik), München

Jürgen Hübner, Professor Dr. (Biologie, Theologie), Heidelberg

Walter Klingmüller, Professor Dr. (Genetik), Bayreuth

Traugott Koch, Professor Dr. (Theologie), Hamburg, *Vorsitzender*

Regine Kollek, Dr. (Biologie), Hamburg

Hans G. Ulrich, Professor Dr. (Theologie), Erlangen

Christine von Weizsäcker (Biologie), Bonn

Walther Ch. Zimmerli, Professor Dr. (Philosophie), Bamberg/Erlangen

Geschäftsführer:

Hermann Barth, Dr., Hannover

Vorwort

Innerhalb weniger Jahrzehnte sind den Menschen auf dem Gebiet der Gentechnik ungeahnte neue Erkenntnisse und Handlungsmöglichkeiten zugewachsen, und die Geschwindigkeit der Entwicklung in Forschung und Anwendung nimmt eher zu als ab. Um so dringlicher ist es, daß nicht allein wissenschaftliche Neugier und wirtschaftliches Kalkül, sondern im gleichen Maße, ja vorrangig ethische Überlegungen das Gesetz des Handelns bestimmen. Wir stehen bei der Gentechnik - wie im Falle anderer moderner Techniken - vor der Frage: Wie wollen wir leben? Was nötigt uns dazu, Nebenfolgen einer technischen Entwicklung in Kauf zu nehmen? Was ist das Menschliche am Menschen, das Natürliche an der Natur, das es zu bewahren gilt? Sind wir fähig, auch Verzicht zu üben?

In Öffentlichkeit und Kirche hat sich das Interesse lange, zu lange darauf gerichtet, wo und wie sich die neueren Entwicklungen in Biologie und Medizin auf den Menschen selbst auswirken. So widmeten sich auch die ersten Stellungnahmen aus der Evangelischen Kirche in Deutschland ganz (»Von der Würde werdenden Lebens«, 1985) oder zum größten Teil (Kundgebung der Synode »zur Achtung vor dem Leben«, 1987; beide veröffentlicht in Heft 20 der EKD-Texte) den Problemen der Fortpflanzungsmedizin und Embryonenforschung, Genomanalyse und Gentherapie beim Menschen. Diese Themen bleiben aktuell und fordern weiterhin die kritische Aufmerksamkeit. Aber ihre prinzipielle oder praktische Vorrangstellung fördert den verhängnisvollen Eindruck, die ethische Problematik begänne erst dort, wo der Mensch unmittelbar berührt ist. Der hier vorgelegte Beitrag hat es sich darum zur Aufgabe gemacht, gegenläufig zu der verbreiteten Fragerichtung gerade die Anwendung der Gentechnik bei Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren zu thematisieren.

In der Diskussion dieses Anwendungsfeldes der Gentechnik steht im allgemeinen der Risikoaspekt im Vordergrund. Dafür gibt es, - angesichts sowohl der mit der Gentechnik einhergehenden objektiven Gefährdungspotentiale als auch der von ihr ausgelösten subjektiven Ängste - gute Gründe. Aber mit der Gentechnik ist über den Risikoaspekt hinaus die fundamentalere ethische Frage gestellt, wie das Verhältnis des Menschen zur Natur beschaffen sein und in welche Richtung es sich verändern soll. Die Ausarbeitung, die hier zur Diskussion gestellt wird, zeichnet sich dadurch aus, daß sie diese Fragestellung ins Zentrum rückt und unter der Überschrift »Einverständnis mit der Schöpfung« gerade ihre religiöse und theologische Dimension entfaltet.

Die Ausarbeitung versteht sich als Diskussionsbeitrag zur ethischen Urteilsbildung. Darin kommt zum Ausdruck, daß die Kirche auf dem Feld der Gentechnik das ethische Urteil nicht vorschreiben und vorwegnehmen, vielmehr eine Hilfe zur eigenverantwortlichen Klärung geben will. Ihr Beitrag im Zeitgespräch öffentlicher Verantwortung unterliegt den allgemeinen Verständigungsregeln, zielt auf Schärfung der Gewissen und nicht Bevormundung, auf Einsicht und nicht blinde Gefolgschaft.

Der Rat der Evangelischen Kirche in Deutschland hat die Arbeitsgruppe, die diesen Diskussionsbeitrag vorbereitet hat, 1986 berufen. Sie wurde mit Vorbedacht so zusammengesetzt, daß in ihr verschiedene Fachrichtungen und kontroverse Positionen vertreten waren. Der Rat hat das Ergebnis der Arbeitsgruppe im Herbst 1999: entgegengenommen und Wert darauf gelegt, daß es einer breitere Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird. Er verbindet damit die Hoffnung, daß das Plädoyer für ein Umdenken im Verhältnis zur Natur bis hinein in die Wissenschaft und Politik aufgenommen und ein neues Einverständnis mit der Schöpfung gewonnen wird.

Hannover, im März 1991

Bischof Dr. Martin Kruse
Vorsitzender des Rates
der Evangelischen Kirche in Deutschland

Einleitung

Als Levi Jizchak von seiner ersten Fahrt zu Rabbi Schmelke von Nikolsburg, die er gegen den Willen seines Schwiegervaters unternommen hatte, zu diesem heimkehrte, herrschte er ihn an: "Nun, was hast du schon bei ihm erlernt?!" "Ich habe erlernt", antwortete Levi Jizchak, "daß es einen Schöpfer der Welt gibt." Der Alte rief einen Diener herbei und fragte den: "Ist es dir bekannt, daß es einen Schöpfer der Welt gibt?" "Ja", sagte der Diener. "Freilich", rief Levi Jizchak, "alle sagen es, aber erlernen sie es auch?"¹

Das Bekenntnis zu Gott als dem Schöpfer und die Rede von der Welt als Schöpfung sind bis heute wohlbekannt und werden vielfältig gebraucht. Wie in der eingangs zitierten jüdischen Lehrerzählung erhebt sich aber die Frage, ob der Schöpfungsglaube denn auch verstanden und in seinen Konsequenzen gelebt wird. Diese Frage wird besonders dringlich angesichts der neuzeitlichen Entwicklung der Technik. Die jüngste Weise der technischen Naturbemächtigung ist die Gentechnik. Der hier vorgelegte Beitrag will der ethischen Urteilsbildung im Blick auf die Gentechnik und damit einem verantwortlichen Umgang mit den durch sie eröffneten Möglichkeiten dienen. Im Einverständnis mit der Schöpfung zu leben und zu handeln ist dabei die bestimmende Perspektive. So ist die Gentechnik zu befragen, ob und inwieweit sie die Nutzung der Natur in Bewunderung, Dank und Respekt für die gesamte Schöpfungswirklichkeit einfügt. Im weitesten Sinne geht es - im Horizont der Herausforderung durch die Gentechnik - um eine Auslegung des christlichen Bekenntnisses: "Ich glaube, daß mich Gott geschaffen hat samt allen Kreaturen".

"Gentechnik" ist zu einem Reizwort geworden, das einerseits erhebliche Erwartungen und Hoffnungen, andererseits aber Bedenken und Ängste auslöst. Sowohl die Faszination als auch die Sorge sind verständlich. Mit der neuen Technik gelingt es, einen noch viel tieferen Einblick in die Konstitution des Lebens zu gewinnen, als das bisher möglich war. Die Grundinformation des Lebens scheint entschlüsselt zu werden. Sobald aber der Mechanismus der genetischen Information durchschaut ist, kann er auch verändert werden. Dies erschließt eine Fülle neuer Möglichkeiten für die Kombination genetischer Substanz. Die Gentechnik erlaubt es, erfinderisch weiterzuarbeiten: Mikroorganismen, Pflanzen und Tiere mit neuartigen Eigenschaften werden entwickelt und eingesetzt. Ein Feld ungeahnter, unabsehbarer Entdeckungen tut sich auf. Genau hier entstehen aber auch die Ängste: Was wird diese Forschung und erst recht ihre Anwendung für Folgen haben? Welche Auswirkungen der in Angriff genommenen Projekte sind zu erwarten? Mit welchen unbeabsichtigten Konsequenzen und Nebenwirkungen ist zu rechnen? Welcher Mißbrauch ist möglich? Diese Ambivalenz ist zwar ein Kennzeichen des naturwissenschaftlich-technischen Fortschritts überhaupt. Sie spitzt sich im Bereich der Gentechnik aber noch einmal zu. Hier geht es um die Substanz des Lebens selbst. Weil die erblich vorgegebenen Eigenschaften von Lebewesen verändert werden, werden Konsequenzen befürchtet, die nicht nur unübersehbar sind, sondern auch gar nicht mehr eingeholt, kontrolliert und gesteuert werden können.

In der Diskussion um die Gentechnik gibt es dementsprechend zwei gegenläufige Denk- und Argumentationsweisen. Die eine Seite wirbt um Akzeptanz für die neue Technik in der Bevölkerung. Denn solche Akzeptanz ist die Voraussetzung für die weitere technische Entwicklung und ihre wirtschaftliche Umsetzung. Die andere Seite unternimmt Anstrengungen, die Bevölkerung für die Probleme der Gentechnik und die in ihr gesehene Gefahr der Fortsetzung eines zerstörerischen Umgangs mit der Natur zu sensibilisieren. Beide Aspekte haben ihre eigene Plausibilität und müssen miteinander im Gespräch gehalten werden.

¹ Martin Buber, Die Erzählungen der Chassidim, Manesse Verlag, Zürich 1949, S. 131f.

Gerade am Beispiel der Gentechnik zeigt sich ein grundlegendes Problem von pluralistischen, demokratisch verfaßten Gesellschaften: Wie kommen technologie- und industriepolitische Entscheidungen zustande, zumal dann, wenn es sich wie im Falle vieler moderner Techniken um Entscheidungen mit weitreichenden Konsequenzen handelt? Unterschiedliche Interessen haben vielfach partikularen Charakter und bedürfen intensiver Vermittlung untereinander. Nur im öffentlichen gesellschaftlichen Diskurs, im gemeinsamen Gespräch der aktiv Beteiligten und der passiv Betroffenen kann die Verantwortung, die allen hierbei zufällt, tatsächlich wahrgenommen werden.

Mit der Entwicklung der Gentechnik sind viele Fragen gestellt, auf die es derzeit noch keine befriedigenden Antworten gibt. Gerade auch in der theologischen Tradition kann nicht an ausgearbeitete ethische Perspektiven angeknüpft werden, die zeigen, wie eine Nutzung der Natur auszusehen hätte, die im Einverständnis mit der Schöpfung geschieht. Darum hat dieser Beitrag auf weite Strecken weniger den Charakter einer Problemlösung als vielmehr einer Problembeschreibung und Richtungsangabe. Er mahnt damit an, daß das Verhältnis des Menschen zur Natur weiterer Klärung bedarf. Nur in diesem Kontext lassen sich auch die offenen Fragen im Blick auf den verantwortlichen Umgang mit der Gentechnik neu aufnehmen und bearbeiten.

Der Beitrag gibt im *I. Teil* eine kurzgefaßte Orientierung über den Sachstand. Dabei wird auch eine Abgrenzung des Themenfeldes vorgenommen. Gentechnik ist ein Sammelbegriff, der verschiedenartige Anwendungen und Sachgebiete umfaßt (vor allem: Erforschung von Organismen, Genomanalyse, Eingriffe in das Erbgut von Organismen, Produktion mit gentechnisch veränderten Organismen). Unpräzise wird er außerhalb der Fachwelt auch für Bereiche (wie Reproduktionsbiologie, Fortpflanzungsmedizin oder Embryonenforschung) verwendet, die selbst nicht Gentechnik sind, freilich zum Ausgangspunkt für gentechnische Forschungen und Arbeiten gemacht werden können. Die Evangelische Kirche in Deutschland hat sich mit der Handreichung "Von der Würde werdenden Lebens" von 1985 und der Kundgebung der Synode "zur Achtung vor dem Leben" von 1987 (beide veröffentlicht in Heft 20 der EKD-Texte: "Zur Achtung vor dem Leben") zu den neueren Entwicklungen von Fortpflanzungsmedizin und Gentechnik vornehmlich in ihrer Anwendung beim Menschen geäußert. Der hier vorgelegte Beitrag konzentriert sich demgegenüber auf die Anwendung der Gentechnik beim nichtmenschlichen Leben, also bei Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren. Damit soll auch dem mancherorts anzutreffenden Eindruck gewehrt werden, die ethische Problematik begänne erst bei der Anwendung beim Menschen.

Der *II. Teil* kennzeichnet die Herausforderung, die sich aus der stürmischen Entwicklung der Gentechnik ergibt: Gentechnische Eingriffe unterscheiden sich markant von herkömmlichen Eingriffen in den genetischen Bestand von Lebewesen und stellen insofern eine neue Qualität des Zugriffs auf das Leben dar; dies alles geschieht zudem unter veränderten Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für Forschung, Technik und ihre öffentliche Kontrolle und im Horizont eines wachsenden Bewußtseins von der Bedrohung der Biosphäre. Die Herausforderung hat unterschiedliche Reaktionen und Antwortversuche hervorgerufen. Einige dieser Antwortversuche führen die Diskussion freilich in falsche Alternativen. Der Aufklärung solcher unfruchtbaren Einseitigkeiten und lediglich scheinbarer Gegensätze ist der *III. Teil* gewidmet. Die sachliche Mitte bildet der *IV. Teil*: Die durch die Gentechnik eröffneten Möglichkeiten machen ein Umdenken im Verhältnis zur Natur dringlich. Ein verantwortlicher Umgang mit dem Leben und den Techniken, die zu seiner Veränderung eingesetzt werden, kann nur im Einverständnis mit der Schöpfung geschehen. Diese Grundthese wird im *V. Teil* aufgenommen und weitergeführt. Die dort entfalteten Perspektiven für Wahrnehmung, Urteil und Handeln wollen bei den Lesern die Unterscheidungsfähigkeit stärken und die Einbildungskraft mobilisieren, um selbst zu einer konkreten Entscheidung zu gelangen. Es handelt sich dabei nicht um Obersätze, aus denen Einzelentscheidungen lediglich noch abzuleiten wären, sondern um Direktiven, die für die unerläßliche eigene Prüfung des Sachverhalts eine

Richtungsanzeige geben. Die Resultate, zu denen die Direktiven hinführen, können darum durchaus voneinander abweichen. Aber der Raum des möglichen Dissenses ist eingegrenzt: Keine der konkreten Schlußfolgerungen darf zu dem gemeinsamen Ausgangspunkt, wie er in den Perspektiven für Wahrnehmung, Urteil und Handeln entfaltet ist, in Widerspruch treten. Daran sind auch die Anregungen zu messen, die der Beitrag abschließend formuliert.

I. Orientierung über den Sachstand

1. Auf welchen Grundlagen baut die Gentechnik auf?

a) Der Zusammenhang von Erbgut, Umwelt und Gestalt

Die natürlichen Grundlagen des Lebens auf der Erde sind für alle Lebewesen (Organismen) gleich. Bei allem Lebendigen ist die kleinste, in sich lebende, also organische Einheit die Zelle. Von den Mikroorganismen (Bakterien und höhere Einzeller) über Pflanzen und Tiere bis hin zu den Menschen verlaufen Stoffwechsel, Vermehrung und Gestaltwandel nach den gleichen Gesetzmäßigkeiten. Auch die einfachsten Lebensformen, die Viren, die nicht über einen eigenen Stoffwechsel verfügen und deshalb in den Zellen anderer Lebewesen parasitieren müssen, sind auf diese grundlegenden Voraussetzungen angewiesen. Jedes Lebewesen ist gleichsam ein System, das sich in einem ständigen Austausch mit der Umwelt befindet. Es verwertet die Informationen, die in ihm selbst, in seinem Erbgut, angelegt sind, zum Aufbau seiner Gestalt und zu seinem organischen Funktionieren. Von außen, aus seiner Umwelt, nimmt es Stoffe zu seiner Selbsterhaltung auf. Seine Erbinformation legt seine Gestalt und sein Verhalten in gewissen Grenzen fest. Doch die individuelle Ausformung ist auf die jeweilige Umwelt bezogen und von ihr mitgeprägt. So braucht und gestaltet jeder Organismus seinen Lebensraum: Er paßt sich ihm an, wirkt auf ihn ein und wird doch zugleich auch von ihm geprägt.

Das Erbgut garantiert in der Vermehrung die biologische Kontinuität von Generation zu Generation und bedingt so die weitgehende Konstanz der Arten. In der Regel kommt es nur innerhalb einer Art zu einer Vermehrung; man spricht hier von der sogenannten "Artgrenze". Das Erbgut enthält zugleich Variationsmöglichkeiten für die Anpassung an neue Lebensräume und vor allem für die Entstehung abgewandelter Individuen durch Veränderungen (Mutationen und Genaustausch) im Erbgut selbst. Die Vielfalt der heutigen Lebewesen kann nach der Evolutionstheorie aus dem unerschöpflich reichen Zusammenwirken von erblicher (genetischer) Ausstattung und deren Ausformung in verschiedenartigen Lebensformen mit der Umwelt der Erde und deren Lebenswirklichkeiten verstanden werden: Durch Selektion kam es zur Ausbildung verschiedenartiger Organismen in Arten, Familien und Stämmen im Reich der Pflanzen und Tiere und schließlich zur Entwicklung der Menschen.

Die Menschen sind auf die Natur angewiesen, weil sie selbst auch Lebewesen sind. Sie brauchen bewohnbaren Lebensraum auf der Erde und (Tiere und) Pflanzen als Nahrung. Sie können nicht leben ohne Austausch und Kommunikation mit ihresgleichen. Sie teilen die genetische Grundstruktur, d.h. die chemische Substanz und die Funktionsweise des Erbguts, mit allen Lebewesen und teilen die Erde mit ihren Lebensmöglichkeiten immer schon mit anderen Lebewesen.

Der grundlegende Zusammenhang von Erbgut, Umwelt und Gestalt ist zu beachten, auch wenn sich die folgenden Ausführungen nur auf das Erbgut beziehen.

b) Das Erbgut (Genom)

Das Erbgut der Lebewesen besteht chemisch gesehen aus langen Kettenmolekülen von Desoxyribonukleinsäure (DNS, engl. DNA). In der DNA ist die genetische Information nach einem Code

verschlüsselt. Darin ist die chemische Substanz des Erbguts bei allen Arten und Organismen gleich. Doch hat sie für jede Art und für jedes Individuum eine spezifische Zusammensetzung und dementsprechend einen spezifischen Informationsgehalt.

In den Zellen ist die DNA in Form von Chromosomen organisiert. Bei Bakterien liegt das einzige Chromosom sozusagen frei in der Zelle, bei höheren Organismen sind sie im Zellkern eingeschlossen. Die Gesamtheit der jeweils vorhandenen Erbanlagen wird auch als Genom bezeichnet. Die kleinste Einheit der Vererbung ist das Gen. Als Gene werden diejenigen Abschnitte auf der DNA-Kette bezeichnet, die die Information für ein Protein (Strukturgen) oder ein Steuersignal (Regulatorgen) enthalten.

Die genetische Information der Strukturgene wird in der Zelle abgelesen und als Bauplan zur Synthese von Eiweißstoffen benutzt. Diese Eiweißstoffe (Proteine) bilden die Strukturen der Zellen und Organismen aus oder wirken als Enzyme (Biokatalysatoren), die spezifische biochemische Reaktionen vorantreiben. Im Rahmen natürlicher Zellteilungs-, Kreuzungs- und Vererbungsvorgänge werden die Gene normalerweise nicht für sich, sondern zusammen mit anderen Bereichen des Genoms auf die Nachkommenschaft weitergegeben.

Weltweit wird derzeit an der allgemeinen Struktur, der individuellen Zusammensetzung und den daraus resultierenden Funktionen des Erbgutes geforscht. Es ist gegenwärtig bereits möglich oder realistisch absehbar, die verschiedenen Erbanlagen (Gene) innerhalb eines Genoms zu isolieren, jedes einzelne Gen für sich darzustellen und seinen Informationsgehalt zu charakterisieren. Darüber hinaus ist es oder wird es möglich sein, Gene in einen anderen Empfängerorganismus (auch unter Überspringung der Artgrenze) einzubringen und dort unbegrenzt zu vermehren. Auch läßt sich jedes einzelne Gen gezielt zerlegen und (gegebenenfalls mit anderem Genmaterial) "rekombinieren", also neu zusammensetzen.

Der Arbeitsaufwand für die Genomanalyse jeder einzelnen Art ist erheblich, mit zunehmender Komplexität des Organismus entsprechend höher. Die Isolation von Genen sowie die Erstellung von Genkarten, auf denen alle DNA-Abschnitte und also alle Erbmerkmale eines Organismus aufgezeichnet sind, beschränken sich deshalb gegenwärtig zunächst auf Arten, die für die Menschen wissenschaftlich, wirtschaftlich und medizinisch interessant sind. Das menschliche Genom selbst erweckt besonderes Interesse, einmal ein theoretisches, um mehr über die genetischen Grundlagen, z.B. von Physiologie und Verhalten, zu erfahren, zum anderen ein praktisches, um Krankheiten, Gesundheitsgefährdungen u.a. erkennen und besser beeinflussen zu können. Das gegenwärtig anlaufende Programm einer Totalbeschreibung des menschlichen Genoms, das bis zur Jahrtausendwende abgeschlossen sein soll, versteht sich als Beitrag zu einer "prädiktiven Medizin", also einer Gesundheits- bzw. Krankheits-Vorhersage. Allerdings mehren sich die Zweifel am wissenschaftlichen Wert einer solchen Untersuchung. Ein vollständiger "Genpaß" für den Menschen hätte eine Größenordnung von 1.000 Büchern mit je 1.000 Seiten.

2. Wie werden gentechnische Eingriffe vorgenommen?

Veränderungen (Mutationen) des Genoms, die natürlicherweise spontan entstehen, können durch Bestrahlungen und mutationsauslösende Chemikalien ungezielt erreicht werden. Gewisse Teile von Chromosomen (d.h. von Teilstücken im Zellkern, die die Gene tragen) lassen sich vervielfältigen und vermischen.

Die moderne Gentechnik bedient sich vor allem spezieller Enzyme. Die Restriktionsenzyme erkennen bestimmte Sequenzen der DNA-Kette und zerlegen sie an entsprechenden Stellen, schneiden sie also auf. Mit Hilfe anderer Enzyme (Ligasen) können die dadurch auftretenden Bruchstücke, gegebenenfalls auch mit Stücken anderer, u.U. auch chemisch synthetisierter DNA-Ketten, neu zusammengefügt

werden. Durch eine derartige "Rekombination" von DNA-Stücken werden im Labor künstliche Gene konstruiert. Neuerdings kennt man DNA-Sonden: Das sind nachgebaute Teilstücke einer DNA-Kette, die es zu überprüfen erlauben, ob ein Gen vorhanden ist oder nicht, und so - in Zukunft - möglich machen, jeweils das gesamte Genom der verschiedenen Organismen zu erforschen.

Als biologische Instrumente werden in der Gentechnik darüber hinaus Vehikel benutzt, die den Transfer von Genen (DNA-Stücken) in Zielorganismen ermöglichen: Plasmide (neben der funktionsleitenden DNA natürlich vorkommende kleine DNA-Ringe), modifizierte Viren und autonom replizierende DNA-Sequenzen, z.B. aus der Hefe. Man spricht hier von Vektoren. Die Transformation gelingt in einigen Fällen auch vektorfrei, d.h. durch direkte Einführung der Ziel-DNA allein. Dies kann auf verschiedene Weise erfolgen, etwa durch Mikroinjektion. Bei passender Zusammensetzung der neuen DNA-Einheit, d.h. nach Hinzufügen von regulatorischen Elementen, sog. Promotoren, treten die entsprechenden Funktionen auf: Das implantierte Gen wird "exprimiert", d.h. seine Information wird aufgenommen und verwertet. Zum Beispiel produzieren gentechnisch entsprechend manipulierte Bakterien menschliches Insulin. Auf diese Weise läßt sich auch die Artgrenze überwinden.

Wenn es erforderlich ist, kann aus Sicherheitsgründen erreicht werden, daß ein Überleben gentechnisch veränderter Organismen nur in künstlicher Umgebung (im Labor oder z.B. im Fermenter, einem Behälter für bestimmte biochemische Prozesse) möglich ist. Entsprechende Sicherheitsstämme (z.B. von Coli-Bakterien) wurden gezielt hergestellt. Eine Konferenz biochemisch forschender Naturwissenschaftler in Asilomar (USA) forderte 1975 strenge Sicherheitsvorkehrungen und gegebenenfalls ein zeitweises Aussetzen der Forschung mit gentechnisch manipulierten Bakterien und Mikroorganismen. Daraufhin wurden in verschiedenen Ländern entsprechende Sicherheitsrichtlinien erlassen. Sie wurden aufgrund der - nicht unumstrittenen - Einschätzung, daß sich die ursprünglichen Befürchtungen nicht bestätigt haben, im Laufe der Jahre spezifiziert und zu einem erheblichen Teil wieder zurückgenommen. In der Bundesrepublik Deutschland bestanden bis 1990 Sicherheitsrichtlinien des Bundesministers für Forschung und Technologie, die für staatlich geförderte Forschungsarbeiten unmittelbar gültig waren und von anderen Instituten in freiwilliger Selbstverpflichtung übernommen wurden. Seit 1990 gilt ein Gentechnik-Gesetz, das unter Einschaltung der "Zentralen Kommission für Biologische Sicherheit" (ZKBS) die gesamte gentechnische Arbeit über Anmelde- oder Genehmigungsverfahren staatlicher Kontrolle unterwirft (s. noch unten S.38.89).

So vollzieht sich gegenwärtig in einem Großteil der Biologie *der* wissenschaftlich einschneidende Vorgang, der sich in anderen Bereichen der experimentellen Naturwissenschaft (in der Physik im Wandel zur Atomphysik, in der Chemie zur technischen Produktion) bereits früher vollzogen hat: der Übergang von der beschreibenden Erkenntnis der Naturprozesse zu deren Veränderung und Nutzung, also zur Ingenieurwissenschaft. Naturerkenntnis wird zum Ausgangspunkt für Eingriffe in die Natur und scheint vielen ohne solche Eingriffe nicht mehr möglich. Auf der anderen Seite stehen jedoch Zweifel, ob eine experimentell veränderte Natur eine Erkenntnis über die experimentell nicht veränderte Natur überhaupt zuläßt. Trotz dieser Grundproblematik läßt sich innerhalb der Grenzen des Wissens technisch über die Natur verfügen. Solchem wissenschaftlichen Vorgehen liegt der Gedanke zugrunde, grundsätzlich ließen sich alle natürlichen Vorgänge, also die gesamte Natur, funktionalisieren und instrumentalisieren.

Gentechnische Manipulation kann aber immer nur "Stückwerk-Technologie" sein. Nie wird *neues* Leben, eine restlos neue Zelle oder gar ein ganz neuartiger Organismus, produziert. *Gegebenes* Leben wird in seiner Substanz verändert. Es kann auch mit neuen Eigenschaften ausgestattet werden; dadurch allerdings erhält die menschliche Handlungsmacht eine neuartige Qualität.

3. Wozu wird die Gentechnik genutzt?

a) Viren, Bakterien und auch Hefen sind Eingriffen mittels gentechnischer Methoden am ehesten zugänglich.

Anders als bei den Organismen, die einen Zellkern besitzen, ist die Erbsubstanz (DNA) bei Bakterien auf einem Chromosom lokalisiert, das frei in der Zelle liegt und nicht durch einen Zellkern geschützt ist. Bei Viren ist die DNA in der Regel nur von einer Eiweißhülle umgeben, die bei einer Infektion abgelöst wird. Viren, die Bakterien befallen (Bakteriophagen), sind zuerst als Überträger genetischer Substanz in Bakterienzellen benutzt worden. Im Zellplasma von Bakterien sind dann die vom zentralen Chromosom unabhängigen Plasmide (s. schon oben S.18) entdeckt worden, die bei Zellteilungen auch an Tochterzellen weitergegeben werden. Ihre Eigenschaften - geringe Komplexität und, damit verbunden, Übersichtlichkeit - machen sie zu geeigneten Werkzeugen einfacher genetischer Veränderungen.

Werden die durch Einpflanzung bestimmter Gene veränderten Bakterien großtechnisch in Fermentern vermehrt, läßt sich eine Produktion von Wirkstoffen erreichen, die aufgrund der raschen Vermehrungsgeschwindigkeit von Bakterien in wirtschaftlich relevantem Umfang betrieben werden kann.

Einer der Schwerpunkte gentechnischer Veränderung und Nutzung von Bakterien liegt im Bereich der Pharmazeutika. Insulin, Interferon, Wachstumshormon oder Blutfaktor VIII können auf diese Weise hergestellt werden und sind zum Teil bereits auf dem Markt. An einer großen Zahl weiterer Medikamente wird gearbeitet, einige haben schon das Stadium der Marktreife erreicht. Weiterhin sind hier DNA-Sonden oder Antikörper für diagnostische Zwecke bzw. zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten zu nennen, ebenso Impfstoffe, die ihrerseits die natürliche Bildung von Antikörpern provozieren. Für die Krebsbekämpfung könnte die Entwicklung neuer Therapeutika besondere Bedeutung gewinnen.

Weitere Bereiche, in denen gentechnisch veränderte Mikroorganismen oder ihre Produkte eingesetzt werden können, sind die Enzymtechnologie, die ergiebigere und schonendere Verfahren in der Erzeugung von Chemieprodukten erlaubt, die Produktion von Proteinen mit dem Ziel der Verbesserung von Futter- und Nahrungsstoffen und die Herstellung neuer Chemikalien für verschiedenste Anwendungsgebiete. Möglich ist ein Einsatz von der Rohstoffversorgung bis hin zur Energiegewinnung (z.B. Biogas).

Während solche Verfahren in geschlossenen Systemen (im Labor oder im Fermenter) gehalten werden können, erfordern andere Anwendungen die Freisetzung veränderter Bakterien in die Umwelt. Durch sogenannte Eis-Minus-Bakterien, die die Ausbildung von Eiskristallen auf der Blattoberfläche bei sinkenden Temperaturen verzögern, kann die Vegetationsperiode von Nutzpflanzen (Kartoffeln, Erdbeeren) um Wochen verlängert und der Ertrag entsprechend erhöht werden. Weiterhin wird daran gearbeitet, Bakterien so zu verändern, daß sie in der Lage sind, Umweltschadstoffe abzubauen, die von den natürlicherweise vorkommenden Bakterien oder Lebensgemeinschaften von Kleinstlebewesen nur schlecht oder gar nicht angegriffen werden können. So veränderte Organismen sollen für den biologischen Abbau von Kunststoffmüll oder die Abtrennung von Schwermetallen aus Abwässern und Böden nutzbar gemacht werden, um auf diesem Wege bereits eingetretene Umweltschäden eindämmen und minimieren zu können. Solche Techniken sind in Bearbeitung, mögliche Auswirkungen lassen sich noch nicht abklären. Doch haben Freisetzungsexperimente in den USA, Japan und Europa begonnen.

Gentechnisch veränderte Mikroorganismen in die Umwelt zu entlassen kann möglicherweise zu erheblichen Veränderungen des dort eingespielten natürlichen Gleichgewichts führen. Damit ist eine prinzipielle Unwägbarkeit und Unsicherheit für eine solche auf Freisetzung angewiesene Gentechnik gegeben. Selbst bei Einhaltung aller zur Zeit möglichen Sicherheitsvorkehrungen in Forschung und Anwendung - z.B. durch Anwendung von Organismen, die nur begrenzt lebensfähig sind - bleibt in jedem Fall die Möglichkeit bestehen, daß veränderte Organismen oder ihr anders zusammengefügtes Erbmaterial ungewollt in die Umwelt gelangen. Nicht abschließend bestimmen läßt sich derzeit, welche Folgen die Freisetzung von gentechnisch veränderten Mikroorganismen hat. Was nicht vorhergesehen werden kann, kann gerade deshalb eintreten. Die Hauptunsicherheit besteht darin, daß

nach neuester Erkenntnis die DNA der Genome variabler, für Austauschreaktionen und Rekombinationen offener ist als früher angenommen. Genübertragungen durch Plasmide sind möglich. Auch begrenzt überlebensfähige Mikroorganismen können u.U. ihr Erbgut durch Genaustausch weiter verbreiten oder selbst rückmutieren und so wieder lebensfähig werden.

Wie jede Technik kann auch die Gentechnik militärisch verwendet und korrumpiert werden. Die Perversität des Gedankens biogenetischer Waffen zeigt sich darin, daß schon biologische Waffen ein unausdenkbares Zerstörungspotential haben und von der Völkergemeinschaft geächtet sind. Die Konstruktion neuer, gefährlicher Erreger ist freilich im Rahmen der Genfer Konvention nicht verboten, wenn die Erreger im Zusammenhang mit Defensivstrategien, also zur Impfstoffherstellung benötigt werden. So ergeben sich Schwierigkeiten für die Verifikation der vertraglichen Vereinbarungen und für ihre internationale Kontrolle.

b) Ähnlich wie bei Bakterien können gentechnische Methoden in der Pflanzenzucht angewandt werden.

Seit langem bekannt ist die Symbiose von Schmetterlingsblütlern mit Bakterien, die den Stickstoff der Luft verarbeiten und in Stickstoffverbindungen umsetzen können; sie wird bei der Gründüngung genutzt. Es liegt nahe, die Bakteriengene, die diese Fähigkeit besitzen, direkt in Nutzpflanzen einzuführen. Doch das Problem ist äußerst komplex, da je nach Organismen schätzungsweise 20 - 300 Gene an der Stickstoff-Fixierung beteiligt sind. Auch vom Einbau spezifischer Gene, die an diesem Prozeß beteiligt sind, in Plasmide und deren Transfer in Bakterien, die in der Nähe von Getreidewurzeln leben, wird eine Förderung des Wachstums unter Einsparung von Kunstdünger erwartet. Immerhin konnten schon Testgene aus Bakterien in Getreidepflanzen (Mais, Reis) eingeführt werden.

Für die Übertragung von erwünschten Erbmerkmalen in Nutzpflanzen kann das Plasmid des allgemein verbreiteten *Agrobacterium tumefaciens* benutzt werden. Das Bakterium siedelt sich in pflanzlichen Wunden an und überträgt dort DNA-Abschnitte des Plasmids, die Tumore auslösen, in das Genom der Wirtspflanze. Das vermittelnde Plasmid, tumorinduzierender Gene beraubt, kann als Träger fremder Gene eingesetzt werden: An der Infektionsstelle sich bildendes Gewebe läßt sich zu vollständigen Pflanzen regenerieren, die die gewünschte Eigenschaft besitzen.

Ziele derartiger gentechnischer Forschungsvorhaben sind zum einen verbesserte Qualität pflanzlicher Nahrungsmittel, insbesondere höherer Nährwert, harmonischere Zusammensetzung, verringerter Bitterstoffgehalt und bessere Verdaulichkeit, zum anderen die Steigerung der Produktivität, also der Erträge. Schließlich werden bessere Verträglichkeit für ungünstige Klimafaktoren oder Bodenverhältnisse und gesteigerte Widerstandsfähigkeit gegen Schäden und Krankheiten, die durch Bakterien, Viren, Pflanzen, Tiere oder Agrarchemikalien verursacht werden, angestrebt.

Es gibt verschiedene experimentelle Strategien, um auf gentechnischem Wege beispielsweise Virusresistenz zu erzeugen. So läßt sich, wenn das Gen des Hüllproteins eines SchADVirus transferiert wird, in der zu schützenden Pflanze die schädigende Virulenz bis zur Resistenz (z.B. gegen die Tabakmosaikkrankheit) vermindern. Ein anderes Beispiel bietet der *Bacillus thuringiensis*. Er besitzt ein hochwirksames Gift, das bestimmte Insekten tötet. Seine Varianten haben spezielle Abwandlungen dieses Endotoxins mit einem sehr eng begrenzten Wirkungsspektrum; sie sind nur bei ganz bestimmten Arten (z.B. krankheitsübertragenden Mückenarten und Kartoffelkäfern) wirksam, nicht aber bei nah verwandten Arten oder etwa bei Wirbeltieren. Das Endotoxin-Gen kann in Pflanzen übertragen werden und bewirkt bei ihnen eine spezifische Resistenz gegen bestimmten Insektenfraß. Analog dazu könnte ein Resistenz-Gen der Wildrübe gegen Fraß von Fadenwürmern auf die Zuckerrübe übertragen werden. So läßt sich übrigens auch ein vertieftes Verständnis von Resistenz und Anpassung wie überhaupt von Wirkungszusammenhängen der Pflanzen gewinnen.

Ein kontrovers diskutierter Schritt ist insbesondere die gentechnische Herstellung von Herbizidresistenz bei Nutzpflanzen. Es könnten nämlich Breitbandherbizide (wie Glyphosat) eingesetzt

werden, die nur die präparierten Sorten nicht schädigen, alles übrige pflanzliche Leben auf dem Acker aber abtöten. Der Vorteil wird darin gesehen, daß statt vieler Vernichtungsmittel nur *eines* ausreicht und damit die Gesamtmenge von Vernichtungsmitteln reduziert wird. Selbst wenn dies erreicht werden kann, bleibt der Einsatz von Herbiziden problematisch.

Atrazin wirkt über lange Zeit hochgiftig; darum wird es in der Bundesrepublik Deutschland auch zurückgenommen, in die Dritte Welt wird es aber noch exportiert. Generell ist zu bedenken: Wildkräuter könnten zumindest langfristig Resistenzen entwickeln und damit erneuten Herbizideinsatz provozieren. Das gilt schon vor dem Einsatz gentechnischer Methoden. Durch diese wird die Situation aber noch verschärft. Resistenzen bei Nutzpflanzen und Wildkräutern schaukeln sich unter Umständen evolutionär gegenseitig auf. Die Verwendung chemischer Gifte wird von daher grundsätzlich in Frage gestellt. Bodenorganismen und Pflanzen an Ackerrainen können schon jetzt, unter Umständen noch über weite Entfernungen hinweg, geschädigt oder zerstört werden. So besteht die Gefahr erheblicher Beschleunigung der Wildpflanzen- und Artenverarmung. Von 300 Ackerwildarten in der Bundesrepublik Deutschland sind heute bereits über 80 gefährdet. Von diesen leben Insekten, die wiederum für die Ernährung von Vögeln unverzichtbar sind. So ergeben sich erhebliche Auswirkungen auf das Ökosystem im ganzen. Weiterhin muß die schädliche Wirkung der Bodenerosion beachtet werden, die durch Abtötung und Verarmung der Pflanzendecken fortschreitet. Beim Maisanbau macht sich dies bemerkbar. Mit Hilfe von Untersaaten, die nicht mit Mais konkurrieren, wird versucht, das sekundär zu korrigieren. Lokal ist durch das Eindringen von Atrazin in das Grundwasser schon die Trinkwasserversorgung gefährdet worden. Nicht hinreichend abgeklärt und vielleicht auch gar nicht abklärbar ist schließlich, welche Wirkungen die Stoffwechselprodukte bestimmter von Nutzpflanzen abgebauten Herbizide auf Menschen haben, insbesondere auf Embryonen und im Hinblick auf die Entstehung von Krebs. Neue Auflaufherbizide verbessern die Situation: Glyphosat kann selektiv eingesetzt werden und zerfällt in kurzer Zeit (wenige Tage bis Monate) in rein mineralische Bestandteile (Phosphat, Wasser, Kohlendioxyd), seine Nebenwirkungen sind also gering. Doch auch hier ist nicht geklärt, was die Bodenflora und -fauna erleiden. So ist, auch wenn sich die Ökosysteme als erstaunlich stabil erweisen, der gentechnische Einbau von Widerstandsfähigkeiten nicht nur gegen Konkurrenzorganismen, sondern darüber hinaus auch gegen deren Vernichtungsmittel unter ökologischen wie toxikologischen Gesichtspunkten nach wie vor problematisch.

c) Für die gentechnische Forschung und ihre Anwendung bei *Säugetieren* bilden die neueren Entwicklungen der Befruchtungs- und Reproduktionstechnik eine wichtige Voraussetzung. Sie sind noch nicht selbst Gentechnik und daher ethisch gesondert zu betrachten.

In ihrem Rahmen wird schon längere Zeit die künstliche Besamung praktiziert. Die Auslösung von Superovulation, das Ausspülen von Embryonen und die Befruchtung außerhalb des Muttertieres (In-vitro-Fertilisation/IVF) sind neuere Verfahren, mittels derer die Fortpflanzung beeinflusst werden kann. Prinzipiell ist bis zum 16-Zell-Stadium eine Vereinzelnung von Embryonalzellen, von denen sich jede zu einem vollständigen Tier weiterentwickeln kann, möglich. Durch diese Art von Klonierung entstehen genetisch identische Tiere. In Verbindung mit einer genauen Analyse des Erbguts können sich dadurch für die Zuchtbetriebe ökonomische Vorteile ergeben. Die Bestimmung des Geschlechts der Embryonen, bevor sie auf Empfängertiere übertragen werden, ist in diesem Zusammenhang ein wichtiger Faktor. Die Tiefgefrierkonservierung gestattet längere Aufbewahrung und weltweiten Versand von Embryonen. Die Kombination von Embryonalzellen unterschiedlicher Tiere erlaubt es, Chimären zu erzeugen. Genannt seien die schwarz-weiß gefleckte Chimärenmaus und die sogenannte Schiege, eine Mischung aus Schaf und Ziege. Die Tomoffel, eine Kombination von Tomate und Kartoffel mit möglichen Erträgen über und unter der Erde, ist ein paralleles Beispiel aus dem Pflanzenreich. Entsprechende Experimente sind vorläufig lediglich für die Grundlagenforschung von Bedeutung.

Die Gentechnik selbst (im Sinne der Genmanipulation) wird im Blick auf Säugetiere vornehmlich in der Grundlagenforschung eingesetzt. Anwendungsmöglichkeiten mit dem Ziel der Resistenzbildung gegen Krankheiten und Umwelteinflüsse und insbesondere der Leistungssteigerung werden erprobt. In diesem Zusammenhang dient die Genomanalyse dazu, einerseits Abweichungen von der normalen

genetischen Ausstattung festzustellen und andererseits bestimmte Gene zu identifizieren. Das längerfristige Ziel ist es, Erbkrankheiten möglichst zu eliminieren, mit erwünschten Merkmalen weiterzuzüchten und damit die Zucht zu verbessern.

So soll die Untersuchung von Struktur und Funktion der Gene, die bei Kühen den Proteingehalt der Milch bestimmen, entsprechende Verbesserungen in der Milchproduktion ermöglichen. Ein weiteres Beispiel angestrebter Eigenschaften ist eine Kälteresistenz bei Freilaufschweinen. Medizinisch interessant sind vergleichende Untersuchungen über die genetische Grundlage der Trisomie 21 (Down-Syndrom) beim Menschen (die Chromosomenabweichung, die Ursache des sogenannten "Mongolismus" ist) und der Trisomie 16 bei der Maus. Die ersten Versuche eines Gentransfers in das Genom eines Säugetiers sind erfolgreich durchgeführt worden: So hat die Einführung des Gens einer Ratte, das für das Wachstumshormon kodiert, in befruchtete Eizellen von Zwergmäusen in einigen Fällen zu einem gesteigerten Größenwachstum geführt. Auch menschliche Gene können von Tieren exprimiert werden. Erfolgreiche Ergebnisse von Klonierungsversuchen, bei denen identische Erbsubstanz von Tieren in befruchtete Eizellen eingeführt wurde, liegen bei der Maus vor.

Ein weiteres Feld gentechnisch betriebener Tierzucht ist die Herstellung bestimmter Labortiere. Mit Hilfe der Gentechnik ist es zunehmend möglich, für spezielle Fragestellungen die geeigneten Versuchstiere nicht nur auszuwählen, sondern unmittelbar zu erzeugen. Vorteile verspricht man sich hier vor allem für die Prüfung von Arzneimitteln. Weiterhin wird gemeinhin davon ausgegangen, daß mögliche Therapien von Gendefekten am besten an Tieren studiert werden können, denen der entsprechende Defekt eingepflanzt worden ist. So wird die Tumormaus in der Krebsforschung, die Aids-Maus bei der Untersuchung der Immunschwäche und der Testung von Stoffen, die als Arzneimittel in Frage kommen könnten, eingesetzt. Die bewußte Herstellung genetisch defekter Tiere hat ihre eigene ethische Problematik: Es stellt sich die Frage, ob der Tatbestand der Tierquälerei vorliegt. Ein auch nur als wahrscheinlich anzunehmendes Schmerzempfinden von höheren Tieren ist dafür ein wichtiges Kriterium. Für den handelnden, biologisch forschenden Menschen muß es ein Gebot der Selbstachtung sein, daß die Produktion von kranken Tieren nicht ohne Not geschieht. Die ethische Frage gilt freilich auch schon für die Technisierung der Tierhaltung allgemein: Hier hat sich eine Umformung zur bloßen Tierproduktion vollzogen, die in der Intensivhaltung ausschließlich der Herstellung nützlicher Funktionsabläufe dient.

Die Herauszüchtung von wenigen tierischen Hochleistungsrassen, die durch die Gentechnik noch erheblich beschleunigt wird, kann schon mittelfristig zu einer genetischen Verarmung des Viehbestandes führen. Die Anpassung an sehr begrenzte künstliche Lebensbedingungen, die bei transgenen Schweinen bereits Krankheitscharakter erreicht hat, macht solche Züchtungsprodukte gegen die verschiedensten Störfaktoren äußerst anfällig. Die Zucht von Schweinen und Rindern ist nur sinnvoll, wenn auf die Erhaltung der Fruchtbarkeit und der Gesundheit geachtet wird. Leistungen lassen sich nicht sprunghaft verbessern. Die allgemeine Abnahme der Rassenzahl, zunehmende Anpassungsschwierigkeiten und die Produktion kranker Tiere können langfristig auch ökonomisch zu empfindlichen Rückschlägen führen. Das gilt allgemein für alle Tierzüchtungen. Doch durch die Gentechnik erhöht sich die potentielle Gefahr.

Die Erhaltung und Pflege der genetischen Vielfalt bei Tieren ebenso wie bei Pflanzen ist schon außerhalb aller ethischen Gesichtspunkte ökonomisch dringend geboten. Die heutige Artenvielfalt der Organismen ist naturgeschichtlich in sehr langen Zeiträumen entstanden. Sie innerhalb einer oder zweier Generationen drastisch zu reduzieren - täglich stirbt mindestens eine Art aus - bedeutet eine elementare Veränderung des natürlichen Gleichgewichts und damit der Lebensbedingungen auf der Erde.

d) An Tieren erprobte technische Methoden können schließlich auch auf *Menschen* übertragen werden. Auf diesen Sachverhalt soll hier noch ausdrücklich aufmerksam gemacht werden, auch wenn

sich der vorliegende Beitrag thematisch auf die Anwendung der Gentechnik beim nichtmenschlichen Leben konzentriert.

Bei der Prüfung von Arzneimitteln ist die Übertragung der an Tieren gewonnenen Erkenntnisse auf Menschen seit langem eingeführt. Die Entwicklung der Befruchtungs- und Reproduktionstechnik bei Schafen und Rindern bis hin zu In-vitro-Fertilisation und Embryotransfer war die Voraussetzung für die Sterilitätsbehandlung bei Menschen. Die Genomanalyse (s. oben S.00) und die Gentherapie machen hier keine Ausnahme. Die somatische Gentherapie, die sich auf den Genaustausch über Körperzellen (z.B. Knochenmark zur Therapie von Blutkrankheiten) beschränkt, kann noch als spezielle Methode im Rahmen der Transplantationsmedizin verstanden werden. Aber eine eventuell mögliche Keimbahntherapie ginge prinzipiell darüber hinaus: Hier findet eine Korrektur des Genoms statt, die alle künftigen Generationen mitbetrifft und die auch andere als therapeutische Manipulationen ermöglicht. Die Ausbildung dieser Technik an Säugetieren könnte auch zur Anwendung bei Menschen führen. Jedenfalls dient die Möglichkeit einer Keimbahntherapie bei Menschen auch als Perspektive und Legitimation der gentechnischen Forschung an Tieren. Gegenwärtig besteht allerdings in der Bundesrepublik Deutschland, in zahlreichen anderen Ländern wie in der Diskussion der Ökumene ein breiter Konsens, daß Veränderungen an den menschlichen Keimbahnzellen angesichts der Risiken, Voraussetzungen und Folgen solcher Eingriffe aus ethischen Gründen nicht zulässig sind.

II. Die Herausforderung

Die Gentechnik entwickelt sich rasch. Die Orientierung über den Sachstand hat dies im einzelnen belegt. Die damit gegebene Herausforderung besteht

1. schon darin, daß sich die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für Forschung und Technik, mithin auch die Gentechnik, und für ihre öffentliche Kontrolle in den letzten Jahrzehnten einschneidend verändert haben. Auch vollzieht sich
2. die Entwicklung der Gentechnik zu einer Zeit, wo allgemein das Bewußtsein von der Bedrohung der Biosphäre geschärft und dementsprechend eine Sensibilisierung gegenüber deren möglicher weiterer Gefährdung eingetreten ist. Vor allem ist schließlich
3. der besondere Charakter gentechnischer Eingriffe in das Erbgut von Lebewesen und die Dimension der dadurch ermöglichten Veränderungen zu bedenken.

1. Veränderungen in den Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für Forschung, Technik und ihre öffentliche Kontrolle

a) Gegenseitige Durchdringung von Grundlagenforschung und Anwendung

Obwohl die neuzeitliche Wissenschaft sich selbst von allem Anfang an als technisch ausgerichtet verstand, ist heutzutage die der Moderne entstammende Auffassung weit verbreitet, daß wissenschaftliche Grundlagenforschung und technische Anwendung strikt auseinanderzuhalten seien. Dieser Ansicht hat fraglos den Erfolg der modernen Wissenschaft dadurch erheblich gefördert, daß sie die Forschung von verfrühten Anwendbarkeitsforderungen freisetzte. Sie hält überdies die der Wissenschaft gegebene prinzipielle Fähigkeit fest, die verschiedenen Möglichkeiten einer Anwendung ihrer Erkenntnisse zu reflektieren.

Faktisch ist jedoch heute die Trennung von Grundlagenforschung und Anwendung weitgehend aufgehoben: Zum einen ist bereits seit längerem zu beobachten, daß der zeitliche Abstand zwischen

wissenschaftlichen Entdeckungen und ihrer technischen Umsetzung immer kürzer wird. Zum anderen erleben wir sowohl in personeller wie in institutioneller Hinsicht eine Durchmischung von Grundlagenforschung und angewandter Forschung. In den fortgeschrittensten wissenschaftlichen Gebieten zeigt sich schließlich überall das Phänomen der *Technologisierung*. Grundlagenforschung und technische Anwendung verschmelzen so eng, daß sie kaum noch unterscheidbar sind. Dabei läuft dieser Prozeß in beiden Richtungen. Der technisch-apparative Anteil der reinen Grundlagenforschung steigt ebenso an wie der Theoretisierungsgrad technischer Prozesse. Dies gilt sowohl für Mikroelektronik und Informatik als auch für Gentechnik und Molekularbiologie, und es gilt daher um so mehr auch für die Kombination beider Gebiete wie etwa für die ehrgeizigen Projekte einer rechnergestützten Genom-Sequenzierung oder der Entwicklung von "Biochips".

Entweder also ist - mit den Worten von Hans Jonas - die "Unschuld des gesonderten Experiments" dahin, oder aber die ganze Welt in ihrer räumlichen wie zeitlichen Erstreckung wird unter der Zwangsbeteiligung zukünftiger Generationen gleichsam zum "Großlabor". Im Falle der Gentechnik ist dies besonders deutlich: Zum einen ist hier jedes Experiment "in vitro", also im Labor, faktisch ein Experiment "in vivo", also an der lebendigen Natur; zum anderen aber sind gentechnische Experimente, die Eingriffe in die Keimbahn darstellen, stets Experimente unter Zwangsbeteiligung der ganzen Erblinie und - stellt man den Gang der Evolution in Rechnung - in der Größenordnung der Geschichte der Menschheit.

b) Zusammenwachsen von Wirtschaft und Wissenschaft

Mit der schrittweise erfolgenden faktischen Aufhebung der Trennung von Grundlagenforschung und technischer Anwendung fallen nun allerdings tendenziell auch die Grenzen zwischen Grundlagenforschung und Wirtschaftlichkeitsüberlegungen. War der modernen Wissenschaftsauffassung zufolge der wirtschaftliche Nutzen strikt an die technische Anwendung gebunden, während die Grundlagenforschung von der Beeinflussung durch wirtschaftliche Erwägungen weitgehend frei war, greifen nun wirtschaftliche Interessen direkt in den Bereich der Grundlagenforschung ein; bereits die sprunghaft ansteigenden apparativen Aufwendungen können dies belegen. Wirtschaftliche Ziele sind umgekehrt ohne die Nutzung wissenschaftlich-technischer Innovationen kaum mehr zu realisieren, wie die gesamte High-Tech-Entwicklung zeigt.

Bis in die Organisation und die personelle Struktur hinein wirken sich die Verwissenschaftlichung der Wirtschaft und die Ökonomisierung der Wissenschaft aus. Damit aber werden Kosten-Nutzen-Überlegungen - und das heißt: Reflexionen auf mögliche wirtschaftliche Folgen wissenschaftlicher Forschung - in wachsendem Maße zum mitbestimmenden Faktor der Grundlagenforschung selbst. Dies betrifft das Anforderungsprofil ebenso wie die Verwertungsbeziehung. Die Internationalisierung der Forschung (s. unten S.000) und die damit einhergehende Verkürzung der Zeit, die neue wissenschaftliche Informationen bis zu ihrer wirtschaftlichen Nutzung benötigen, tun das ihrige dazu. Der Versuch, Technikfolgen zu erforschen (s. unten S.000.00), entspricht daher nicht bloß einer politischen Mode, sondern ist Kennzeichen veränderter Randbedingungen von Forschung und Technik selbst.

c) Notwendigkeit der Legitimation

Es ist nicht mehr als konsequent, daß hieraus die Forderung auch von außerwissenschaftlicher Seite resultiert, wissenschaftliche Grundlagenforschung müsse sich für das, was sie tue, eigens legitimieren. In der modernen Wissenschaftsauffassung galt wissenschaftliche Forschung schon allein insofern als legitim, als sie der Wahrheitssuche diene ('theoretische Neugier'). Technologische Forschung kann in verstärktem Maße nur noch durch den Nachweis gerechtfertigt werden, daß ihre

Folgen bei geringstmöglichem Schaden größtmöglichen Nutzen für die außerwissenschaftliche Öffentlichkeit abwerfen.

Das hat zumal unter Bedingungen einer Gesellschaft, die nicht nur pluralistisch ist, sondern in der Pluralismus selbst als Wert gilt, erhebliche Konsequenzen. Denn die gesuchte Legitimation läßt sich nicht durch Rückgriff auf *ein* allgemein anerkanntes Wertesystem erbringen. Das lange Zeit hindurch strapazierte Schlagwort von der 'anwachsenden Wissenschaftsfeindlichkeit' dokumentiert und illustriert den Sachverhalt der entstehenden Legitimationsprobleme vermeintlich reiner wissenschaftlicher Grundlagenforschung recht genau. Allgemein hat sich heute die Einsicht durchgesetzt, daß es nach den Erfahrungen mit der Kernenergie besser sei, die Reflexionen auf den Nutzen bzw. Schaden neuer Technologien anzustellen, *bevor* diese in größerem Maße eingeführt sind.

d) Reduktion der Distanz zwischen Wissenschaft/Technik und Ethik

Ein zentrales Lehrstück der modernen Auffassung, reine Forschung und technische Anwendung seien strikt zu trennen, ist das sogenannte *Wertfreiheitspostulat*: Danach kamen wertrelevante Gesichtspunkte allein bei der Frage zur Geltung, ob Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung technisch genutzt und gesellschaftlich realisiert werden sollten; umgekehrt wurde daraus abgeleitet, daß die wissenschaftliche Grundlagenforschung selbst von Wertreflexionen freigehalten werden müsse, wenn sie denn rein bleiben solle. Wie sehr man auch immer dieses von Max Weber theoretisch formulierte Wertfreiheitspostulat mißverstanden haben mag, die Trennung von wissenschaftlicher und ethischer Reflexion war jedenfalls integraler Bestandteil des modernen Wissenschafts-Selbstverständnisses.

In den letzten Jahren ist allerdings verschiedentlich darauf aufmerksam gemacht worden, daß im Zusammenhang der Technologisierung wissenschaftlicher Grundlagenforschung auch dieses Postulat aufgeweicht wird. Wenn in der Tat wissenschaftliche Grundlagenforschung und technische Anwendung immer stärker miteinander verschmelzen, dann wächst zwingend auch die Notwendigkeit, wissenschaftliche Grundlagenforschung einer ethischen Reflexion zu unterziehen.

e) Der Ruf nach der Ethik

Vielerorts wird gegenwärtig die 'Verantwortung' des Wissenschaftlers und des Ingenieurs beschworen. Wissenschafts- und Technikethik erleben geradezu eine Hochkonjunktur. Einer der wesentlichen Gründe dafür ist in der Aufweichung des Wertfreiheitspostulats beschrieben worden. Allgemein läßt sich feststellen: Immer dann, wenn die bisher geltenden Grundlagen des Handelns fraglich werden, kommt es zur Renaissance von Ethik. Die unabsehbaren Machtmöglichkeiten der neuen Techniken und ihre veränderten Voraussetzungen und Rahmenbedingungen stellen einen solchen Fall dar. Der Anschein der 'Verspätung' der Ethik ist dabei nahezu unausweichlich: Erst wenn sich Brüche und Konflikte aktuell gezeigt haben, setzt eine neue Reflexion auf die Legitimität der eingetretenen Entwicklungen und die Orientierung des zukünftigen Handelns ein.

Ethik ist zu verstehen als die Wahrnehmung von Begründungspflichten für das menschliche Handeln. Sie formuliert Prüffragen und Kriterien, über die sich ein verantwortliches Handeln Rechenschaft ablegen muß. Sie gibt darin aber auch Auskunft über das, was zu tun und zu unterlassen, was zu fördern und zu verhindern ist. In einer Vielzahl von Sachverhalten, die zu einem komplexen Gegenstand wie der Gentechnik gehören, sind ethische Aspekte enthalten, ohne die eine Problembeschreibung unvollständig bliebe. Ethische Überlegungen sind nicht gewissermaßen von außen an die Gentechnik heranzutragen, sondern sie sind in die Klärung ihrer Grundlagen, Methoden, Zielsetzungen und Folgen eingeschlossen (s. weiter unter S.000).

Es wäre eine Verkürzung der ethischen Aufgabe, sie lediglich als eine nachträgliche Reflexion und Legitimation des Handelns zu begreifen oder im Sinne einer "Reparaturethik" nur auf die Lösung aktueller Konflikte zu beziehen. Ethische Urteilsbildung richtet sich auf das,

- was die Menschen als "gut" vorfinden und annehmen können und folglich fördern und mehrten wollen,
- was von den Menschen zu gestalten und zu verantworten ist,
- was in einem aktuellen Konflikt strittig und als Lösungsmöglichkeit erkennbar ist.

f) Patentierung gentechnischer Verfahren und Produkte

In dem Maße, in dem wissenschaftliche Grundlagenforschung technologisiert wird, werden Verfahren und Produkte dieser Forschung wirtschaftlicher Verwertung und damit auch ökonomischen Anreizen zugänglich, die sich zuvor im wesentlichen auf technische Verfahren und Produkte richteten. Seit geraumer Zeit sind nämlich, wobei die Rechtslage etwa in den USA, in der EG oder in der Bundesrepublik Deutschland im einzelnen noch sehr unterschiedlich ist, gentechnische Verfahren ebenso wie biotechnisch hergestellte neuartige Organismen patentierbar. Die Kontroverse hierüber ist nach wie vor offen und unentschieden. Während die eine Seite behauptet, die Patentierbarkeit gentechnischer Methoden und Produkte führe zur wirtschaftlichen Monopolisierung der Lebensherstellung, macht die andere Seite geltend, daß solche Verfahren und Organismen erst durch Patentierung allgemein zugänglich würden, statt privilegiertes Herrschaftswissen bestimmter Firmen zu bleiben. Darüber hinaus mehren sich besorgte Stimmen, die bereits aufgrund der Möglichkeit der Patentierung gentechnischer Verfahren und Produkte eine Verschiebung der Anreizstrukturen innerhalb von Forschung und Entwicklung befürchten: Patentierte Verfahren und Produkte könnten noch einen zusätzlichen Schub erhalten, nicht-patentiert Verfahren und Produkte dagegen auf der Strecke bleiben.

Nun ist zwar die Annahme unbestreitbar, daß die Patentierung gentechnischer Verfahren und Prozesse diese zum Gegenstand wirtschaftlicher Überlegungen im Zusammenhang von zu erhebenden bzw. zu entrichtenden Patentgebühren macht. Dagegen läßt sich wohl die weitergehende Vermutung nicht aufrechterhalten, daß sie auch ein Mittel zur Verhinderung der Transparenz wissenschaftlicher Forschung sei. Vielmehr ist darauf zu verweisen, daß die Möglichkeit (und Pflicht), gentechnische Verfahren und Produkte patentieren zu lassen, über die im Patentverfahren zu erbringende genaue Beschreibung der Prozeduren und der Produktinnovationen zwecks Einlösung des Postulats der "Nacharbeitbarkeit" die Transparenz gerade erhält.

g) Gefährdung der Forschungstransparenz

Im Gegensatz hierzu existiert allerdings eine Reihe von Gründen dafür, warum sich in der Tat die Bedingungen in Richtung einer Gefährdung oder gar Aufhebung der Forschungstransparenz verschoben haben. Diese sind nicht zuletzt im Zusammenwachsen von Wirtschaft und Wissenschaft, in der mit der Technisierung einhergehenden immer höheren Spezialisierung von Forschung und Wissenschaft sowie in der Verzerrung der Anreizstruktur durch die Patentierung bestimmter Verfahren und Produkte zu suchen. Zudem haben in Phasen der Entwicklung neuer Verfahren und Produkte die wirtschaftliche Konkurrenzsituation sowie der externe Zeitdruck häufig den Effekt, daß Forschungsprozeß wie Forschungsergebnisse relativ strikter Geheimhaltung unterliegen. Dem widerspricht jedoch das Postulat der modernen Wissenschaft, größtmögliche Durchsichtigkeit und Publizität zu garantieren, wie es sich etwa in der selbstverständlichen Forderung dokumentiert, die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung müßten veröffentlicht werden.

h) Internationalisierung von Forschung und wirtschaftlicher Verwertung

Forschung ist heute ohne den intensiven internationalen Austausch von Resultaten und Personal nicht mehr vorstellbar. Die wirtschaftliche Verwertung hat sich im Handel und in der Bildung transnationaler Unternehmungen seit langem internationalisiert. Forschung und wirtschaftliche Verwertung geschehen somit gleichzeitig in einer Vielzahl von Staaten und Volkswirtschaften und dementsprechend unter unterschiedlichen rechtlichen und ökonomischen Bedingungen. Gerade die Gentechnik bietet dafür reiches Anschauungsmaterial: Während die gentechnische Herstellung von Humaninsulin in den USA seit langem im Gange ist, ist die entsprechende Genehmigung in der Bundesrepublik Deutschland bisher, unter anderem wegen des Fehlens eines Gentechnik-Gesetzes, nicht erteilt worden; ein anderes Beispiel sind die Differenzen beim Umgang mit der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen.

Die im internationalen Rahmen bestehenden Unterschiede führen ohne Zweifel für Forschung und wirtschaftliche Verwertung zu ungleichen Startbedingungen und damit zu Wettbewerbsverzerrungen. Daraus wird nicht selten die Forderung abgeleitet, diese durch Angleichung an den internationalen Standard zu beseitigen: Die Menschheit befinde sich - etwa bei der Entwicklung der Gentechnik - in einem fahrenden Zug, der nicht dadurch zum Stehen komme, daß einzelne aussteigen. Häufig wird - nach dem Muster: Wir oder die anderen - argumentiert: Wenn wir die gentechnische Forschung und Produktion nicht verantwortungsbewußt selbst betreiben, werden andere Länder - und noch dazu vielleicht in wenig vernünftiger Weise - voranschreiten.

Die Kritik an den beschriebenen Verwerfungen im internationalen Vergleich ist berechtigt. Daraus kann aber nicht gefolgert werden, die Aufrechterhaltung abweichender Verhältnisse in einzelnen Ländern sei sinnlos. Besonderheiten in einem Land können gerade helfen, den kritischen Stimmen in anderen Ländern eine Berufungsgrundlage zu verschaffen und zu erhalten. Insgesamt ist eine verstärkte Bemühung um eine Universalisierung grundlegender ethischer Überzeugungen und eine Annäherung der unterschiedlichen rechtlichen Regelungen dringlich.

i) Die Rolle der Experten und die Wiederermächtigung der Laien

Die technisch-wissenschaftliche Entwicklung zu immer weiterer Spezialisierung und Ausdifferenzierung hat den Effekt, daß weder Experten noch Laien das, was sie zum Leben brauchen, selbst herstellen können. In der Dritten Welt führt dies schon seit einiger Zeit zu einem schwerwiegenden Rückgang der Subsistenzwirtschaft. Noch tiefgreifender ist der Effekt, daß die Laien, letztlich aber auch die Experten selbst immer weniger von dem verstehen, von dem sie mit zunehmender Dynamik der technisch-wissenschaftlichen Entwicklung immer stärker abhängig werden. Das gilt natürlich in besonderem Maße dort, wo es sich auch um die *Abschätzung und Bewertung von Folgen* handelt (s. unten S.000). Dieses Faktum zunehmender Laien-Inkompetenz läßt seinerseits den Bedarf an Experten steigen. Deren Rolle, die zunächst einmal darin bestand, ihre fachwissenschaftliche und technische Spezialkompetenz einzubringen, erweitert sich nun auch auf die Beurteilung und Bewertung möglicher Folgen technisch-wissenschaftlicher Innovationen. Die Experten, im Zusammenhang eines arbeitsteiligen Wissenschaftsbetriebes eigentlich Fachleute für wenig, werden so im gleichen zum Orakel für alles und zum Dolmetscher zwischen den Wissenschaftlern und der Öffentlichkeit.

Daß die Experten durch diese ihnen zugemutete doppelte Funktion überfordert sind, versteht sich von selbst, und so kann denn auch nicht ausbleiben, daß sie sich sowohl in der Vorhersage und Bewertung von Folgen als auch in der Popularisierung wissenschaftlicher Ergebnisse vertun. Sich widersprechende Expertenmeinungen sind nicht die Ausnahme, sondern die Regel - und dies, obwohl der Begriff der wissenschaftlichen Wahrheit auf dem Konzept der Widerspruchsfreiheit aufbaut.

Erschwerend kommt die verbreitete Unfähigkeit der Experten verschiedener 'Kulturen' hinzu, miteinander zu kommunizieren.

Statt des erwünschten Effekts einer Übertragung der technisch-wissenschaftlichen Beurteilungskompetenz von Experten auf die Laien ergibt sich daher in der entstehenden Expertenkultur das genaue Gegenteil: Keiner glaubt den Experten mehr, und daher wird entweder jeder selbst zum Quasi-Experten, oder aber jeder "kauft" sich seine Experten. Die Expertenkultur führt sich auf diese Weise selbst ad absurdum: In dem Maße, in dem die Überforderung der Experten steigt, sinkt ihre Glaubwürdigkeit. Die Wiederermächtigung der Laien ist auch eine zwingende Folgerung aus der demokratischen Verfassung des Gemeinwesens: Technologiepolitische Richtungsentscheidungen dürfen nicht den Experten überlassen bleiben; die Politiker und Bürger müssen entscheidungsfähig werden und bleiben und dürfen sich diese Kompetenz nicht streitig machen lassen.

j) Politisierung und Vergesellschaftlichung

Die Notwendigkeit, steuernde Einflüsse auf technologisierte Forschungszusammenhänge geltend zu machen, wurde auch vom politischen System erkannt, und in vielen Ländern der industrialisierten Welt existieren daher bereits entsprechende staatliche Vorschriften und gesetzliche Regelungen.

In der Bundesrepublik Deutschland wurde 1984 vom Deutschen Bundestag eine Enquete-Kommission "Chancen und Risiken der Gentechnologie" eingesetzt, die 1987 ihren viel beachteten, aber von Exekutive und Legislative noch längst nicht ausgeschöpften Bericht vorgelegt hat. 1990 wurde das im Verfahren und im Inhalt umstrittene "Gesetz zur Regelung von Fragen der Gentechnik" verabschiedet. Darin werden vor allem die Bedingungen von Laborarbeiten, die Freisetzung und Inverkehrbringung von gentechnisch veränderten Organismen sowie Haftungsfragen geregelt.

Darüber hinaus sind die Gesichtspunkte von Sozial-, Umwelt- und Zukunftsverträglichkeit neuer Technologien so stark ins gesellschaftliche Bewußtsein eingedrungen, daß über Institutionen der 'neuen Öffentlichkeit' (Bürgerinitiativen u.ä.) die Idee einer Partizipation aller gesellschaftlich relevanten Kräfte an technologiepolitischen Entscheidungen reale Gestalt anzunehmen beginnt. Zunehmend ist erkannt worden, daß die Entwicklung maßgeblich davon abhängt, wie der öffentliche Diskurs geführt und wer in ihm gehört wird, welche Fragen gestellt und wie die Probleme definiert werden. Bereits auf dieser Ebene kommt es auf die Beteiligung bzw. Beteiligungschancen möglichst vieler an.

Durch die Vermittlung des Instruments der Ethik-Kommission schließlich kommen in zahlreichen Organisationen (von Ministerien und Hochschulen bis zu Kliniken und privatwirtschaftlichen Unternehmen) Legitimationsfragen zu institutioneller Geltung.

k) Technikbewertung als Aufgabe

Seit 1972 in den USA der "Technology Assessment Act" verabschiedet und 1973 in Washington das O.T.A. (Office of Technology Assessment) gegründet wurde, ist auch in der Bundesrepublik Deutschland die Debatte um die Technikfolgenabschätzung (TA) im Gange. Die erste Enquete-Kommission "Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen - Gestaltung von Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung" (1985-1987) sah eine organisatorische Lösung vor, deren Struktur und Lokalisierung - nämlich die Bereitstellung einer Beratungskapazität für das Parlament - dem amerikanischen Vorbild glich. Nachdem dieser Vorschlag nicht realisiert worden war, setzte der Deutsche Bundestag 1987 eine zweite Enquete-Kommission "Gestaltung der technischen Entwicklung - Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung" ein. Neben der 1990 erfolgten Einrichtung einer kleinen TA-Forschungsinstitution ("Technikfolgenabschätzungsbüro") beim Deutschen Bundestag stehen jetzt die Dezentralisierung und breite gesellschaftliche Verteilung der TA im Vordergrund der Überlegun-

gen. Dabei kommt den Verbänden und technisch-wissenschaftlichen Vereinigungen sowie der erwähnten 'neuen Öffentlichkeit' (s. oben S.00) eine zentrale Rolle zu.

Methodisch gesehen hat die Entwicklung der TA gezeigt, daß die wissenschaftsgläubige Illusion einer "objektiven" Prognosetechnik der Folgenabschätzung preisgegeben werden muß. An ihre Stelle tritt verstärkt das Element der Rückbeziehung erwünschter bzw. zu vermeidender Zukunftsalternativen ("Szenario"-Verfahren) auf das gegenwärtig in pluralistischen Gesellschaften zu findende Spektrum von Wertungen. Daher beginnt sich auch der Terminus "Technikbewertung" gegenüber "Technikfolgenabschätzung" stärker durchzusetzen. Im Zusammenhang dieser Aufgabenstellung kommt der ethischen Dimension ein ungleich größeres Gewicht zu.

Die Technikbewertung steht allerdings vor einer erheblichen Schwierigkeit. Denn eine sorgfältige und differenzierte Urteilsbildung braucht Zeit. Die Schere zwischen der wachsenden Geschwindigkeit der Technikentwicklung einerseits und der notwendigen Langsamkeit der demokratischen und ethischen Urteilsbildung andererseits geht immer weiter auseinander. Diese sich verschärfende Situation, die der Technikentwicklung einen strukturellen Vorteil gegenüber der Technikbewertung verschafft, stellt ein grundsätzliches Problem dar, das seinen Schatten auf alle Bemühungen des gesellschaftlich verantwortlichen Umgangs mit den Folgen neuer technologischer Entwicklungen wirft.

2. Das Bewußtsein von der Bedrohung der Biosphäre

In der heutigen wissenschaftlich-technischen Zivilisation steht die Ausnutzung der Ressourcen der Erde im Vordergrund. Die Folgen beeinflussen und stören die Biosphäre nachhaltig. Diese Bedrohung wird für viele Menschen zunehmend sichtbar und spürbar. Kranke Wälder, der Treibhauseffekt, eine sich verringernde Ozonschicht sowie das Ansteigen der zivilisationsbedingten Krankheiten legen beispielhaft Zeugnis ab von der möglichen Zerstörungskraft moderner Techniken und ihrer Produkte.

Die Umweltprobleme beschränken sich nicht auf ein Land oder eine Region. Nicht zuletzt der Reaktorunfall von Tschernobyl hat gezeigt, daß die Schäden von außer Kontrolle geratenen Großtechniken katastrophale Ausmaße annehmen können. Dabei bezeichnen die unmittelbaren Schäden nur die Mindestausmaße solcher Katastrophen. Die langfristigen Konsequenzen bleiben größtenteils verborgen.

Die Veränderungen der Biosphäre und die damit zusammenhängenden Auswirkungen auf die Gesundheit nicht nur der Menschen, sondern auch der nichtmenschlichen Lebewesen haben das Bewußtsein für die Abhängigkeit der Menschen von der Beschaffenheit ihrer natürlichen Mitwelt geschärft. Dieses Bewußtsein wächst mit dem Verständnis für die Vernetzungen in der Natur und der eigenen Eingebundenheit in diese Netze. Es hat dazu geführt, daß heute auch die globalen Zusammenhänge in das wissenschaftliche Denken einbezogen werden und die Aufgabe des Schutzes der Biosphäre als Aufgabe der gesamten Menschheit begriffen wird.

Kennzeichnend für das veränderte Bewußtsein sind die weltweiten Proteste gegen bekannt werdende Umweltverschmutzungen. Dieser Protest ist ein Hinweis auf die wachsende Sensibilität im Umgang mit dem vorgefundenen mineralischen und biologischen Reichtum der Erde. Das Augenmerk richtet sich aber auch auf zukünftige Entwicklungen. Die Qualität neuer Techniken wird zunehmend danach beurteilt, wie weit sie in der Lage sind, einen schonenden Umgang mit den verbleibenden Ressourcen zu ermöglichen oder die Entwicklungsmöglichkeiten positiv zu beeinflussen.

Neue Techniken kommen nicht in ein technologisches oder gesellschaftliches Vakuum. Darum können sie auch nur begrenzt mit anderen verglichen werden, die unter historisch und ökologisch

unterschiedlichen Bedingungen eingeführt wurden. Jede neue Technik und ihre Produkte sind mit den Produkten und strukturellen Rahmenbedingungen konfrontiert, die durch bereits existierende Techniken mitgeprägt wurden.

Angesichts ungelöster Probleme, die zwar nicht ausschließlich, aber doch auch durch technologische Entwicklungen hervorgerufen wurden, können deshalb neue wissenschaftlich-technische Errungenschaften nicht mehr mit der gleichen Euphorie begrüßt werden, wie das vor einigen Jahren oder Jahrzehnten noch der Fall war. Das gilt auch für die Gentechnik - unbeschadet der Option, daß sie auch zum Umweltschutz eingesetzt werden soll. Erfahrungen mit dem Katastrophenpotential z.B. der Kernspaltungstechnik sollten lehren, das Augenmerk auf die Suche nach schon primär umwelt- und sozialverträglichen Methoden zur Bearbeitung existierender Probleme zu richten.

Wir sind Nutznießer, aber eben auch Bedrohte unserer eigenen Erfindungen. Nicht überraschend ist es darum, wenn viele Menschen nicht nur auf die Ziele und Verwendungszusammenhänge neuer Techniken blicken, sondern mit kritischer Skepsis auch die theoretischen und methodischen Grundlagen der Erkenntnisse, die solche Entwicklungen erst ermöglicht haben, in die Beurteilung einbeziehen.

3. Der Charakter gentechnischer Eingriffe

Mit Hilfe gentechnischer Methoden können erstmals definierte Stücke des Erbmateri als isoliert und in neue Wirtszellen übertragen werden. Unter anderem durch diese Möglichkeit unterscheiden sich gentechnische Methoden von den Mechanismen natürlicher Genveränderungen, aber auch von denen der konventionellen Züchtung. "Definiert" bedeutet hier vor allem, daß Größe und/oder Nukleinsäuresequenz des isolierten Fragments bekannt sind. In vielen Fällen stehen darüber hinaus Informationen über die biochemischen Eigenschaften und die physiologische Funktion zur Verfügung, die das Genprodukt im Spenderorganismus hat.

Vor diesem Hintergrund ist zu fragen, welche Bedrohungen das neue technische Potential mit sich bringt. Dazu ist es notwendig den Charakter gentechnischer Eingriffe und ihre möglichen Konsequenzen zu klären.

a) Die Ebenen der Wirkung gentechnischer Eingriffe

Gentechnische Eingriffe in das Erbmateri al von Lebewesen zielen entweder darauf, die Funktion des übertragenen DNA-Stückes zu untersuchen, bestehende Eigenschaften eines Organismus zu verändern oder ihn mit zusätzlichen Eigenschaften oder Fähigkeiten auszustatten. Wenn von einer Veränderung der Eigenschaften die Rede ist, bezieht sich dies häufig nur auf die zusätzlichen Leistungen, die ein genmanipulierter Organismus vollbringen kann, z.B. die Herstellung von Insulin oder bestimmter Wachstumshormone. Ebenso entscheidend ist jedoch, ob gentechnische Eingriffe die betreffenden Viren, Zellen oder Organismen nur in der gewünschten und angestrebten Weise verändern oder ob es darüber hinausgehende Wirkungen gibt, die ein Gefahrenpotential für Menschen und Umwelt darstellen und die darüber hinaus durch Laboruntersuchungen nur schwer oder gar nicht zu erfassen sind. Das schließt die Frage ein, ob der gentechnische Eingriff die Fähigkeit des betroffenen Organismus, mit seiner Umwelt in Wechselwirkung zu treten, verändert.

(1) Der innere - molekulare und zelluläre - Kontext

Durch den Einbau eines Gens in ein vorhandenes Genom wird nicht nur die Information für eine bestimmte Anordnung von Aminosäuren in einem Protein übertragen. Vielmehr werden auch die

strukturellen Zusammenhänge des Wirtsgenoms verändert. Hier stellt sich die Frage, ob diese Strukturveränderungen des Genoms (Genotyp) auch die Eigenschaften und das Verhalten (Phänotyp) der betroffenen Zellen oder Lebewesen beeinflussen können.

Positionswechsel ganzer Genom- bzw. Chromosomenabschnitte, durch die die räumliche Beziehung der Gene untereinander verändert wird, kommen auch unter natürlichen Bedingungen vor. Bei verschiedenen Pflanzen können sie beispielsweise zu gesteigertem Wachstum und besseren Erträgen führen. Erfolgen sie jedoch etwa in den Zellen des Immunsystems einer Maus, kann die betroffene Zelle dadurch in eine Leukämiezelle, d.h. eine Krebszelle umgewandelt werden. In bestimmten Bakterien führt die Änderung der Richtung eines Gens zur dramatischen Erhöhung ihrer Pathogenität, also ihrer Fähigkeit, Krankheiten auszulösen. Solche Beobachtungen lassen erkennen, daß die Erbanlagen ihre Wirkung in der Zelle nicht unabhängig voneinander entfalten, sondern daß sie sich gegenseitig beeinflussen. Diese Beeinflussung findet auf der Ebene der Genexpression, also des Ablesens der genetischen Information, aber auch auf der Ebene der Genprodukte statt. Durch den Einbau einer zusätzlichen Erbinformation können demzufolge auch die ursprünglichen Gene der Wirtszelle eine Strukturveränderung erfahren oder in ihrer Expression beeinflußt werden. Dies kann sich wiederum auf Physiologie und Entwicklungsvorgänge der Wirtszelle auswirken.

Bei dem durch gentechnische Methoden vermittelten Transfer von Erbmaterial kommen die betreffenden Gene in eine neue Umgebung, die sich in der Regel von derjenigen unterscheidet, in die sie in ihrem angestammten Organismus eingebettet waren. Verpflanzte Gene können strukturelle Veränderungen bedingen, die zunächst einmal nichts mit den Eigenschaften des neuen Gens selber zu tun haben. Allein schon durch die strukturellen Veränderungen innerhalb eines Genoms wird die genetische und somit auch die physiologische Konstitution einer Zelle oder eines Organismus beeinflußt. Die Reichweite der Folgen kann unmerkbar gering bis dramatisch sein.

Die beschriebenen Phänomene entstehen dadurch, daß durch den Einbau zusätzlicher Gene die Konstitution des Erbmaterials, der *innere Kontext* der Gene, also ihr Verhältnis zueinander beeinflußt wird.

Allerdings wird eine Maus, die durch die Verlagerung bestimmter Gene Entwicklungsstörungen zeigt, nicht so sehr ein Risiko für die Umwelt darstellen als vielmehr durch die einprogrammierten Fehlschaltungen selbst gefährdet werden. Anders ist die Situation, wenn beispielsweise die Gene eines Virus verändert werden. Durch diese Eingriffe kann das Virus in seiner Vermehrungsfähigkeit beeinträchtigt werden. In Einzelfällen kommt es aber auch zu einer Veränderung der Pathogenität eines solchen Erregers. In einem solchen Fall wären von den Folgen der gentechnischen Veränderung auch die Lebewesen betroffen, die nach der Infektion mit einem solchen Virus erkranken.

(2) Der äußere - ökologische - Kontext

Veränderungen im Genom bringen Konsequenzen für die Wechselwirkungen des betroffenen Virus oder Organismus mit seiner Umwelt mit sich. Dies gilt schon für solche Veränderungen, die durch natürliche Mechanismen hervorgerufen werden. Durch gentechnische Methoden werden jedoch die Möglichkeiten der Neukombination und des Austauschs von Erbmaterial zwischen verschiedenen Lebewesen erweitert; es kann nunmehr auch zwischen solchen Organismen übertragen werden, die sich normalerweise nicht miteinander kreuzen. Die langfristigen Folgen gentechnischer Eingriffe sind weniger gut einschätzbar als die Auswirkungen von Genveränderungen auf der Grundlage natürlich vorkommender Mechanismen, mit denen Menschen und andere Lebewesen im Laufe der Naturgeschichte Erfahrungen sammeln konnten. Auch können durch die technische Übertragung neuer Erbanlagen und ihr Zusammenwirken mit dem Genom der Wirtszelle Eigenschaften entstehen, die der betreffende Organismus bisher nicht hatte und auf der Grundlage natürlicher Mechanismen vermutlich auch nicht entwickelt hätte.

Ein Bakterium, das nach gentechnischen Eingriffen etwa in der Lage ist, sich durch die Verwertung einer größeren Zahl organischer Substanzen neue Lebensräume zu erschließen, hat gegenüber dem Ausgangstyp auch ein anderes Umweltverhalten. Ein genetisch manipuliertes Virus kann andere Wirte befallen, eine trockenheitsresistentere Pflanze neue Lebensräume besiedeln.

Hier werden gentechnische Eingriffe also im Bezug auf die ökologischen Zusammenhänge, den *äußeren Kontext* eines Lebewesens oder einer Zelle wirksam. Während die Vielfalt der Strukturveränderungen und genetischen Wechselwirkungen innerhalb einer Zelle grundsätzlich als endlich und somit allenfalls noch als berechenbar gelten kann, ist äußerst fraglich, ob eine solche Berechenbarkeit auf der Ebene der Wechselwirkungen mit der Umwelt aufgrund der Zufallsabhängigkeit der dort stattfindenden Prozesse überhaupt gegeben ist. Dies trifft zwar im Prinzip auch auf jeden anderen, durch natürliche Genveränderungen entstandenen Organismus zu. Im Falle eines gentechnischen Eingriffs sind jedoch weitere Faktoren (wie die Aufhebung der Begrenzung durch Lebensraum und Art oder die Geschwindigkeit der Veränderungen) zu berücksichtigen, die zu der "biologischen Neuartigkeit" eines derartigen Organismus beitragen.

b) Das additive und das synergistische Modell der Risikobewertung

Kommt es bei der Beschreibung der Wirkung gentechnischer Eingriffe in besonderer Weise auf den neu entstehenden inneren und äußeren Kontext an, so hat dies Konsequenzen für die Risikobewertung solcher Eingriffe. Dafür sind heute zwei Modelle im Gebrauch. Beim additiven Modell ergeben sich die Eigenschaften eines gentechnisch veränderten Organismus und somit auch sein Risikopotential im Prinzip aus der Addition der Eigenschaften des Wirtsorganismus und der übertragenen Gene. Beim synergistischen oder Kontext-Modell wird davon ausgegangen, daß zwar die biochemischen Eigenschaften der Gene bzw. der davon abgeleiteten Produkte eindeutig beschreibbar sind, daß aber ihre biologische Funktion, d.h. der Einfluß, den sie auf den Zellstoffwechsel, die Stabilität oder das Verhalten des Organismus haben, auch davon beeinflusst wird, in welchen genetischen, zellulären und ökologischen Zusammenhang sie eingebunden sind. Im ersten Fall erscheinen die Eigenschaften des gentechnisch veränderten Organismus und somit auch das von ihm ausgehende Risiko eindeutig bestimmbar. Risiken werden nur dann erwartet, wenn bekanntermaßen pathogene Wirtsorganismen oder Gene verwendet werden. Demgegenüber ist aus einer am Kontext der Gene und Organismen orientierten Sichtweise der Einfluß eines übertragenen Gens auf die Stabilität, die Eigenschaften und das Verhalten der neuen Wirtszelle oder des neuen Wirts nicht eindeutig vorhersagbar, sondern nur durch empirische Untersuchungen bestimmbar. Bis zum Nachweis, daß die gentechnisch manipulierten Organismen sicher zu handhaben sind und auch bei einer Freisetzung in die Umwelt keine Schäden verursachen, werden zur Vorbeugung Sicherheitsmaßnahmen gefordert, die verhindern, daß sie in die Umwelt freigesetzt werden oder das Personal mit ihnen in Kontakt kommt.

Die derzeitige Praxis der Risikoeinstufung orientiert sich vorwiegend am additiven Modell. Die Rekombinationsprodukte werden in Orientierung an den Charakteristika der Genspende und Genempfänger in verschiedene Risikogruppen eingeordnet. Für den letztlich nicht auszuschließenden Fall, daß die veränderten Organismen wider Erwarten doch problematische Eigenschaften zeigen, sollen biologische und physikalische Eingrenzungsmaßnahmen dafür sorgen, daß die problematischen Eigenschaften beherrscht und kontrolliert werden können. Das additive Modell ermöglicht eine schnelle Einstufung gentechnischer Experimente, jedoch treffen seine Annahmen nur in bestimmten, nicht aber allen Fällen zu. Es reicht besonders dann nicht aus, wenn Gene transferiert werden, die in komplexe Stoffwechselzusammenhänge eingreifen und/oder die Wechselwirkungen des Organismus mit seiner Umwelt verändern. Auch werden die Folgen eines möglichen Transfers solcher Gene auf andere Organismen und deren Vermehrungsfähigkeit nicht erfaßt.

c) Zur Unterscheidung zwischen Gentechnik und konventioneller Züchtung

Gentechnische Methoden machen es in weit höherem Maße als bei der konventionellen Züchtung möglich, Artgrenzen zu überschreiten; dadurch werden die biologischen Grenzen, die sich im Laufe der Evolution entwickelt und zu der uns bekannten Vielfalt von Lebensformen geführt haben, durchlässiger gemacht oder überwunden. Darüber hinaus können auf gentechnischem Wege viele genetische Veränderungen gleichzeitig in das Genom eines Lebewesens einprogrammiert werden; Veränderungen, zu denen eine Art in der Umwelt möglicherweise viele Generationen benötigte, können im Labor innerhalb kurzer Zeit herbeigeführt werden. Der zeitliche Ablauf der natürlichen Evolution wird beschleunigt. Auch wird daran gearbeitet, künstliche Gene (s. oben S.00) herzustellen. Sie zeichnen sich dadurch aus, daß sie den Lebewesen ganz neue Eigenschaften vermitteln oder es ihnen ermöglichen, Produkte herzustellen, die bisher in der Umwelt noch nicht vorfindbar waren. Grundlage für die Konstruktion solcher neuartigen Gene sind nicht so sehr vorhandene Gene als vielmehr Strukturmodelle, die auf der Grundlage theoretischer Entwürfe entwickelt wurden.

Beim Vergleich der uns heute als natürlich bekannten Mechanismen der Veränderung des Erbmaterials und der Möglichkeiten, die durch die traditionellen Züchtungsmethoden gegeben sind, mit der Reichweite gentechnischer Eingriffe werden somit vier Unterschiede deutlich. Gentechnische Eingriffe

- führen zu Veränderungen der räumlichen Beziehungen zwischen den Erbanlagen,
- ermöglichen einen weit über das Vorfindbare hinausgehenden, Artgrenzen überschreitenden Genaustausch,
- verkürzen die Zeitspannen, die in der natürlichen Evolution für vergleichbare Veränderungen benötigt würden, und
- erlauben es - möglicherweise zum ersten Mal in der Naturgeschichte -, daß neue Erbinformationen entstehen, ohne sie aus vorhandenen Genen entwickeln zu müssen.

Damit entfallen Sicherungsmechanismen, über die die natürliche Evolution verfügt: In ihr ist jede Mutation zunächst nur in wenigen Individuen vorhanden. Für jeden Schritt der Veränderung sind diese der Umwelt ausgesetzt und müssen in ihr überleben.

III. Falsche Alternativen

Die Gentechnik führt - bei veränderten Rahmenbedingungen für Forschung und Technik und im zeitlichen Zusammenhang mit tiefgreifenden Gefährdungen des Lebensraums Erde - in eine neue Dimension der technischen Bemächtigung und Veränderung des Lebens. Chancen und Risiken sind in ihrer Reichweite gleichermaßen unabsehbar. Diese Herausforderung verlangt nach Antworten. Sie sind in den beiden vergangenen Jahrzehnten vielfältig versucht worden und haben zu einer intensiven kritischen Diskussion der Gentechnik geführt. Dabei sind auch Alternativen ins Spiel gebracht worden, die die konkrete Urteilsbildung im Falle der Gentechnik jeweils mit grundsätzlichen Richtungsentscheidungen verknüpfen und in dem Gegensatz zwischen einem bekenntnisthaften Ja und einem kategorischen Nein zur Gentechnik ihre letzte Zuspitzung erfahren.

Das Denken in solchen Alternativen hat sein partielles Recht. Darin drückt sich aus, daß nicht allein Einzel- und Teilprobleme, sondern Fragen von grundsätzlicher Tragweite zur Entscheidung anstehen. Die Alternativen führen jedoch in die Irre, wenn sie konkrete Einzel- und Teilentscheidungen mit dem Gewicht einer Grundsatzentscheidung belasten und dadurch zur Einseitigkeit verleiten. In diesem Fall bestehen die Alternativen nur scheinbar und bezeichnen, genau gesehen, verschiedene

Wahrheitsmomente der anstehenden Entscheidung. Die Bildung solcher falschen oder scheinbaren Alternativen ist häufig Ausdruck eines Rückzugs aus *komplexen* Sachverhalten und Lebenszusammenhängen in eine vermeintlich *einfache* "Wahrheit".

Der Zugang zu einer angemessenen Diskussion der Gentechnik ist durch eine Reihe von falschen Alternativen verstellt. Eine sachgerechte Urteilsbildung setzt voraus, daß der falsche Schein dieser Alternativen durchschaut wird und statt dessen ihre relativen Wahrheitsmomente zur Geltung gebracht werden.

1. Natur oder Kultur

Die neuartigen, in ihren Risiken unabsehbaren Möglichkeiten, die Kulturinstrumente wie die Gentechnik für Eingriffe in die Natur bieten, haben die Veranlassung dazu gegeben, der von der unbeschränkten Verfügung der Menschen über die Natur hervorgebrachten Kultur die vor solchem Zugriff der Menschen zu bewahrende Natur gegenüberzustellen. Aber eine starre Entgegensetzung von Natur und Kultur geht an den tatsächlichen Verhältnissen des kulturellen Umgangs mit der Natur und der natürlichen Voraussetzungen der Kultur vorbei. Es gibt keine von der Kultur unberührte Natur, und es gibt keine von der Natur unberührte Kultur. Der mit der Gentechnik einhergehenden besonderen Herausforderung läßt sich nicht dadurch begegnen, daß die Geschichte kultureller Bearbeitung der Natur insgesamt negiert wird.

Vielmehr ist stets nach der Stimmigkeit zwischen Natur und Kultur und damit nach der Grenze kultureller Eingriffe in die Natur zu fragen. Das Wahrheitsmoment der Gegenüberstellung von Natur und Kultur liegt darin, daß Natur nicht in Kultur aufgelöst werden darf. Gerade die Gentechnik macht es nötig, nach einer spezifischen Grenzlinie für die Kultivierung der Natur zu fragen. Sie ist dort zu ziehen, wo Natur nicht mehr als das wahrgenommen und geachtet wird, was den Menschen gegeben ist, vielmehr aufgeht in dem, was sie planmäßig in einer technischen Reproduktion hervorbringen.

Die starre Entgegensetzung von Natur und Kultur hat ihre Entsprechung in zwei weiteren falschen Alternativen:

a) Evolution ohne Menschen oder Evolution durch Menschen

Angesichts der wachsenden Bedrohung der Biosphäre wird gelegentlich der Gedanke geäußert, die "gute" Evolution werde durch die Eingriffe der Menschen gestört und geschädigt; sie könne nur "heil" erhalten werden, wenn sie vom gezielten menschlichen Handeln unbeeinflusst bleibe. Dieser Gedanke wird in der provozierenden These zugespitzt, der Mensch sei der größte Störfaktor der Evolution und die Natur habe eine Zukunft nur ohne den Menschen. Aber dies sind abstrakte Überlegungen, die aus dem faktischen Verlauf der Evolution heraustreten. Die Menschen sind Teil der evolutionären Entwicklung. Zudem stellt sich die Frage, worauf sich das Urteil "gut" oder "heil" im Blick auf die Evolution bezieht. Sollte vielleicht von einer lebensförderlichen Entwicklung zu reden sein? Aber was ist "lebensförderlich"? Hier greifen nur Einzelkriterien wie beispielsweise die Arten- und Lebensvielfalt bzw. die Erhaltung der Möglichkeit dieser Vielfalt.

b) Anthropozentrik oder Physiozentrik

In der gesamten Umweltdiskussion so auch im Blick auf die Gentechnik spielt das Argument eine Rolle, das politische, wirtschaftliche und individuelle Handeln sei zum Schaden der natürlichen Mitwelt der Menschen um die Menschen statt um die Natur zentriert. Aber diese Entgegensetzung wird falsch, wenn sie davon absieht, daß Wahrnehmung, Urteil und Handeln der Menschen unwei-

gerlich von einem *menschlichen* Standpunkt aus geschehen - auch dann noch, wenn dabei nach subjektiver Einschätzung die Belange der Natur die Priorität erhalten. Berechtigt und notwendig ist hingegen die Kritik an einer Position, die die Natur *ausschließlich* unter dem Blickwinkel des Nutzens für die Menschen betrachtet und gebraucht. Hier stellt sich die Aufgabe, zu bestimmen, was die Natur unabhängig von den Nutzungsinteressen der Menschen in der ihr eigenen Lebendigkeit ist und wie sie sich darüber hinaus auf sie beziehen.

2. Universelle Verantwortung *oder* Handlungsverzicht

Die Alternative, entweder alle Folgen (und Nebenfolgen) des Handelns überblicken zu können oder überhaupt nicht handeln zu dürfen, führt zu einer Handlungsblockade und -verhinderung. Denn es ist eine irrealen Anforderung, dazu fähig zu sein, alle Folgen (und Nebenfolgen) des Handelns zu überblicken. Zu fragen ist vielmehr, mit welchen guten Gründen gehandelt werden kann, ohne alle Folgen und Nebenfolgen zu überblicken. Dabei ist ein prinzipielles Nicht-Wissen-Können von einem Nicht-Wissen, das (teilweise) überwunden werden kann, sorgfältig zu unterscheiden. Die voraussehbaren Folgen sind sehr wohl zu berücksichtigen, und alle Möglichkeiten, die Folgen des Handelns zu erforschen, sind auszuschöpfen. Das Nicht-Wissen von Folgen und Zusammenhängen muß als Grundbedingung menschlichen Lebens wahrgenommen werden und verlangt ein begründetes ethisches Urteilen, das die offenen Risiken abschätzt. Dies schließt die Forderung ein, nicht voreilig zu handeln und im Maße des Möglichen für Randbedingungen zu sorgen, unter denen das Handeln zu besseren Zuständen, jedenfalls aber nicht zu Katastrophen führt.

3. Fortschrittsförderung *oder* Fortschrittsverweigerung

Solange Fortschritt mit der Ausweitung und Intensivierung technischer Naturbemächtigung und mit der Steigerung von Konsum und Ressourcenverbrauch ineingesetzt wird, scheint sich die Alternative aufzudrängen, einen solchen Fortschritt entweder weiter zu fördern oder sich ihm zu verweigern. Davon ist unmittelbar auch die Gentechnik betroffen, die entweder als neue Dimension der Nutzung der Natur gepriesen oder als vollständige Ausbeutung der natürlichen Gegebenheiten verdammt wird. Dagegen kommt es entscheidend darauf an, wie Fortschritt definiert und woran er gemessen wird. Wenn der Fortschritt der Technik etwa in ihrer Angepaßtheit an Natur und Kultur oder in der Reduzierung des Verbrauchs natürlicher Ressourcen gesehen wird, verändert sich die Perspektive. Dann ist beispielsweise zu fragen: Wie kommen Forschungsziele in der Gentechnik zustande? Sind systemare Alternativen gesucht und gefördert worden?

4. Freiheit *oder* Grenzen

Die Auseinandersetzung über unabsehbare Risiken gentechnischer Forschung und ihrer Anwendung ist auch durch die Scheinalternative belastet, entweder behielten Wissenschaft und Forschung ihre Freiheit oder fremde Instanzen (Recht, Ethik, öffentliche Meinung) beschnitten die Freiheit und zögen sachfremde Grenzen. Aber Freiheit kann im geordneten Zusammenleben der Menschen niemals schrankenlos sein und findet ihre Grenze am Recht anderer Menschen sowie der Mitgeschöpfe der Menschen. Die Freiheit von Wissenschaft und Forschung kann zudem nicht bedeuten, daß sich Wissenschaftler und Forscher selbst keinen Rücksichten und Rechenschaftspflichten unterwerfen müßten. Freiheit bewährt sich in der Selbstbeschränkung: frei zu bleiben und unter Umständen aus wohlerwogenen Gründen auf ein Vorhaben auch zu verzichten. Die Freiheit von Wissenschaft und Forschung besteht gerade darin, - etwa von ökonomischem Druck und

von Zwängen der Konkurrenz oder des Ehrgeizes - so unabhängig zu sein, daß Begründungspflichten noch frei festgelegt und ausgeschöpft werden können.

5. Ja zur Gentechnik oder Nein zur Gentechnik

Es gibt bedenkenswerte und im einzelnen zu prüfende Gründe, bestimmte Schritte und Projekte bzw. ganze Entwicklungsrichtungen der Gentechnik zu unterstützen oder umgekehrt gerade zu verwerfen. Die Alternative zwischen einem unumschränkten Ja und einem unumschränkten Nein zur Gentechnik führt hingegen nicht weiter. Solche pauschalen Urteile erwecken den fälschlichen Eindruck, als ginge es bei der Gentechnik um die Entscheidung zwischen Heilsweg und Katastrophe. Aber bei der Beurteilung der Gentechnik handelt es sich nicht um die Wahl zwischen Weiß und Schwarz, sondern es kommt auf Abstufungen, Differenzierungen und Grenzziehungen an. Gentechnik ist nicht gleich Gentechnik. Statt einer generellen Festlegung, die wenig Aussagekraft besitzt, ist eine Stellungnahme erforderlich, die den Entscheidungsraum absteckt und zum Urteil für den Einzelfall befähigt. Dies schließt ein, konkret gegebenenfalls auch zu einem Ja oder Nein zu gelangen.

Die Neigung, der Gentechnik mit einem pauschalen Ja oder Nein zu begegnen, wird durch die auch in anderen Zusammenhängen begegnende falsche Alternative *Ambivalenz* oder *Eindeutigkeit* noch verstärkt. Dabei stehen sich das Beharren auf der Mehrdeutigkeit eines Sachverhalts und das Drängen auf eindeutige Aussagen gegenüber. Das Interesse an Eindeutigkeit des Urteils steht in der Gefahr, die Differenziertheit gentechnischer Vorhaben und Handlungsweisen zu vernachlässigen oder zu überspringen. Andererseits kann die Auffassung, Gentechnik sei ambivalent, nicht bei der Behauptung stehenbleiben, Nutzen und Gefahren seien letztlich nicht mit einem klaren Resultat gegeneinander abzuwägen. Vielmehr muß sie bestrebt sein, der ethischen, wissenschaftlichen und politischen Rechenschaftspflicht nachzukommen, die bekannten Nutzungsmöglichkeiten und Gefahren sorgfältig zu prüfen und darüber hinaus eine Forschung zu betreiben, die die Einsicht in Nutzen und Gefahren möglichst noch verbreitert und vertieft.

IV. Plädoyer für ein neues Verhältnis zur Natur

Für die Kontroverse um die Gentechnik hat die Frage des Verhältnisses von Mensch und Natur grundlegende Bedeutung. Die mit der Gentechnik verbundene Herausforderung erhält, wie wir sahen (s. oben S.000), ihre besondere Zuspitzung durch die ökologische Krise und die von ihr ausgelöste Sensibilisierung breiter Kreise der Bevölkerung: Was bedeutet der in der Gentechnik wirksame Umgang mit der Natur für die ökologische Krise? Ist er geeignet, ihr entgegenzusteuern, oder wird er sie eher noch verschärfen? Einige der falschen Alternativen, in denen sich die Diskussion der Gentechnik verfangen hat, betreffen gerade die Stellung der Menschen in der Natur und das Verhältnis, das sie sich zu ihr geben (s. oben S.000).

Ausgangspunkt aller weiterführenden Überlegungen ist die offen am Tage liegende Naturbedrohung und -zerstörung. Sie wirft einen Schatten auf das gegenwärtig weithin wie selbstverständlich praktizierte Herrschaftsverhältnis gegenüber der Natur und fordert auf, umzudenken und ein neues Verhältnis zur Natur zu gewinnen.

1. Geschichtliche Aspekte

a) *Der vorherrschende Gedanke der Unterwerfung der Natur und seine Krise*

Die Achtung vor der Verschiedenheit menschlicher Erfahrung und vor der Vielfalt der Kulturen läßt eine einlinige Darstellung der Geschichte des menschlichen Naturverhältnisses nicht zu. Nach weit verbreiteter Ansicht gilt die Geschichte der abendländischen Kultur als die Erfolgsgeschichte eines Schritt für Schritt erreichten Übergangs von der Auslieferung der Menschen an eine gewaltige und gewalttätige Natur zur wachsenden Beherrschung und Unterwerfung der Natur. Die menschliche Befähigung zu rationaler Erkenntnis und technischer Konstruktion hat diesen Fortschritt bewirkt. Die Natur verlor dabei zunehmend ihren Subjektcharakter und wurde zum bloßen Objekt, zum Rohstoff für technische Innovationen zum Zwecke menschlicher Bedürfnisbefriedigung. Doch Wissenschaft und Technik haben nicht nur die Mitwelt der Menschen tiefgreifend verändert, sondern auch wesentlich das Bild geprägt, das sich die Menschen von sich selbst machen. Das Fortschrittsideal der neuzeitlichen Industriekultur speist sich aus unterschiedlichen Quellen oder beruft sich ausdrücklich auf sie: vom biblischen Herrschaftsauftrag über das cartesianische Denken und den emanzipatorischen Ansatz der Aufklärung bis hin zu Überlegungen aus der biologischen Evolutionstheorie und dem utilitaristischen Vertrauen in Eigennutz und Markt.

Die inzwischen weltweiten Triumphe der technischen Zivilisation können freilich nicht verdecken, daß sich die Beherrschung und die Umformung der Natur vielerorts als Zerstörung erweisen. Nach einer Formulierung von Ernst Bloch steht die Technik in der Natur "wie eine Besatzungsarmee im Feindesland". Der zivilisatorische Fortschritt verschärft zudem an vielen Stellen der Erde die soziale Ungerechtigkeit und ebnet nicht nur Natur, sondern auch menschliche Kulturen ein. Darum wird zunehmend gefragt, ob solcher Natur- und Kulturzerstörung nicht ein entscheidender Fehler im vorherrschenden Natur- und Menschenbild zugrundeliegt.

b) Neubelebung gegenläufiger Elemente in der Gegenwart

Das Naturverhältnis ist in der Gegenwart in Bewegung geraten. Verschiedene Modelle stehen neben- und teilweise gegeneinander. Sie treffen sich in der Abkehr von dem zuletzt dominierenden und bis heute wirksamen Gedanken, die Natur als bloßes Objekt und verwertbare Ressource zu betrachten:

- Im Gegenzug zu einer alles durchdringenden technischen Kultur wird Natur in zunehmendem Maße als der Bereich angesehen, in den Menschen nicht eingegriffen haben (s. oben S.00). Gerade die Menschen hochindustrialisierter Regionen wollen in der Freizeit als Ausgleich die "freie", unberührte Natur erleben: im Wald, in den Bergen, am Meer.
- Die ökologische Beschreibung der Erde als eines vernetzten, verletzlichen Systems, in dem alles mit allem zusammenhängt, wird bekräftigt durch die Alltagserfahrung überraschender Fernwirkungen und Rückwirkungen des menschlichen Handelns.
- In der Aufnahme von Naturvorstellungen außereuropäischer Völker und nichtchristlicher Regionen wird die Natur als eine heilige Größe angesehen, der mit Scheu zu begegnen sei.
- Durch die Frauenbewegung wird daran erinnert, daß auch innerhalb der eigenen Kultur andere Traditionen des Naturbezugs vorhanden sind.
- Erkenntnisse der modernen Physik haben Veranlassung gegeben, die landläufige Einteilung der Welt in Subjekt und Objekt, Innenwelt und Außenwelt aufzuheben und den Gedanken der Einheit der Natur neu zu denken.
- In der Biologie werden neue Konzepte von der Natur als sich selbstorganisierendem System diskutiert.
- Anknüpfend an naturrechtliche Konzepte wird der normative Charakter des Natürlichen neu betont.

- Auch in der Theologie findet das Thema "Schöpfung und Natur" neue Beachtung. Dies zeigt sich schon in Bemühungen um eine "Theologie der Natur", d.h. die Ausarbeitung des Zusammenhangs von Gotteserkenntnis und Naturverständnis, und um eine Reflexion der Beziehung von Theologie und Naturwissenschaften. Hinzu kommen vor allem Entwürfe, die in der Schöpfungslehre vom Gedanken der Versöhnung der Welt und der Menschen mit Gott ausgehen.

c) Erinnerung an gegenläufige Elemente der christlichen Tradition

Der seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts bis heute weithin das Naturverhältnis beherrschende Gedanke der Unterwerfung der Natur ist auf "charakteristische Eigenarten der christlichen Lehre" (L. White) zurückgeführt und den "gnadenlosen Folgen des Christentums" (C. Amery) zugerechnet worden. Vor allem der biblische Herrschaftsauftrag an den Menschen (1.Mose 1,28) wurde dafür als Beleg angeführt. Der genuine Sinn dieses biblischen Gedankens und seine Wirkungsgeschichte können hier nicht dargelegt werden (vgl. aber unten S.00). Doch es soll daran erinnert werden, daß auch das neuzeitliche Christentum Gedanken enthält, die nicht einer Unterwerfung der Natur das Wort reden, sondern ganz anders ausgerichtet sind.

Noch bis weit in die Mitte des 19. Jahrhunderts hinein wurde im neuzeitlichen Christentum die Natur von den Menschen wahrgenommen in einer agrarisch-handwerklichen, von der Handarbeit geprägten Kultur. Natur war ihnen ihre lebendige Mitwelt, auf die sie angewiesen waren, die sie nutzten und der sie zugleich ausgesetzt waren. Sie war ihnen in ihrem Bestand vorgegeben und - in all ihrer Bedrohlichkeit - doch freundlich. Denn sie wurde als Gabe des Schöpfers angesehen, der ein Freund des Lebens ist und die Macht hat, das Bedrohliche in Schranken zu halten. So war diese Naturauffassung immer auch von Staunen, Dank und Bewunderung geprägt: Bewunderung darüber und Dank dafür, daß sie überhaupt der Arbeit der Menschen an ihr und seinem Bedarf, also ihrem "Nutzen", zugänglich und aufgeschlossen ist; Staunen und Hochachtung angesichts dessen, daß sie in ihrer unermeßlichen Größe und Vielfalt dennoch in sich geordnet und zusammenstimmend ist; und Dank vor allem, daß sie in ihrer undurchdringlich bedrohlichen Urgewalt den menschlichen Lebensraum, die Kultur nicht zerstört. Zu diesem Lebensraum der Kultur gehörten selbstverständlich immer auch Nutzpflanzen und Nutztiere. Diese zu schonen lag gerade im menschlichen "Nutzen".

Dafür einige Belege aus der evangelisch geprägten Kultur. Noch im gegenwärtig gebräuchlichen Gesangbuch finden sich Zeugnisse der skizzierten Naturauffassung, so für die von der bewunderungswürdigen Aufgeschlossenheit der Natur:

"Wir pflügen und wir streuen den Samen auf das Land;
doch Wachstum und Gedeihen steht in des Himmels Hand";
"es geht durch unsre Hände, kommt aber her von Gott."
(M.Claudius)

Oder für die Auffassung von dem erstaunlichen Zusammenstimmen, von der Geordnetheit der unermeßlichen Natur:

Und für die Auffassung von der Dank weckenden Bewahrung vor zerstörerischer Naturgewalt:
"Daß Feuersflammen uns nicht allzusammen
mit unsren Häusern unversehns gefressen,
das macht's, daß wir in deinem Schoß gesessen.
Lobet den Herren!"
(P. Gerhardt: EKG 347, V.4)

"Herr, gib durch deinen Segen den lieben Sonnenschein,

dazu den sanften Regen, die du uns schaffst allein.
 Die Frucht im Feld vermehre, behüt vor Reif und Schloß'
 und allem Unfall wehre; dein Güt und Macht ist groß."
 (M. Behm: EKG 377, V.2)

Auf dem Boden eines solchen Schöpfungsglaubens kommen Schönheit und Zweckmäßigkeit zusammen. Die beiden Zwecke, die nach der traditionellen Theologie die Natur und ihre Abläufe bestimmen, nämlich Gott zur Ehre und den Menschen zum Nutzen und Gebrauch zu sein, stehen keineswegs im Widerspruch. Denn in Dank und Bewunderung beziehen die Menschen selbst das ihnen Nützliche und ihren Gebrauch des Nützlichen ein in die Ehre Gottes. Sie geben Gott die Ehre und danken ihm dafür, daß sie einen Teil der Schöpfung zu ihrem Nutzen gebrauchen können. Darin, daß die Menschen - im Unterschied zu den Tieren - bewußt Gott die Ehre zu geben vermögen, sind sie "Krone" der Schöpfung. Vermessen wäre es, die Menschen würden angesichts der Großartigkeit der Natur *dies* übersehen und sich in einem anderen Sinne als "Krone" der Schöpfung verstehen, gar als Alleinherrscher. Als Teil der Schöpfung sind Menschen ein Teil der Natur und tragen sie in sich.

Mit einiger historischer Vorstellungskraft dürfte deutlich geworden sein: Auf den Gedanken (oder Ungedanken), "die Natur", etwa die gesamte Pflanzenwelt, "auszubeuten", also ihr das ihr Eigene zu nehmen, sie einzig und allein zu verwerten und zu verbrauchen, kam in dieser traditionellen Naturauffassung niemand. Dieser Gedanke (oder Ungedanke) wäre ja auch völlig abwegig gewesen. Nie wurde in ihr der Schöpfungsauftrag des Menschen, sich die Natur untertan zu machen, so begriffen, als hieße das, die Natur zum bloßen "Objekt", zum bloßen verwertbaren "Material" zu machen.

In einem jahrhundertelangen, mehrschichtigen Prozeß der Industrialisierung und der damit einhergehenden Technisierung der Lebenswelt veränderte sich die Lebensauffassung. Dadurch wurde - jedenfalls im industrialisierten Norden der Welt - ein enormer Fortschritt in der Beseitigung von Hunger und Armut erreicht. Die traditionale Naturabhängigkeit (z.B. von Wind und Wetter, nicht zuletzt für die Ernte und also für die Lebensmittelversorgung) trat zurück. Der neuzeitliche technische Umgang mit der Natur kennt allein das "Machen", das "Herstellen", das Produzieren. Was Gottes Schöpfersein für eine solche Lebenswelt bedeutet, fällt der Theologie heute zu sagen schwer. Dies hängt gewiß auch damit zusammen, daß sie sich angesichts der Durchsetzung des naturwissenschaftlichen und technischen Umgangs mit der Natur vom Thema "Schöpfung und Natur" mehr und mehr zurückgezogen hatte.

2. Systematische Aspekte

Von verschiedenen Ausgangspunkten her hat ein Umdenken im Blick auf das Verhältnis zur Natur eingesetzt (s. oben S.00). Der folgende Versuch, ein neues Verhältnis zur Natur zu skizzieren, geht von einem bestimmten theologischen Ansatz aus und steht exemplarisch für weitere, auch anders angelegte Bemühungen um das Thema "Schöpfung und Natur".

Die hier entfalteten Überlegungen haben ihre Spitze in der Einsicht: Gott will die Fülle des Lebens; er will, daß nicht nur der Mensch sei; darum darf der Mensch die Natur nicht auf ein menschliches Maß reduzieren und ihr in ihren verschiedenen Lebensformen nicht jeden eigenen Sinn und Wert nehmen. Sie zielen dementsprechend auf ein Verhältnis der Koexistenz, ein freies und teilnehmendes Zusammenleben mit der Natur.

a) Die Welt gut sein lassen

Es fällt nicht leicht, die Welt in einem grundsätzlichen Sinne als von Gott geschaffen zu verstehen. Einen Weg, es zu "erlernen", zeigt die folgende Überlegung: In einer elementaren, grundlegenden Hinsicht findet sich jeder Mensch, wenn er seiner selbst bewußt wird, im Leben und in der Welt immer schon vor. Er ist Kind seiner nicht selbst gewählten Eltern, geboren an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit und darum aufgewachsen mit dieser oder jener Muttersprache. Es findet sich jeder Mensch in einem Land und in einer geschichtlich geprägten Lebenswelt vor, zusammen mit anderen Menschen, mit denen er so oder so sein Leben und seine Zeit teilt - aber auch zusammen mit anderem, nichtmenschlichem Leben in der Weite der Natur, ja des Universums.

Diese elementare, ursprüngliche Zuordnung, in der sich jeder als schon gegeben vorfindet, betrifft die ganze Existenz jedes Menschen in all ihren Vollzügen. Denn in jedem Augenblick, in dem ein Mensch handelt, ist er schon da, ist ihm seine Lebenswelt und ist er sich selbst schon gegeben. Äußerlich gesehen ist es ganz zufällig so, wie es nun einmal ist. Wenn jedoch ein Mensch sich selbst und seine Lebenswelt bejahen kann, dann kann er gerade auch dieses Gegebensein seiner selbst und seiner Welt als grundsätzlich von Gott geschaffen und gewollt verstehen. Mit der eigenen Lebensbejahung hat er auch seine Stellung im Gegenüber zu anderen Menschen und zu anderem, nichtmenschlichem Leben auf der gemeinsamen Erde bejaht. Gott ist geglaubt als Ursprung aller Geschöpfe. Doch so wenig die anderen Menschen als mein gegebenes Gegenüber eine anonyme Masse sind, so wenig ist die nichtmenschliche Natur in dieser ursprünglichen Zuordnung nur "Objekt" und "das andere". Vielmehr ist sie mir so eine Fülle des verschiedenartig Lebendigen und immer eine unausgekannte Weite, die meine Neugier weckt.

Sich und das Menschsein überhaupt in seiner Geschöpflichkeit zu verstehen meint also: überzeugt sein, daß jene fundamentale Zuordnung von Gott so gewollt ist, einen guten Sinn hat und dem Menschen zugute ist. Es geht darum, die Welt gut sein zu lassen, sie in einer vorrangigen Hinsicht als sinnvoll in sich und als sinnvoll für den Menschen zu akzeptieren. So ist die Welt für den Menschen nicht abstoßend fremd, nicht unverständlich verschlossen und feindlich.

Theologen der Anfangszeit christlicher Lehre, aber auch Martin Luther und andere haben gelehrt: Jedes Körnlein, alles in sich Lebendige und Belebte, ist nicht nur das, was an ihm greifbar, meßbar, räumlich erfaßbar ist. Sondern in allem Lebendigen ist etwas Nicht-Greifbares, Nicht-Dingliches: im Samenkorn die eigene Potentialität zur Frucht, im belebten Leib die empfindende Seele. Doch auch von der anorganischen Natur ist zu sagen: In *allem* Gegebenen, nicht nur im Lebendigen, ist auch Nichtmaterielles. Alle Dinge, ein Stein, das Wasser, haben je ihre Gestalt, ihre Form und innere Konsistenz. Also hat alles in der Natur je *seinen* Sinn - ist an sich selbst sinnvoll. Eben dies lehrt die christliche Vorstellung, daß Jesus Christus der Logos (das Wort, die Vernunft) selbst ist, daß er der Logos Gottes ist und daß in ihm und durch ihn alles geschaffen ist (Joh 1,1-3). Christus ist der *eine* Sinn in allem, was sinnvoll ist. Jeder Sinn, der *in* etwas Sinnvollem ist, stellt gleichsam ein versprengtes und doch mit anderem zusammenstimmendes Moment des *einen* Sinnes dar, der Christus selbst ist. Was mir aber als sinnvoll einsichtig ist, das achte ich.

b) Die zwiespältige Grundgegebenheit der Welt

Jeder Mensch, der zu sich selbst erwacht ist, findet sich vor in einem Zwiespalt mit sich selbst. Er erfährt immer auch, daß er nicht ist, wie er selbst sein will und - wie er weiß - auch sein soll. Er erfährt, daß etwas Verfehltes in seinem Leben, etwas Störendes und möglicherweise Zerstörendes in ihm ist. Jeder ahnt zumindest, daß er sein Leben führen muß im Kampf gegen solche Kräfte in ihm. Eine gleichartige Zwiespältigkeit findet jeder auch in der Welt um ihn herum. Es liegt etwas Verkehrtes in allem Endlichen, Gegebenen. Schöpferische Lebensmacht *und* Zerstörungskräfte sind in der Natur, in unserer geschichtlichen Lebenswelt und in uns selbst wirksam. Das ist die durch keine Erklärung aufzuhellende zwiespältige Grundgegebenheit der Welt.

Diesem unerklärlichen Faktum liegt das dunkle Rätsel des Bösen zugrunde: daß in dieser zwiespältigen Welt Zerstörerisches - etwa Krankheitserreger - ist, obgleich es doch nicht sein sollte. Das ist die Not allen Lebens, und in diese Not sind wir alle verstrickt. Die Natur, alles Leben ist nicht nur von Zerstörung und Katastrophe bedroht: Sie ist immer und in all ihren Elementen selbst für das Zerstörerische anfällig. Deshalb erscheinen uns die Welt und die Natur immer auch (!) als fremd und unverständlich verschlossen.

Doch wenn Gott diese zwiespältige Welt und uns in ihr gewollt hat und tagtäglich will, dann kennt er auch das Zerstörerische in ihr und in uns. Doch er kennt es so, wie es einzig vor seiner schöpferischen Lebensmacht sein kann: als etwas, das nicht nur nicht sein soll, sondern das keinen endgültigen Bestand hat. Eben dazu hat auch der Mensch beizutragen (s. unten S.00). Das nun glaubt der Glaubende auch für die Welt und für sich: daß das Zerstörerische überwunden wird.

Was mit diesem Glauben als Bejahung des Lebens durch das Zerstörerische hindurch gemeint ist, kann am Phänomen des Leidens von Menschen deutlich werden. Zu allem Leben gehört auch das Leiden. Es beeinträchtigt das Leben, kränkt und behindert es, kann es sogar verderben. Darum ist das Leiden, so weit menschliches Können es vermag, zu bekämpfen, zu lindern und zu beseitigen: Es soll nicht sein. Doch auf keine Weise lassen sich die Welt und das Leben der Menschen von Leiden und allem Unheilvollen vollständig befreien. Die Vorstellung von einer Perfektionierung der Welt oder des menschlichen Lebens bleibt ein Wahn. Betroffene Menschen müssen das Leiden verkraften. Werden sie die Kraft haben, ihren Schmerz zuzulassen und auszuhalten in der Gewißheit, daß noch aus der Beschädigung Gutes, bejahbares Leben entstehen kann? Und werden sie so zur Bejahung ihres ganzen Lebens finden? Der Glaube an den Gott, der das Leiden kennt und es auferstehend durchstanden hat, enthält diese Gewißheit. Wer daran glaubt, findet etwas von solcher Bejahung, die das Zerstörerische und selbst den Tod nicht ausläßt, in der Natur wieder: in ihrer Übermacht des Lebens.

c) Die Übermacht des Lebens

Die Natur überwindet in ihrer Weise selbst ihre Widersprüchlichkeit. In der Natur ist alles - auch der Mensch als Naturwesen - von anderem abhängig. Nichts ist da ohne das andere. Gewiß ist das keine Harmonie, aber ein Zusammenstimmen des Unterschiedlichen, eine Verträglichkeit einfacher und komplizierter Lebewesen. Und dies in einer permanenten Erneuerung und Fortentwicklung durch den Tod der einzelnen Exemplare, durch Fressen und Gefressenwerden hindurch. So gerade ist alles aufeinander angewiesen; denn was wären die "Fangtiere" ohne die "Beutetiere", und was wären die ersteren, ließen sie nicht auch einige Beutetiere leben? Natürliches Leben ist immer um den Preis des Todes; insofern ist es brutal. Nichts in der Natur ist harmlos, ist "heil". Sie ist voll "Leiden". Die Bibel spricht im Horizont der Erlösung vom Seufzen und Stöhnen der Kreatur (Röm 8). Immer geht das eine auch durch das andere zugrunde. Alles Entstehen schließt ein Vergehen, ein Absterben und Verenden ein. Und doch ist das kein bloßes Auf und Ab. Vielmehr ist gerade so Leben, in sich lebendiges und sich entwickelndes Leben, Miteinander-Leben. Zwar ist es nur eine erkämpfte und umkämpfte Verträglichkeit und als solche weit entfernt von einer wirklichen, den anderen als diesen wollende Gemeinsamkeit. Aber es ist doch ein Auskommen in "ökologischen Gleichgewichten", die sich ständig verändern und entwickeln, also lebendig sind.

Daß nicht nur Zufälligkeit und freie spielerische Vielfältigkeit, sondern auch Vergehen und Tod Bedingungen natürlichen Lebens sind, gehört zum Gesetz der Lebendigkeit des Lebens. Durch all dies hindurch und in all diesem ist Leben der Natur *in sich* kreativ, in sich lebendig und entwicklungsfähig. Um der Lebendigkeit des Lebens willen sind auch Tod und Sterben, Selbstzerstörung und genetische Defekte *notwendig*: Es wäre sonst kein evolutionäres, kein kreatives, d.h. *neues* Leben schaffendes Leben.

Kreativität ist hier verstanden als die Fähigkeit, Neues, also aus dem Vorhandenen nicht Ableitbares, hervorzubringen. Sie impliziert folglich Zufälligkeit, Unvorhersehbarkeit. Man kann geradezu sagen: Kreativität ist in der Natur das Prinzip der Zufälligkeit. Die Notwendigkeit, die im Gesetz der Lebendigkeit des Lebens enthalten ist, ist eine durch die Zufälligkeit hindurch. Denn für die Evolution des Lebens ist gerade das Zufällige - insbesondere der Mutation - notwendig.

Das Gesetz der Lebendigkeit des Lebens ist folglich kein Naturgesetz im naturwissenschaftlichen Sinn, keine Gesetzmäßigkeit, die sich mathematisch erfassen ließe. Es ist das Gesetz der in der Natur verborgenen Vernünftigkeit der Natur; es drückt ihre nur von uns erkennbare Sinnhaftigkeit aus. Nur wir als bewußte Wesen sehen diese Vernünftigkeit der Natur ein. In der Lebendigkeit der Natur, die mit einer ungebändigten Gewalt und einer verschlingenden Fülle einhergeht, läßt sich keine bewußt planende, von außen einwirkende Schöpfermacht erkennen. Aber um der Übermacht des Lebens willen läßt sich ein einsehbarer, vernünftiger und bejahbarer Sinn erkennen, der alles natürliche Leben regiert. In den unendlich vielfältigen und immer sich verändernden und sich entwickelnden Formen des Lebens liegt ganz absichtslos und unverzweckt eine immense Weisheit und auch eine große Stimmigkeit. Bereits gegenüber der unausdenkbar vielfältig "vernetzten" Koexistenz und Gegenseitigkeit eines Ökosystems nimmt sich bekanntlich jeder nur vorstellbare Computer stümperhaft aus.

Es geht beim Gesetz der Lebendigkeit des Lebens nicht um einen endlichen Sachverhalt neben anderen, sondern um die alles bestimmende kreative, vernünftige, geistige Macht in allem Leben der Natur. So drückt es aus, *wie Gott* als Geist und Sinn von allem in der Natur *wirkt und darin sich zeigt*. Freilich, Gott ist in der Natur das Kreative unter der Bedingung der den Tod einschließenden Notwendigkeit. Manifestiert er sich in der Natur, so manifestiert er sich im Bereich des Unfreien, Unbewußten. Und er ist darum in der Natur, als das Gesetz des natürlichen Lebens, verborgen und wird nur von uns in ihr erkannt. Aber weil das Leben lebendig ist - so wie wir auch selbst lebendig sind - und weil darum aus vorhandenem Leben noch unerwartet neues Leben werden kann, deshalb können wir das Leben der Natur bejahen und der Fülle allen Lebens froh werden.

V. Zum Umgang mit der Gentechnik: Perspektiven für Wahrnehmung, Urteil und Handeln

Ein verantwortlicher Umgang mit der Gentechnik hat ein neues Naturverhältnis zur Voraussetzung. Es besteht, wie wir gesehen haben (s. oben S.000), im Kern darin, zu einem Einverständnis mit der Natur und damit zu einem bewahrenden Umgang mit ihr zu gelangen. Was bedeutet das konkret im Blick auf die Gentechnik?

Die im folgenden aufgezeigten Perspektiven sollen Wahrnehmung, Urteil und Handeln leiten. Sie nehmen die konkreten Ergebnisse im Umgang mit der Gentechnik nicht vorweg, sondern nötigen zu einer sorgfältigen Analyse des jeweiligen Sachverhalts. Sie benennen die Hinsichten, unter denen die einzelnen Aspekte und Probleme der Gentechnik zu prüfen sind und gegenüber denen sich somit ein verantwortbares Handeln ausweisen muß. Insofern haben sie auch den Charakter von Grenzmarkierungen: Das menschliche Handeln, gerade auch in der Gentechnik, bedarf einer klaren Begrenzung. Zunächst sind dies schon die Grenzen der wissenschaftlichen Erkenntnis und des technischen Könnens. Aber sie decken sich nicht mit den Grenzen dessen, was ethisch begründbar ist. Nicht selten können Menschen in dem Bereich, in dem sie handeln, nicht genug. Vor allem jedoch können sie technisch oft mehr, als sie verantworten können. Aber die Menschen dürfen nicht alles tun, was sie tun können. So setzt das Einverständnis mit der Natur dem menschlichen Handeln auch in der Gentechnik Grenzen.

Unter Ethikern herrscht weitgehend Einverständnis darüber, daß die geforderte Ethik für die technologische Zivilisation (s. oben S.00) nicht allein eine Gesinnungsethik, sondern gerade auch eine Verantwortungsethik sein muß. Das heißt, daß für die Beurteilung von Handlungen nicht so sehr die (mehr oder weniger) gutgemeinten Absichten des oder der Handelnden als vielmehr die (mehr oder weniger) guten Folgen der Handlungen ausschlaggebend sind. Außerdem gibt es Übereinstimmung insofern, als den bekannten obersten ethischen Prinzipien (Verallgemeinerbarkeit, Gleichheit, Gerechtigkeit) nicht mehr die ausschlaggebende Bedeutung beigemessen wird, so daß allein aus ihnen das moralisch richtige Handeln abgeleitet werden könnte. Zwar ist es weiterhin notwendig, in jedem einzelnen Fall die Vereinbarkeit der Handlungen und ihrer Folgen mit diesen Prinzipien zu überprüfen. Im übrigen aber kommt es darauf an, sich ein eigenes Urteil aufgrund konkreter Perspektiven zu bilden. Für solche Perspektiven werden im folgenden einige Vorschläge gemacht und auf drei verschiedenen Konkretisierungsebenen dargestellt:

1. allgemeine ethische Perspektiven,
2. allgemeine Perspektiven für das menschliche Handeln gegenüber der Natur und
3. besondere Perspektiven für die Gentechnik.

Die drei Ebenen sind einander in einem hierarchischen Verhältnis zugeordnet. In den allgemeinen Perspektiven kann an Einsichten angeknüpft werden, die bewährt und bereits anderswo erprobt sind. Die Gentechnik ist nicht der Punkt, an dem wir erst auf diese Fragen stoßen. Die allgemeinen Perspektiven zeigen dabei notwendige, nicht aber hinreichende Bedingungen für Wahrnehmung, Urteil und Handeln.

1. Allgemeine ethische Perspektiven

a) Abschätzung der Folgen

Es wäre unverantwortlich, wider besseres Wissen zu handeln. Möglichst alle Erkenntnisse müssen eingesetzt werden, um die Folgen angemessen abzuschätzen. Die Angemessenheit bestimmt sich zunächst danach, was sich aus dem Stand des Wissens ergibt. Freilich reicht häufig das verfügbare Wissen nicht aus, so daß neues Wissen zusammengetragen und erworben werden muß. "Neues" Wissen kommt aber nicht nur durch quantitative Vermehrung zustande, sondern es ist damit zu rechnen, daß Erkenntnisse gebraucht werden, die auf veränderten, qualitativ neuen Voraussetzungen beruhen. Zum angemessenen Überblicken der Folgen gehört es auch, die Erforschung von Alternativen mindestens gleicher Reichweite zu bedenken und gegebenenfalls zu fördern (s. unten S.00). Es reicht nicht aus, lediglich Akzeptanz oder Verzicht als Handlungsmöglichkeit in den Blick zu nehmen.

Streng genommen lassen sich die (beabsichtigten und noch mehr die unbeabsichtigten) Folgen nicht vollständig überblicken. Dennoch muß gehandelt werden. Das menschliche Handeln an die Bedingung zu knüpfen, erst müßten alle Folgen überblickt werden, hieße, alles Handeln zu blockieren. Der Mangel an umfassender Übersicht über die Folgen gehört zu den Bedingungen menschlichen Lebens und Erkennens und macht eine sorgfältige ethische Abwägung erforderlich. Dies führt zum Problem des Umgangs mit Risiken.

b) Bewertung der Risiken

Erprobung neuer Möglichkeiten und damit wissenschaftliche und technische Innovation sind auf das Eingehen von Risiken angewiesen. Darum kann es kein vernünftiges Ziel sein, Risiken auf jeden Fall zu vermeiden. Aber das Eingehen von Risiken, zumal von besonders hohen Risiken, schafft eine ausdrückliche Begründungspflicht: Die Unsicherheit ist gegen die Notwendigkeit oder den Vorteil, so

zu handeln, abzuwägen. Dazu bedarf es möglichst genauer Kenntnisse über die Art des Risikos, speziell über die Höhe des möglichen Schadens und seine Eintrittswahrscheinlichkeit. Eine solche Risikoabwägung bezieht sich auf konkrete, einzelne Schritte. Sie kann, wie dies für die Gentechnik in der "Zentralen Kommission für Biologische Sicherheit" (ZKBS) geschehen ist, institutionalisiert werden. Solche Institutionen und Gremien müssen sich jedoch immer wieder die Prüfung gefallen lassen, ob sie in Zusammensetzung und Arbeitsweise den zu bearbeitenden Fragen gerecht werden. Neben der Risikoabwägung im Einzelfall muß eine regelrechte Risikoforschung installiert und gefördert werden.

Eine grundsätzliche Maxime könnte lauten: Es darf nichts ohne Not riskiert werden. Dies schließt nicht ein, daß mit Not alles riskiert werden dürfte. Im übrigen wird die "Notwendigkeit" von sehr unterschiedlichen Zwängen - bis hin zum Konkurrenzdruck - bestimmt. Es ist unerläßlich, die Begründungen und Legitimationen von "Notwendigkeit" genau zu befragen.

Risiken haben eine objektive *und* eine subjektive Dimension. Denn die Einschätzung eines Risikos richtet sich nicht nur nach den wissenschaftlich belegbaren Fakten, sondern wird auch davon beeinflusst, wie wir es persönlich wahrnehmen.

Dabei spielt es beispielsweise eine Rolle, wie gut wir uns informiert fühlen und ob wir den Experten, die uns die Information vermitteln, vertrauen. Die gesellschaftliche Akzeptanz eines Risikos hängt wesentlich von diesen Faktoren ab. Die subjektive Risikodimension ist aber auch von erheblichem Gewicht im Blick auf das Verhalten der Wissenschaftler: Die Risikowahrnehmung hat Auswirkungen darauf, welche Experimente und Anwendungen vorgenommen bzw. unterlassen und welche Anforderungen dabei gestellt werden. Wissenschaftler können aufgrund ihres Erkenntnisinteresses und einer relativen Toleranz gegenüber überraschenden Ergebnissen dazu tendieren, Unsicherheiten und die damit verbundenen Risiken eher als gering und als beherrschbar einzuschätzen. Würde ständig mit Risiken gerechnet, so würde dies die Arbeit wegen der einzuhaltenden Sicherheitsmaßnahmen erschweren. Ein Irrtum in der Einschätzung des Risikopotentials kann sich unter diesen Umständen schwer für sie selbst und möglicherweise für die Umwelt auswirken. Laien neigen in stärkerem Maße dazu, in den Unsicherheiten des Forschungsprozesses Risiken wahrzunehmen. Irren sie sich, so bedeutet dies lediglich, daß die befürchteten Risiken nicht vorhanden sind. Ihr Irrtum hat weniger schlimme Konsequenzen, als wenn davon ausgegangen würde, es gäbe keine oder vernachlässigbare Risiken.

Menschen sind in ihrem Leben ständig mit den unterschiedlichsten Risiken konfrontiert. Dazu gehören Risiken natürlichen Ursprungs wie die Gefährdung durch Steinschlag oder Infektionen und zivilisatorische Risiken wie das Autofahren oder das Rauchen. Im Rahmen der Technikbewertung wird darüber diskutiert, *ob und auf welche Weise Risiken miteinander verglichen werden können*. Verschiedentlich wird die Akzeptierbarkeit technischer und zivilisatorischer Risiken mit dem Vorhandensein und der Unausweichlichkeit natürlicher Risiken begündet. Doch liegen naturbedingte Katastrophen außerhalb menschlichen Einflusses, während bewußtes Handeln und die dadurch hervorgerufenen Risiken in der Verantwortung der Handelnden stehen. Auch beim Vergleich der Risiken moderner Großtechniken wie der Kerntechnik oder der Gentechnik mit denen anderer Techniken ist Vorsicht geboten. Dies gilt besonders dann, wenn es sich einerseits um mehr oder weniger freiwillig eingegangene Risiken und andererseits um kollektive bzw. unfreiwillige Risiken handelt. Erstere wie etwa das Unfallrisiko betreffen mit ihren Schadensfolgen nur einzelne oder vergleichsweise wenige Menschen, und vor ihnen erscheint ein individueller Schutz noch möglich. Letztere wie etwa die Freisetzung von Radioaktivität oder neuen Krankheitserregern betreffen große Bevölkerungsgruppen und die Umwelt, und vor ihnen kann sich ein Individuum kaum schützen. Beim Vergleich unterschiedlicher Risiken kommt es also darauf an, gemeinsame Vergleichsmaßstäbe zu gewinnen. Dazu ist es erforderlich, Verfahren zu etablieren, in denen Wissenschaftler und Laien ihre Positionen darlegen und eine Verständigung darüber herbeiführen, welches Risiko gemeinsam akzeptiert werden kann.

Insgesamt führen Risikoabwägung und Risikoforschung zu größerer Klarheit über die Kosten, mit denen bei einem bestimmten Handeln und den damit verbundenen Risiken zu rechnen ist. Dies kann

zu der Einsicht in ein grundlegendes Problem führen: Unter Umständen erkennen wir nämlich, daß wir uns die entstandenen Kosten gar nicht leisten können. Je strenger Risikoabwägung und Risikoforschung angesetzt werden, desto unausweichlicher wird die Einsicht. Aber sie ist notwendig.

c) Abwägung von Kosten und Nutzen

Schon bei der Risikobewertung stellt sich die Aufgabe, die Unsicherheit und den Vorteil gegeneinander abzuwägen. Sie ist Teil einer umfassenderen Nutzwertanalyse. Dabei sind die Kosten und der Nutzen keineswegs nur ökonomisch zu verstehen: Zu den Kosten gehören auch die Risiken, der Nutzen kann auch in einem Erkenntnisgewinn bestehen. Die Begründung von Forschung und technischer Anwendung lebt vom Nachweis eines Nutzens. Der Nachweis eines Nutzens ist jedoch ohne eine möglichst weitgehende Kostenrechnung nicht sinnvoll. Von größter Bedeutung ist es in diesem Zusammenhang, zu klären, was als Kosten zählt und wie der Nutzen bestimmt wird: Nach welchen Maßstäben werden Kosten und Nutzen bemessen? Auf wessen Kosten geht ein bestimmtes Handeln? Wem nutzt es? Wessen Kosten und Nutzen sind ausschlaggebend?

Wo Kosten und Nutzen ökonomisch berechnet werden, entsteht das Problem, einen angemessenen Maßstab zu finden. Der Bezug auf den Zeitraum der Kapitalverwertung allein reicht nicht aus. Auch ökologische Kosten sind einzubeziehen. Aber die Internalisierung ökologischer Kosten stellt noch vor erhebliche Schwierigkeiten. Auf jeden Fall ist die ökonomische Begründungspflicht ethisch relevant; sie darf nur nicht auf die ökonomischen Interessen der einzelnen Wirtschaftssubjekte begrenzt bleiben, sondern muß Kosten und Nutzen aller in einem bestimmten Zeitraum in den Blick fassen.

d) Einbeziehung von Alternativen

Meistens führen verschiedene Wege zum Ziel. Im Falle von Entscheidungen, die ein besonderes Gewicht haben oder mit besonderen Risiken verbunden sind, ist es geboten, die Alternativen sorgfältig zu erwägen und gegebenenfalls zu erproben und zu fördern. Hierzu gehört schon die Überlegung, ob die eingesetzten oder einzusetzenden Mittel verhältnismäßig sind und ob nicht auf einem anderen - mit Einsatz von weniger Mitteln verbundenen oder risikoärmeren - Weg dasselbe Ziel erreicht werden kann. Vor allem aber geht es im Zusammenhang technologie- und industriepolitischer Richtungsentscheidungen um die Erwägung von weitreichenden, systemaren Alternativen.

Das Verständnis für die Bedeutung der Frage nach systemaren Alternativen ist durch den am 27. Juni 1980 dem Deutschen Bundestag vorgelegten Bericht der Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik" nachhaltig gefördert worden. Diese Kommission hat auf der Grundlage einer gemeinsamen Zieldefinition verschiedene "Pfade" zu diesem Ziel erarbeitet, deren jeweilige Chancen und Risiken aufgewiesen und damit die Voraussetzungen für einen rationalen politischen Entscheidungsprozeß geschaffen. Zur Beurteilung wurden vier Verträglichkeitskriterien eingeführt:

- Umweltverträglichkeit,
- Sozialverträglichkeit,
- internationale Verträglichkeit,
- Wirtschaftlichkeit.

e) Gerechtigkeit

Gerechtigkeit wird (s. schon oben S.00) neben Verallgemeinerbarkeit und Gleichheit (im Sinne von Gleichbehandlung) zu den grundlegenden Prinzipien ethischer Aussagebildung gezählt. Auch die hier

entfalteten Perspektiven für Wahrnehmung, Urteil und Handeln bedienen sich dieser Prinzipien. In der jüdisch-christlichen Welt ist Gerechtigkeit ein besonders traditionsreicher Begriff. Er wird darum hier gesondert betrachtet.

So wenig wie in früheren Zeiten steht freilich heute ein fertiger Kriterienkatalog zur Verfügung, um die Suche nach dem, was gerecht ist, abschließend zu befriedigen. Darum wird mit gutem Grund auch gefordert, daß in konkreten Fragen der Gerechtigkeit alle, die es angeht, an Entscheidungen beteiligt sein sollen. Aber auch, wenn diejenigen, die es zunächst angeht, in der Suche nach gerechten Entscheidungen zusammenwirken, ist damit noch nicht gesagt, daß das, was sie entscheiden, allen und allem gerecht wird. Was an der einen Stelle als gerecht erscheint, kann an anderer Stelle als höchst ungerecht empfunden werden.

Es dient der Verständigung über Gerechtigkeit, wenn sie als "Verträglichkeit" ausgelegt und anschaulich gemacht wird. Gerechtigkeit als Verträglichkeit bedeutet beispielsweise, daß ein Handeln nicht schon dadurch gerechtfertigt ist, daß es ein einzelnes bestimmtes Ziel ansteuert. Vielmehr ist zu fragen, wie sich ein bestimmtes, in sich durchaus berechtigtes Handeln mit dem Handeln und dem Leben in anderen Kontexten verträgt, damit zusammenhängt und vereinbar ist. Ein Handeln, das gerecht genannt werden soll, muß immer das Leben anderer und das Zusammenleben mit ihnen wollen. So wird das Bewußtsein dafür geschärft, daß alles Handeln seine Folgen für andere Lebensbereiche berücksichtigen muß. Gerechtigkeit durch Verträglichkeit auszulegen enthält somit den Imperativ der Suche nach Einverständnis und entspricht darin der Forderung nach demokratischen Verfahrensregelungen.

Was aus der Forderung nach Verträglichkeit für die Mitgeschöpfe des Menschen folgt, wird an späterer Stelle gesondert erörtert (s. unten S.000). Von wachsender Bedeutung ist aber heute - neben der Gerechtigkeit im Verhältnis der heutigen Generation zu den nachfolgenden Generationen - auch die Berücksichtigung der Folgen technischer und wirtschaftlicher Entwicklungen für den Bereich der *Dritten Welt*. Was für die hochentwickelten Gesellschaften im Norden der Welt vorteilhaft ist, muß nicht auch in seinen Auswirkungen auf die weniger entwickelten, armen Länder im Süden der Welt oder beim Gebrauch in ihnen verträglich sein. Das Gebot der Gerechtigkeit verlangt es vielmehr, solche technischen und wirtschaftlichen Projekte und Entwicklungsrichtungen bevorzugt zu fördern, die auf die Verhältnisse der Dritten Welt zugeschnitten und für sie in besonderem Maße geeignet sind.

2. Allgemeine Perspektiven für das menschliche Handeln gegenüber der Natur

a) Respekt vor dem Gegebenen

Die Natur ist von den Menschen nicht geschaffen - auch dort nicht, wo sie sie tiefgreifend verändert haben oder technisch reproduzieren können. Sie ist ihnen gegeben. Sie begegnet ihnen in der ihr eigenen Lebendigkeit und Stimmigkeit und nötigt ihnen in ihrer sinnhaften Fülle Bewunderung und Dank ab (s. oben S.000). Je genauer die Erscheinungen des Lebens erkannt werden, desto mehr bieten sie Anlaß zu dankbarem Staunen. Auch die fortschreitende wissenschaftliche Aufdeckung und Erhellung hat nicht notwendig den Effekt, das Wunder zu entzaubern, sie kann eher dazu beitragen, das Staunen über die Weisheit des Naturzusammenhangs zu vergrößern. Es kommt aber darauf an, die entsprechenden Wissensgebiete etwa im Biologieunterricht oder im Studium (Morphologie, Evolutionsgeschichte, Wissenschaftsgeschichte u.a.) nicht zugunsten der anwendungsorientierten Technik zu vernachlässigen. Das Staunen angesichts der Erscheinung des Lebens darf kein flüchtiges Gefühl bleiben; es muß *gelernt* werden und als bleibende Einstellung zur Welt Handeln und Verhalten bestimmen. Dies schließt ein, daß nach dem Gegebenen immer neu zu fragen ist. Wer mit der Lebendigkeit der Natur rechnet, achtet das Gegebene auch als das, was er noch nicht erfaßt hat.

Menschen, die die Natur in der Haltung dankbaren Staunens wahrnehmen, werden ihr auch mit mehr Achtung und Scheu begegnen. Denn aus dem Respekt vor dem Gegebenen folgt die Regel: Überlege, was erhalten werden muß! Sei vorsichtig, langsam, nicht vorschnell! Tu kleine Schritte!

b) Solidarität mit den Mitgeschöpfen

Menschen leben als Lebewesen unter anderen Lebewesen. Sie stehen in einem vielfältigen Zusammenhang miteinander: Das eine Lebewesen lebt mit dem anderen und von dem anderen. Alle sind sie von den gleichen elementaren Lebensäußerungen und -vollzügen bestimmt: Geborenwerden, Gedeihen, Lieben, Reifen, Kämpfen, Leiden, Sterben.

Schon das Prinzip der *Gerechtigkeit* (s. oben S.00) erfordert es, daß die Menschen Lebensrecht und Lebensmöglichkeiten ihrer Mitgeschöpfe berücksichtigen. Sie können nicht ihre Interessen ohne weiteres auf Kosten ihrer Mitgeschöpfe realisieren. Das Handeln der Menschen muß sich vielmehr mit dem Leben der Mitgeschöpfe vertragen, muß damit zusammenstimmen. Die nichtmenschlichen Lebewesen haben freilich im Unterschied zu den meisten Mitmenschen keine Möglichkeit, im Konfliktfall ihr Recht geltend zu machen und gemeinsam nach einem Ausgleich zu suchen. Darum bedarf es entsprechender rechtlicher Vorkehrungen (etwa im Tierschutzgesetz oder durch die Verankerung des Umweltschutzes im Grundgesetz) und der konkreten Bereitschaft von Menschen, den stummen Mitgeschöpfen ihre Stimme zu leihen.

Darüber noch hinaus führt der Gedanke der kreatürlichen *Solidarität*. Sie äußert sich bei vielen Menschen ganz spontan in der Betroffenheit angesichts der Zerstörung von Landschaften oder des Leidens von Tieren. An ihrem Grunde liegt die Empfindung: Laß das Leben leben! Dies ist eine Aufnahme und Ausweitung des ursprünglich nur auf den Menschen bezogenen Tötungsverbots. So bindet der Gedanke der kreatürlichen Solidarität Menschen und nichtmenschliche Lebewesen in ihrem Geschöpfsein zusammen, erinnert an ihre fundamentale Verwandtschaft und appelliert an das Gefühl einer tiefen Verbundenheit. Dabei bestehen in der Verbundenheit der Menschen mit ihren Mitgeschöpfen offenbar Abstufungen. Im Sinne einer Verwandtschaftsethik fühlen sie sich den Tieren näher als den Pflanzen und innerhalb des Tierreichs den Säugetieren näher als etwa den Insekten. Aus der größeren Nähe aber resultiert die Anforderung größerer Fürsorge und Sorgfalt. Dabei spielt auch der Gesichtspunkt der Leidensfähigkeit der verschiedenen Lebewesen eine Rolle.

Weder der Gedanke der Gerechtigkeit noch der der Solidarität heben jedoch die grundlegenden Unterschiede zwischen den Menschen und ihren Mitgeschöpfen auf. Sie stehen nicht auf der gleichen Stufe. Nur beim Menschen kann von der unveräußerlichen Würde und dem uneingeschränkten Lebensrecht jedes einzelnen die Rede sein. Insofern bleibt es auch durchaus sachgemäß, von einer *Sonderstellung* des Menschen gegenüber der Natur zu sprechen, und diese kann in biblischer Rede (1.Mose 1,28; Ps 8) auch als Herrschaftsstellung gedeutet werden. Nicht diese besondere Stellung selbst ist strittig, sondern die *Art und Weise*, in der sie wahrgenommen wird. Herrschaft verlangt Demut. Sie muß im Rahmen des Schöpferwirkens Gottes zugunsten allen Lebens geschehen, sich also in den Dienst des Lebens auf der Erde stellen. Dazu gehört allerdings auch, zugunsten des Lebens gegen die Zerstörungskräfte einzugreifen (s. oben S.00).

c) Eigenwert und Eigenrecht der Mitgeschöpfe

Als Mitgeschöpfe dürfen andere Lebewesen nicht nur und nicht zuerst unter dem Gesichtspunkt des für Menschen gegebenen Nutzwerts betrachtet werden. Dies würde im übrigen auch ein universelles Wissen über den Sinn und Wert von Leben voraussetzen. Darum kann auch nicht verlangt werden, den Eigenwert eines Lebewesens allererst nachzuweisen oder zu begründen. Zwar läßt es sich

rechtfertigen, daß die Menschen pflanzliches (und tierisches) Leben zu ihrer Ernährung, ihrer Versorgung und ihrer Freude gebrauchen und verbrauchen. Aber sie können nicht allein sich selbst eine Daseinsberechtigung zuschreiben und die Daseinsberechtigung aller anderen Lebewesen davon ableiten wollen. Die Blume ist nicht bloß dazu da, damit Menschen sich an ihr freuen; das Huhn ist keine reine Eierlegemaschine zur Bereitstellung menschlicher Nahrung; viele Lebewesen haben überhaupt keinen erkennbaren und benennbaren unmittelbaren Nutzen für den Menschen.

Im Zusammenhang mit Haustieren wird deutlich und erfahrbar, daß auch nichtmenschliche Lebewesen ihre eigene Individualität besitzen. Das gilt auch für Wildtiere, sobald sie in ihrem eigenen Lebenszusammenhang wahrgenommen werden. In gewisser Weise läßt sich das sogar von Pflanzen sagen; innerhalb einer Art gleicht auch hier kein Exemplar einem anderen. So ist es irreführend, Pflanzen und Tiere ausschließlich als Vertreter von Arten und Gattungen zu betrachten und nur diesen ein - relatives und abgestuftes - Lebensrecht zuzuerkennen, wie es in der Gesetzgebung vielfach geschieht (bloßer "Artenschutz"). Beim Übergang von der individuell gepflegten Haustierhaltung zur industriebezogen rationalisierten Tier- und Pflanzenproduktion zeigen sich die Defizite einer solchen Einstellung: Kinder beispielsweise dürfen Großställe nicht mehr betreten, damit die Tiere sich nicht erregen und der Fleischertrag nicht vermindert wird.

Das pflanzliche und tierische Leben samt den niederen Formen des Lebens hat zunächst eine Bedeutung für andere Lebewesen neben den Menschen und für den Lebensprozeß insgesamt. Schon dies legt den Menschen bei ihrem Umgang mit der Natur Rücksichten auf. Sie dürfen sich nicht nur an ihren eigenen Interessen ausrichten, sondern müssen die möglichen Auswirkungen auf die Lebensmöglichkeiten anderen Lebens mitbedenken. Vor allem aber haben die Mitgeschöpfe des Menschen unabhängig von ihrem Nutzwert einen Eigenwert - allein schon darin, daß sie auf Gott als den Schöpfer bezogen sind, an seinem Leben Anteil haben und seine Ehre verherrlichen (Ps 19; 104). Einen eigenen Wert und Sinn zu haben bedeutet nicht, daß *jedes* individuelle Lebewesen oder *jede* Art erhalten werden müssen (zur Bewahrung der Artenvielfalt s. aber unten S.00). Wo jedoch der Gedanke des Eigenwerts Anerkennung findet, kann er als Begrenzung und Korrektur dienen gegenüber einer Haltung, der das nichtmenschliche Leben nichts als Material und Verfügungsmasse in der Hand des Menschen darstellt.

Der Gedanke eines Eigenwerts und Eigenrechts der Natur führt mitten hinein in das Spannungsverhältnis von Recht und Markt. Interessenabwägungen können sich im Markt erfolgreich und ökologisch zuträglich niederschlagen, falls und insofern sich die langfristigen und fernen Folgen in die Preise einbeziehen lassen. Schon eine Orientierung am langfristigen Gemeinnutz der Menschen würde es verbieten, die Kosten des vorherrschenden Naturverhältnisses den fernen Menschen und der fernen Natur aufzubürden. Doch selbst wenn es gelänge, den Markt zu reformieren - was sind die Äquivalente für verloren gegangene einmalige Arten, für klimatische Veränderungen, unfruchtbar gewordene Böden? Für das unersetzlich Lebensnotwendige kann es keinen Preis geben. Die Natur hat zweifellos Nutzwert und Preis, aber sie ist offensichtlich darüber hinaus unersetzlich und hat darin eigenen Wert und eigenes Recht. Sie sind auch durch die Rechtsordnung zu schützen. So hätte sich ein neues Verhältnis zur Natur nicht allein in einer veränderten Moral niederschlagen, sondern müßte sich auch auf die Regeln ökonomischen Handelns und die Rechtsordnung auswirken.

In diesen Zusammenhang gehört schließlich noch die Frage, ob und in welchem Sinne es ein *Eigentum von Menschen an ihren Mitgeschöpfen* geben könne und solle. In der neuesten Rechtsentwicklung zeigen sich erste zaghafte Ansätze, Tiere nicht mehr ohne jede Einschränkung als Sachen zu behandeln. Zu denken gibt der Umstand, daß noch das Preußische Allgemeine Landrecht von 1794 ein Eigentum an Tieren nur gegenüber den Bestreibern dieses Rechtes kannte, während das Verhältnis zu den Tieren selbst nicht als Eigentumsrecht gefaßt wurde. Darin steckt die Einsicht, daß Menschen mit den Mitgeschöpfen, die in ihrer Verfügung stehen, nicht nach freiem Belieben verfahren dürfen.

3. Besondere Perspektiven für die Gentechnik

a) Artgerechtigkeit

Die Lebewesen begegnen den Menschen in einer Vielheit von Arten. Lebensraum und Lebensweise jeder Art stehen in einem Wechselverhältnis von Anpassung, Lernen und fremder Einwirkung. In dieser Wechselwirkung bildet sich, verändert sich und bewahrt sich die Identität der Arten innerhalb bestimmter Grenzen ihrer Entwicklung und innerhalb bestimmter Zeiträume. Eine Art kann nicht beliebig jeder Anpassung und Veränderung ausgesetzt werden.

Die Menschen besitzen im Maße der ihnen zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Erkenntnis Einsicht in die Lebensfähigkeit der Arten. Sie wissen - und können dieses Wissen noch vermehren -, welcher Lebensraum und welche Lebensweise einer Art gerecht werden. Es geht auch hier um Gerechtigkeit im Sinne der Verträglichkeit: Artgerechte Lebensverhältnisse und ein artgerechter Umgang sind daran zu messen, ob sie mit den Erfordernissen des Lebensraums und der Lebensweise des betreffenden Lebewesens vereinbar sind. Dies läßt einen gewissen, aber nicht einen beliebigen Raum für Abweichungen und Veränderungen. Es ist gut, beim Umgang vor allem mit Pflanzen und Tieren das verfügbare Wissen über den artgerechten Lebensraum und die artgerechte Lebensweise als Hinweis auf eine notwendige Grenze ernstzunehmen. Die Einsicht in Anforderungen der Artgerechtigkeit ist eine Mahnung zur Vorsicht.

Die vorliegenden Erfahrungen mit der gentechnischen Veränderung von Pflanzen und Tieren unterstreichen die Berechtigung dieser Mahnung. So hat die Anpassung an sehr begrenzte künstliche Lebensbedingungen bei transgenen Schweinen schon jetzt Krankheitscharakter erreicht. Die auf Leistungssteigerung abgestellte Zucht ist nur solange sinnvoll, wie auf die Erhaltung der Gesundheit geachtet wird (s. oben S.00).

b) Artgrenzen

Wie im Falle der Artgerechtigkeit ist die Artgrenze eine Mahnung zur Vorsicht. Zwischen den Arten besteht eine natürliche Barriere, die in der Regel eine spontane Kreuzung und Vermischung verhindert. Organismen, die bei einer Überspringung der Artgrenzen entstehen, sind nicht fortpflanzungsfähig. Die Artgrenze stellt eine offenkundig sinnhafte Gegebenheit dar, die nicht ohne Not übergangen werden sollte. Jedenfalls ist sorgfältig zu prüfen, ob Gründe namhaft gemacht werden können, die die Nichtbeachtung der Artgrenze rechtfertigen. Dabei sind die Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren entsprechend zu berücksichtigen. Auf keinen Fall ist die Neukombination von Erbmaterial unterschiedlicher Arten ein Vorgang, der zum Gegenstand von spielerischen Versuchen oder von ungehemmten Experimenten werden darf (s. schon oben S.000).

c) Artenvielfalt

Die Artenvielfalt der Natur ist Grundlage und Bedingung des Lebens (s. schon oben S.00.00). Der evolutionäre Prozeß ist auf einen großen 'Genpool' angewiesen. Eine Verarmung des genetischen Bestandes schränkt die Entfaltungsmöglichkeiten des evolutionären Prozesses ein. Die Artenvielfalt bedeutet aber in einem noch elementarerem Sinne einen erhaltenswerten Reichtum. Schon für die Menschen selbst gilt: Verschiedenartigkeit und Fülle ist zugleich eine lockende Weite. So wenig aber ein Einheitstyp Mensch erstrebenswert ist, so wenig soll es eine 'Natur von der Stange' geben. Daß der Reichtum der Artenvielfalt und unsere Freude an ihr letztlich nicht erklärlich sind, besagt keineswegs, daß er vernachlässigt werden kann. Es ist den Menschen gegenwärtig nicht möglich, das notwendige und wünschenswerte Maß der Vielfalt festzulegen, und es ist auch die Frage, ob sie es überhaupt wollen sollen. Die Menschen können aber dazu beitragen, die Bedingungen zu erhalten,

unter denen die Natur die ihr eigene Vielfalt zu bewahren und zu entfalten imstande ist. Die Aufbewahrung von Samen in Genbanken bietet langfristig keine hinreichende Sicherheit für die Erhaltung der Artenvielfalt.

d) Fehlerfreundlichkeit

Gentechnische Veränderungen von Lebewesen zielen im allgemeinen darauf, sie auf den menschlichen Nutzen hin zu "verbessern". Die Verbesserung ist auf bestimmte Funktionen oder Eigenschaften bezogen. Ein solches gezieltes Vorgehen entspricht dem technischen Vermögen, bestimmte Funktionen oder Eigenschaften von Werkstoffen und Maschinen zu optimieren. Dabei kommt es erfahrungsgemäß zu einer weitgehenden Spezialisierung von Arbeitsabläufen, die jeweils durch Programme der Koordination wiederum in einem einheitlichen Produktionsprozeß verbunden werden. Optimierung und Spezialisierung bedingen eine geringe Fehlertoleranz. Der kleinste technische Defekt und die kleinste nicht vorgesehene Abweichung in der Bedienung können nicht korrigiert oder kompensiert werden. Bereits ein Minimum an Ölverlust wird einem hochgezüchteten Motor gefährlich.

Die Gentechnik überträgt dieses Prinzip technischer Entwicklung auf Lebewesen und ihr Zusammenspiel. Darin weicht sie von den im evolutionären Prozeß gegebenen Verhältnissen markant ab. Denn in diesem sichert gerade die Fehlerfreundlichkeit der Organismen ihr Überleben auch gegenüber einem breiten Spektrum nicht vorgesehener bzw. vorhersehbarer Belastungen und Abweichungen. Der Begriff der Fehlerfreundlichkeit bezeichnet die eigentümliche Verbindung von Fehleranfälligkeit und Fehlertoleranz: Organismen sind zweifellos äußerst fehleranfällig; zugleich ist ihnen - etwa durch den Überschuß an Funktionen, die durch Mutation hervorgerufenen Abweichungen, das Immunsystem oder die Wundheilung - ein hohes Maß an Fehlertoleranz eigen. Übergenaue Tüchtigkeit für eine bestimmte gegebene Situation ist ein Mangel an Fehlerfreundlichkeit und läuft auf Stagnation und schließlich Versagen bei neuen Herausforderungen hinaus. Nur eine Pflanze mit einem hohen Maß an Anpassungs- und Kompensationsmöglichkeiten kann Fehlernährung oder Veränderungen am Standort ertragen und ausgleichen.

Wie für jede Technik ergibt sich auch für die Gentechnik daraus die Anforderung, sich mehr an der Fehlerfreundlichkeit des evolutionären Prozesses als an der Optimierung und Spezialisierung technischer Entwicklungsprozesse zu orientieren. Auch ökonomisch gesehen lohnt es sich nicht, extrem anfällige oder schutzbedürftige Kulturen zu produzieren, die aber hohe Nebenkosten verursachen. Selbst wenn die ökonomische Rechnung, auf begrenzte Zeiträume und Verantwortlichkeiten bezogen, aufgeht, fallen die Nebenkosten lediglich zu einem späteren Zeitpunkt oder außerhalb der eigenen Zuständigkeit an. Der Blick auf das evolutionäre Prinzip erfordert aber eine weiträumige Rechnung.

4. Hinweise und Anregungen

Dieser Schlußabschnitt wäre mißverstanden, wenn er als Summarium und umfassende Bilanz gelesen würde. Auch die vorangegangenen Teile enthalten zahlreiche Hinweise, welche Konsequenzen für einen verantwortlichen Umgang mit der Gentechnik zu ziehen sind. Die hier vorgelegte Studie ist überhaupt nicht darauf angelegt, die konkrete Urteilsbildung durchgängig vorwegzunehmen. Es geht vielmehr - auch in den folgenden Anregungen - um eine Hilfe und Richtungsangabe für die *eigene* Urteilsbildung.

a) im Blick auf Einstellungen und Weisen des Vorgehens

Die beste Lösung zu finden ist der Glücksfall, der im nachhinein mit Staunen und Dankbarkeit konstatiert werden kann. Für das praktische Handeln jedoch setzt die Suche nach der besten Lösung unter einen schädlichen Erfolgsdruck. Es bedeutet eine spürbare und förderliche Entlastung, wenn auch die zweitbeste Lösung akzeptiert wird. Es geht um *Verbesserung, nicht Optimierung*. Das pragmatische "Durchwursteln" ("muddling through") verdient jedenfalls vor der Vorstellung einer "endgültigen" Lösung den Vorzug. Eine solche Einstellung bewährt sich auf dem politischen Feld ebenso wie bei Prozessen der wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Entwicklung. Das schließt grundlegende Optionen nicht aus.

Die Gentechnik steht in einer stürmischen Entwicklung. Die Anwendungsorientierung und Verwirtschaftlichung der Forschung trägt ihr Teil dazu bei. Wer ein bestimmtes Verfahren oder Produkt als erster wirtschaftlich verwerten kann, hat einen erheblichen ökonomischen Vorteil. Zeit ist Geld. Die Gentechnik ist aber noch in einer weiteren Hinsicht mit einer Beschleunigung verbunden: Veränderungen am Genom können erheblich schneller als bei konventionellen Methoden erreicht werden. Gentechnik arbeitet - nach einer Formulierung von Erwin Chargaff - geradezu in einem "diabolischen Zeitraffer": Lebens- und Wachstumsprozesse, für die die Evolution riesige Zeiträume gebraucht hat und brauchen würde, werden technisch gerafft. Hier liegen unwägbare Gefahren. Fehlentwicklungen, für deren Korrektur und Rücknahme der evolutionäre Prozeß Raum ließ, können sich unter den neuen Gegebenheiten verfestigen und ihre schädlichen Auswirkungen entfalten, bevor die Menschen auch nur eine Chance zum Eingreifen haben. In dieser Situation wird die *Langsamkeit zur Tugend*. Zwar läßt sich damit nichts objektiv festlegen; immer noch bleibt es der subjektiven Einschätzung überlassen, ob ausreichende Klarheit bereits geschaffen ist oder weiter zugewartet werden muß. Aber es wird nicht ohne Auswirkungen auf die wissenschaftliche Entwicklung der Gentechnik und ihre wirtschaftliche Anwendung bleiben, wenn sich die Einstellung in der Gesellschaft und Kultur insgesamt dahingehend wandelt, sich selbst und der Natur mehr Zeit zu lassen.

Zeit zu gewinnen und das Tempo des Entwicklungsprozesses abzubremesen ist auch der Kern der Forderung nach einem *Moratorium* für die Gentechnik. Ein Aussetzen bestimmter Forschungsarbeiten oder Produktionsvorhaben könnte auf freiwilliger Basis erfolgen und insofern eine Selbstbeschränkung der Betreiber darstellen - die Ergebnisse der Konferenz von Asilomar 1975 bedeuteten faktisch für kurze Zeit ein solches Moratorium. Es könnte aber auch angestrebt werden, ein Moratorium mit staatlichem Zwang, also vor allem durch rechtliche Regelungen, durchzusetzen. Die Moratoriumsforderung wird unterschiedlich begründet: Vor allem wird darauf abgehoben, daß das Wissen über Auswirkungen und mögliche Gefahren noch zu gering ist und daß darum mehr Forschung über Risiken und Alternativen betrieben werden muß. Andere verweisen auf tiefgreifende Differenzen im normativen Bereich, die allererst ausgeräumt werden müßten.

Ein Moratorium stellt prinzipiell eine wichtige konkrete Möglichkeit dar, die erwünschte Verlangsamung zu erreichen. Folgende Gesichtspunkte müssen freilich bedacht werden:

- Bei einem Moratorium geht es nicht um Bejahung oder Verwerfung der Gentechnik insgesamt. Die Moratoriumsforderung muß sich auf bestimmte Arbeiten oder Vorhaben beziehen, die mit dem Risiko eines besonders großen Schadens verbunden sind.
- Die Moratoriumsforderung muß ehrlich sein. Sie muß auf einen Zeitgewinn für die Urteilsbildung zielen und damit auf ein späteres Ja oder Nein zugehen. Eine Moratoriumsforderung ist letztlich unglaubwürdig, wenn sie als verkappte Ablehnung auf eine unabsehbare Verzögerung spekuliert.
- Die Internationalisierung von Forschung und wirtschaftlicher Anwendung (s. oben S.000) tangiert gerade auch den Gedanken des Moratoriums. Ein Moratorium lediglich in *einem* Land kann leicht umgangen werden. Darum ist auf international abgestimmte Schritte - sowohl der Bewußtseinsbildung als auch der rechtlichen Regelung - zu drängen.

Der gegenwärtige Entwicklungsstand der Gentechnik nötigt darüber hinaus zu der Frage, ob sich der Prozeß mit dem Instrument des Moratoriums faktisch überhaupt noch beeinflussen läßt. Dieser Umstand stellt, insofern er eine bedrohliche Reduzierung der Handlungsmöglichkeiten anzeigt, in sich ein gravierendes ethisches Problem dar.

b) im Blick auf die Wahrnehmung des Lebens und die Lebensführung

Ein neues Naturverhältnis wirkt sich aus im alltäglichen Leben, in der Wahrnehmung des Lebens und der Lebensführung.

Alles, was auf Erden ist, vor allem auch sich selbst, als geschöpftlich verstehen heißt: es *wahrnehmen* als etwas, das in sich lebendig ist und aus Gott seinen eigenen Wert hat. Das jeweils einzelne Lebewesen in seiner Besonderheit, die Zusammenhänge, in denen die einzelnen Dinge stehen, auch das, was von menschlichen Eingriffen betroffen ist - es ist so als von Gott geschaffen und gewollt zu sehen. Nichts ist da auszunehmen. Schöpfung ist nach diesem Verständnis nicht etwa nur eine "reine", unverzweckte, vom Menschen nicht bearbeitete Natur, nicht etwa nur das "Natürliche", sondern gerade auch all das, was wir bearbeiten, womit wir täglich umgehen und das doch in sich ein eigenes Leben hat. Augenblicke gibt es, in denen wir unversehens empfinden: Diese "Dinge" um mich herum, das Wasser, an dem ich entlanggehe, der mit Laub bedeckte Fahrradweg, der helle Himmel über allem - das gehört zusammen, und ich gehöre da hinein, darf hier *sein*, bin doch zuhause in der Welt, auf dieser Erde. Wir sind - zusammen - gehalten, am Leben gehalten, von einer und derselben Kraft.

Wer all dies in seiner Geschöpflichkeit wahrnimmt, der wird aufmerksamer, offener tun, was wir auch sonst tun: sich freuen, wenn die Sonne kommt; miterleben, was in der Natur im Wechsel der Jahreszeiten vor sich geht; und auch den eigenen Körper in seiner Lebendigkeit - z.B. wie man die Hand bewegt - bewußter erleben. Mein Körper ist ja nicht nur ein Instrument, das mir nützlich ist, um etwas zu erreichen. Sondern ich bin mit meinem Leib begabt, immer schon mit ihm verbunden: In ihn zeichnet sich meine Lebensgeschichte ein, meine Lebenskraft und Empfindungsfähigkeit habe ich in ihm. Er altert mit mir, und ich sterbe, wenn er stirbt. Und dies teile ich mit allem Lebendigen um mich.

So geht Menschen auf, daß um sie Leben ist und sie inmitten von vielfältigem Leben leben. Menschen können sich verstehen in einer Reihe von Generationen und offen werden für die kommende Generation und aus solcher Offenheit auch dafür Verantwortung übernehmen. Sie können, kurz gesagt, über sich hinausgehen und wirklich hinsehen auf das, was ist. Freilich, dazu gehört auch, sich genauso dem Eindruck des Zerstörerischen, des Sterbenden und des Totseins auszusetzen. Ja, auch bei sich selbst am eigenen Leib einzuwilligen in das, was man ist, obschon man doch auch anders - schöner etwa - sein möchte, als man ist.

Auf diese Weise werden Menschen gegenüber allem, was lebt, hinkommen zu einer engagierten Haltung, in der es den Schmerz über das geschehene Leid und das Erschrecken über Naturverbrauch und -zerstörung ebenso gibt wie die Freude über das, was bleibt und sich am Leben erhält. Daraus ergeben sich mit Notwendigkeit *Konsequenzen für die Lebensführung*. Bei Forderungen an andere, z.B. an die Wissenschaft, die Landwirtschaft oder den Staat, kann es nicht bleiben - so nötig sie sind. Vielmehr stehen jeder und jede vor der Frage, wie groß ihre Bereitschaft und Fähigkeit sind, die eigene, persönliche Lebensweise zu ändern: Wie wollen wir leben? Wie gehen wir mit dem eigenen Körper, mit seinen Schwächen und Beschwerden um? Was hindert uns daran, unsere Nahrung besser darauf abzustimmen, was die Natur von sich aus bereithält und ermöglicht? Was hält uns davon ab, im Umgang mit den uns anvertrauten Lebewesen Rücksichtnahme und Aufmerksamkeit zu üben? Die heutige Lebensweise ist weitgehend davon bestimmt, die vorhandenen technischen Errungenschaften

auch in Gebrauch zu nehmen und sich überdies auf neue, erweiterte technische Möglichkeiten einzustellen. Dies geht Hand in Hand mit einer Versorgungsmentalität, in der uns durch immer neue Angebote vorgegeben wird, was gut für uns sei, aber die Erkenntnis verlorengelassen, daß wir schon versorgt sind. Ein neues Naturverhältnis muß sich konkret zeigen in einem bewußten "Annehmen" der Natur, in dem ein "Hinnehmen" (etwa des Leidens) mit einem verantwortlichen "Entgegennehmen" verbunden ist.

c) im Blick auf das Gespräch zwischen Experten, Politikern und Laien

Eine Reihe von Grundsatz- und Einzelfragen der Gentechnik ist strittig - zunächst unter den Experten, den Politikern und den Laien selbst, dann aber vor allem zwischen ihnen. Zur sachgemäßen Austragung dieser Kontroversen bedarf es einer Gesprächs- und Streitkultur (s. schon oben S.00.000). In einer lebendigen und kritischen Kultur müssen Sachverstand und Gemeinwohl zusammenfinden. Auf verschiedenen Ebenen - im kirchlichen Bereich etwa in den Akademien oder auf den Kirchentagen/Katholikentagen - sind bereits Möglichkeiten für den öffentlichen Diskurs geschaffen worden. Diese Einrichtungen müssen erhalten und gefördert werden.

Zu den wichtigen Voraussetzungen solcher kontrovers geführten Gespräche gehört es, daß sich alle Beteiligten im Maße ihrer Möglichkeiten sachkundig machen: Die Laien auf dem Gebiet der Gentechnik müssen sich in den Sach- und Fachfragen Orientierung verschaffen. Die naturwissenschaftlichen Experten, die auf eine Orientierung in der ethischen Diskussion angewiesen sind, müssen bereit sein, auf kritische Anfragen zu hören. Solche Anfragen dürfen, auch wenn sie noch nicht zu überzeugenden Antworten führen, nicht allein mit dem Hinweis auf mangelnde Kompetenz und fehlenden Sachverstand zurückgewiesen werden. Es gibt eine hinderliche Arroganz von Experten und von Laien. Allerdings wäre die Forderung absurd, daß sich jeder genau so sachverständig machen muß wie der andere. Man muß sich auch den Sachverstand des anderen gefallen lassen. Ohne Kompetenzzutrauen kann es keine sinnvolle Kooperation geben.

d) im Blick auf die Handlungsmöglichkeiten von Wissenschaft und Forschung

In der *Ausbildung* der Biologen dürfen Wissenschaftsgebiete, die nicht biochemisch orientiert sind (wie Morphologie, Systematik und Ökologie), nicht nur eine untergeordnete Rolle spielen. Gerade angesichts der Ausweitung der Gentechnik muß die Fähigkeit erhalten werden, molekulare Phänomene in übergeordnete biologische Zusammenhänge einzuordnen und das neuerworbene Wissen im Licht vorhandener Erfahrungen und Theorien zu überprüfen. Darüber hinaus kann eine Einführung in die Wissenschaftsgeschichte und in die Wissenschaftsforschung, in der die Verfahren und Strukturen der Wissenschaft selbst zum Forschungsgegenstand gemacht werden, dazu beitragen, Wissenschaft in ihrer Eigenschaft als soziale Tätigkeit zu begreifen und die Fähigkeit zur Selbstreflexion in der Wissenschaft zu steigern.

Die *wissenschaftliche Schwerpunktsetzung* muß ergänzt werden. Auch diejenigen Wissenschaftsgebiete müssen gefördert werden, die der Bewertung der Entwicklung bei der Gentechnik dienlich sind. Dazu gehört die Analyse der sozialen, ökologischen und ökonomischen Konsequenzen der Einführung dieser neuen Technologie, ihrer Verfahren und Produkte, aber auch die Erarbeitung systemarer Alternativen.

In der Welt von Wissenschaft und Technik führt die *Ethik* als institutionalisierte Reflexion der Begründungspflichten des Handelns weiterhin noch ein Schattendasein. Die ethische Aufgabe der Technikbewertung muß aber ein integraler Bestandteil der Aus- und Fortbildung von Naturwissenschaftlern und Technikern sein. Grundlegend ist es dabei, auch das Wissen des

Nichtwissens zu lernen und in der eigenen Arbeit benachbarte Gebiete wahrzunehmen und mitzudenken.

Die *Risikoabwägung* im konkreten Einzelfall durch die Beteiligten, eine (auch öffentliche) Kontrolle der Durchführung der Risikoabwägung und eine begleitende Risikoforschung sind unerlässlich (s. schon oben S.000.000).

Besonders umstritten ist die absichtliche, geplante *Freisetzung* von gentechnisch veränderten Organismen. Auf jeden Fall ist hier eine Differenzierung geboten: Freisetzung ist nicht gleich Freisetzung; es gibt Freisetzungen mit unterschiedlichem Risikopotential. Bei dessen detaillierter Einschätzung hat jedoch eine Polarisierung der Meinungen stattgefunden, die sich auch in unterschiedlichen Positionen innerhalb der Arbeitsgruppe widerspiegelt. Während die einen dafür plädieren, daß Freisetzungen nach sorgfältiger Risikoanalyse möglich sein sollen, sprechen sich die anderen gegen solche Experimente aus, da weder die Größenordnung der Gefahren bekannt noch die Rückholbarkeit einmal freigesetzter Organismen oder der gentechnisch veränderten Erbinformation gesichert sei und auch die mit solchen Freisetzungen verbundenen Nutzenerwartungen einer genauen Überprüfung nicht standhielten. Diese Kontroverse macht deutlich, daß bei Freisetzungen gentechnisch veränderter Organismen - soweit sie überhaupt für vertretbar gehalten werden - besondere Begründungspflichten bestehen und strenge Kriterien anzuwenden sind. Die stetige Weiterarbeit an übereinstimmenden rationalen Kriterien und Begründungen ist eine große Herausforderung auch an die "scientific community", also an die Fachöffentlichkeit. Angesichts der weltweit stark anwachsenden Zahl von Freisetzungen muß der Fachdiskurs, unter Einbeziehung der Wissenschaftler aus den Ländern der Dritten Welt, intensiviert werden. Auch wenn die "scientific community" als solche keine legitimierende Instanz darstellt, hat sie in jedem Fall eine kritische Funktion: Wenn man die besondere Urteilsfähigkeit der Fachleute bejaht und ihre Bereitschaft zu innerfachlicher Kontrolle beim Wort nimmt, sind Freisetzungsversuche, die offenen, internationalen wissenschaftlichen Fachgesprächen nicht standhalten, nicht zu rechtfertigen. Angesichts der Vielfalt von Betroffenheitsfeldern ist der Konsens innerhalb der Fachöffentlichkeit ein notwendiger, freilich nicht ein abschließender Beitrag bei der Urteilsfindung.

e) im Blick auf die staatlichen Handlungsmöglichkeiten

Die staatlichen Handlungsmöglichkeiten betreffen neben der Forschungs- und Industriepolitik vor allem die rechtliche Regelung. Der Anspruch der Legislative und Exekutive, in die gentechnische Forschung durch Gesetze und Vorschriften regelnd einzugreifen, steht zur Freiheit der Wissenschaft nicht in einem Widerspruch: Die Freiheit der Wissenschaftler selbst bewährt sich gerade auch in der Selbstbeschränkung (s. oben S.00), und das verfassungsmäßig garantierte Recht der Freiheit der Wissenschaft muß innerhalb der Verfassung mit anderen Rechten in Einklang gebracht werden. Das 1990 vom Deutschen Bundestag verabschiedete Gentechnik-Gesetz und die zugehörigen Verordnungen der Bundesregierung werden von vielen als ungenügend eingeschätzt. Unbestritten ist jedoch, daß der Gesetzgeber die weitere Entwicklung sorgfältig beobachten und unter Umständen zusätzliche rechtliche Regelungen treffen muß. Insbesondere kommt es darauf an, die internationale Rechtsentwicklung, vor allem in der Europäischen Gemeinschaft, zu beeinflussen.

Ein spezielles Problem der internationalen Rechtsentwicklung stellt die *Patentierung* gentechnischer Verfahren und Produkte dar. Die Auswirkungen auf die wissenschaftliche Forschung, insbesondere auf ihre Transparenz sind bereits erörtert worden (s. oben S.00). Vom Gedanken des Eigenwerts der Kreatur her sind verschiedentlich aber auch grundsätzliche ethische Vorbehalte gegen eine Patentierung von Pflanzen oder Tieren geltend gemacht worden. Dies würde in der Konsequenz bedeuten, daß entsprechenden gesetzlichen Regelungen oder Initiativen entschieden zu widersprechen wäre. Doch nötigt die zugrundeliegende ethische Argumentation keineswegs zu solchen Folgerungen.

Der Gedanke des Eigenwerts der Kreatur legt es zwar - zumal angesichts der mit der Möglichkeit einer Patentierung gestellten Fragen - nahe, über die Art des Eigentums an Pflanzen und Tieren neu nachzudenken; aber jedenfalls gegen ein Eigentumsrecht an Lebewesen, das gegenüber den Mitmenschen begründet ist, läßt er sich nicht ins Feld führen (s. schon oben S.00). Er steht dann aber auch der Patentierung eines gentechnisch veränderten Organismus nicht grundsätzlich entgegen. Entsprechend hat es bisher auf dieser Basis keine Bestreitung des schon länger bestehenden Sortenschutzes gegeben. Freilich bedeutet dies keineswegs, daß eine Patentierung von Pflanzen und Tieren als unproblematisch anzusehen wäre. Die Bedenken und Einwände liegen aber auf einer anderen Ebene. Es ist nämlich zu fragen, ob eine Patentierung von Pflanzen bzw. Tieren mit den Lebensverhältnissen der Bereiche verträglich ist, die auf die Nutzung von Pflanzen und Tieren angewiesen sind. Dies gilt insbesondere für die Landwirtschaft hierzulande und für Ernährungssituation und Entwicklungsmöglichkeiten der Dritten Welt. Kleinere Betriebe, die die erforderlichen Lizenzen für patentgeschützte Pflanzen oder Tiere nicht erwerben könnten, wären im Wettbewerb benachteiligt - dies um so mehr, als die Patentierung zu einer Beschleunigung der Erneuerung von Pflanzensorten führt. Die absehbaren Auswirkungen sind es somit, die zu einer kritischen Betrachtung der Patentierung von Pflanzen und Tieren führen. Darum ist auch zu fragen, ob eine zwar nicht finanzielle, wohl aber faktische Förderung der Produktion gentechnisch manipulierter Pflanzen und Tiere, wie sie die Ermöglichung der Patentierung darstellt, zum jetzigen Zeitpunkt ratsam ist.

f) im Blick auf die kirchlichen Handlungsmöglichkeiten

Auf die Formung von Einstellungen und Lebensweise hat die Kirche nach wie vor einen mehr oder minder großen Einfluß. Im Blick auf die Gentechnik kommt es in diesem Zusammenhang darauf an, das Einverständnis mit der Schöpfung zu wecken und zu fördern. Dabei betreffen die notwendigen Aktivitäten der Kirche nicht allein und nicht zuerst die kirchenleitende Ebene. Die kirchlichen Handlungsmöglichkeiten sind vielmehr in ihrer reichen Vielfalt zu nutzen: von der Ebene der Gemeinden und der Gruppen über die verschiedenen Arbeitszweige (Unterricht, Jugendarbeit, Bildungsarbeit usw.) bis hin zu den Organen, die die gesamte Kirche repräsentieren.

Die Prägung von Einstellungen und Lebensweise geschieht vorrangig im Bereich von *Bildung und Erziehung*. Erziehung zu einem Einverständnis mit der Schöpfung beginnt bei der Anleitung, das Wunder des Lebens vertieft wahrzunehmen. Sie kann den Grund legen für eine Einstellung, die dem Leben in der Schöpfung mit Dankbarkeit, Ehrfurcht und Barmherzigkeit begegnet. Das schließt ein, verzichten zu lernen, um die Mitgeschöpfe zu schonen und zu bewahren. Darüber hinaus werden Bildung und Erziehung immer auch in altersgemäßer Weise die Konflikte aufgreifen und bearbeiten müssen, in denen über die Konsequenzen aus einem Einverständnis mit der Schöpfung gestritten wird. Schließlich dürfen in einer Erziehung zum Einverständnis mit der Schöpfung Mut und Zivilcourage als Erziehungsziele nicht fehlen. Eine lebensfreundliche und lebensbewahrende innere Einstellung nützt solange wenig, wie es an der Fähigkeit mangelt, die fälligen Auseinandersetzungen zu suchen, Konflikte durchzustehen und auch persönliche Nachteile auf sich zu nehmen. Die stärkste Infragestellung der dominierenden wissenschaftlich-technischen Entwicklung geht häufig von denen aus, die sich der weiteren Mitwirkung verweigern und als 'Aussteiger' ihre angestammte Tätigkeit und Karriere zum Teil unter großen persönlichen Opfern aufgeben. Eine solche Entscheidung, die prinzipiell nicht mehr und nicht weniger Achtung verdient als die Wahrnehmung der Verantwortung innerhalb der gegenwärtigen wissenschaftlich-technischen Praxis, setzt voraus, daß gelernt worden ist, eigenständig zu urteilen, sich nicht anzupassen und Konfliktstärke zu zeigen.

Von besonderer Bedeutung für die Begleitung von Wissenschaftlern in ihrer Arbeitswelt und für das *interdisziplinäre Gespräch* sind Institutionen wie Evangelische Akademien, wissenschaftliche Institute und kirchliche Kommissionen. Die ethischen Herausforderungen durch die Entwicklung der

Gentechnik werden es auch in Zukunft immer wieder nötig machen, daß die Kirchenleitungen besondere Aufträge an kirchliche Forschungseinrichtungen oder Kommissionen erteilen.

Die Einrichtung von *Ethikkommissionen* hat sich - trotz mancher Einschränkungen - als ein wichtiger Faktor in dem Bemühen erwiesen, in der Welt von Wissenschaft und Technik die Reflexion der Begründungspflichten des Handelns zu institutionalisieren. Die Kirchen können diesen Prozeß stärken, indem sie die Einrichtung von Ethikkommissionen auch in weiteren Forschungseinrichtungen und Unternehmen verlangen, ihre Arbeit kritisch begleiten und sich selbst mit kompetenten Vertretern beteiligen.

Im Blick auf Gottesdienst und Kirchenjahr bietet ein erneuertes *Erntedankfest* einen besonders geeigneten Bezugspunkt für den Gedanken des Einverständnisses mit der Schöpfung. Es muß dem Dank für die Natur Ausdruck geben und darf nicht bloß auf die Erntegaben bezogen werden. So gibt es Gelegenheit, zu lernen, was es heißt: die Schöpfung bejahen.

Auf dieser Grundlage können dann auch die *Vertrauenskräfte* entbunden werden, derer es zur Bewältigung der anstehenden Aufgaben bedarf. Sie erwachsen aus dem Vertrauen, daß Gott seine Schöpfung bewahrt. Damit ist nicht die Einschätzung gemeint, daß angesichts der Größe der Herausforderung und Bedrohung die Vernunft vieler Menschen erweckt werden wird und daraufhin die erforderlichen Einsichten und Maßnahmen zustandekommen - so nötig dies ist. Vielmehr geht es um eine Einstellung, die es erlaubt, angesichts der Zwiespältigkeit und der unabsehbaren Nebenfolgen allen Handelns dennoch zu handeln. Der Glauben daran, daß Gott auch aus dem Zerstörten, ja dem Bösen Gutes entstehen lassen kann, macht fähig, die Unvollkommenheit der eigenen Person wie der Mitmenschen anzunehmen und der Möglichkeit des Schuldigwerdens ins Gesicht zu sehen. Es kommt darauf an, diesen Glauben zu leben.

Weiterführende Literatur

Die folgende Literaturliste will nicht einen Überblick über die Literatur zur Gentechnik und zu der mit ihr gestellten ethischen Problematik geben und erhebt darum keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie will vielmehr Hinweise geben, die im Blick auf einzelne Sachaspekte eine gezielte Vertiefung erlauben.

I. Orientierung über den Sachstand

Wolf-Michael Catenhusen/Hanna Neumeister (Hg.): Chancen und Risiken der Gentechnologie. Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages. Dokumentation des Berichts an den Deutschen Bundesug, z. Aufl., Frankfurt am Main / New York 1990.

Ernst Peter Fischer: Gene sind anders. Erstaunliche Einsichten einer Jahrhundertwissenschaft, Hamburg 1988.

Hans Günter Gassen/Andrea Martin/Gabriel Sachse: Der Stoff, aus dem die Gene sind. Bilder und Erklärungen zur Gentechnik, 3. Aufl., Frankfurt am Main / New York 1990.

Manuel Kiper/Jeremy Rifkin/Peter Starlinger: Die Unsichtbaren. Krieg mit Genen und Mikroben, Köln 1988.

Reiner Klingholz (Hg.): Die Welt nach Maß. Gentechnik - Geschichte, Chancen und Risiken, Braunschweig 1988 (als Taschenbuch: Reinbek 1990).

Walter Khngmuller (Hg.): Genforschung im Widerstreit, 2.Aufl., Stuttgart 1986 (3. Aufl. in Vorbereitung).

Regine Kollek/Beatrix Tappeser/GünterAltner (Hg.): Die ungeklärten Gefahrenpotentiale der Gentechnologie. Dokumentation eines öffentlichen Fachsymposiums vom 7.-9. März 1986 in Heidelberg, München 1986.

Philippe Kourilsky: Genetik - Gentechnik - Genmanipulation. Riesenmoleküle als Handwerker des Lebens, München 1989.

Barbara Ritzert: Gene, Zellen, Moleküle. Gentechnik - wie sie funktioniert und was sie leisten kann, München 1987.

2. Umorientierung im Naturverhältnis

Clemens Bumchter/Rüdiger Inhetveen/Rudolf Kötter (Hg.): Zum Wandel des Naturverständnisses, Paderborn / München / Wien / Zürich 1987.

Hans-P. Dürr/ Wakher Ch. Zimmerli (Hg.): Geist und Natur. Über den Widerspruch zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und philosophischer Welterfahrung, Bern/München/ Wien 1989.

Jost Herbig/Rainer Hohfeld (Hg.): Die zweite Schöpfung. Geist und Ungeist in der Biologie des 20.Jahrhunderts, München/Wien 1990.

Jörg Kla~oitter/Reiner Kümmel/Gerhard Maier-Rigaud (Hg.): Natur und Industriegesellschaft. Beiträge aus interdisziplinärer Sicht, Berlin/Heidelberg/ New York 1990.

Klaus Michael Meyer-Abich: Wege zum Frieden mit der Natur. Praktische Naturphilosophie für die Umweltpolitik, München / Wien 1984.

Georg Picht: Der Begriff der Natur und seine Geschichte, Stuttgart 1989.

Ilya Prigogine: Vom Sein zum Werden. Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften, 4. Aufl., München/Zürich 1979.

Friedrich Rapp (Hg.): Naturverständnis und Naturbeherrschung. Philosophiegeschichtliche Entwicklung und gegenwärtiger Kontext, München 1981.

Oswald Schwemmer (Hg.): Über Natur. Philosophische Beiträge zum Naturverständnis, Frankfurt am Main 1987.

Carl Friedrich von Weizsäcker: Die Einheit der Natur, München 1971.

ders.: Bewußtseinswandel, München/Wien 1988.

3. Theologische Beiträge zu einem neuen Naturverständnis

Günter Altner: Die große Kollision, Mensch und Natur, Graz/Wien/Köln 1987.

ders. (Hg.): Ökologische Theologie. Perspektiven zur Orientierung, Stuttgart 1989.

Oswald Bayer: Schöpfung als Anrede. Zu einer Hermeneutik der Schöpfung, Tübingen 1986.

Traugott Koch: Das göttliche Gesetz der Natur, Theologische Studien 136, Zürich 1991.

Gerhard Liedke: Im Bauch des Fisches. Ökologische Theologie, Stuttgart 1979.

Christian Link: Die Welt als Gleichnis. Studien zum Problem der natürlichen Theologie, 2. Aufl., München 1982.

ders.: Schöpfung, Handbuch Systematischer Theologie Band 7, Teilband 7/1: Schöpfungstheologie in reformatorischer Tradition, Teilband 7/2: Schöpfungstheologie angesichts der Herausforderungen des 20. Jahrhunderts, Gütersloh 1991.

Jürgen Moltmann: Gott in der Schöpfung. Ökologische Schöpfungslehre, z. Aufl., München 1985.

Gerhard Rau/Adolf Martin Ritter/Hermann Timm (Hg.): Frieden in der Schöpfung. Das Naturverständnis protestantischer Theologie, Gütersloh 1987.

Dorothee Sölle: Lieben und Arbeiten. Eine Theologie der Schöpfung, Stuttgart 1985.

Hermann Timm: Das Weltquadrat. Eine religiöse Kosmologie, 2. Aufl., Gütersloh 1986.

4. Ethische Perspektiven für Technik und Gentechnik

Kurt Bayertz: GenEthik. Probleme der Technisierung menschlicher Fortpflanzung, Reinbek 1987.

Dieter Birnbacher (Hg.): Ökologie und Ethik, Stuttgart 1986.

Wolfgang van den Daele: Mensch nach Maß? Ethische Probleme der Genmanipulation und Gentherapie, München 1985
Ernst Peter Fischer (Hg.): Vom richtigen Umgang mit Genen. Die Debatte um die Gentechnik, München 1991.

Rainer Flöhl (Hg.): Genforschung - Fluch oder Segen? Interdisziplinäre Stellungnahmen, München 1985

Klaus Grosch/Peter Hampe/Joachim Schmidt (Hg.): Herstellung der Natur? Stellungnahmen zum Bericht der Enquete-Kommission »Chancen und Risiken der Gentechnologie«, Frankfurt am Main/New York 1990.

Hans Jonas: Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation, Frankfurt am Main 1979.

ders.: Technik, Medizin und Ethik. Zur Praxis des Prinzips Verantwortung, Frankfurt am Main 1985.

Hans Lenk / Günter Ropohl (Hg.): Technik und Ethik, Stuttgart 1987.

Reinhard Löw/Peter Koslowski/Philipp Kreuzer (Hg.): Fortschritt ohne Maß? Eine Ortsbestimmung der wissenschaftlich technischen Zivilisation, München 1981.

Charles Perrow: Normale Katastrophen. Die unvermeidlichen Risiken der Großtechnik, Frankfurt am Main/New York 1987.

Roland Schaeffer (Hg.): Ist die technisch-wissenschaftliche Zukunft demokratisch beherrschbar? Beiträge zum Kongreß der Heinrich-Böll-Stiftung, Bonn /Frankfurt am Main 1990.

Klaus Steigleder/Dietmar Mieth (Hg.): Ethik in den Wissenschaften. Ariadnefaden im technischen Labyrinth, Tübingen 1990.

Martin Thureau: Gute Argumente: Gentechnologie?, München 1990.

Stephan Wehowsky (Hg.): Schöpfer Mensch? Gen-Technik, Verantwortung und unsere Zukunft, Gütersloh 1985.

5. Beiträge zur ethischen Urteilsbildung im Blick auf die Gentechnik aus der evangelischen Theologie und Kirche

Günter Altner: Leben auf Bestellung? Das gefährliche Dilemma der Gentechnologie, Freiburg/Basel/Wien 1988.

Wolfgang Bender/Uwe Gerber: Die selbstgestrickte Schöpfung. Gentechnologie - was ist sie? was kann sie? was darf sie?, Stuttgart 1990.

Ulrich Eibach: Gentechnik - der Griff nach dem Leben. Eine ethische und theologische Beurteilung, 2. Aufl., Wuppertal 1988.

Jürgen Hübner: Die neue Verantwortung für das Leben. Ethik im Zeitalter von Gentechnologie und Umweltkrise, München 1986.

Hermann Ringeling: Leben im Anspruch der Schöpfung. Beiträge zur Fundamental- und Lebensethik, Freiburg (im Breisgau)/Fribourg (Schweiz) 1988.

Hans-Peter Schreiber: Die Erprobung des Humanen. Ethische Probleme der Fortpflanzungs- und Gentechnologie, Bern/Stuttgart 1987.

Zur Achtung vor dem Leben. Maßstäbe für Gentechnik und Fortpflanzungsmedizin. Kundgebung der Synode der Evangelischen Kirche in Deutschland (Berlin 1987), EKD-Texte 20, Hannover 1987 (hg. v. Kirchenamt der EKD).

Das Leben achten. Maßstäbe für Gentechnik und Fortpflanzungsmedizin. Beiträge aus der Synode der Evangelischen Kirche in Deutschland, GTB 581, Gütersloh 1988.

Gott ist ein Freund des Lebens. Herausforderungen und Aufgaben beim Schutz des Lebens. Gemeinsame Erklärung des Rates der Evangelischen Kirche in Deutschland und der Deutschen Bischofskonferenz, Gütersloh 1989.

"Du hast mich gebildet im Mutterleibe". Biotechnologie als Herausforderung an die Verantwortung des Menschen. Arbeitsergebnisse der Klausurtagung der Bischofskonferenz auf dem Hessenkopf (März 1986), Texte aus der VELKD 32/1986 (hg. v. Lutherischen Kirchenamt der Vereinigten Evangelisch-Lutherischen Kirche Deutschlands).

Das Leben ist eine Gabe Gottes. Stellungnahme der Theologischen Kammer zur Gentechnologie,

DIDASKALIA (Schriftenreihe der Evangelischen Kirche von Kurhessen-Waldeck) Heft 36, Kassel 1990

Otto Schnübbe (Hg. für Kirchliches Kuratorium "*Probleme der Weltentwicklung*"): Embryotransfer und Gentechnologie. Chancen und Gefahren, Vorlagen 48/ 49, 2. Aufl., Hannover 1987.

Evangelische Frauenhilfe im Rheinland e. V. (Hg.): Es werde Mensch. Zur Befruchtungs- und Gentechnik, 1987 (hg. v. der Evangelischen Frauenhilfe im Rheinland, Bonn).

Biotechnologie: Herausforderung an die Kirchen und die Welt. Bericht des Ökumenischen Rates der Kirchen - Einheit "Kirche und Gesellschaft", 1989 (hg. v. Ökumenischen Rat der Kirchen, Genf).

Als Übersicht über Beiträge aus Kirche und Theologie liegen vor:

Hermann Barth: Fortpflanzungsmedizin und Gentechnik als Gegenstand ethischer Urteilsbildung, in: Kirchliches Jahrbuch für die Evangelische Kirche in Deutschland 1986, Lieferung 3, Gütersloh 1989, S. 3-49.

Hartwig von Schubert: Evangelische Ethik und Biotechnologie, Frankfurt am Main 1991.

Anhang

Inhalt

<i>Mitglieder der Arbeitsgruppe</i>	<i>III</i>
Vorwort	1
1. Orientierung über den Sachstand	3
1.1 Grundlagen	3
1.2 Methoden	4
1.2.1 Molekulare Marker- und Megabasentechniken	4
1.2.2 Gentransfer, Transformation	5
1.2.3 Das Klonieren	5
1.3 Anwendungen	6
1.3.1 Molekulare Gendiagnostik	7
1.3.2 Verwendung transgener Pflanzen und Tiere	7
1.3.3 Verbesserung der Tiergesundheit	8
1.3.4 Herstellung leistungsfördernder Substanzen	9
1.3.5 Nachweis von transgenem Material	9
1.4 Probleme	10
2. Zur ethischen Diskussion seit 1991	12
2.1 Wissen und Nichtwissen	12
2.2 Argumente Pro und Contra Gentechnik	12
2.3 Kritik an der Bioethik	14
2.4 Leitlinien	15
3. Kennzeichnung von neuartigen Lebensmitteln (Novel Food)	18
3.1 Warum ist Kennzeichnung ein ethisches Problem?	18
3.2 Die Novel Food-Verordnung	18
3.3 Probleme der Kennzeichnung	20
3.4 Ethische Schlußfolgerungen	21
4. Zur Patentierbarkeit biotechnologischer Erfindungen	22
4.1 Warum ist Patentierung ein ethisches Problem?	22
4.2 Das Patent als geistiges Eigentum	23
4.2.1 Umfang und Grenzen des Eigentums in der gegenwärtigen Rechtsordnung in Deutschland	23
4.2.2 Geistiges Eigentum - Patente	24
4.3 Entdeckung / Erfindung	25
4.3.1 Patentfähige Erfindungen	25
4.3.2 Aspekte der Patentierung.....	27
4.4 Patent auf Leben?	29
4.5 Patentierbarkeit des Menschen?	30
4.6 Gerechtigkeitsaspekte	31
4.6.1 Erfinderischer Aufwand / Belohnung	31
4.6.2 Forschungsförderung und Wettbewerb	31

4.6.3	Welthandel und Dritte Welt	32
4.7	Ethische Schlußfolgerungen	33
5.	Biologische Sicherheit (Biosafety)	35
5.1	Warum ist biologische Sicherheit ein ethisches Problem?	35
5.2	Aspekte von biologischer Sicherheit.....	35
5.3	Das Biosafety-Protokoll und seine Vorgeschichte	37
5.4	Haftungsproblematik und Risikomanagement	38
5.5	Ethische Schlußfolgerungen	39
6.	Zusammenfassung.....	41
7.	Quellen- und Literaturverzeichnis	44
8.	Glossar	47

Mitglieder der Arbeitsgruppe für die Vorbereitung des "Anhangs"

Prof. Dr. Reinhold G. Herrmann (Botanik), München

Prof. Dr. Jürgen Hübner (Biologie, Theologie), Heidelberg

Dr. Gudrun Kordecki (Chemie), Recklinghausen

Dr. Lutz van Raden (Patentrecht), München

Dr. Johannes Schönherr (Biologie), Berlin

Prof. Dr. Hans Günter Ulrich (Theologie), Erlangen

Prof. Dr. Walther Ch. Zimmerli (Philosophie), Marburg (*Vorsitzender*)

OKRin Heidrun Tempel (Recht), Brüssel (*Gast*)

Prof. Dr. Hermann Geldermann (Tierzüchtung), Stuttgart (*Gast*)

OKRin Dr. Renate Knüppel, Hannover (*Geschäftsführerin*)

Vorwort

Die dynamisch verlaufende Entwicklung von Wissenschaft und Technik, insbesondere auch auf dem Gebiet der neuen Biowissenschaften ("life sciences"), vergrößert die Handlungsmacht der Menschen, ohne daß diese immer Gelegenheit und Zeit hätten, darüber in ausreichendem Maße nachzudenken. Dieser Befund hatte den Rat der EKD 1986 dazu bewogen, eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe zu berufen, die sich mit den ethischen Fragen im Zusammenhang der Anwendung der Gentechnik bei Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren befassen sollte. Das Ergebnis der ausführlichen Beratungen dieser Gruppe, 1991 unter dem Titel *Einverständnis mit der Schöpfung. Ein Beitrag zur ethischen Urteilsbildung im Blick auf die Gentechnik* publiziert, hat in weiten Kreisen innerhalb und außerhalb der evangelischen Kirchen ein lebhaftes Echo gefunden und mannigfache Debatten ausgelöst.

Sowohl in den Biowissenschaften selbst als auch in der mit deren Ergebnissen arbeitenden Industrie ist in den inzwischen vergangenen sechs Jahren die Entwicklung stürmisch weitergegangen. Gentechnische Verfahren gehören inzwischen zu den Standardprozeduren, die bis in die Produktion von Medikamenten und Nahrungsmitteln hinein Anwendung finden und mithin auch Gegenstand von Gesetzgebung und internationalen Abkommen werden. Daher hat der Rat der EKD 1996 eine neue, ebenfalls wieder interdisziplinär zusammengesetzte Arbeitsgruppe damit beauftragt, die Schrift *Einverständnis mit der Schöpfung* auf den neuen Stand fortzuschreiben.

Zusätzlich zu den seit 1991 eingetretenen Veränderungen in Wissenschaft, Technik, Recht und Politik galt es dabei auch, den Verschiebungen im gesellschaftlichen wie kirchlichen Ethikdiskurs Rechnung zu tragen. Waren die achtziger Jahre noch stark von grundsätzlichen und fundamentalistischen Pro- und Contradebatten geprägt, die fast immer von "falschen Alternativen" (s.o. S. 49-54) ausgingen, haben sich die Auseinandersetzungen in den neunziger Jahren versachlicht. Statt von allgemeinen Prinzipien und Grundsatzserklärungen sind die Diskussionen nun von einer stärkeren Fallorientierung geprägt. Dabei kann es durchaus geschehen, daß im Lichte der Anwendung das eine oder andere ethische Prinzip präzisiert, verändert oder angepaßt wird. Es ergibt sich so etwas wie eine "hermeneutische Wendung" in der Ethik, auch und gerade in der evangelischen. Zudem kommt es im Zusammenhang der zunehmenden Globalisierung der Anwendung gentechnischer Verfahren auf Mikroorganismen, Pflanzen und Tiere zu einer stärkeren Betonung ethischer Aspekte internationaler Fragen, insbesondere hinsichtlich des Verhältnisses von Nord- und Südhemisphäre.

Die Arbeitsgruppe hat sich daher entschieden, die relevanten ethischen Fragestellungen nicht nach den Anwendungsfeldern Tier, Pflanze und Mikroorganismus aufzuarbeiten. Stattdessen hat sie sich an den Themenfeldern orientiert, die heute - auch im Kontext kirchlicher Gespräche - weltweit im Zentrum der international geführten Debatten stehen. Es sind dies die drei "policy"-Felder der *Kennzeichnung neuartiger Lebensmittel*, der *Patentierung biotechnologischer Erfindungen* und der *biologischen Sicherheit* ("biosafety"). Die Arbeitsgruppe nimmt damit bewußt in Kauf, daß einige aktuelle Themen - wie die Frage der gentechnisch eingeführten Herbizidtoleranz von Nutzpflanzen oder die Klonierung von Schafen durch Übertragung von Zellkernen aus differenzierten Körperzellen (Schaf "Dolly") - nicht eigens hervorgehoben werden. Im übrigen schließt sich die Arbeitsgruppe der Auffassung an, die bereits in der Schrift *Einverständnis mit der Schöpfung* leitend gewesen war: Es geht für einen kirchlichen Diskussionsbeitrag in einer pluralistischen Gesellschaft darum, einen Beitrag zur Klärung der Fragestellung und eine Hilfe zur eigenen Urteilsbildung der Leserinnen und Leser zu geben, es geht nicht um die Verlautbarung eines abschließenden

kirchlichen Urteils. Formal ist die Fortschreibung der Schrift *Einverständnis mit der Schöpfung* so angelegt, daß diese Schrift unverändert zugrundegelegt und ihr ein Anhang beigegeben wird.

Aus den dargelegten Grundsatzertwägungen ergibt sich der Aufbau der vorliegenden Fortschreibung der Schrift *Einverständnis mit der Schöpfung*: **Kapitel 1** orientiert über die wichtigsten Veränderungen im biowissenschaftlichen Sachstand, **Kapitel 2** unternimmt Analoges hinsichtlich der ethischen Diskussion seit 1991. Dabei wird auf die in *Einverständnis mit der Schöpfung* entwickelten Perspektiven und Kriterien stets stillschweigend zurückgegriffen, wo nicht explizit anderes gesagt wird. **Kapitel 3** befaßt sich mit dem "policy"-Feld der Kennzeichnung neuartiger Lebensmittel im Anschluß an die *Novel Food-Verordnung* des Parlaments der Europäischen Union. Das Schwergewicht der Fortschreibung liegt in **Kapitel 4** auf dem Themenfeld der Patentierbarkeit biotechnologischer Erfindungen vor dem Hintergrund der sich im Gesetzgebungsverfahren befindenden *Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen*. Den Abschluß bildet in **Kapitel 5** die Diskussion der biologischen Sicherheit im Zusammenhang mit der gegenwärtig weltweit geführten Diskussion um die *Konvention über Biologische Vielfalt* und besonders der sich daran anschließenden Ausgestaltung eines *Protokolls für biologische Sicherheit (Biosafety Protocol)*. Ein Glossar am Ende des Textes erläutert die wichtigsten Fachausdrücke.

Der Rat der EKD ist der Arbeitsgruppe dankbar, daß sie den Auftrag zügig und mit großem Engagement ausgeführt hat.

Hannover, im Oktober 1997

Landesbischof Dr. Klaus Engelhardt
Vorsitzender des Rates der
Evangelischen Kirche in Deutschland

1. Orientierung über den Sachstand

Die nachstehende Aufarbeitung der biowissenschaftlichen Voraussetzungen knüpft an die "Orientierung über den Sachstand" von 1991 (s.o. S. 15-28) an. Daher werden vordringlich wissenschaftliche und technische Entwicklungen behandelt, die seit 1991 stattgefunden haben.

Um eine bessere Anschlußmöglichkeit für die Behandlung der "policy"-Felder *Kennzeichnung neuartiger Lebensmittel*, *Patentierung biotechnologischer Erfindungen* und *Biologische Sicherheit* zu gewährleisten, wird dieses Kapitel nicht nach Gegenstandsbereichen (Mikroorganismen, Pflanzen und Tiere), sondern nach "Grundlagen", "Methoden", "Anwendungen" und "Probleme" gegliedert.

1.1 Grundlagen

Wie die klassische Biotechnologie zielt auch die Gentechnik, eine zunächst an Mikroorganismen entwickelte, aus der Biochemie am Erbgut, der Molekularbiologie, hervorgegangenen Sparte der Biotechnologie, auf die gerichtete Veränderung und Anwendung lebender Organismen, Organismusteile sowie biogener Wirkstoffe, um bestimmte Leistungen oder Materialien hervorzubringen. Wie diese wird sie daher zur Produktsynthese und -zersetzung, Rohstoffgewinnung, Qualitätsverbesserung sowie zur Lösung pharmazeutischer, medizinischer und agrarischer Probleme eingesetzt. Im Gegensatz zu den *formalen* (klassisch) genetischen Verfahren fußt die Gentechnik auf den *molekularen* Grundlagen des Erbgutes, der DNA. Die Gentechnik gestattet es nun, nicht nur ganze Genome, sondern auch ganz bestimmte Eigenschaften, losgelöst vom Restgenom, zu verwenden und sogar aus einer Spezies in eine andere zu übertragen. Mit ihrer Hilfe, aber nicht nur durch sie allein, lassen sich neben diesem die Artgrenzen überschreitenden Genaustausch auch Beschränkungen für genetische Neukombinationen weitgehend aufheben. Dies ermöglicht es, Organismen mit Fähigkeiten auszustatten, die sie vorher nicht hatten, d.h. vererbare Information zu entwerfen, ohne daß ältere, verwandte Vorläufer vorhanden gewesen sein müssen. Gentechnik erlaubt damit, ingenieurmäßig zu arbeiten. Da sich die Entwicklung dieser Technologie erst in den Anfängen befindet, sind die Perspektiven, die sich daraus ergeben, derzeit nicht in allen Konsequenzen zu überschauen. Sie betreffen nicht nur produzierende Wirtschaftszweige und das Gesundheitswesen, sondern beispielsweise auch den Umweltschutz. Auch bei zurückhaltender Einschätzung darf heute jedoch davon ausgegangen werden, daß die Gentechnik eine markante Wirkung in diesen Bereichen hervorrufen wird.

Der Weg von den Grundlagen der Molekularbiologie zur Anwendung in der Gentechnik war gekoppelt an die Entwicklung leistungsfähiger biochemischer, physikalischer und biophysikalischer Methoden, einschließlich eines hohen Grades an Automatisierung. Im Verlaufe der vergangenen zwei Jahrzehnte wurde eine für alle Organismengruppen weitgehend einheitliche Methodik so weit entwickelt, daß man sich stärker praxisorientierten Problemstellungen zuwenden konnte. Die Handhabung der DNA bereitet heute kaum noch Schwierigkeiten. Dies betrifft ihre Isolation selbst, aber auch die Isolation und Wiedereinführung von definierten - natürlichen oder geänderten - Erbanlagen in andere Organismen. Die Sequenzierung ganzer Genome, das angestrebte Ziel der Genomanalyse, gestattet die Erfassung genetischer Gesamtpotentiale von Organismen. Sie ist Voraussetzung für ihre ganzheitliche funktionelle Analyse. Sequenzen ganzer Genome sind heute in der Größenordnung von bis zu 3 Millionen Bausteinen (Nukleotide) von mehreren Bakterien, aber auch von der Hefe (13,6 Millionen

Nukleotide) bekannt. Unter den zahlreichen Hilfsmitteln, die die molekulare Bearbeitung des Erbgutes ermöglichen, sind vorrangig *Restriktionsenzyme* und *Ligasen* zu nennen, die die DNA im Reagenzglas an definierten, wiederholt vorkommenden Sequenzmotiven zu schneiden und damit gezielt zu zerlegen bzw. geeignete DNA-Stücke zu verknüpfen vermögen. Das entscheidend Neue dabei ist die Möglichkeit, daß DNA-Stücke auch völlig unterschiedlicher Organismen *in vitro* vereint (um- oder rekombiniert) und diese genetischen Informationen wieder in Organismen eingebracht werden können, um gewünschte Eigenschaften hervorzu- bringen.

Mit Hilfe des verfügbaren methodischen Repertoires ist es heute im Prinzip möglich, aus jedem Organismus

- jede beliebige Erbanlage zu isolieren,
- sie rein darzustellen,
- zu charakterisieren,
- gezielt zu zerlegen,
- neue Kombinationen (neukombinierte Nukleinsäuren) zu bilden,
- Nukleinsäure *in vitro* zu mutieren,
- Erbanlagen, auch neukombinierte, wieder in Empfängerorganismen einzubringen (s.u. S. 108) und zwar vererbbar, ggf. in neuer, nicht natürlicher Umgebung (Artbarriere),
- sie dort zu vermehren (molekulare Klonierung, s.u. S. 108f.),
- zur Funktion zu bringen und
- ihre Expression zu analysieren.

1.2 Methoden

Die zahlreichen molekulargenetischen Methoden zur Genomanalyse bieten ein weites Anwendungsspektrum von Mikroben über pflanzliche und tierische Organismen bis in den Humanbereich. Dabei werden gentechnische Verfahren entweder zur Identifizierung von Erbanlagen oder zur Veränderung der bestehenden Genausstattung eingesetzt.

1.2.1 Molekulare Marker- und Megabasentechniken

Bei der molekularen Gendiagnostik werden vorrangig Genome oder Genomteile charakterisiert und auf vorteilhafte wie nachteilige Genvarianten hin analysiert. Durch die Basenfolge der DNA, die DNA-Sequenz, ist bekanntlich die genetische Information eines jeden Organismus festgelegt. Diese Basenfolge ist nicht nur verschieden zwischen Angehörigen verschiedener Arten, sondern in der Regel auch zwischen Individuen der gleichen Art. Gentechnische Verfahren sind in der Lage, solche minimalen Unterschiede nachzuweisen. Man spricht auch vom "genetic fingerprinting", also einer Art Fingerabdruck im Genom eines Individuums. Zu diesen Verfahren gehört die Analyse des Restriktionsfragment-Längenpolymorphismus (RFLP). Es ist inzwischen ein Routineverfahren bei Untersuchungen von genetischen Fragestellungen bei Pflanzen, Tieren und Menschen. Es kann aber auch zur Identifizierung von Bakterien eingesetzt werden. Die Methode beruht auf der Eigenschaft der Restriktionsenzyme, die DNA eines Gesamtgenoms in eine große Anzahl definierter Stücke zu zerlegen. Die lokal im Genom verschiedener Individuen vorkommenden Sequenzveränderungen verändern die Schnittstellen von Restriktionsenzymen und damit die DNA-Fragmentgröße.

Da diese Fragmentvarianz vererbbar ist, kann sie in einem Kreuzungsexperiment im Genom kartiert und mit einer Erbanlage genetisch gekoppelt werden. Von den meisten Nutzorganis-

men existieren bereits hochauflösende Markerkarten, d.h. Marker für praktisch jeden Bereich eines Genoms. Die Markertechnik dient weiterhin zur Lokalisation von Genen in Genomen und zu deren Isolation. Mit ihrer Hilfe wurde es erstmals auch möglich, komplexe Entwicklungsprozesse in einzelne Gene zu zerlegen und ihr jeweiliges Ausmaß auf die Ausprägung eines Merkmals, sogar in Abhängigkeit von Umweltbedingungen zu erfassen ("quantitative trait loci": QTL-Analyse). Dieses Verfahren spielt bei der Untersuchung leistungswichtiger Merkmale bei Pflanzen und Tieren eine ausschlaggebende Rolle. Die molekulare Markertechnik zeichnet sich durch eine außerordentlich hohe Verlässlichkeit aus.

Im Verlaufe des letzten Jahrzehnts wurden weitere Verfahren wie die sog. Megabasentechniken entwickelt, durch die sehr große, mechanisch allerdings sehr fragile DNA-Stücke (bis zu einer Million Nukleotide und mehr) handhabbar wurden und die daher umfassenden Zugang selbst zu den größten und daher am schwierigsten zugänglichen Genomen höherer Organismen gewähren. Sie bilden eine wesentliche Voraussetzung für eine umfassende molekulare Analyse von Genomen, für deren Sequenzierung, Bestimmung des Gesamtgehalts und komplexe Expressionsmuster.

1.2.2 Gentransfer, Transformation

Als 'Gentransfer' wird die Übertragung von *in vitro* rekombinierter DNA in Zellen bezeichnet. Auf diese Weise wird erreicht, daß Zellen bzw. Individuen das "Transgen" (meist) in erblicher Form enthalten.

Es gibt mittlerweile ein recht umfangreiches Repertoire an Methoden, Gene in Organismen zu übertragen und Organismen damit gentechnisch zu verändern, d.h. zu transformieren. Gängig sind Verfahren, die die Aufnahme der DNA durch Störung der Hüllmembranen der Zellen entweder aufgrund von Salzbehandlung, Behandlung mit fettartigen Stoffen oder Depolarisation im elektrischen Feld ermöglichen, aber auch Verfahren, durch die DNA-Stücke (Gene) über Mikroinjektion mit feinen Glaskapillaren direkt in die Zellen gebracht bzw. durch mit DNA beladenen Gold- oder Wolframpartikeln in die Zellen eingeschossen werden ("particle gun"-Technik). Eine Transformation kann mit oder ohne Vektor durchgeführt werden. Als 'Vektor' bezeichnet man ein DNA-Stück (Plasmid oder Teil eines Virus), das im "Wirt" mit Hilfe von dessen Enzymen für seine eigene Vermehrung (Replikation) sorgt. Ein Vektor kann mit üblicher Technik mit einem zu transferierenden DNA-Stück (Gen) verknüpft und sozusagen als "Lokomotive" für den Gentransfer benutzt werden. Ein Transgen kann entweder in das Genom des Wirtes integriert werden oder als separates Element (z.B. Plasmid) vorliegen.

1.2.3 Das Klonieren

Der Begriff des Klonierens oder Klonens wird in der Biologie auf zweierlei Weise gebraucht. Man unterscheidet das molekulare Klonieren vom Klonieren von Organismen. Unter einem 'Klon' versteht man in beiden Fällen genetisch identische Produkte, im ersten Fall ein genetisch identisches DNA-Molekül, im zweiten einen genomidentischen, d.h. erbgleichen Organismus. Bei Mikroorganismen, Pflanzen und einigen Tieren ist eine Klonierung als vegetative, d.h. ungeschlechtliche Vermehrung möglich. Höhere Pflanzen besitzen die Fähigkeit, aus einem abgetrennten Gewebeteil oder selbst aus einer einzelnen Körperzelle wieder einen ganzen Organismus zu regenerieren. Zellen oder Gewebeteile, die sich zu einem intakten Organismus entwickeln können, werden *toti*- oder *omnipotent* genannt.

Bei der Klonierung von Säugetieren handelt es sich um ein zellbiologisches Verfahren. Bei der Methode des Embryonensplittings (s.o. S. 25) gelingt es, Embryonen bis zum 32-Zell-Stadium zu teilen und so identische Tiere zu erzeugen. Darüber hinaus kann auch eine Kerntransplantation durchgeführt werden. Hierbei werden aus Embryonen der Größe bis etwa zum 32-Zell-Stadium mikrochirurgisch einzelne Zellen entnommen und deren Kerne in Eizellen eingebracht. Aufsehen erregte Anfang 1997 der Bericht über die Übertragung eines Zellkerns aus einer Euterzelle eines Schafes in eine entkernte Eizelle eines anderen Schafes, aus der sich "Schaf Dolly" entwickelte. Bisher war man davon ausgegangen, daß ausdifferenzierte Körperzellen nicht in totipotente Zellen umgewandelt werden können. Sollte dies mit Hilfe dieser neuen Methode möglich werden, so böte eine Kombination aus Kerntransplantation und der gentechnischen Veränderung von Säugetieren neue Perspektiven für die Herstellung transgener Tiere.

Klone sind wegen ihrer Reinerbigkeit von großer Bedeutung für die Grundlagenforschung und die Pflanzenzüchtung. Während bei Pflanzen die technischen Voraussetzungen für eine praktische Anwendung ausreichen, sind bei Tieren noch weitere methodische Entwicklungen erforderlich.

1.3 Anwendungen

Nachfolgend werden wichtige Anwendungsgebiete gentechnischer Verfahren genannt. Dabei wird auf die Darstellung der mit der Anwendung solcher Verfahren stets verbundenen Probleme an dieser Stelle verzichtet. Auf diese wird in dem Abschnitt 1.4 sowie in den Kapiteln 3, 4 und 5 eingegangen.

1.3.1 Molekulare Gendiagnostik

Der Besitz einer individuellen DNA-Sequenz kennzeichnet einen Mikroorganismus, ein Tier oder eine Pflanze und erlaubt deren Unterscheidung gegenüber anderen Individuen. Daher können die auf Fragmentvarianz beruhenden Markertechniken mittlerweile in großem Maßstab als diagnostisches Mittel in Züchtung, Medizin und im Lebensmittelsektor genutzt werden. So ist z.B. eine Kontrolle der unzulässigen Verwendung von rechtlich geschützten Mikroorganismen oder Pflanzen möglich. Im Bereich der Tierzucht gestattet die Genomcharakterisierung (z.B. "genetic fingerprinting") eine Prüfung der Rassen- und Artzugehörigkeit sowie z.B. die Kontrolle eines Viehdiebstahls.

Für Schweine kann eine Genvariante in der DNA nachgewiesen werden, die sehr verbreitet war und als Defekt bei den betroffenen Tieren maßgeblich zur Streßempfindlichkeit und zu Fleischqualitätsmängeln führt. Analog dazu ließ sich der zunächst symptomlose Befall von Kartoffelsaatgut mit Viren erfassen und die Durchseuchung beheben.

Marker dienen in der Lebensmittelüberwachung als Nachweis dafür, von welchen Tierarten die Rohstoffe in den angebotenen Wurstwaren stammen oder welche Pflanzen in Lebensmitteln oder Drogen verarbeitet worden waren. Bei Menschen können Markertechniken ebenfalls eingesetzt werden, z.B. Verwandtschaftsanalyse und forensische Medizin.

1.3.2 Verwendung transgener Pflanzen und Tiere

Bei Pflanzen liegen die Eingriffe überwiegend bei Herbizidresistenzen (s.o. S. 24f.); weiterhin erfolgt der Einbau von Resistenzgenen gegen Schaderreger (Viren, Bakterien und Pilze) und Fraßschädlinge. Relevante Gene werden aus natürlichen Quellen gewonnen. Als solche Quelle kann die Wildart, eine Variante, Linie oder Rasse des gleichen Organismus, dienen, aber auch ein artfremder Organismus, dessen zu übertragende Erbanlage dann der neuen genetischen Umgebung (gentechnisch) angepaßt werden muß.

Erforscht werden außerdem Möglichkeiten zur Erzielung einer besseren Qualität (Reifezeitpunkt, Stabilität, Stoß- oder Druckfestigkeit).

Bei der sog. "Flavr Savr"-Tomate wurde gentechnisch ein Gen blockiert, dessen Genprodukt für den Abbau der Zellwände und damit für das Weichwerden der Früchte verantwortlich ist. Die Tomaten sollen länger am Strauch reifen und daher ein besseres Aroma besitzen. Die Tomate wurde 1994 in den USA zum Verzehr freigegeben, konnte sich jedoch am Markt nicht durchsetzen.

Noch im Bereich der Grundlagenforschung befindet sich die mögliche Anpassung von Pflanzen an Umwelteinflüsse (z.B. Trockenheit und Kälte). Ein weiteres mögliches Anwendungsfeld stellt die Produktion nachwachsender Rohstoffe mit Hilfe transgener Pflanzen dar.

Beispiele, die Pflanze als "Bioreaktor" zu nutzen, finden sich in "maßgeschneiderten" Inhaltsstoffen mit einer geänderten Fettzusammensetzung beim sog. Industrieraps, in Kartoffelsorten mit genetisch kontrolliert unterschiedlicher Stärkezusammensetzung für die verarbeitende Industrie oder in der Verbesserung der Reserveproteine von Getreiden und Leguminosen.

Das Beispiel einer transgenen Sojabohne, in die ein Gen für ein Protein aus der Paranuß eingefügt wurde, das Allergien auslöste, illustriert, daß selbst auf den ersten Blick unbedenklich erscheinende Produkte von Transgenen zu erheblichen Auswirkungen führen können. Auch ein anderes Beispiel belegt die Notwendigkeit eingehender Untersuchungen und Risikoanalysen hinsichtlich der Auswirkungen auf Gesundheit, Natur und Umwelt, vollends wenn es an Erfahrungswissen mangelt. Bei der Herstellung von Tryptophan für medizinische Zwecke wurde das mikrobiologische Produktionsverfahren auf einen gentechnisch veränderten Organismus umgestellt. Dies führte zwar zu höherer Tryptophanausbeute, aber auch zur Anreicherung geringer Mengen an Verunreinigung mit gravierenden Auswirkungen auf die Gesundheit der Patienten.

Transgene Tiere finden hauptsächlich in der medizinischen Grundlagenforschung Anwendung (z.B. Krankheitsmodelle, s.o. S. 26f.). Forschungen zur Erzeugung transgener Nutztiere konzentrieren sich auf drei Hauptbereiche: die Erhöhung der Produktivität durch Wachstumsbeschleunigung und/oder effektivere Futterverwertung, die Stabilisierung der Tiergesundheit durch zusätzliche Resistenzgene und die Gewinnung pharmazeutisch wirksamer Proteine über die Milch transgener Tiere. Letzteres wird auch als 'Gene-', 'Molecular-' oder 'Drug-Pharming' bezeichnet und ist am weitesten fortgeschritten.

So befinden sich der menschliche Blutfaktor Antithrombin III aus der Milch transgener Ziegen und der Stoff alpha-1-Antitrypsin aus der Milch von Schafen in verschiedenen Stufen der medizinischen Prüfung.

Ein Beispiel transgener Tiere für den Einsatz in der Humanmedizin sind Schweine mit menschlichen Genen, die es ermöglichen sollen, daß Organe von Schweinen auf Menschen übertragen werden können. Diese sog. Xenotransplantation befindet sich noch im Stadium der Grundlagenforschung. Neben den Problemen, die das komplexe Immunsystem des Menschen darstellt, sind die Risiken einer Krankheitsübertragung vom Tier auf den Menschen noch nicht genügend erforscht.

1.3.3 Verbesserung der Tiergesundheit

Tierkrankheiten können für Bevölkerungsgruppen, die im wesentlichen von der Viehhaltung leben, wirtschaftliche Härten bedeuten. Sie verursachen aber auch Schmerzen und Leiden für die Tiere. Daneben besteht ein Risiko für die menschliche Gesundheit, wenn Krankheiten von Tieren auf Menschen übertragbar sind, tierische Produkte mit krankmachenden Organismen oder Viren behaftet sind sowie Rückstände aus der Krankheitsbehandlung oder den Krankheitsprozessen vorkommen. Die Bovine Spongiforme Enzephalopathie (BSE) liefert ein gutes Beispiel für die unvorhersehbaren Gefahren. Biotechnische Verfahren werden sowohl bei der Bekämpfung von Tierkrankheiten als auch zur Überwachung der Tiergesundheit eingesetzt.

Bei der Produktion von Diagnostika, wie hochspezifischen Antikörpern und DNA-Sonden, spielt der sichere und differenzierte Nachweis kleinster Mengen infizierenden Materials in den betroffenen Tieren oder deren Ausscheidungen eine entscheidende Rolle. Derartige hochempfindliche Verfahren können vor allem mit den neuen Methoden der Gentechnik bereitgestellt werden, wie bereits viele Beispiele im Tierbereich beweisen. So gewinnt die Analyse der Nukleinsäure-Sequenzen von Viren für den Nachweis von Seuchen eine zentrale Bedeutung.

Ein weiterer Bereich für den Einsatz biotechnischer Methoden besteht in der Herstellung neuer Impfstoffe für die Krankheitsvorbeugung.

Gentechnisch ist es möglich, sehr gezielt wirksame Untereinheiten der krankmachenden Mikroben für die Herstellung von Impfstoffen zu verwenden, die zwar die Immunabwehr der Tiere stärken, aber nicht mehr krankmachend sind. Ein erster Untereinheiten-Impfstoff wurde in Deutschland 1993 gegen die Aujeszzkische Krankheit beim Schwein in den Verkehr gebracht.

Inzwischen gibt es mehrere gentechnisch hergestellte Impfstoffe zur Bekämpfung von Tierkrankheiten. Dazu gehören auch die neuartigen Möglichkeiten der Biotechnologie, Impfstoffe mit gezielter Wirkung gegen Infektionsstadien von Parasiten herstellen zu können. Weitere Entwicklungen betreffen die Injektion von DNA-Fragmenten, die dann im Tier zur Expression von Proteinen der krankmachenden Organismen führen und auf diese Weise eine Immunisierung bewirken (Gen- oder DNA-Immunisierung).

Ein dritter Anwendungsbereich der Gentechnik für die Tiergesundheit ist die gentechnische Veränderung von Mikroorganismen zur Herstellung therapeutischer Wirkstoffe.

So ist zu erwarten, daß zusätzliche Antibiotika gegen Bakterien entwickelt werden. Beispielsweise gelang es mit gentechnischen Verfahren bereits, wirksame Mittel zur Behandlung äußerer und innerer Parasiten bei Haustieren zu erzeugen. Zur Behandlung der Kälberruhr stehen spezifische Antikörper zur Verfügung, und man arbeitet mit ähnlichen Mitteln gegen Milchdrüsenenerkrankungen bei Rindern.

1.3.4 Herstellung leistungsfördernder Substanzen

Außerhalb des Tierkörpers hergestellte "Leistungsförderer" umfassen sehr verschiedene Substanzen wie Hormone und Antibiotika. Ein Beispiel dafür ist das Wachstumshormon, das in gentechnisch veränderten Mikroorganismen hergestellt wird. Nach Verabreichung an Nutztiere sollen u.a. die Milchleistung und Schlachtkörperzusammensetzung verbessert werden. Behandlungen mit gentechnisch hergestelltem Rinderwachstumshormon, dem bovinen Somatotropin (bST), führten bei einigen Kühen zu erhöhter Milchleistung. Es traten aber auch vermehrte Gesundheitsprobleme, insbesondere Eutererkrankungen, auf. Der Einsatz von bovinem Somatotropin ist in Westeuropa bisher nicht erlaubt.

Die Ausgaben für Futtermittel sind ein wesentlicher Kostenfaktor für die Erzeugung tierischer Produkte. Daher gewinnt die Biotechnologie für die Erstellung von Futterzusätzen wie

Vitaminen, Enzymen und Aminosäuren an Bedeutung. Auch die Mikroorganismen des Magen-Darm-Kanals sind im Zusammenhang mit der Tierernährung ein wichtiges Ziel biotechnischer Forschungen geworden.

So werden die Mikroorganismen des Pansens eingehend mit dem Ziel untersucht, Bakterien mit günstigen Genen für die Aminosäuresynthese, eine reduzierte Methanproduktion sowie eine verbesserte Stickstoffoxidierung auszustatten. Eine weitere Möglichkeit zur Beeinflussung der Verdauungstätigkeit könnte der Zusatz von speziell ausgewählten, lebensfähigen Mikroben darstellen, um den Anteil erwünschter Mikroorganismen im Magen-Darm-Kanal zu vergrößern.

1.3.5 Nachweis von transgenem Material

Alle Nachweise, ob gentechnisch erzeugtes oder verändertes Material verwendet wurde, fußen auf dem Unterschied, der aus dem gentechnischen (molekularbiologischen) Eingriff resultiert. Sie werden entweder (a) direkt am Erbgut (der DNA) selbst geführt oder (b) an dessen Produkten (Protein, Stoffwechselprodukte, Eigenschaften). Die Verfahren besitzen im allgemeinen hohe Sensitivität, doch sind sie auch anfällig. Für den direkten Nachweis von Transgenen beruhen sie auf der sog. PCR-Reaktion ("polymerase chain reaction": Polymerase-Kettenreaktion), durch die eine Zielsequenz (der geänderte Bereich im Erbgut) im Reagenzglas mit Hilfe von einfach herzustellenden Startermolekülen für die Kettenreaktion (sog. "primern") vervielfältigt wird. Die PCR-Technik kann mit dem Schlagwort einer leistungsfähigen "Kopiermaschine für Gene" charakterisiert werden. Im zweiten, seltener benutzten Fall werden vornehmlich serologische, andere biochemische, chromatographische oder elektrophoretische Verfahren eingesetzt. In der Praxis gibt es wenig Alternativen zum PCR-Verfahren. Es wird heute schon im Lebensmittelsektor vielfältig und außerordentlich erfolgreich verwendet, beispielsweise um verunreinigende pathogene Mikroorganismen (Bakterien, Pilze) oder gezielt verwendete Mikroben (z.B. Milchsäurebakterien in Rohwurst oder Hefen in Bierrückständen) in Produkten nachzuweisen. Voraussetzung für den Nachweis ist jedoch, daß das Transgen bzw. dessen Produkt(e) im zu untersuchenden Präparat noch in ausreichender Qualität vorhanden ist.

Nach heutiger Kenntnis läßt sich in Rohstoffen - wie etwa bei der "Antimatsch-Tomate" ("Flavr Savr") und der gegen Kartoffelkäfer resistent gemachten Kartoffel - oder wenig behandelten Lebens- und Futtermitteln (Reis, Mais, Soja, Rohsäfte, kalt gepresste Öle wie Sojalecithin, Maische, Trebe oder andere Preßrückstände) die Verwendung transgenen Materials meist gut nachweisen, sofern nicht durch die Gewebezerkleinerung (Mazerierung, Breiherstellung etc.) materialeigene Enzyme freigesetzt oder nicht-materialeigene Enzyme (z.B. Nukleasen, Proteasen) zugesetzt werden, die die DNA bzw. das Produkt eines Transgens zerstören. Vor allem bei pflanzlichem Material sind darüber hinaus noch mögliche Einflüsse durch zelluläre Inhaltsstoffe (organische Säuren, Aroma-, Gerb- und andere Hemmstoffe etc.) zu beachten, falls sie durch eine Veränderung des Milieus die enzymatische PCR-Reaktion nachteilig beeinflussen. Solche Stoffe können u.U. erst während der Lebensmittelherstellung angereichert werden. Analoges gilt für Lebensmittelzusätze. In hochraffinierten Produkten hingegen (z.B. heiß gepressten Ölen) oder Chymosin im Käse versagen die Verfahren häufig, da dort das Erbgut ganz zerstört sein kann. Die Verwendung von gentechnisch modifiziertem Material ist dann nicht mehr nachweisbar, und auch eine Positivkennzeichnung wird schwierig oder unmöglich. Generell gilt: Je reiner ein Produkt ist, desto schwieriger kann sich die Analyse gestalten. Bei einer auf ein *Genprodukt* bezogenen Analyse gelingt der Nachweis selbst im Rohmaterial in der Regel nicht, wenn das Produkt des Transgens im verwendeten Zielgewebe nicht synthetisiert wird, wenn z.B. das Transgen durch gewebespezifische Steuer-

elemente (Promotoren) dort nicht exprimiert wird (beim Raps etwa ein Herbizidresistenzgen im Blatt, nicht aber im genutzten Samen).

1.4 Probleme

Der erhebliche Zuwachs an Leistungen in der Pflanzenzüchtung beruht im wesentlichen auf Hochertragssorten, die allerdings nur bei technisierten Formen der Landwirtschaft, d.h. bei intensiver Bewirtschaftung und standardisierten Bedingungen, Spitzenerträge bringen. Bei der großflächigen Anwendung von Chemikalien (z.B. Herbiziden oder Insektiziden) ist nicht nur die Wirkung des Primärprodukts, sondern auch die Möglichkeit, daß durch den Abbau in der Pflanze oder durch Mikroorganismen im Boden oder in Gewässern in großem Maßstab Produkte mit unerwünschten Nebenwirkungen gebildet werden, zu berücksichtigen. Solche Produkte können allergieauslösendes, hormonähnliches, toxisches und krebserregendes Potential mit Auswirkung auf den Menschen und Biotope besitzen. Häufig verstreichen dabei längere Zeiträume, bis etwaige Auswirkungen erkennbar werden. Ob die Züchtung transgener Pflanzensorten sich als ökonomischer Vorteil erweist, wird heute auch von der Industrie zurückhaltender beurteilt: So dauert die Entwicklung einer Sorte ähnlich lang wie die Züchtung konventioneller Hochleistungssorten und ist zudem erheblich teurer als erwartet.

Nachdem die ersten insektenresistenten Pflanzen großflächig angebaut worden waren, zeigten sich bereits erste Anzeichen für eine Überwindung der eingebauten Resistenzen. Auch fand eine Übertragung der Herbizidresistenz von Raps auf verwandte Wildpflanzen statt. Ein erster Fall einer Rückrufaktion für gentechnisch verändertes Saatgut wurde bekannt: Limagrain Canada hatte Saatgut ausgeliefert, in das ein falsches Gen eingebaut war. Saatgut für eine Fläche von etwa 250.000 Hektar war betroffen.

Während die Herstellung transgener Pflanzen inzwischen recht gut gelingt, ist die Erzeugung transgener Tiere mit zahlreichen Problemen behaftet. Sie ist sehr arbeits-, zeit- und kostenintensiv. Die Erfolgsquote ist sehr gering, die transgenen Merkmale werden häufig nicht weitervererbt. Die Genregulation ist unzureichend erforscht und wird noch nicht ausreichend beherrscht.

Die Einführung fremder Wachstumshormone bei Schweinen und Fischen führte zu einem erhöhten Wachstum. Allerdings war die Gesundheit der transgenen Tiere häufig beeinträchtigt.

In der Tierzucht lassen sich Leistungssteigerungen, Kostensenkungen oder neue Produkte nicht beliebig und nicht gleichmäßig erzielen. Dies gilt auch beim Einsatz biotechnischer Verfahren, wobei die begrenzenden Bedingungen auf dem Niveau der Individuen von denen in Rassen zu unterscheiden sind. So bildet das Genom, d.h. die Gesamtheit der Erbanlagen eines Tieres, in sich ein komplexes biologisches System, für dessen Informationswert und Reaktionsmöglichkeiten sehr viele DNA-Sequenzen wichtig sind. Bedingt hierdurch stehen Merkmale eines Individuums miteinander in komplexer Wechselwirkung. Diese Wechselwirkungen können sich bei Nutztieren mit zunehmender Leistungshöhe verstärken und schließlich kombinierte Züchtungsziele begrenzen. Daraus folgt, daß sich bei gleichmäßiger Selektion die weitere Steigerung bislang berücksichtigter Selektionsmerkmale von Generation zu Generation im allgemeinen abschwächt. Gleichzeitig kommt es zu ungünstigen Auswirkungen auf Anpassungsfähigkeit, Gesundheit und Fruchtbarkeit der Tiere. Solche "züchterischen Nebeneffekte" sind auch zu beachten, wenn beispielsweise durch gentechnische Verfahren einzelne vorteilhafte Gene in eine Population eingeführt oder in der Frequenz stark verändert werden.

Die Erbanlagen bei den verschiedenen Tieren einer Rasse bilden einen gemeinsamen Genpool. Ein solcher Genpool verfügt in der Regel über ein hohes Maß an Heterogenität und Anpassungsfähigkeit. Dadurch besitzen Tierrassen die Möglichkeit, sich auf züchterische Einwirkungen hin ändern zu können - auch in Verbindung mit neu eingeführten Genvarianten. Das Ausmaß der Änderungsmöglichkeiten hängt in starkem Maße von der Vielfalt an Genen im Genpool ab und diese wiederum von der Zahl der Tiere in einer Rasse. Der Einsatz vieler biotechnischer Verfahren wie der künstlichen Besamung oder der In-vitro-Fertilisation bewirkt jedoch eine verringerte Zahl an Zuchttieren, die sich an der Nachkommenproduktion beteiligen. Dadurch entstehen auf Dauer genetisch zunehmend gleichförmiger werdende Rassen, in denen ein konstanter züchterischer Aufwand zu abnehmenden Selektionserfolgen führen wird. Ein solcher Verlust an genetischer Vielfalt bezieht sich nicht nur auf die genetische Änderung bestehender Rassen, sondern auch auf die Abnahme der Rassenzahl, z.B. durch Zusammenfassung und Vereinheitlichung ehemals getrennter Rassen. Da bei der Herstellung transgener Tiere lediglich einzelne Gene hinzugefügt werden, nimmt die Vielfalt der Gene noch schneller ab. Eine breite Anwendung der neuen Klonierungstechniken in der Tierzucht würde diesen Effekt noch verstärken.

Ein großes Problem ist, daß sich die genannten nachteiligen Auswirkungen einer intensiven Tierzucht erst nach längerer Zeit zeigen. Zweckentsprechende Maßnahmen, die bekannt sind, wirken jedoch nur bei rechtzeitigem Einsatz und erfordern überbetriebliche Aufwendungen sowie angepaßte rechtliche Schutzbestimmungen.

Besondere Probleme werfen die gentechnischen Neuerungen dadurch auf, daß sie in qualitativ neuer Weise auf Tiere einwirken. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der Beeinflussung von Säugetieren, die eine enge genetische Verwandtschaft zu den Menschen aufweisen. Hieran läßt sich ablesen, daß in jedem einzelnen Fall eine sorgfältige Abwägung von Chancen und Risiken, Nutzen und Kosten erforderlich ist. Dabei sind zu berücksichtigen, zu gewichten und in ihrer Verknüpfung gegeneinander abzuwägen:

- die Belange der Tiere (Gesichtspunkte des Tierschutzes, Leidensfähigkeit der Tiere etc.);
- die Belange des Schutzes genetischer Vielfalt hinsichtlich von Rassen;
- die Belange der Umwelt wie Ressourcenverbrauch (Umweltschutz) und ökologische Risiken (Umweltsicherheit) und
- die Belange der Menschen, z.B. Sicherung der menschlichen Bedürfnisse wie Nahrung, Kleidung und Wohlergehen.

In die Abschätzung dieser Folgen fließen neben ökonomischen und ökologischen auch ästhetische, vordringlich aber *ethische* Bewertungen ein.

2 Zur ethischen Diskussion seit 1991

2.1 Wissen und Nichtwissen

Das Wissen um die molekularbiologischen Grundlagen des Lebens hat sich in den letzten Jahren erheblich vermehrt. Das methodische Vorgehen der Naturwissenschaft erweist sich in dieser Hinsicht als außerordentlich erfolgreich. Das gilt zunächst für die Analyse der physiologischen Abläufe in der Entwicklung jedes einzelnen Organismus und für seine Fortpflanzung; wir verstehen dadurch aber auch immer besser, welche Regelkreise und Mechanismen im Zusammenleben von Pflanzen, Tieren und Menschen eine Rolle spielen. Je mehr Einzelheiten man kennt, desto mehr stellen sich zusätzliche Fragen. Der Problemhorizont erweitert sich. Jede Einzelerkenntnis muß in einen größeren Zusammenhang eingeordnet werden, dessen Wahrnehmung einer Fülle weiterer Untersuchungen bedarf. Es gehört zur Logik naturwissenschaftlicher Forschung, daß sich auf jedem Niveau eines erreichten Wissensstandes eine ganze Palette von neuen Fragen ergibt, die gelöst werden müssen. Man kann geradezu von einer auseinandergehenden Schere, von einer Asymmetrie von Wissen und Nichtwissen, zumal gewußtem, sprechen.

Bei der praktischen Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse muß dies jeweils sorgfältig bedacht werden. Der gewünschte positive Nutzen kann durch negative Nebenwirkungen in Frage gestellt werden. Das gilt für ökologische, ökonomische, soziale und politische Auswirkungen, die sich aus dem Einsatz von Naturwissenschaft und Technik ergeben. Je mehr man weiß und je mehr man von diesem Wissen technisch umsetzen kann, desto unabweisbarer wird die Verantwortung der Menschen, die mit diesem Wissen leben und damit umgehen müssen. Zusammenhänge, von denen man bislang nichts weiß und die deshalb nicht berücksichtigt werden können, haben u.U. gravierende Folgen, für die Verantwortung trägt, wer sie billigend in Kauf nimmt. Die Asymmetrie zwischen Wissen und Nichtwissen wird hier unmittelbar ethisch relevant.

Die Kluft zwischen Wissen und Nichtwissen hat sich auch in anderer Hinsicht vergrößert: Die Spezialisierung schreitet immer schneller fort, und die allgemeine Bildung reicht nicht aus, dem zu folgen. Selbst innerhalb der Wissenschaft werden in den verschiedenen Disziplinen unterschiedliche Fachsprachen verwendet; die Verständigung zwischen den einzelnen Fachgebieten wird entsprechend erschwert. Die interdisziplinäre Vernetzung mit Hilfe der Informations- und Kommunikationstechnologie ermöglicht zwar im Prinzip jeder Person den Zugang zu den verfügbar gemachten Informationen, erfordert aber zur Umsetzung in eigenes Wissen immer höhere Kompetenz in den entsprechenden Fachgebieten.

2.2 Argumente Pro und Contra Gentechnik

In der Diskussion um die Gentechnik zeigt sich diese Situation in Polarisierungen, sowohl in den verwendeten Argumentationsmustern als auch in der gesellschaftlichen Praxis. Die Positionen *Pro* und *Contra Gentechnik* stehen einander oft in der Form nur stilisierter Alternativen gegenüber, obwohl auf beiden Seiten gute und zutreffende Gesichtspunkte und Argumente ins Spiel gebracht werden. Die Zeit drängt in der Sicht beider Seiten: einmal, um den Anschluß an die internationale Entwicklung nicht zu versäumen, zum anderen, um von eben dieser Entwicklung nicht überrollt zu werden. Daher bleibt wenig Spielraum für einen Diskurs, der sowohl die objektiven Fakten vermittelt und zur Kenntnis nimmt, als auch existentielle, psychische und emotionale Faktoren ernst nimmt und berücksichtigt. Abschottung und einseitig ausgerichtete professionelle Werbung einerseits und plakative Aktionen engagierter

Gruppen andererseits können die Folge sein. Bestrebungen, aufeinander zuzugehen und die Gesichtspunkte der anderen Seite aufzunehmen, werden oft als Versuche von Vereinnahmungen kritisiert.

- *Pro Gentechnik* wird das übergreifende menschliche Interesse an der Erforschung der Natur angeführt. Die moderne Biotechnologie und die Gentechnik haben sich folgerichtig aus der Naturwissenschaft entwickelt. Angesichts der höchst bedrohlichen Zunahme der Weltbevölkerung - leben 1997 bereits rund 6 Milliarden Menschen auf der Erde, werden es nach gegenwärtigen Hochrechnungen im Jahr 2040 11,5 Milliarden sein - müßten alle Möglichkeiten für das Überleben der Menschheit genutzt werden. Gewiß könne die Gentechnik das Welternährungsproblem nicht oder nicht allein lösen. Es wäre aber eine Unterlassung, auf hier mögliche Optionen von vornherein zu verzichten. Aus der Humanmedizin und der Entwicklung neuer Pharmazeutika sei die Gentechnik ohnehin nicht mehr wegzudenken. Auch im internationalen ökonomischen Wettbewerb nehme die Biotechnologie einen hervorragenden Platz ein. Daher müsse man sich an der Weiterentwicklung der Gentechnik beteiligen, wenn man nicht ins wirtschaftliche Abseits geraten wolle.

Als theologisch-ethische Legitimation für jede Art der Beherrschung und Nutzung der Natur wird dabei vornehmlich der erste biblische Schöpfungsbericht (1. Mose 1,28) herangezogen, aus dem herausgelesen wird: Macht euch die Erde untertan, herrscht über die übrige Kreatur!

- *Contra Gentechnik* wird geltend gemacht: Die naturwissenschaftliche Methode könne immer nur einen Aspekt des Lebens wahrnehmen; die eigentümliche Qualität allen Lebens habe aber "ganzheitlichen" Charakter. Technische Eingriffe in die Natur "zerstückelten" die gewachsenen Lebenszusammenhänge oder störten sie zumindest. In der extrem kurzen Zeit von wenigen Jahren erfolgten Eingriffe in Zusammenhänge, die sich in Millionen von Jahren entwickelt haben. Nachhaltige Lebensentwicklung sei auch in Zukunft nur im Rahmen der "natürlichen" Evolution des Lebens denkbar. Innerhalb dieser Evolution komme Tieren und Pflanzen ein Eigenrecht gegenüber den Menschen zu, darüber hinaus gelte für sie die Heiligkeit des Lebens. Entgegen einer bloßen Ausbeutungs-, Nutzen- und Verbrauchsmentalität könne nur ein Naturverständnis, das Ehrfurcht vor den Mitgeschöpfen einschließe, auch mittel- und langfristig und für die kommenden Generationen Lebensqualität erhalten. Beginne man mit einem harmlos scheinenden Eingriff, z.B. mit dem Einsatz der Gentechnik bei Petunien oder Tabak und deren Freisetzung, sei eine abschüssige Bahn betreten, auf der es dann kein Halten mehr gebe. Die Überschreitung der gewachsenen Artgrenzen durch die Gentechnik komme einem Dammbruch gleich, der nur durch eine "Heuristik der Furcht" (Hans Jonas) in Grenzen gehalten werden könne.

Zur theologisch-ethischen Begründung wird hier vornehmlich der zweite Schöpfungsbericht (1. Mose 2) herangezogen: Aufgabe des Menschen sei es, den Garten, in den ihn Gott gesetzt hat, zu bebauen und zu bewahren.

Die Argumente *Pro* und *Contra Gentechnik* liegen vielfach auf unterschiedlichen Ebenen und treffen deshalb einander und die jeweiligen Gegnerinnen und Gegner nicht. So beziehen sich die Gesichtspunkte der Gegner nur auf ein einseitiges Verständnis der Gentechnik bei den Befürwortern, das die naturwissenschaftliche Denkweise verabsolutiert und andere Dimensionen des Lebens nicht wahrnimmt. Andererseits muß eingeräumt werden, daß Naturwissenschaft innerhalb ihrer methodischen Vorgaben bleiben muß, wenn sie sinnvoll arbeiten will. Hieran kann man sehen, daß ein reines *Pro* und ein reines *Contra* in der Tat eine falsche Alternative wäre. Auch die beiden Schöpfungsberichte am Anfang der Bibel dürfen nicht gegeneinander ausgespielt werden. Sie ergänzen sich. Die Bewahrung der Natur ist mit der Wahr-

nehmung des Auftrags zu herrschen verbunden. Dies gelingt freilich nur, solange Gott aus Gnade die Schöpfung erhält. Herrschaft über die Natur wird - biblisch gesehen - treuhänderisch bestimmt und schließt die Verpflichtung zur Fürsorge ein.

Handelt es sich um unterschiedliche Ebenen, auf denen die konkurrierenden Gesichtspunkte entwickelt und die gegenläufigen Argumente artikuliert werden, dann ist eine Beilegung auf argumentativem Wege nicht möglich. Es wäre ein Mißverständnis anzunehmen, daß ein Kompromiß in der politischen Auseinandersetzung - und sei es auch in Form erfolgter Gesetzgebung - ausreiche. Die rechtlichen Regelungen, selbst wenn sie für unser Handeln verbindlich sind, müssen durch den ständigen wissenschaftlichen Diskurs revidierbar bleiben. Darüber hinaus sind moralisch motivierte Auseinandersetzungen über grundlegende Fragen des Lebensverständnisses und der Verantwortung für das Leben fortzuführen.

2.3 Kritik an der Bioethik

Die Kontroverse, um die es hier geht, wird auch im Bereich der Ethik selbst ausgetragen. Auch hier gibt es eine Polarisierung. Sie stellt sich in Form einer einseitig rationalistischen Fortführung oder ebenso einseitigen Kritik der Bioethik dar. Unter 'Bioethik' kann eine Richtung verstanden werden, die im Sinne einer klassischen Güter- und Wertelehre auch für den Umgang mit dem Leben universalisierbare, weltanschauungsunabhängige rationale Argumentationsmuster zu entwickeln beansprucht. Aus der Sicht einer primär ganzheitlich orientierten Denkweise wird ihr Konformismus mit den Interessen von naturwissenschaftlicher Forschung und ihrer industriellen Anwendung vorgeworfen: Ethik werde dann zwar zur Absicherung gegen erkennbare Gefahren eingesetzt, die von vornherein technologisch und kommerziell ausgerichtete Entwicklung selbst werde aber nicht mehr in Frage gestellt. Ethik könne so nur noch der Akzeptanzbeschaffung dienen. Sie komme damit prinzipiell immer schon zu spät. Demgegenüber sei grundlegend nicht von einer anwendungs- und nutzenorientierten Rationalität, sondern einer Orientierung am Leben selbst und seiner Geschichte in Natur und Kultur auszugehen. Naturwissenschaft und Technik seien von Anfang an umweltschonend und lebensfreundlich weiterzuentwickeln und einzusetzen. Lebensorientierter Vorzug gebühre der Vorzug gegenüber technologieorientierter Regulierung des Machbaren. Bei dieser Auseinandersetzung ist festzuhalten: Es gilt ebenso, den Herausforderungen der Menschheitsentwicklung auf der Erde rational zu entsprechen, wie rationalisierungs- und technologisierungsbedingter Naturzerstörung zu wehren. So müssen einerseits die rationalisierbaren Zusammenhänge der Natur und des kulturellen Umgangs mit ihr reflektiert werden, andererseits muß die elementare Beziehungswirklichkeit des Lebens zur Geltung gebracht werden. Beides ist aufeinander abzustimmen.

2.4 Leitlinien

Dabei ist an einige Kernsätze zu erinnern, die - christlich gesprochen - zum Einverständnis mit der Schöpfung gehören (s.o. S. 55ff.). Gott will, "daß nicht nur der Mensch sei; darum darf der Mensch die Natur nicht auf ein menschliches Maß reduzieren und ihr in ihren verschiedenen Lebensformen nicht jeden eigenen Sinn und Wert nehmen" (S. 61). So gilt es, ein nur auf den Menschen bezogenes, technizistisches Naturverständnis zu überwinden und ein teilnehmendes Zusammenleben in und mit der Natur zu gewinnen. Im einzelnen sind dabei folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- ***Autonomie***

Den handelnden Menschen ist es eigen, daß sie sich zu ihrem Handeln - im Guten wie im Bösen - selbst bestimmen können. Das bedeutet Verantwortung für die Schöpfung. Auf die Wahrnehmung dieser Verantwortung ist daher vorrangig zu achten.

- ***Die Welt gut sein lassen***

Das zu konstatierende Umdenken im Blick auf das Verhältnis der Menschen zur Natur hat zur Folge, daß sie sich zunehmend als deren integrierter und integrierender Teil zu verstehen lernen müssen. Daraus ergibt sich die Mahnung, in das Ganze der Natur nur behutsam einzugreifen. Alles in der Natur hat seinen Sinn, ist in sich selbst sinnvoll. Dies lehrt auch die christliche Vorstellung von der guten Schöpfung.

- ***Abschätzung der Folgen***

Aus diesem neuen Verhältnis zur Natur und der Autonomie der Menschen ergibt sich die moralische Forderung, die Folgen, die das eigene Handeln haben könnten, bei der Handlungsentscheidung selbst zu berücksichtigen. Dies gilt in verstärktem Maße dort, wo die Eingriffstiefe des Handelns durch neue technische Möglichkeiten erheblich gesteigert wird.

- ***Bewertung der Risiken und Abwägen von Kosten und Nutzen***

Da freies Handeln die Möglichkeit zum Guten wie zum Bösen einschließt, sind insbesondere die möglichen Gefahren in den Blick zu nehmen (Hans Jonas: "Vorrang der schlechten Prognose"). Das bedeutet unter Bedingungen einer Risikogesellschaft, daß die möglichen Schäden mit ihrer Eintretenswahrscheinlichkeit in Beziehung zu setzen, die erwarteten Kosten gegen den möglichen Nutzen zu gewichten sind.

- ***Einbeziehung von Alternativen***

Die autonome menschliche Handlungsvernunft wird nicht selten dadurch in die Irre geführt, daß sie an einmal eingenommenen Perspektiven festhält und mögliche Alternativen nicht in den Blick nimmt. Daher gilt es gerade in biotechnischen und landwirtschaftlichen Fragen, nicht nur die beabsichtigte Handlung, sondern stets auch die als möglich erscheinenden Alternativen in der Bewertung zu berücksichtigen.

- ***Gerechtigkeit***

Gerechtigkeit gehört zu den grundlegenden Prinzipien der Ethik, zumal in der jüdisch-christlichen Tradition. Gegenwärtig wird Gerechtigkeit als ein Begriff verstanden, der ein System von Verträglichkeiten bezeichnet: Handlungen müssen in ihren Folgen für die Mitmenschen, die außermenschliche Natur, die Wirtschaft und die internationalen Kooperationspartner verträglich sein. Dabei kommt der Perspektive der Nachhaltigkeit eine besondere Bedeutung zu.

- **Tier- und Pflanzengerechtigkeit**

Speziell beim menschlichen Handeln in biologischen und biotechnischen Zusammenhängen muß der "Respekt vor dem Gegebenen" (S. 74) so verstanden werden, daß auf das Eigenrecht, den Eigenwert und die Lebensqualität der Mitgeschöpfe zu achten ist. Daraus folgt nicht zuletzt die allgemeine Verpflichtung, im Umgang mit den Mitgeschöpfen deren je eigenen Gegebenheiten zu entsprechen. Das hat neben der Forderung nach einer tiergerechten Haltung u.a. zur Konsequenz, daß hinsichtlich der züchterischen Veränderung von Pflanzen und Tieren deren jeweilige Lebensansprüche zu berücksichtigen sind. Bedrohte Wildsorten, -rassen und -arten müssen geschützt werden.

- **Biodiversität**

Die hiermit zusammenhängende Forderung nach Bewahrung der Artenvielfalt hat neuerdings erheblich an Bedeutsamkeit und Gewicht gewonnen; sie wird insbesondere in dem weiteren Zusammenhang des internationalen Schutzes von "Biodiversität" diskutiert. Der heutige Bestand von Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren ist im Laufe der großen Zeiträume der Evolution des Lebens auf der Erde entstanden. Seit Auftreten des Menschen sind menschliche Kultur und Zivilisation in diesen Prozeß eingebunden. Bäuerinnen und Bauern haben seit Jahrhunderten Pflanzensorten entwickelt, die den Lebensbedürfnissen der jeweiligen Bevölkerung entsprechen und den speziellen regionalen Besonderheiten angepaßt sind. Die auch dadurch noch einmal erweiterte Vielfalt der Natur ist die physische Basis des Lebens der Menschheit. Das gilt dann auch für die weitergehende wirtschaftliche Nutzung im Bereich der Biotechnologie, insbesondere der Gentechnik.

Durch die explosive Zunahme der Weltbevölkerung und das damit verbundene Welternährungsproblem entsteht der Zwang zu immer effektiverer Nutzung der natürlichen Ressourcen. Die zunehmende Besiedelung der Erde zerstört die natürlichen Lebensräume, die Intensivierung der Landwirtschaft bevorzugt auf Kosten anderer Arten hochspezialisierte Nutzpflanzen und -tiere, die möglichst hohe Erträge bringen. Alle Monokulturen sind jedoch in hohem Maße z.B. durch Klimaschwankungen, Krankheiten und Freßfeinde, aber auch durch Naturkatastrophen oder kriegsrische Konflikte gefährdet. Ein ökologisches Gleichgewicht, das die weitere Nutzung ermöglicht, kann aber nur wiederhergestellt werden, wenn die natürlichen Gegebenheiten dafür vorhanden sind. Und das ist der genetische Reichtum der Rassen und Arten.

Um diesen Reichtum zur Vorsorge für das Überleben der Menschheit zu bewahren, ist z.B. die Erhaltung und Einrichtung von Biosphärenreservaten unverzichtbar. Genbanken können nur kurzfristige Notlösungen sein: Zur Bewahrung der Lebensfähigkeit ist langfristig die Einbindung in den biosphärischen Lebensprozeß, der sich ständig weiterentwickelt, notwendig.

Für die Entwicklungsländer ist es besonders wichtig, ihre eigenen natürlichen Lebensbedingungen zu erhalten. Die Artenvielfalt ihrer Fauna und Flora ist bereits dramatisch zurückgegangen. Die genetische Vielfalt stellt aber heute auch für die biotechnologische Nutzung ein erhebliches Kapital dar. Unüberschaubar ist mittlerweile die Zahl derer, die in tropischen Wäldern und an Meeresküsten neue Wirkstoffe für Arzneien, Farbstoffe oder Öle zu finden hoffen. Dabei interessieren weniger die Substanzen, als vielmehr die Gene in den Pflanzen, Pilzen und Mikroben, die als Bauanleitung für die industrielle Produktion dienen können. Gegen die einseitige Ausbeutung des genetischen Reichtums durch die Industrienationen muß ein gerechter Ausgleich geschaffen werden. Von neuem sind hier der Respekt vor dem Gegebenen, die Solidarität mit den Mitgeschöpfen sowie deren Eigenwert und Eigenrecht zu nennen (s.o. S. 74-78). Auch

ästhetische Momente sind anzuführen: Die vielfältige Schönheit der Natur gehört elementar zur Qualität gerade auch des menschlichen Lebens.

Allen Menschen ist daran gelegen, an der Fülle der Lebensmöglichkeiten auf der Erde teilzuhaben. Das ist nur möglich, wenn sie auch zu teilen lernen. Teilhabe und Teilen gehören zusammen. Damit der Mensch auf der Erde leben kann, bedarf er der Mitgeschöpfe, die ihrerseits in immer größerem Maßstab von ihm abhängig sind. Menschen und Tiere waren nicht nur in Noahs Arche gewissermaßen im gleichen Boot aufeinander angewiesen, sie brauchen ebenso einander - zusammen mit den Pflanzen und der übrigen Natur - in dem viel größeren Rahmen der gegenwärtigen globalen Weltentwicklung mit ihren Krisenerscheinungen. In biblischer Sicht ist der Mensch dazu berufen und verpflichtet, den Gesamtzusammenhang der Natur, dem er selbst zugehört, zu achten und ihm zu entsprechen. Sein eigenes Überleben und seine eigene Lebensqualität hängen mit davon ab, wie er mit der übrigen Natur umgeht, und das ist wiederum davon abhängig, wie er sie einschätzt: Ausbeutungsobjekt oder Gottes Gabe, zur umsichtigen Nutzung angeboten - hier fallen grundlegende Entscheidungen, die ethisch und damit für das Leben in der Welt unmittelbar relevant sind.

3. Kennzeichnung neuartiger Lebensmittel (Novel Food)

3.1 Warum ist Kennzeichnung ein ethisches Problem?

In den vergangenen Jahren hat sich die Diskussion um die Verantwortbarkeit gentechnischer Eingriffe von der Ebene der Grundsatzdebatten stärker auf diejenige konkreter Einzelfragen verlagert. Zu diesen gehört die Kennzeichnung genetisch veränderter Lebensmittel. Warum aber wird diese eigentlich zu einem ethischen Problem?

Bei der Beantwortung dieser Frage lassen sich drei Aspekte unterscheiden: die potentielle Gefährdung der Verbraucherinnen und Verbraucher, deren Selbstbestimmungsrecht (Autonomie) und die rechtliche Regelung (*Novel Food-Verordnung*) im Verhältnis zu den an sie anzulegenden ethischen Maßstäben.

- a) Seit ihrer Entstehung in den sechziger Jahren beabsichtigt die Verbraucherbewegung mit ihren Forderungen nach Kennzeichnung von Lebensmitteln hinsichtlich der Inhalts- und Zusatzstoffe eine Verbesserung des Schutzes der Verbraucherinnen und Verbraucher vor möglichen gesundheitlichen Schädigungen. Wie in allen anderen Bereichen menschlichen Handelns und zumal in denjenigen der Anwendung neuer Technologien gilt auch für genetisch veränderte Lebensmittel als erste ethische Forderung, das menschliche Leben und die menschliche Gesundheit zu fördern und zu schützen. Gesundheitsrelevante Inhalts- und Zusatzstoffe müssen daher als solche kenntlich gemacht werden.
- b) Hiermit hängt eng die Forderung zusammen, die Autonomie der Verbraucherinnen und Verbraucher zu achten und zu schützen. Eine selbständige verantwortliche Entscheidung kann letztlich aber nur treffen, wer hinreichend informiert ist. Das läßt sich z.B. klarerweise an dem inzwischen unbestrittenen Recht der Vegetarierinnen und Vegetarier erkennen, nicht gegen ihren Willen (und ohne ihr Wissen) zum Verzehr tierischer Erzeugnisse gezwungen werden zu dürfen. Analoges gilt für Personen, die aus ökologischen, politischen, religiösen oder anderweitigen Gründen Entscheidungen für oder gegen den Kauf von Nahrungsmitteln treffen. - Im übrigen läßt sich vermutlich auch ein moralisches Recht der Anbieterinnen und Anbieter konstruieren, mit der Kennzeichnung der von ihnen angebotenen Lebensmittel für diese zu werben.
- c) An die am 27. Januar 1997 verabschiedete *Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten (Novel Food-Verordnung)* lassen sich mithin sowohl die genannten Fragen des Schutzes vor gesundheitlichen Schädigungen und des Schutzes der Autonomie der Verbraucherinnen und Verbraucher als auch die Frage nach den mit der faktischen Durchführung der für die Kennzeichnung vorausgesetzten Nachweisverfahren sowie die nach der Reichweite der Kennzeichnungspflicht richten.

3.2 Die Novel Food-Verordnung

Die *Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten* sieht eine Kennzeichnungspflicht für derartige Lebensmittel und Lebensmittelzutaten vor. Als 'neuartig' gelten nach Art. 1.2 Lebensmittel und Lebensmittelzutaten, die in der Europäischen Gemeinschaft bisher noch nicht in nennenswertem Umfang für den menschlichen Verzehr verwandt wurden. Hierzu gehören insbesondere gentechnisch veränderte Lebensmittel und -zutaten. Nicht in den Geltungsbereich dieser

Verordnung fallen Lebensmittelzusatzstoffe und Aromen zur Verwendung in Lebensmitteln. Der Nachweis der Neuartigkeit geschieht "durch eine wissenschaftliche Beurteilung auf der Grundlage einer angemessenen Analyse der vorhandenen Daten".

Die Kennzeichnung muß u.a. die "Merkmale oder Eigenschaften, sowie das Verfahren, mit dem sie erzielt wurden, angeben". Dazu gehört auch die Auskunft über "vorhandene genetisch veränderte Organismen". Die Verordnung sieht damit eine positive Kennzeichnung vor. Zugleich soll es möglich sein, Lebensmittel, die nicht "neuartig" sind, entsprechend zu kennzeichnen (vgl. *Novel Food-Verordnung*, Erwägungsgrund 10).

Derzeit wird eine dreistufige Praxis für die Kennzeichnung von gentechnisch verändertem Material geübt. Die Kennzeichnung ist gebunden an die gesetzliche Zulassung eines Materials, an vorgeschaltete Verfahren, die dessen Unbedenklichkeit für Mensch und Umwelt attestieren, und die Pflicht zur eigentlichen Kennzeichnung, wenn wissenschaftlich ein Unterschied zu konventionellen Lebensmitteln besteht und nachgewiesen werden kann. Nach diesem Modus müßte eine nur relativ geringe Anzahl von Produkten deklariert werden, da gentechnisch hergestelltes Material, das sich von herkömmlichem Material nicht unterscheiden läßt, von der Regelung ausgenommen ist. Der Test dazu betrifft gleichermaßen das Transgen wie dessen Produkt (s.o. S. 114ff.) Er wird am *Endprodukt* durchgeführt.

Nach der *Novel Food-Verordnung* ist ein Handelsprodukt daher kennzeichnungspflichtig,

- wenn es direkt aus gentechnisch verändertem Material besteht oder hergestellt wird (Tomaten, Tomatenmark etc.),
- wenn sein Nährwert durch das gentechnisch veränderte Material beeinflusst wird oder
- wenn Komponenten, die durch die gentechnische Veränderung entstehen, nachweisbar sind.

In der *Novel Food-Verordnung* bisher allerdings nicht festgelegt sind:

- a) bis zu welcher Verarbeitungsstufe eine Kennzeichnung durchzuführen ist, wenn gentechnisch hergestellte Rohstoffe verwendet werden, und
- b) auf welche Weise eine Kennzeichnung erfolgen soll.

Eine alles umfassende durchgängige Kennzeichnung, etwa mit dem Etikett "Gentechnik" ist nicht sinnvoll, da sie wenig aufschlußreich ist. Für die Beurteilungs- und Kennzeichnungssicherheit wäre (in strittigen Fällen) daher eine produktbegleitende Analyse und nicht nur eine Analyse des Endprodukts wünschenswert. Zweckmäßig mag eine Kombination von verfahrens- und produktspezifischer Kennzeichnung sein, z.B. in der Zutatenliste, die sich in Grenzfällen an bisherigem Recht orientiert, wie es beispielsweise für bestrahlte Zutaten gilt. Diese sind bei einem Anteil von weniger als 1 % nicht kennzeichnungspflichtig.

Als Alternative zu der von der *Novel Food-Verordnung* vorgeschriebenen Kennzeichnungspraxis wird auch die Möglichkeit diskutiert, gentechnik-freie Nahrung durch ein rechtlich geschütztes Emblem zu kennzeichnen. Sie setzte allerdings voraus, daß das Fehlen gentechnisch beeinflusster Zusätze garantiert werden kann. Da davon auszugehen ist, daß in Ländern, die Gentechnik gezielt einsetzen, bald ein erheblicher Anteil der wichtigsten Grundnahrungsmittel gentechnisch verändert sein wird - nicht zuletzt, da einige Rohstoffe (z.B. Getreide und Soja) sich als Zusätze in einer großen Anzahl (ca. 20.000 bis 30.000) von Lebensmitteln finden -, entsteht absehbar die Schwierigkeit, gentechnik-freie Nahrungsmittel zu produzieren.

3.3 Probleme der Kennzeichnung

Die Kennzeichnung gentechnisch veränderter Lebensmittel ist streng genommen nur sinnvoll, wenn die an ihnen vorgenommene gentechnische Veränderung auch überprüfbar ist. Am *Endprodukt* ist dies jedoch nicht immer möglich. Angesichts der Substanzvielfalt und der sehr unterschiedlichen Nutzung transgenen Materials gibt es bislang (und wohl auch in absehbarer Zukunft) kein einheitliches Nachweisverfahren und daher auch kein allgemein einsetzbares, einheitliches Kontrollverfahren. Darüber hinaus sind verfügbare Tests vielfach noch nicht routinemäßig etabliert, ja derzeit existieren für viele Fälle noch nicht einmal in wünschenswertem Umfang systematische Untersuchungen über die Durchführbarkeit solcher Tests (z.B. für den Nachweis der Verwendung gentechnisch veränderten Materials im Glucosesirup aus Maisstärke).

In *Rohstoffen oder wenig verarbeiteten Lebens- und Futtermitteln* ist der Nachweis eines Transgens in der Regel gut möglich und damit läßt sich auch eine Kennzeichnung relativ einfach durchführen (s.o. S. 114ff). Gentechnisch veränderte Produkte werden jedoch nur in seltenen Fällen *direkt* für den Verzehr, als Nahrungs- oder Genußmittel, sondern in erheblichem Maße als Zusätze für die Lebensmittelherstellung verarbeitet. Solch *stark verarbeitete Lebensmittel*, die gentechnisch modifiziertes Material enthalten, schaffen im allgemeinen Probleme für einen Nachweis, da dort das Erbgut chemisch oder physikalisch weitgehend verändert oder gar zerstört sein kann. In solchen Fällen wäre eine produktionsbegleitende Analyse zweckmäßig, vollends wenn qualitative Veränderungen der Zusammensetzung vorliegen. Schwierig ist ein Nachweisverfahren schließlich auch dann, wenn sich Lebensmittel aus verschiedenartigen Zutaten und Zusatzstoffen in stark unterschiedlichen Mengen zusammensetzen.

Zusammengenommen bedeutet dies, daß die Verschiedenartigkeit der gentechnischen Eingriffe sowie die Verschiedenheit der Verwendung transgenen Materials eine erhebliche Grauzone für die Kennzeichnung schaffen. Die Forderung nach einer umfassenden und lückenlosen Kennzeichnung stößt daher in der Praxis auf Grenzen. Es bleibt weiterhin erforderlich, nach Alternativen und Kompromissen zu suchen.

Ein hier zu behandelndes Problem ergibt sich daraus, daß die Zusammensetzung und Eigenschaft der Lebensmittel mit wissenschaftlichen Mitteln nachgewiesen sein muß. Wo verläuft die Grenze der wissenschaftlichen Nachweisbarkeit der neuartigen Lebensmittelzutaten? Wie kann transparent gemacht werden, daß es hier eine Grenze gibt? Es ist zu fragen, ob es nicht eine moralische Pflicht gibt, die verwendeten gentechnisch veränderten Zutaten auch anzugeben, wenn sie im Produkt nicht wissenschaftlich nachweisbar sind.

Eine hiermit ebenfalls angesprochene Frage ist, inwiefern (auch im Sinne der Verordnung) Verbraucherinnen und Verbraucher über das Produktionsverfahren informiert werden sollten, bei dem möglicherweise gentechnisch veränderte Zusatzstoffe bei der Produktion eingesetzt werden, die beim Produkt selbst aber nicht mehr nachgewiesen werden können. Und noch einen Schritt weiter geht die Forderung, daß der ganze Produktionsweg unabhängig davon, was am Ende im Produkt enthalten ist, kenntlich zu machen ist, das Produkt also nicht in seiner Endstufe, sondern von seinem Ursprung her zu kennzeichnen sei. Dies würde eine weitergehende Unterscheidung von "neuartigen" und "herkömmlichen" Produkten bedeuten.

Auch Futtermittel sollten gekennzeichnet werden, um Landwirtinnen und Landwirten ebenfalls eine Informations- und Entscheidungsmöglichkeit zu eröffnen. Es ist daher zu begrüßen, daß die Europäische Kommission anstrebt, zukünftig bereits bei der Genehmigung auf Inverkehrbringung gentechnisch veränderter Organismen eine Kennzeichnungspflicht einzuführen.

3.4 Ethische Schlußfolgerungen

- Das generelle Ziel der Kennzeichnung sollte sein, Verbraucherinnen und Verbraucher so zu informieren, daß sie sich entscheiden können, ob sie das betreffende Produkt kaufen wollen oder nicht, auch wenn sie selbst die Überprüfung der Qualität (durch Geschmack, Aussehen etc.) oder gar der Produktionsbedingungen nur sehr begrenzt nachvollziehen können. Es soll ihnen möglich sein, sich aufgrund der Information im Vergleich mit herkömmlichen Lebensmitteln zu entscheiden. Dem sucht die Verordnung im Prinzip zu entsprechen.
- Verbraucherinnen und Verbraucher sollen durch die Information in die Lage gesetzt werden, die Qualität ("Zusammensetzung, Nährwert oder nutritive Wirkungen, Verwendungszweck des Lebensmittels" - *Novel Food-Verordnung*, Artikel 8) des betreffenden Lebensmittels als für sie akzeptabel oder nicht akzeptabel beurteilen zu können. Die Kennzeichnung soll ihnen ermöglichen, nicht nur die Folgen für ihre Gesundheit (z.B. Allergien), sondern auch ökonomische, ökologische und schöpfungsethische Konsequenzen in die Abschätzung einbeziehen zu können.
- Darüber hinaus soll die Kennzeichnung Verbraucherinnen und Verbraucher informieren, wenn sie es mit einem gegenüber "konventionellen" Lebensmitteln "neuartigen" Produkt zu tun haben. Anders als es die Verordnung vorsieht, sollten die Verbraucherinnen und Verbraucher nicht nur über die Neuartigkeit des Produkts, sondern auch über die Methoden seiner Herstellung informiert werden, auch wenn sie selbst (beim Verbrauch) keinen Unterschied gegenüber herkömmlichen Lebensmitteln feststellen können. Sie haben ein Recht darauf zu wissen, was sie essen - verglichen mit dem derzeitigen Wissensstand über "konventionelle" Lebensmittel. Deshalb weist die Verordnung ausdrücklich auf die Möglichkeit hin, Lebensmittel als "nicht neuartig" zu kennzeichnen (vgl. *Novel Food-Verordnung*, Erwägungsgrund 10).
- Die Verordnung fordert auch die Kennzeichnung derjenigen "vorhandenen Stoffe, die in bestehenden *gleichwertigen* Lebensmitteln nicht vorhanden sind und gegen die ethische Vorbehalte bestehen" (*Novel Food-Verordnung*, Artikel 8 c). Es bleibt möglich, daß im Sinne der Verordnung wiederum genetisch veränderte Organismen unter diese Stoffe fallen. Zu begrüßen ist aber, daß die erwähnten "ethischen Bedenken" nicht definiert sind. Die verabschiedete Verordnung geht damit über die Empfehlung der Beratergruppe für ethische Fragen der Biotechnologie bei der Europäischen Kommission vom 5. Mai 1995 hinaus, die sich darauf beschränkt, die Auswahl von Lebensmitteln beispielsweise nach kulturellen oder religiösen Erwägungen durch zusätzliche Informationen über Datenbanken oder Informationsnetze außerhalb der Kennzeichnung des betreffenden gentechnisch veränderten Produkts zu ermöglichen.

4. Zur Patentierbarkeit biotechnologischer Erfindungen

4.1 Warum ist Patentierung ein ethisches Problem?

Seit dem Ende der 80er Jahre ist eine lebhaft Diskussions über die Patentierung von Genen und lebender Materie einschließlich Lebewesen im Gange. Dabei handelt es sich nur zum Teil um juristische Fragen; ein gewichtiger Teil der Debatte befaßt sich mit ethischen Problemen, und zwar aus einem doppelten Grunde: Zum einen löst die Patentierung von Genen und Lebewesen ethische Bedenken sowohl grundsätzlicher Art als auch bezüglich der Abwägung möglicher Folgen aus. Zum anderen enthalten die gesetzlichen Bestimmungen selbst einen Vorbehalt der Moralverträglichkeit:

So hält Art. 53a des Europäischen Patentübereinkommens (EPÜ) fest, daß europäische Patente nicht erteilt werden für "Erfindungen, deren Veröffentlichung oder Verwertung gegen die öffentliche Ordnung oder die guten Sitten verstoßen würde". Eine entsprechende Regelung ist in Artikel 6 des geänderten Vorschlags für eine *Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen* enthalten.

Die sich hier zeigenden Fronten in der Debatte, die 1991 erst in Umrissen erahnt werden konnten (s.o. S. 34f.), konzentrieren sich vordringlich entlang der folgenden Fragen:

- a) Ein grundsätzlicher Gesichtspunkt ist die Würde oder auch Heiligkeit des Lebens ("sanctity of life"). Dabei gilt es, zwei Aspekte zu unterscheiden:
 - Gene und lebende Materie und ohnehin ganze Lebewesen sind Elemente der Schöpfung Gottes und als solche Teile des Erbes der Menschheit. An ihnen kann also höchstens Gott ein Eigentumsrecht geltend machen, nicht aber ein Mensch. Entspringt es dann nicht menschlicher Hybris und widerspricht es nicht der Idee eines "Erbes der Menschheit", wenn in Form von Patenten trotzdem Eigentumsrechte an Genen und lebender Materie geltend gemacht werden?
 - Gene, lebende Materie und ohnehin ganze Lebewesen als Elemente der Schöpfung sind bereits vorhanden und können daher höchstens *entdeckt*, nicht aber *erfunden* werden, wie dies bei der Patentierung beansprucht wird.
- b) Stärker auf eine Abwägung der Folgen richten sich andere Fragen, die vordringlich um drei Gesichtspunkte kreisen:
 - Welches wären die Konsequenzen einer weitgehenden Patentierung von Genen und lebendem Material für die Weiterentwicklung von Wissenschaft und Forschung? Würde sich nicht eine starke Forschungs- und Entwicklungsbehinderung derjenigen, die keine Patente halten, durch die Patentinhaberinnen und -inhaber ergeben?
 - Wie würde sich die Patentierung auf die Verteilung der Verfügungsmacht über Gene und lebende Materie einschließlich von ganzen Lebewesen auswirken? Ist nicht eine starke Monopolisierung und ungerechte Verteilung der technischen Entwicklungen zu befürchten, die u.U. den Menschen auch wichtige Entwicklungen vorenthält?
 - Welche Auswirkungen hätte eine Intensivierung der Patentierung auf diesem Gebiet für die Spannungen zwischen Nord- und Südhemisphäre? Ist nicht zu befürchten, daß die reichen Länder noch reicher und die armen noch ärmer werden, da jene die Patente für z.B. leistungsfähigere Nutzpflanzen halten, die diese für die Ernährung der in ihnen ungleich schneller wachsenden Bevölkerung benötigen?

4.2 Das Patent als geistiges Eigentum

Die Patentierung von Genen und lebender Materie hat eine grundsätzliche Kontroverse ausgelöst. Sie zielt auf die Frage: Können die Kriterien für eine Patentierung (neue, gewerblich anwendbare Erfindung auf einem Gebiet der Technik) auf den Bereich der Lebewesen ausgedehnt werden mit der Folge einer Eigentumsbegründung und dem Recht, andere von der Verwertung der der Patenterteilung zugrunde liegenden Erfindung auszuschließen? Hier wird ein Konflikt erkennbar mit dem Gedanken des Eigenwerts und Eigenrechts der Natur, der damit zentral im Spannungsverhältnis von Moral, Recht und Markt steht. Das Patentrecht ist international sehr unterschiedlich geregelt. Im Gegensatz zu einer teilweise eher restriktiven Patenterteilung in Deutschland und Europa werden in den Vereinigten Staaten Patente in weitem Umfang auf Erfindungen erteilt. Diese Konflikte kennzeichnen die derzeitigen Bemühungen um rechtliche Regelungen des Patentrechts im Bereich der Biotechnologie auf der Ebene der Europäischen Union, bei multilateralen Handelsabkommen sowie Konventionen von UN-Organisationen.

4.2.1 Umfang und Grenzen des Eigentums in der gegenwärtigen Rechtsordnung in Deutschland

Der Eigentumsbegriff des Grundgesetzes hat in den vergangenen Jahrzehnten eine tiefgreifende Entwicklung erfahren, die durch Ausdehnung und, damit verbunden, durch einen immer weiter greifenden Schutzbereich der verfassungsrechtlichen Eigentumsgarantie gekennzeichnet ist. In der Weiterentwicklung eines auf römisch-rechtlichen Vorstellungen beruhenden Eigentumsbegriffs des ausgehenden 19. Jahrhunderts, der lediglich Sachen, d.h. körperlich fest umrissene Gegenstände und Immobilien umfaßte und sich am agrarisch bzw. handwerklich geprägten Wirtschaftsmodell orientierte, ist der Schutz des Eigentums heute auf alle vermögenswerten Rechte erstreckt. Damit sind die dinglichen Rechte, ebenso wie Rechte an schöpferischen Leistungen wie Urheberrechte und Patente von der Eigentumsgarantie umfaßt.

Das Eigentum vermittelt das umfassendste Recht an einer Sache. Es schließt die Abgrenzung gegenüber dem Zugriff Dritter notwendigerweise ein. Umgekehrt bedeutet dies, daß an allem, was nicht abgrenzbar ist, etwa weil es unbegrenzt zur Verfügung steht oder weil es sich der tatsächlichen Beherrschbarkeit entzieht, kein Eigentumsrecht begründet werden kann.

Das Eigentum erstreckt sich so weit, wie es beherrschbar ist - bei Grundstücken auch in gewissem Umfang über und unter die Oberfläche des Areals. Zur Dimension des Eigentums gehört auch das Recht des Gebrauchmachens ebenso wie die zeitliche Dimension in Form der Weitergabe durch das Erbrecht, durch welches das Eigentum über die Person des Eigentümers hinaus perpetuiert wird.

Gleichwohl gilt das Eigentumsrecht nicht schrankenlos. In Artikel 14 Abs. 2 Grundgesetz heißt es: "Eigentum verpflichtet. Sein Gebrauch soll zugleich dem Wohle der Allgemeinheit dienen". Das Eigentum unterliegt damit einer Sozialbindung, deren Umfang sorgfältig ermittelt werden muß. Der Ursprung dieser Regelung liegt in der von christlicher und sozialistischer Seite geübten Kritik an den sozialen Verhältnissen und den Konsequenzen des wirtschaftlichen Gebarens von Unternehmern im 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts. Die unmittelbare Rechtsgeltung dieses Verfassungsprinzips schließt den Schutz des Eigentums dann aus, wenn dieses einzig auf die Schädigung des Allgemeinwohls oder eines bzw. einer einzelnen abzielt. Ansonsten konkretisiert sich die Sozialbindung durch Gesetz. Hier sind als Beispiele das Naturschutz- und Immissionsschutzrecht oder der Tierschutz und das Seuchenschutzrecht ebenso zu nennen wie das Steuer- oder Kartellrecht. Bei einem überwiegenden öf-

fentlichen Interesse ist zugunsten des Gemeinwohls die Belastung bis zur Entziehung des Eigentums möglich. Hier wird die Eigentumsgarantie durchbrochen. Dies kann in der Verpflichtung zur Duldung bestimmter Nutzungen durch Dritte oder die Allgemeinheit bestehen, in Veräußerungsbeschränkungen z.B. bei Kunst- und Kulturgütern von nationaler Bedeutung bis hin zur vollständigen Enteignung. Diese darf nach dem Grundgesetz jedoch nur auf gesetzlicher Grundlage und gegen Entschädigung erfolgen.

4.2.2 Geistiges Eigentum - Patente

Aus der Naturrechtslehre stammt der Gedanke, daß persönlich geschaffene immaterielle Güter ebenso wie persönlich geschaffene körperliche Sachen einem Eigentumsrecht unterliegen sollen, einer Ausschließungs- und Abwehrbefugnis der Urheberin bzw. des Urhebers. Hieraus haben sich zwei Hauptfelder des geistigen Eigentums entwickelt: Zum einen die geistig-literarisch-künstlerischen, die "zwecklos schönen" Schöpfungen, für die ein Urheberrecht anerkannt wurde, das die Verwertung allein dem Autor oder der Autorin zuweist, zum anderen die materiell-technisch-nützlichen Schöpfungen, die mit einem Patent gegen unberechtigte Nachahmungen geschützt werden. Für Pflanzensorten ist ein besonderes Schutzrecht geschaffen worden, durch das die Züchterinnen und Züchter von neuen Pflanzensorten gegen unberechtigte Weitervermehrung dieser Sorten geschützt werden. Dies gilt auch dann, wenn die neuen Sorten nicht "erfunden", sondern nur in der Natur aufgefunden worden sind, solange sie nur unterscheidbar, homogen und stabil sind.

Das Patent als geistiges Eigentum ist gekennzeichnet durch alle wesentlichen Eigenschaften, die auch den materiellen Eigentumsrechten zukommen. Es umfaßt das Ausschließungs- und Verbotungsrecht gegenüber Dritten, und es erstreckt sich so weit, wie ein vernünftiges Interesse und eine tatsächliche Beherrschbarkeit gegeben sind.

Das Eigentum an einem Patent begründet nicht Eigentum am Gegenstand des Patents. Eigentumserwerb und -verlust regeln sich außerhalb des Patentrechts. Der Erwerb eines Patents umfaßt nicht ein positives Besitz- oder Nutzungsrecht, sondern ein negatives Ausschließungsrecht: Das Patent stellt keine staatliche Erlaubnis zur Umsetzung einer bestimmten Erfindung dar, sondern beinhaltet die Möglichkeit - jedoch keine Garantie - zur alleinigen Nutzung der patentierten Erfindung während eines Zeitraums von maximal 20 Jahren. Wer das Recht aus einem Patent hat, ist während der Laufzeit des Patents allein berechtigt, zu entscheiden, in welchem Umfang die Erfindung vermarktet und verwertet oder anderen gegen Zahlung von Lizenzgebühren zur Verwertung überlassen werden soll.

Wie jedes Eigentumsrecht ist auch das Recht aus dem Patent gewissen rechtlichen Schranken unterworfen. Dies gilt insbesondere für das Recht, eine Erfindung nicht zu nutzen, etwa in den Fällen, in denen ein besonderes öffentliches Interesse an einer Erfindung, z.B. bei neuartigen Arzneimitteln, besteht. Für diese Fälle ist gesetzlich geregelt, daß eine Patentinhaberin bzw. ein Patentinhaber zur Erteilung einer Lizenz verpflichtet werden kann, wenn sie bzw. er selbst eine für die Allgemeinheit notwendige Erfindung nicht nutzbar machen kann oder will. Allerdings ist diese Bestimmung in der Praxis noch so gut wie nie angewandt worden. Gleichwohl wird vielfach in Zweifel gezogen, daß die gegenwärtige Rechtslage ausreicht, um sicherzustellen, daß die Patentinhaberin bzw. der Patentinhaber ihr bzw. sein Verbotungsrecht nicht gegen öffentliche Interessen ausüben kann. Das Verbotungsrecht des Patentrechts darf, so wird geltend gemacht, nicht dazu führen, daß neuartige und verbesserte Medikamente erst mit einer mehrjährigen Verzögerung entwickelt werden können.

4.3 Entdeckung / Erfindung

Die patentrechtlichen Prinzipien werden allgemein als unproblematisch angesehen, solange sie auf nichtlebende Materie, etwa die Erfindung einer Maschine oder einer chemischen Substanz, angewandt werden. Sie lösen jedoch die genannten Kontroversen aus, sobald sie auf den Bereich der Lebewesen übertragen werden. Die Frage ist, ob ein Patent z.B. auf die technische Nutzbarmachung der Information eines Gens nach denselben patentrechtlichen Grundsätzen beurteilt werden kann wie eine Erfindung im Bereich der Chemie oder des Maschinenbaus.

Weltweit ist eine übereinstimmende Definition darüber, was Gegenstand eines Patentes sein kann, nicht gegeben. Nach dem Recht der USA ist seit einem Grundsatzurteil des Supreme Court der USA von 1980 ("Chakrabarty-Urteil") festgelegt, daß "alles unter der Sonne" patentierbar ist, was von Menschenhand gemacht ist.

Weder das deutsche Patentgesetz noch das Europäische Patentübereinkommen (EPÜ) enthalten genaue Festlegungen, was patentfähig sein kann. Übereinstimmung besteht lediglich darin, daß es sich um neue, gewerblich anwendbare Erfindungen auf dem Gebiet der Technik handeln muß. Die Erfindung muß selbst eine technische sein und sich vom bisherigen Stand der Technik abheben. Zur Frage, was im Sinne des Patentrechts als technisch angesehen werden kann, ist eine Definition des Bundesgerichtshofs aus dem Jahr 1969 bis heute prägend: "Technisch ist eine Lehre zum planmäßigen Handeln unter Einsatz beherrschbarer Naturkräfte zur Erreichung eines kausal übersehbaren Erfolgs." Erfindungen können demnach auf jedem technischen Gebiet Patentschutz erlangen, wenn sie hinreichend beschreibbar, beherrschbar und wiederholbar sind. Liegen diese Voraussetzungen vor, besteht kein grundsätzliches rechtliches Hindernis, auch den planmäßigen Einsatz biologischer Naturkräfte einschließlich der genetischen Information der Patentierung zugänglich zu machen.

Im geltenden europäischen Patentrecht sowie in der im Gesetzgebungsverfahren befindlichen *Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen (KOM(97) 446 endg./Fassung vom 29.8.1997)* gelten im Hinblick auf biotechnologische Erfindungen grundsätzlich dieselben Regeln wie für Erfindungen in den "klassischen" Bereichen der Technik. Auch im Bereich der Biologie setzt Patentierung eine bestimmte planmäßige Nutzbarmachung beherrschbarer Naturkräfte zu einem erfindungsgemäßen Zweck voraus. Zu diesen "Naturkräften" zählt das Patentrecht auch die genetische Information, soweit sie eine Steuerungsfunktion hat. Die Nutzung des chemischen Codes der Erbsubstanz, die bei gentechnologischen Erfindungen die Schlüsselrolle spielt, ist Ziel und Gegenstand von patentfähigen Erfindungen.

4.3.1 Patentfähige Erfindungen

Im Zentrum der Diskussion um die Patentierung steht die Frage nach der Abgrenzbarkeit zwischen *patentfähiger Erfindung* und *nicht patentfähiger Entdeckung*. Im Patentrecht gilt hier ebenso wie in anderen Bereichen der Technik, daß nur patentiert werden kann, was vorher noch nicht als nutzbar beschrieben und zur Verfügung gestellt worden ist. Hieraus wird für die Abgrenzung gefolgert: Kenntnisse betreffend Struktur und Funktion biologischen Materials, das in der Natur aufgefunden wird, gehören in den Bereich der wissenschaftlichen Entdeckung und sind deshalb keine patentierbaren Erfindungen. Etwas anderes gilt aber, wenn in neuer und erfinderischer Weise beschrieben wird, wie man Kenntnisse über Struktur und Funktion biologischen Materials einsetzen kann, um beispielsweise ein Heilmittel zu produzieren. In diesem Fall kann eine Erfindung vorliegen. Die - gewerbliche - Nutzbarmachung

ist ein wesentliches Abgrenzungskriterium zwischen patentfähiger Erfindung und Entdeckung. Wird lediglich eine Entdeckung beschrieben, ohne daß gleichzeitig die Lösung eines technischen Problems angegeben wird, liegt keine patentfähige Erfindung vor, denn für die bloße Beschreibung von etwas Neuem, das man aufgefunden hat, kann kein Ausschließungsrecht gewährt werden. Die geplante Richtlinie der EU sieht in Artikel 5 deshalb ausdrücklich vor: "Die Funktion (gemeint ist die biologische, kodierende Funktion, Anm. d. Hrsg.) einer Sequenz oder Teilsequenz muß in der Patentanmeldung konkret beschrieben werden."

Diejenigen, die den Patentschutz gentechnischer Erfindungen befürworten, argumentieren, daß Patentschutz für nutzbar gemachte genetische Information zu einem bestimmten erfindungsgemäßen Zweck in neuer, erfinderischer und gewerblich anwendbarer Weise nicht dadurch ausgeschlossen werden kann, daß der nutzbar gemachte Informationsanteil der technischen Erfindung mit dem eines natürlichen Gens, aus dem er erlangt worden ist, identisch ist. Hieraus folgt, daß für Erfindungen, die auf der Nutzung genetischer Informationen beruhen, alle Patentkategorien in Betracht kommen, die auch für andere chemische Substanzen gelten:

- Den weitesten Schutz bieten *Erzeugnispatente*, wenn die zu patentierende informationstragende Sequenz neu ist. Dies wird angenommen, wenn ihre Struktur und ihr - zu gewerblichen Zwecken nutzbarer - Informationsgehalt neu im Sinne von erstmals bereitgestellt ist. Dies gilt unabhängig davon, ob z.B. ein Protein, für dessen Gewinnung die genetische Information eingesetzt werden soll, neu ist oder nicht. Neben diesem - wegen seines weiten Schutzzumfangs am stärksten umstrittenen *absoluten* - Stoffschutz kommt ein *zweckgebundener* Stoffschutz für eine erste medizinische Indikation in Betracht, wenn die DNA und das entsprechende Protein, nicht aber seine medizinische Anwendbarkeit bekannt waren. Beispiele für derartige Erzeugnisse sind Arzneistoffe, Lebendimpfstoffe, aber auch Tiere (nicht Tierrassen, s.u. S. 146) und Pflanzen (nicht Pflanzensorten), Mikroorganismen, Viren, Sequenzen des menschlichen Erbgutes.
- Daneben kommen *Verfahrenspatente* in Betracht, z.B. für die Herstellung bestimmter Produkte mit Hilfe bestimmter Gene. Sie bieten allerdings weniger Schutz, da bei Kenntnis der Ausgangsinformation sowie des Endprodukts das Verfahren leicht modifiziert nachgebildet werden kann.
- Es können auch *Verwendungspatente* erteilt werden, wie z.B. für die Verwendung des Blutinhaltsstoffes Fibrin als Klebstoff in der Chirurgie. Ihr Schutz umfaßt genau die im Patent beschriebene Anwendung. Nicht patentfähig sind in jedem Fall die therapeutischen oder chirurgischen sowie die diagnostischen Verfahren selbst, so daß die ärztliche Therapiefreiheit unangetastet bleibt.

Die verschiedenen Anspruchskategorien können auch in einem Patent enthalten sein.

4.3.2 Aspekte der Patentierung

Die Patentierung biotechnologischer Erfindungen wirft eine Reihe spezifischer Fragen auf:

- **Neuheitsbegriff**

Wesentliche Voraussetzung für die Patentfähigkeit einer Erfindung ist, daß sie eine nicht zum Stand der Technik zu rechnende *Neuheit* beinhaltet. Der Stand der Technik umfaßt alles, was der Öffentlichkeit durch schriftliche oder mündliche Beschreibung, durch Gebrauch oder in anderer Weise vor dem Anmeldetag des Patents bekanntgemacht worden ist. Intuitiv scheint es nahezuliegen, daß Substanzen, die vor ihrer erstmaligen Beschreibung in einer Patentanmeldung bereits genutzt worden sind, nicht neu sein können, auch wenn diese Benutzung mit keiner Information für die Öffentlichkeit über die Natur dieser Substanz oder ihrer Herstellung verbunden war.

Der Trugschluß, zumindest aus der Sicht des Rechts, besteht darin, daß 'Stand der Technik' im Sinne des Patentrechts immer nur bekannte und nachvollziehbare technische Kenntnisse sein können, nicht dagegen Dinge, die man nicht kennt, nicht beschreiben und nicht gezielt und geplant einsetzen kann. Zur Erfindung gehört notwendigerweise eine technische Lehre. Sie muß der Öffentlichkeit bekanntgemacht worden sein. Was ohne Kenntnis der relevanten Tatsachen oder technischen Zusammenhänge getan wird, kann nicht neuheitsschädlich sein, selbst wenn dieselbe Handlung, nach Patenterteilung vorgenommen, sich als Patentverletzung herausstellen würde.

Hieraus kann sich folgendes Problem ergeben: Bei Völkern und Individuen, die nicht den westlichen Industriegesellschaften angehören, existieren vielfach Wissen und Überlieferungen von Naturstoffen, deren Wirksamkeit dort bereits seit Jahrhunderten - allerdings ohne Kenntnis der "technischen Lehre" - bekannt ist und genutzt wird. Mit der Erforschung der Grundlagen ist es in den wissenschaftlichen Labors möglich, die Wirkungszusammenhänge zu beschreiben und damit patentfähig zu machen. Es muß sichergestellt werden, daß das daraus herrührende Verbotungsrecht sich nicht auf die traditionellen Anwendungen erstrecken kann.

- ***Patentschutz der Folgegeneration***

Auch im Zusammenhang mit Genen und belebter Materie ist Ansatzpunkt für das Ausschließungsrecht, das aus dem Patent folgt, das technische Know-how. Dabei kann es um ein gentechnisches Verfahren zur Veränderung eines Organismus gehen, aber auch um den veränderten Organismus selbst, auf den sich das Patentrecht bezieht. In jedem Fall ist Ansatzpunkt für jede Patentierung eine bestimmte genetische Information, die planmäßig eingesetzt wird, um bestimmte Produkte oder Eigenschaften, die diese Information steuert, in einem Organismus gezielt hervorzubringen. Auf einen geänderten Organismus selbst bezieht sich das Verbotungsrecht nur insoweit, als er durch die entsprechenden erfindungsgemäßen Eigenschaften gekennzeichnet ist (z.B. die sog. Krebsmaus). Im Gegensatz zu nicht vermehrungsfähiger Materie, bei der das Verbotungsrecht sich mit dem erstmaligen Inverkehrbringen erschöpft, tritt diese patentrechtliche Erschöpfung bei lebender Materie solange nicht ein, wie die erfindungsgemäßen Merkmale vorhanden sind.

Aus diesen Ausnahmeregelungen folgen erhebliche Konsequenzen für den Erzeugnisschutz in Bezug auf Pflanzen und Tiere. Der Patentschutz für Pflanzen (soweit sie nicht unter die Sortendefinition des Sortenschutzabkommens fallen) und für Tiere (ein eigenständiges Tierrassenschutzrecht existiert bis heute nicht) erstreckt sich auf die Folgegenerationen, soweit diese durch die erfindungsgemäßen Merkmale gekennzeichnet sind. Hieraus resultiert eine erhebliche Ausweitung des Patentschutzes, der sich zudem auch "horizontal" erstrecken kann, wenn eine erfindungsgemäße Eigenschaft oder Information in andere als die ursprünglich geschützten Organismen eingebaut wird.

Nach dem Wortlaut des deutschen und des europäischen Patentrechts sind Pflanzensorten und Tierarten von der Patentierung ausgeschlossen. Unabhängig von der Definition von "Art" und "Sorte" bedeutet dies aber nicht, daß auf Pflanzen und Tiere gerichtete Patentansprüche zwangsläufig unzulässig sein müßten. Der Ausschluß wurde geschaffen, um für Züchterinnen und Züchter ein Sonderrecht offenzuhalten, das für die Landwirtschaft eine lizenzfreie Nachzucht aus den betreffenden Zuchtlinien für den eigenen Betrieb zuläßt. Im Sortenschutzrecht ist dies in bezug auf züchterische und landwirtschaftlich bedeutsame Sorten geschehen. Auch wenn ein Tierrassenschutzrecht nicht existiert, liegt es nahe, für die Patentierung von Tieren die für Pflanzen entwickelten Grundsätze analog anzuwenden. Das würde bedeuten, daß der Patentierungsausschluß nur für züchterisch und landwirtschaftlich relevante Zuchtlinien gelten würde, für die ggf. ein eigenes Schutzrecht zu schaffen wäre, bei dem dann auch ein Nachzuchtrecht für landwirtschaftliche Betriebe vorgesehen werden könnte. Im Zusammenhang mit der geplanten EU-Richtlinie soll in allen Fällen auch bei Patenten ein lizenzfreies Nachzuchtrecht vorgesehen werden.

Allerdings ist diese Frage heftig umstritten. Während die einen einer solchen Durchbrechung des Patentschutzes kritisch gegenüberstehen, fordern die anderen eine Gleichbehandlung mit dem Sortenschutzrecht für Pflanzen auch für den Bereich der Tierzucht. Es erscheint jedenfalls in hohem Maße klärungsbedürftig, durch Rechtsvorschriften im nationalen und europäischen Bereich zu bestimmen, wie die Modalitäten des Landwirteprivilegs einerseits und die Abgrenzung von "Arten" und "Sorten" andererseits ausgestaltet werden.

Wenn auf der Grundlage von patentgeschützten gentechnisch veränderten Pflanzen neue Sorten gezüchtet werden, kann das dazu führen, daß für die Nutzung dieses Ursprungsprodukts eine Lizenzgebühr zu zahlen ist.

- **Hinterlegung**

Ein erhebliches Problem bildet im Bereich von Patentanmeldungen in der Biologie das Erfordernis der eindeutigen und vollständigen Beschreibung der Erfindung. Da dies bei Mikroorganismen nicht möglich ist, gilt hier als Sonderregelung die *Hinterlegung*. Hierzu ist es ausreichend, anstelle der Beschreibung einen Mikroorganismus oder eine Zellkultur für die Fachwelt bei einem anerkannten Depot zur Verfügung zu halten, damit Interessierte gegebenenfalls eine Probe entnehmen können, um die Erfindung zu untersuchen und nachzuarbeiten. Diese Hilfskonstruktion ist wenig befriedigend. Zum einen ist das Patentamt darauf angewiesen, den erforderlichen Vergleich der angemeldeten Erfindung mit dem Stand der Technik, die Prüfung auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit ohne vollständige eigene Kenntnis vom eigentlichen Erfindungsgegenstand vorzunehmen. Zum anderen ist der Zugang der Öffentlichkeit oder von Konkurrenzunternehmen bei abgelehnten oder zurückgezogenen Patentanträgen umstritten. Die moderne Biologie trägt dazu bei, durch bessere Beschreibung hier letztlich wieder den Weg zu eindeutigen Grundlagen der Patenterteilung zu beschreiten.

- **Patent auf Böses?**

Sowohl Art. 53 (a) EPÜ als auch Artikel 6 des geänderten Vorschlags für eine *Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen* als auch die nationalen Patentgesetze sehen die Möglichkeit vor, daß die Patentämter die Erteilung eines Patents für eine Erfindung dann verweigern

können, wenn deren Verwertung gegen die öffentliche Ordnung oder die guten Sitten verstoßen würde. Fachleute vermuten, daß auf der Grundlage dieser Vorschriften Patentämter jedoch nur selten in die Lage kommen werden, Patente zu verweigern. Dies liegt daran, daß es keineswegs ausreichend ist, wenn ein Patent in einem europäischen Staat gegen die öffentliche Ordnung oder die guten Sitten, den *ordre public*, verstoßen würde. Ein Ausschluß vom Patent käme wahrscheinlich allenfalls dann in Betracht, wenn ein solcher Verstoß in *allen* europäischen Staaten vorläge. Im übrigen prüfen die Patentämter allenfalls einen möglichen Rechtsverstoß des beanspruchten *Ziels* der Erfindung. Weitere, möglicherweise gegen die guten Sitten verstoßende Wirkungen der Erfindung, bleiben außer Betracht, solange sich der angestrebte Schutzbereich des Patents nicht ausdrücklich auf solche Wirkungen bezieht.

Kritikerinnen und Kritiker der Patentierung biotechnologischer Erfindungen sehen hier eine entscheidende Schwachstelle in der Rechtsanwendung bei der Patenterteilung. Sie fordern einerseits eine weit umfassendere Prüfung auch der Technikfolgenabschätzung im Patenterteilungsverfahren. Sie machen andererseits auf Differenzen in der Handhabung des Europäischen Patentübereinkommens bzw. des deutschen Patentrechts aufmerksam. Die Vertreterinnen und Vertreter des etablierten Patentverfahrens halten dem entgegen, daß es weder der Aufgabe noch der technischen und sachverständigen Ausrüstung der Patentämter entspricht, staatliche Genehmigungsverfahren auf der Grundlage anderer gesetzlicher Bestimmungen im Patenterteilungsverfahren vorwegzunehmen. Es sei insbesondere nicht ihre Aufgabe, über die öffentlich-rechtliche Zulässigkeit oder die gesellschaftliche Wünschbarkeit von Technologien zu urteilen. Immerhin nennt der Richtlinienentwurf ausdrücklich als Beispielsfälle für den Patentierungsausschluß wegen Verstoßes gegen die öffentliche Ordnung und die guten Sitten: Verfahren zum reproduktiven Klonen von Menschen, Verfahren zur Veränderung der genetischen Identität der menschlichen Keimbahn und Verfahren, bei denen menschliche Embryonen verwendet werden. Ausgeschlossen ist außerdem die Patentierung von Erfindungen, die bei Tieren zu Leiden führen können, sofern nicht ein wesentlicher medizinischer Nutzen für den Menschen oder das Tier gegeben ist.

4.4 Patent auf Leben?

In ihrer Fortpflanzungsfähigkeit unterscheidet sich die belebte Natur fundamental von der unbelebten Natur. Probleme und Auseinandersetzungen um die Patentierung biotechnologischer Erfindungen kreisen um diesen Kernpunkt. Im Gesetzgebungsverfahren um die *Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen* wird genau diese Besonderheit im Unterschied zum klassischen Patentrecht als das grundsätzliche Erfordernis der Regelung angesehen.

Ein weiterer Kernpunkt der Debatte aus christlicher Sicht besteht in dem Widerstreben vieler Menschen, daß Lebewesen als Geschöpfe Gottes zu patentierbaren Erfindungen des Menschen werden. Sie betonen den Eigenwert und die Würde der Geschöpfe, die in ihrer großen Artenvielfalt die Erde bevölkern und sind der Überzeugung, daß die gentechnische Veränderung von Lebewesen nicht in das Kriterienraster der patentierbaren technischen Erfindungen paßt. Ist doch auch eine gentechnisch veränderte Pflanze oder ein Tier weiterhin ein Lebewesen, das nicht vom Menschen erfunden wurde, auch wenn es eine fremde Gensequenz in sich trägt. Ebenso wie Pflanzensorten und Tierarten(rassen) sollten alle Lebewesen von der Patentierung ausgenommen sein.

Hierzu soll klargestellt werden, daß es keine Patenterteilung auf "Leben", ebenso keine auf "Gene" als solche gibt, sondern daß Ansatzpunkt für die Patentierung immer die Nutzung eines bestimmten chemischen Codes der Erbsubstanz ist. Auch die Befürworterinnen und Befürworter eines Patentschutzes für Erfindungen im Bereich der Biotechnologie verkennen nicht, daß Umfang und Folgen des Rechtsschutzes für die ursprüngliche Erfindung in die durch generative oder vegetative Vermehrung entstehenden Folgegenerationen einer sorgfältigen Prüfung und wirksamen Eingrenzung bedarf. Außerdem stellt sich die Frage nach einer Abgrenzung zum klassischen Sortenschutzrecht.

4.5 Patentierbarkeit des Menschen?

Gott hat uns unser Leben geschenkt und die bewahrende Haushalterschaft über Tiere und Pflanzen, insbesondere aber die Verantwortung für den Mitmenschen. Menschliches Leben ist für den Menschen nicht verfügbar. Auf dieser Wertung beruht der in der *UN-Menschenrechtserklärung*, der *Europäischen Konvention zum Schutz der Menschenrechte und Grundfreiheiten* sowie im Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland verankerte Grundsatz der Unantastbarkeit der Würde des Menschen. Folglich sind auch der Mensch, sein Körper und dessen Bestandteile in natürlichem Zustand grundsätzlich von der Patentierung auszuschließen. Jeder Patentschutz auf Menschen oder Teile des menschlichen Körpers würde durch das patentrechtliche Ausschließungsrecht die Menschenwürde, die freie Entfaltung der Persönlichkeit beeinträchtigen und ist daher völlig undenkbar. Über diese grundsätzliche Ächtung besteht breiter Konsens, der sich auch in der Aufnahme dieses Grundsatzes im Entwurf der Patentierungsrichtlinie widerspiegelt. Ausdrücklich legt der Entwurf fest, daß "der menschliche Körper in den einzelnen Phasen seiner Entstehung und Entwicklung" keine patentierbare Erfindung darstellen kann (Artikel 5 Abs. 1). Problematisch sind allerdings die Bereiche, wo aus menschlichen Genen erlangte genetische Informationen und ihre Nutzung einer Patentierung zugänglich sein sollen, wie dies der Richtlinienentwurf ausdrücklich zulassen will. Hier wird von den Befürworterinnen und Befürwortern dafür plädiert, solche Information nicht a priori von der Patentierung auszuschließen, denn die technische Nutzung einer genetischen Information, die von einem konkreten Menschen losgelöst und gewissermaßen abstrahiert sei, könne die Würde eines Individuums keinesfalls verletzen.

Erneut ist festzuhalten, daß das Patentrecht nicht die Aufgabe hat, die ethischen Grenzen der Patentierung zu ziehen.

4.6 Gerechtigkeitsaspekte

4.6.1 Erfinderischer Aufwand / Belohnung

Eigentumsrechte werden im Hinblick auf das geistige Eigentum nicht zuletzt deshalb gewährt, weil für die individuelle geistige Leistung im Hinblick auf das jeweilige Werk (Urheberrecht) oder die technische Innovation (Patent) eine Belohnung durch die Allgemeinheit geleistet werden soll. Unter ethischen Aspekten der Gerechtigkeit bedarf die Anerkennung des unbeschränkten Ausschließungsrechts ohne Rücksicht auf die erbrachte schöpferische oder erfinderische Leistung einer besonderen Erörterung.

So sind in der Vergangenheit Patentansprüche akzeptiert worden, die in ihrem Schutzzumfang weit über die eigentlich erbrachte - und experimentell nachgewiesene - innovative Leistung

hinausgingen. Vielen erscheint es daher wichtig, daß der Umfang der Ausschließungsrechte sich nicht auf wesentlich mehr als auf die erfinderische Leistung bezieht.

Außerdem machen die angeführten Diskussionen um Landwirteprivilege und Kollisionen mit dem Sortenschutz das Problem des gerechten Interessenausgleichs deutlich. Ausgleich innerhalb des Patentrechts läßt sich beispielsweise durch eine möglichst abwägende Regelung der Privilegierung von Landwirten zum züchterischen Eigenbedarf sowie einer entsprechenden Regelung von Lizenzen und deren Gebühren erreichen. Außerhalb des Patentrechts sind Maßnahmen des Steuerrechts denkbar, wenngleich nicht schrankenlos möglich. Wesentliches Korrektiv angesichts der Marktrelevanz biotechnologischer Erfindungen und ihres Rechtsschutzes liegt im Kartellrecht, und zwar auch auf europäischer Ebene, wenn nicht gar weltweit, um Konzentrationen und der Bildung marktbeherrschender Firmen bzw. Firmengruppen wirkungsvoll zu begegnen.

Der Belohnung der Patentinhaberin bzw. des Patentinhabers mit dem negativen Schutzrecht durch das Patent steht auf der anderen Seite die Belohnung der Gesellschaft durch den Zuwachs an Erkenntnissen durch die Veröffentlichung der Patentschrift gegenüber. Hier besteht aber eine Kontroverse darüber, ob wirklich ohne die Patentierung viele biotechnologische Erkenntnisse geheimgehalten würden. Bisher bestand in der scientific community das Bestreben, neue Erkenntnisse zu veröffentlichen und in einen Gedankenaustausch mit Fachkolleginnen und Fachkollegen einzutreten. Es ist aber auch eine ernstzunehmende Tendenz zur Privatisierung des Zugangs zu genetischer Information in kostenpflichtigen Genbanken zu beobachten, die die öffentlich finanzierte Grundlagenforschung beeinträchtigt.

Andererseits binden Patentinhaberinnen und Patentinhaber Dritte, die sich um ein abhängiges Patent bemühen, bzw. Forschergruppen, die mit einer patentgeschützten Entwicklung forschen wollen, vertraglich an eine Geheimhaltungspflicht oder behalten sich das Recht vor, Veröffentlichungen zu verbieten. In solchen Fällen wird tendenziell die Forschung behindert.

4.6.2 Forschungsförderung und Wettbewerb

Die Debatte um einen Rechtsrahmen zum Schutz biotechnologischer Erfindungen hat un-mittelbare Relevanz für das spezifische Forschungsprogramm der Europäischen Gemeinschaft im Bereich Biotechnologie als Teil des mit 13,1 Milliarden ECU ausgestatteten fünfjährigen 4. Forschungsrahmenprogramms. Diesem Förderschwerpunkt liegt die Analyse des Weißbuchs der Europäischen Kommission "Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit, Beschäftigung" aus dem Jahr 1994 zugrunde, die besagt, daß das Potential der Biotechnologie erhebliche Wettbewerbschancen für die Zukunft eröffne und die öffentlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung in der Gemeinschaft demgegenüber im Rückstand seien. Entsprechend dem Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Forschung und Entwicklung im Bereich der Biotechnologie gezielt zu fördern, ist das Programm Teilnehmenden aus Nicht-Mitgliedstaaten der EG nur in begrenztem Umfang zugänglich. Neben den Staaten des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR), den assoziierten Staaten in Mittel- und Osteuropa, Malta und Zypern sowie Israel, Australien und Kanada, steht das Programm weiteren Industriestaaten nicht offen. In Entwicklungsländern ist eine finanzielle Unterstützung durch die Europäische Union in ganz bestimmten Fällen möglich. Kommt eine Förderung mit einem Forschungsträger in einem Drittland zustande, so sind die Partner des Drittlandes verpflichtet, innerhalb einer Zeitspanne von maximal 10 Jahren die Forschungsergebnisse in Übereinstimmung mit den Interessen der EG zu verwerten oder gewerblich zu nutzen. Führt also ein Forschungsergebnis bis zur Patentreife, so müßte dieses in der EG verbleiben. Diese Regelung kann sich behindernd auf Forschungskooperationen insbesondere mit Entwicklungsländern auswirken. So

ist beispielsweise eine Kooperation europäischer Forscherinnen und Forscher mit InBio (Costa Rica) aus diesem Grunde nicht zustande gekommen.

4.6.3 Welthandel und Dritte Welt

Der Schutz des geistigen Eigentums einerseits sowie die Verknüpfung mit Fragen der Biodiversität sind zunehmend bestimmende Themen des Welthandels. Grundlage hierzu bildet zum einen das *Abkommen zum Schutz geistiger Eigentumsrechte* ("Agreement on Trade-related Aspects of intellectual Property Rights": "TRIPS-Abkommen") als Teil der neuen GATT-Vereinbarungen, zum anderen die am Rande der Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro 1992 unterzeichnete *Konvention über Biologische Vielfalt*.

Insbesondere vom *TRIPS-Abkommen* werden erhebliche Einflüsse auf die Entwicklung der Biotechnologie, insbesondere in Entwicklungsländern und den Ländern der sog. Dritten Welt erwartet. Nach dem Abkommen sind die Entwicklungsländer nach Ablauf von Umsetzungsfristen verpflichtet, einen Großteil biotechnologischer Innovationen durch Patente oder spezielle Schutzrechte zu schützen. Ebenso wie das Europäische Patentübereinkommen (EPÜ) nimmt das *TRIPS-Abkommen* diagnostische, therapeutische oder operative Methoden zur Behandlung von Menschen und Tieren von der Patentierung aus. Kritik hat sich am *TRIPS-Abkommen* aber insbesondere deshalb entzündet, weil es hohe Mindeststandards festlegt und die Freiheit von Entwicklungsländern, ihre Gesetzgebung an nationalen Bedürfnissen auszurichten, deutlich beschränkt.

Ein Argument für die weitreichende Geltung des Schutzes geistigen Eigentums ist die Ermöglichung eines verbesserten Technologietransfers. Kritikerinnen und Kritiker sehen hierin eine überwiegend den Industrieländern zugute kommende Möglichkeit, ihr Know-how in andere Länder zu transferieren, ohne dort mit preisgünstigem Nachbau ihrer Produkte rechnen zu müssen. Dies kann grundsätzlich einen verstärkten Technologietransfer in Entwicklungsländer mit relativ hohem technologischen Potential sowie in Schwellenländer zur Folge haben. Die Kritik richtet sich aber dagegen, daß die weit überwiegende Anzahl der von Entwicklungsländern an ausländische Firmen erteilte Patente keineswegs dazu geführt hätten, daß diese Firmen Produktionsstätten in diesen Ländern aufgebaut hätten. Vielmehr sei es lokalen Firmen nur noch gegen Abschluß entsprechender Lizenzverträge mit den Patentinhaberinnen und Patentinhabern möglich, entsprechende Produkte selbst zu produzieren. Angesichts dieser Praxis wird die für den Technologietransfer förderliche Wirkung des Patentrechts in Frage gestellt.

Die Förderung des Technologietransfers, der ausdrücklich auch die Biotechnologie umfaßt, bildet einen wichtigen Teil der erwähnten *Konvention über Biologische Vielfalt*. Die in der Konvention genannten Pflichten der Staaten regeln zunächst nur, welche Bemühungen die Staaten im einzelnen unternehmen müssen, um eine bestimmte Technologie grundsätzlich verfügbar zu machen. Der Transfer von Technologien, die zur Nutzung genetischer Ressourcen bestimmt sind, erfolgt auf der Basis von Vereinbarungen. Die Beteiligten müssen sich über den Transfer und dessen Bedingungen im einzelnen einigen. Eine generelle Pflicht für Private, Technologie abzugeben, besteht nicht. Da Technologie, verstanden als technische Lehre oder Information über die Struktur bzw. die Herstellung eines Produkts, in der Regel nicht frei verfügbar, sondern einer Person oder Institution zugeordnet ist, stellen sie doch eine erhebliche Privilegierung im Wettbewerb sowie einen Anreiz für Forschung und Entwicklung dar. In den internationalen Wirtschaftsbeziehungen werfen derartige Verfügungsrechte komplexe Probleme auf. Mit dem Interesse technologisch entwickelter Staaten, ihren Erfinderinnen und Erfindern einen möglichst weitreichenden Schutz auf allen Weltmärkten zu sichern,

korrespondiert - wie dargestellt - nicht notwendigerweise das Interesse technisch wenig entwickelter Empfängerstaaten.

Gerade im Bereich der Biotechnologie sind die Patentrechte bislang sehr unterschiedlich ausgestaltet. In vielen Entwicklungs- und Schwellenländern sind die Patentierung von Organismen, biologischen Methoden oder sektorieller Patentschutz für landwirtschaftliche Produkte und Nahrungsmittel ausgeschlossen. Diese Ausnahmen bedürfen bei der Umsetzung des *TRIPS-Abkommens* einer umfangreichen Revision. Kritikerinnen und Kritiker befürchten, daß durch Patente auferlegte Nachbauverbote Vorteile biotechnologischer Entwicklungen in armen Entwicklungsländern zunichte machen. Insbesondere hinsichtlich des Schutzes von Wissen über Pflanzen und deren Wirkungen, die die einheimischen Bevölkerungen über Generationen bewahrt haben, wirft der Patentschutz große Probleme auf. Eine Anerkennung solcher Vorleistungen eingeborener Gemeinschaften - unter dem Stichwort "Farmers' Rights" diskutiert - ist in den bisherigen Abkommen zum Schutz geistigen Eigentums nicht vorgesehen. Die *Konvention über Biologische Vielfalt* sieht zwar eine Entschädigung der in Zukunft gelieferten genetischen Ressourcen vor, sie gilt jedoch nicht für die vor Verabschiedung der Konvention gesammelten Ressourcen.

4.7 Ethische Schlußfolgerungen

- Die Würde des Lebens ist grundsätzlich anzuerkennen und zu wahren.
- Ein Eigentumsanspruch an Leben ist grundsätzlich abzulehnen.
- Die genauere juristische Betrachtung zeigt, daß die Patentierung biotechnologischer Erfindungen weder die Würde des Lebens infrage stellen muß, noch ein Eigentum an Leben begründet. Die Würde des Lebens kann gewahrt werden, ohne die geltenden Prinzipien des Schutzes geistigen Eigentums aufzugeben. Dasselbe gilt für die Ablehnung des Eigentumsanspruchs auf Leben.
- Gleichwohl zeigen sich angesichts der europäischen und weltweit unterschiedlichen Rechtskulturen und der unterschiedlichen Wirtschaftsinteressen auch deutliche Grenzen dieser Prinzipien. Sowohl der durch die neue Technologie definierte Fragekontext als auch internationale Verflechtungen erfordern neue Überlegungen und Regelungen.
- In diesem Zusammenhang sind Gerechtigkeitsaspekte, die Rechte Dritter und andere übergeordnete Kriterien geltend zu machen. Eine Möglichkeit hierzu besteht darin, nicht in der Qualität des Eigentums zu differenzieren, sondern bei der Frage der Geltendmachung des Ausschließlichkeitsanspruchs von Eigentumsrechten anzusetzen. Dies macht eine Anpassung an die vielfältigen Interessenlagen (wirtschaftliche Stärke, Grad der Innovation, Umfang der Investition, Transparenz im Welthandel, Dritte-Welt-Problematik) unter Gesichtspunkten der Vorhersehbarkeit und Rechtssicherheit eher möglich, als es Überlegungen zu einem qualitativ und nach Legitimation gestaffelten Eigentum könnten.
- Als juristischer Ansatzpunkt für einen Ausgleich zwischen der Geltendmachung des geistigen Eigentums für biotechnologische Erfindungen und anderen schützenswerten Rechten sowie übergeordneten Interessen soll außerhalb des Patentrechts insbesondere ein Abgleich der bestehenden internationalen Konventionen dienen. Auch das Wettbewerbs- und das Kartellrecht sind auf nationaler und europäischer Ebene beizuziehen; auf internationaler Ebene sind entsprechende rechtliche Regelungen herbeizuführen.

5. Biologische Sicherheit (Biosafety)

5.1 Warum ist biologische Sicherheit ein ethisches Problem?

Daß die Fragen der Sicherheit wie bei allen Techniken so auch bei der gentechnisch verfahrenen Biotechnologie ein zentrales ethisches Problem ausmachen, scheint evident zu sein. Dennoch haben sich aber die Bedingungen erheblich verändert, seit sich im Februar 1975 führende Fachleute an der berühmt gewordenen Asilomar-Konferenz Gedanken über die ethische Verantwortbarkeit der mit der Gentechnik einhergehenden möglichen Sicherheitsrisiken für die Menschen gemacht haben. Heute sehen wir uns mit neuen Problemen konfrontiert, die mit der Tatsache zusammenhängen, daß die Gentechnik die Abgeschlossenheit des Labor-Containments längst verlassen hat und über Freisetzungen großen Stils zum Teil unserer Umwelt geworden ist.

Folgende zusätzlichen Aspekte gilt es dabei zu beachten:

1. Biologische Sicherheit ist ein Erfordernis ökologischer Ethik. Nicht nur die Menschen, sondern auch die außermenschliche Natur können durch die gentechnisch veränderten Lebewesen und Substanzen ihrerseits erheblich beeinflusst werden. Insbesondere über die Rolle, die die Bodenorganismen dabei spielen, wissen wir wenig oder gar nichts.
2. In denselben Zusammenhang gehört, daß Achtlosigkeit hinsichtlich der Fragen biologischer Sicherheit auch die genetische Vielfalt ("Biodiversität", s.o. S. 126ff.) beeinflussen könnte.
3. Die relativ strengeren Bestimmungen für die Durchführung von Freisetzungsvorhaben in den Industrieländern können dazu führen, daß solche Versuche eher in den unterentwickelten Ländern und in den Schwellenländern durchgeführt werden, sofern die Sicherheitsstandards dort niedriger sind. Analoges gilt für die Inverkehrbringung. In beiden Fällen haben wir es mit Fällen der politischen Gerechtigkeit zwischen der sog. Ersten und der sog. Dritten Welt zu tun.
4. Die verantwortungsethische Dimension nötigt uns, hier die Frage nach einer internationalen Regelung der Haftung für eventuell eintretende Schäden in Ländern zu bedenken, in die gentechnisch veränderte Organismen eingeführt und in denen diese freigesetzt werden. Da sich hier zudem eine ziemlich eindeutige Verteilung von ökonomischer Stärke und Schwäche zuungunsten der Länder der sog. Dritten Welt findet, erfordert die christliche Ethik eine Parteinahme zugunsten der Position der Entwicklungsländer.
5. Schließlich gilt es, eine besonders beachtenswerte Entwicklung zur Kenntnis zu nehmen: Gleichsam als Anwälte der unterentwickelten Länder haben sich in den Industrienationen eine Reihe von Nicht-Regierungs-Organisationen ("Non-Governmental Organizations": NGO's) entwickelt, die als weltgesellschaftliches Pendant der Organisationen der Civil Society zu betrachten sind. Ihnen ist im Kontext globaler Probleme biologischer Sicherheit im Sinne des Gerechtigkeitspostulats besonderes Gehör zu schenken.

5.2 Aspekte von biologischer Sicherheit

Biologische Sicherheit betrifft alle Risiken, die von transgenen Organismen ausgehen können. Gentechnikforschung und die Entwicklung und Inverkehrbringung von transgenen Organismen und ihrer Produkte tragen Risikopotentiale in sich, die Probleme für die menschliche Gesundheit, für die Umwelt und für die sozio-ökonomische Infrastruktur verursachen können.

Man kann annehmen, daß im allgemeinen Organismen mit neuen Eigenschaften neue Rollen in Ökosystemen spielen können. Wieweit dies ein Risiko ist, läßt sich derzeit nicht oder nicht zuverlässig abschätzen. Aspekte der Diskussion sind insbesondere:

- Auswirkungen der transgenen Produkte auf andere als die Zielorganismen (z.B. Toxine in Pflanzen, Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier),
- Ausbreitung transgener Organismen und die Auswirkung auf die Artenvielfalt,
- Übertragung des Transgens einer Pflanze auf verwandte Nutz- bzw. Wildpflanzen,
- Risiken des horizontalen Gentransfers von Transgenen durch Bakterien, Pilze und Vektoren,
- Risiken des horizontalen Gentransfers von Transgenen, die auf der Instabilität des Einbaus von Transgenen in Tiere oder Pflanzen beruhen und
- Effekte auf das Ökosystem, in das der transgene Organismus freigesetzt wurde.

Dazu kommen ökonomische, soziale und sozio-ökonomische Risiken wie etwa die Verdrängung traditioneller durch die transgenen Sorten bzw. Rassen und damit zusammenhängend die Umschichtung ganzer Wirtschaftszweige.

Die Auswirkungen von gentechnisch herbeigeführter Herbizid- oder Insektenresistenz auf Populationen, die Anwendung von Antibiotikaresistenzen (etwa bei der Selektion von transgenen Organismen, die im Falle vom Schwein zu unerwünschter Streptothricin-Resistenz geführt hat), das Potential der Verwilderung (wenn durch die transgene Modifikation Wettbewerbsvorteile entstehen) und ihr Einfluß auf die Biodiversität oder die unkontrollierte Verbreitung durch verwandte Kreuzungspartner sind Beispiele hierfür. Die wenigen hierzu studierten Modelle vereinfachen häufig erheblich und spiegeln nicht die Komplexität natürlicher Ökosysteme wider; es ist zu beachten, daß sich gentechnisch veränderte Organismen in verschiedenen Umwelten ganz unterschiedlich verhalten können.

Die Sicherheit gentechnischer Anlagen in Forschung und Produktion, von Laborstämmen als Objekte der Forschung und Aspekte des Transports gentechnisch veränderter Organismen sind weitere Gesichtspunkte der Biosafetydiskussion. Ein anderer Aspekt betrifft den Mißbrauch der Gentechnik bei der Entwicklung biologischer Waffen.

5.3 Das Biosafety-Protokoll und seine Vorgeschichte

Gerade bei der Neuheit der Technologie und ihrer Anwendungen ist die Abschätzung von Risikofaktoren und Technikfolgen dringend erforderlich. Es ist davon auszugehen, daß in den nächsten Jahren der Transfer gentechnischer Verfahren und Produkte in die Länder des Südens zunehmen wird. Damit stellt sich die Frage der biologischen Sicherheit für diese Staaten, in denen rechtliche Regelungen zur biologischen Sicherheit sowie Infrastruktur und Know-how für entsprechende Kontrollen weitgehend fehlen, in besonderer Weise. Es gibt inzwischen eine Reihe von internationalen Vereinbarungen, die für die biologische Sicherheit wichtig sind. Hierzu gehören z.B.: *Codex Alimentarius* (1962), *Gentechnik-Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft* (1990) sowie *Die internationalen technischen freiwilligen Richtlinien zur biologischen Sicherheit im Bereich der Biotechnologie* (1995).

Insbesondere die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro - bekannt als "Erdgipfel in Rio" - rückte die biologische Sicherheit in zwei von drei verabschiedeten Dokumenten stärker in das Bewußtsein: die *Agenda 21* und die *Konvention über Biologische Vielfalt*. In beiden Texten wird hervorgehoben, daß mit der weltweiten Nutzung der modernen Biotechnologie ein bestimmtes Gefahrenpotential verbunden sei, das eine verstärkte internationale Zusammenarbeit notwendig mache.

Die *Konvention über Biologische Vielfalt* führt drei Konventionsziele an: 1. den Schutz der Biologischen Vielfalt, 2. ihre nachhaltige Nutzung und 3. die gerechte Verteilung der Vorteile, die aus der Nutzung entstehen. Insbesondere das Aufeinandertreffen von biodiversitätsreichen, aber finanz- und infrastrukturschwachen Entwicklungsländern und finanz- und infrastrukturstarken, aber biodiversitätsarmen Industriestaaten wirft viele alte und neue Fragen auf: Wie soll der Zugang zur Ressource "Biologische Vielfalt" so geregelt werden, daß der arme Süden nicht übervorteilt wird? Welchen rechtlichen Status sollen Genbanken und botanische Gärten haben, deren Sammlungen aus vielen Ländern und teilweise noch aus der Kolonialzeit stammen? Wie kann verhindert werden, daß ein Rohstoff - nämlich die genetische Vielfalt - weder gerecht bezahlt, noch wirklich nachhaltig genutzt wird?

Die Konvention verdient darüber hinaus Aufmerksamkeit, weil in ihr die Konflikte zwischen den Ergebnissen des Erdgipfels von Rio auf der einen Seite und der neuen Welthandelsordnung (GATT und Welthandelsorganisation) besonders scharf zutage treten und die Bemühungen um das Vereinbarmachen dieser zwei neuen und einflußreichen internationalen Regelwerke besonders dringlich erscheinen. Diese Bemühungen betreffen langfristig die Vereinbarkeit von Ökonomie und Ökologie. Besonders schwierig sind im Rahmen der *Konvention über Biologische Vielfalt* zwei Fragen:

1. Verträgt sich die im GATT-Abkommen enthaltene Vereinbarung zum Schutz von handelsbezogenem geistigem Eigentum (Patenten) an Lebewesen mit dem Schutzziel der Konvention? Wirken Patente auf Lebewesen strukturell biodiversitätsmindernd? Wenn Patente im Bereich der modernen Biotechnologie als Innovationsanreize gesetzt werden, wie können diese Besitz-Rechte durch Besitz-Verantwortlichkeiten für mögliche Umwelt- und Gesundheitsschäden ergänzt werden?
2. Globalisierung der Märkte heißt auch Globalisierung des Handels mit gentechnisch veränderten Organismen, und das heißt auch Globalisierung der Freisetzung. Es besteht die Gefahr, daß Freisetzungsrissen in Länder mit geringen oder gar keinen Sicherheitsauflagen exportiert werden. Es besteht auch die Gefahr, daß Länder - um der Verteidigung ihrer Industriestandorte willen und zur Anlockung von Investoren - ihre Sicherheitsauflagen zurückfahren.

Die Unterzeichnerstaaten der *Konvention über Biologische Vielfalt* haben sich verpflichtet, zu prüfen, ob die Konvention durch ein Zusatzprotokoll um bestimmte Aspekte der biologischen Sicherheit ergänzt werden soll. Die Zweite Vertragsstaatenkonferenz der Konvention beschloß 1995, eine Arbeitsgruppe mit dem Arbeitsauftrag einzurichten, bis Ende 1998 die mögliche Ausgestaltung eines *Biosafety Protocols (Protokolls für biologische Sicherheit)* zu prüfen. Biologische Sicherheit betrifft alle Risiken, die von transgenen Organismen ausgehen können. Der Verhandlungsauftrag ist zum jetzigen Zeitpunkt im wesentlichen auf beabsichtigten und nicht-beabsichtigten Grenzübertritt von lebenden modifizierten Organismen beschränkt und bezieht sich nicht, wie es viele Länder angestrebt hatten, auf bindende nationale Mindeststandards.

So sehr weltweit Einigkeit darüber besteht, daß internationale Regelungen zur biologischen Sicherheit geschaffen werden müssen, so umstritten ist die Frage, welchen Grad von Verbindlichkeit diese Regelungen haben sollen. Ein Protokoll, das völkerrechtlich verbindlich ist, wird vor allem von den NGO's und den Entwicklungsländern gefordert, während die Industrieländer "Guidelines" oder einen "Code of Conduct" für ausreichend halten. Für ein Protokoll - so die NGO's und die Entwicklungsländer - spreche u.a., daß so der Druck erhöht werden könne, bereits existierende "Biosafety"-Gesetze zu harmonisieren und (vor allem in den Entwicklungsländern) künftige Regelungen an einheitlichen Grundsätzen auf einem möglichst hohen Schutzniveau zu orientieren.

5.4 Haftungsproblematik und Risikomanagement

Inzwischen wurden der Arbeitsgruppe zur Erstellung eines "Biosafety Protocols" zu ihrer zweiten Verhandlungsrunde 1996 von vielen Regierungen Texte zu einzelnen Elementen eines möglichen Protokolls vorgelegt. Folgende Themen und Fronten zeichnen sich ab:

- *Prior informed consent*: Die Entwicklungsländer befürworten überwiegend eine explizite vorherige Genehmigung der zuständigen Behörde im importierenden Land bei jedem Organismus, bei jeder Verwendungsart und bei jeder der folgenden Einfuhren. Gerade bei den Ländern mit hoher biologischer Vielfalt ist der Gefährdungsgrad der Umwelt größer. Mögliche Gesundheitsschäden werden in armen und strukturschwachen Ländern später bemerkt werden, und es fehlen die Mittel und die Expertise, Abhilfe zu schaffen. Die Saatgutindustrie und einige Industrieländer waren an einfachen Anmeldeverfahren interessiert. Die Bereiche der landwirtschaftlichen Massenkongsumgüter und der Forschung wollten sie möglichst nicht innerhalb des Protokolls geregelt sehen.
- *Öffentlichkeitsbeteiligung*: Die Entwicklungsländer, aber auch viele Industriestaaten, wollen sich für eine Beteiligung der Öffentlichkeit einsetzen. Öffentlichkeitsbeteiligung kann allerdings viele Formen annehmen. Sie sollte bis zur Einbeziehung der relevanten gesellschaftlichen Gruppen in die Kommissionen für biologische Sicherheit gehen. Die Information der Öffentlichkeit ist zu gewährleisten. Ein Aspekt der Öffentlichkeitsbeteiligung verbindet die Biosafety-Verhandlungen mit der Kennzeichnungsdiskussion: Kennzeichnung ist die Voraussetzung für die Beteiligung der einzelnen Bürgerinnen und Bürger, über das eigene Einkaufsverhalten die Wahl der Technologiepfade mitzubeeinflussen.
- *Haftung, Schadensdeckung, Versicherung*: Die Entwicklungsländer haben die Haftungsfrage als zentrales Thema der Herbstsitzung 1997 angefordert. Dies ist für sie eine Frage der Gerechtigkeit: Die schwachen Opfer sollen die Verursacher belangen können. Darüber hinaus sind aber auch folgende Überlegungen wichtig:

- Haftung hat eine korrektive Funktion. Sie erlaubt eine nachträgliche Durchsetzung des Rechts.
- Haftung hat wie Bewußtseinsbildung eine präventive Funktion. Sie ist damit ein Mechanismus, das Vorsorgeprinzip zu verwirklichen. Sie bringt die Akteure dazu, große Anstrengungen zu machen, um den Haftungsfall nicht eintreten zu lassen.
- Haftung hat eine Wiedergutmachungsfunktion, die die schädlichen Konsequenzen von den Opfern zu den Tätern verschiebt. Die Expertise des Versicherungssektors wäre darüber hinaus eine wichtige Stimme, da sie wirtschaftlich an einer korrekten Bewertung der Risiken interessiert ist.
- *Einbeziehung sozio-ökonomischer Risiken:* Die Entwicklungsländer haben sich geschlossen für eine Einbeziehung sozio-ökonomischer Risiken ausgesprochen. Sie haben eine Studie dazu angefordert, die über die bisher vorliegende Literaturliste hinausgeht, die vom Sekretariat der Konvention erstellt wurde. Gesundheitsfragen, Umweltfragen und Fragen der sozio-ökonomischen Struktur sind in Entwicklungsländern mit einem hohen Anteil an sehr armen Menschen ungepuffert miteinander verknüpft. Einige Hinweise mögen dies verdeutlichen: Zusätzliche Wissensbereiche (Ökonomie, Soziologie, Ethik) schärfen die Wahrnehmungsfähigkeit für mögliche Schadenskaskaden. Arbeitsplatzverlust in den Entwicklungsländern zeichnet sich als Folge mancher Biotechnologien ab. Biotechnologieprodukte des Nordens können traditionelle Exportprodukte des Südens ersetzen. Der Einfluß der transnationalen Konzerne auf die Staatswesen kann wachsen.

Die Biosafety-Verhandlungen werden regelmäßig von einer Gruppe von erfahrenen Beobachterinnen und Beobachtern aus NGO's begleitet. Deren berechtigte Forderungen lauten: Vorsorgeprinzip, Einbeziehung von ethischen, sozio-ökonomischen und Gesundheitsrisiken, Öffentlichkeitsbeteiligung, Gefährdungshaftung, Erstellung von Plänen und Maßnahmen für Unfälle und Schadenssituationen. Zu diskutieren ist auch die Möglichkeit eines Freisetzungsmoratoriums bis zum Inkrafttreten eines gesetzlich bindenden Biosafety-Protokolls.

5.5 Ethische Schlußfolgerungen

- Eine internationale Lösung des Problems der biologischen Sicherheit setzt die Anerkennung der Forderung interkultureller Gerechtigkeit als Fairness voraus. Das bedeutet, daß sich das Verhalten aller Beteiligten an der Vorstellung messen lassen muß, wie sie sich verhalten würden, wenn sie in der Position des am meisten Benachteiligten wären.
- Der Wahrung der biologischen Vielfalt ist dabei eine herausgehobene Bedeutung einzuräumen.
- Bei der Frage der Freisetzung von genetisch veränderten Organismen ist der Forderung nach ökologisch *und* ökonomisch langfristiger Verträglichkeit (Nachhaltigkeit) Vorrang vor kurzfristigem ökonomischen Nutzen zu geben.
- Die Industriestaaten müssen dabei dem ethischen Prinzip der Verantwortbarkeit mit zuvor eingeholter informierter Zustimmung durch die Entwicklungsländer nachkommen. Dazu gehört die Bereitschaft, auch haftungsrechtliche Verpflichtungen einzugehen.

6. Zusammenfassung

Die seit 1991 nicht nur ungebrochen stürmisch, sondern beschleunigt verlaufende Entwicklung der Methoden sowie die schnelle Erweiterung der Anwendungsfelder der Gentechnik in der Pflanzen- und Tierzucht (s.o. S. 106ff. und S. 109ff.) machen ständig eine neuerliche ethische Prüfung und Urteilsbildung erforderlich. Weder ein bloßes Pro- oder Contra-Bekenntnis noch eine saubere Trennung der Anwendung gentechnischer Verfahren auf Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen lassen sich sinnvoll durchhalten. Zu vielfältig und zu stark miteinander verwoben sind die einzelnen Anwendungsfelder, und allzu offensichtlich sind die Unterschiede, was den Nutzen oder Schaden der verschiedenen Anwendungen betrifft. Konsequenterweise muß in der Ethik die Orientierung an festen, ein für allemal geltenden Prinzipien durch eine pragmatische Orientierung an den in der Diskussion stehenden Problemen abgelöst werden; der Weg geht von der prinzipien- zur problemorientierten Ethik. Diese läßt sich dadurch charakterisieren, daß es in ihr a) um ein besseres Verständnis der ganzen Situation als Umfeld des zu beurteilenden Falles und b) um die Möglichkeit geht, u.U. die Prinzipien aufgrund des genaueren Fallverständnisses zu verändern. Aus diesen beiden Gründen kann man von einer "hermeneutischen Wendung" in der Ethik sprechen.

Neben dieser allgemeinen Veränderung läßt sich in der heutigen Ethik in Sachen Gentechnik auch noch eine interne Umwertung der Werte konstatieren. So hat z.B. der Wert der genetischen Vielheit ("Biodiversität") deutlich gegenüber anderen Werten wie "Autonomie" oder "wirtschaftlicher Erfolg" an Bedeutung gewonnen - nicht zuletzt vermutlich aufgrund der ebenfalls immer intensiver werdenden kritischen Berichterstattung über Ursachen und Auswirkungen der gefährdeten Arten- und Sortenvielfalt. Der gewünschten Vielfalt von Arten und Sorten korrespondiert die Vielfalt als ethisches Postulat. Ein glaubwürdiger ethischer Pluralismus ist zudem kein Widerspruch. Er besteht vielmehr darin, zwar an den eigenen Wertvorstellungen festzuhalten, diese aber als ein Angebot zu betrachten, das mit anderen konkurriert.

Daraus ergibt sich für das Themenfeld der gentechnisch verfahrenen Biotechnologie in ihrer Anwendung auf Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen die doppelte Konsequenz: einerseits problemorientiert vorzugehen und andererseits die Ansichten anderer ernst zu nehmen und sich argumentativ mit ihnen auseinanderzusetzen. Der Problemorientierung entspricht die Konzentration auf drei heute in der politischen Diskussion stehende sogenannte "policy-Felder": die Kennzeichnung gentechnisch hergestellter oder veränderter Nahrungsmittel, die Patentierung biotechnologischer Erfindungen und die biologische Sicherheit im globalen Spannungsfeld.

Dem christlichen Auftrag zur verantwortlichen Gestaltung der Welt einschließlich der außermenschlichen Natur läßt sich die Verpflichtung zur Autonomie, d.h. zur Freiheit als Selbstbestimmung entnehmen. Die am 27. Januar 1997 verabschiedete *Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten (Novel Food-Verordnung, s.o. S. 129ff.)* trägt dem insofern Rechnung, als Verbraucherinnen und Verbrauchern die Möglichkeit gegeben wird, sich darüber zu informieren, ob Nahrungsmittel gentechnisch verändert sind oder nicht. Damit ist die Verordnung aus ethischer Sicht als autonomieförderlich zu begrüßen, wenn auch zu fragen ist, ob sie weitgehend genug formuliert ist: Wer nämlich generelle ethische Bedenken gegen die Verwendung gentechnischer Verfahren bei der Herstellung von Lebensmitteln hat, wird sich schwerlich damit abfinden

können, daß nur diejenigen Lebensmittel gekennzeichnet werden, in denen Veränderungen wissenschaftlich nachweisbar sind.

Gegen gentechnisch veränderte Nahrungsmittel bestehen somit keine grundsätzlichen ethischen Bedenken, solange die Verbraucherinnen und Verbraucher die Möglichkeit erhalten, frei zu entscheiden, ob sie sie kaufen wollen oder nicht.

Im Falle der Patentierung biotechnologischer Erfindungen (s.o. s. 136ff.) ist zu unterscheiden zwischen der grundsätzlichen Frage, ob Leben patentiert werden darf, und der Frage nach möglichen Folgen der Patentierung von Genen und Lebewesen im Einzelfall, z.B. was die Forderung nach Gerechtigkeit der Verteilung von Chancen und Risiken betrifft. Die genauere Untersuchung dieser Fragen einschließlich ihrer juristischen Implikationen zeigt, daß Leben etwas ist, was nicht in die Verfügungsgewalt der Menschen fällt, also auch nicht ihr Eigentum sein kann, da dies mit der Würde des Lebens nicht vereinbar ist. Allerdings betrifft dies die Patentierung aus einem zweifachen Grunde nicht: Zum einen begründet ein Patent keine positiven Eigentumsrechte, sondern nur die Ausschließung anderer von der Nutzung, zum anderen handelt es sich dabei nicht um ein Recht bezüglich des Lebens, sondern bezüglich einzelner DNA-Sequenzen und gentechnisch veränderter Lebewesen. - Was die möglichen Folgen angeht, gilt, daß hier insbesondere Fragen der internationalen Gerechtigkeit aufgeworfen sind, zumal was die Entwicklungsländer betrifft. Allerdings heißt das nicht, daß Patente zu verwerfen seien, sondern daß Regelungen gefunden werden müssen, die neben der Internationalisierung des Patentrechts auch einen Abgleich der internationalen Konventionen sowie eine Ausdehnung des Kartell- und Wettbewerbsrechts bewirken.

Daß die Würde des Lebens geachtet werden muß, bedeutet somit nicht, daß die Patentierung von Genen und lebenden Organismen moralisch verwerflich wäre. Allerdings sind hier noch weitere (rechtliche) Regelungen erforderlich, um Ungerechtigkeiten, zumal gegenüber den Entwicklungsländern, zu verhindern.

Was schließlich die biologische Sicherheit ("biosafety", s.o. S. 157ff.) betrifft, ist auch diese heute vordringlich eine Frage, die unter die internationale Gerechtigkeitsforderung fällt. Auch hier sind daher Regelungen zu finden, die ausschließen, daß die Verteilung von Risiken und Chancen den Entwicklungsländern nahezu ausschließlich die Risiken aufbürdet, den Industrieländern dagegen die Chancen überläßt ("biosafety protocol"). Vielmehr ist eine gerechte Verteilung von Risiken und Chancen nach Maßgabe der Kriterien einer sozial, ökonomisch und ökologisch langfristigen Verträglichkeit ("Nachhaltigkeit") anzustreben. Das schließt nach dem Prinzip globaler Verantwortung die Verpflichtung der Industriestaaten ein, Regelungen mit den Entwicklungsländern zu treffen, die auch die Haftungsfragen betreffen.

Der Export und das Testen gentechnisch veränderter Organismen ist somit nur unter Beachtung der Prinzipien internationaler Gerechtigkeit und globaler Verantwortung moralisch vertretbar.

Die ethische Beurteilung der gegenwärtig dominanten "policy-Felder" ergibt also, daß weder im Bereich der Kennzeichnung gentechnisch veränderter Lebensmittel noch im Bereich der Patentierung genetisch veränderter Organismen noch auch in demjenigen der biologischen Sicherheit prinzipielle Ablehnung aus moralischen Gründen geboten ist. Damit allerdings eine Zustimmung aus moralischen Gründen möglich wird, müssen in allen drei Bereichen weitere

Bedingungen erfüllt werden, die alle im Gebiet rechtlicher Regelungen oder politischer Vereinbarungen liegen. Im übrigen aber gehört es zum verantwortlichen Umgang mit der "Freiheit eines Christenmenschen", sich in jedem einzelnen Fall aufgrund der entwickelten ethischen Entscheidungshilfen selbst ein Urteil zu bilden.

7. Quellen- und Literaturverzeichnis

Quellen

- Konvention über Biologische Vielfalt*, in: Dokumente zur Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro, Herausgeber: Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn.
- Patentgesetz mit Europäischem Patentübereinkommen*, in: Heymanns Taschenkommentare zum gewerblichen Rechtsschutz, 5. Aufl., Köln/Berlin/Bonn/München 1994, § 1 Rdn. 1-66, § 2 Rdn. 1-52.
- Übereinkommen über die Erteilung europäischer Patente* (Europäisches Patentabkommen), Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1976, Teil II, S. 826ff.
- Übereinkommen über handelsbezogene Aspekte der Rechte des geistigen Eigentums* (TRIPS), in: Bundesgesetzblatt, Jg. 1994, Teil II, 1730-1748.
- United States Supreme Court*, Urteil in der Sache *Diamond v. Chakrabarty*, 447 U.S. 303, 206 USPQ 193 (1980).
- Verordnung (EG) Nr.258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 1997 über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten* (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 43/1 vom 14.2.1997).
- Geänderter Vorschlag für eine *Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen*, (KOM(97) 446 endg./Fassung vom 29.8.1997).

Literatur

1. Sachstand

- Stephan Albrecht, Volker Beusmann (Hg.): Ökologie transgener Nutzpflanzen, Gentechnologie - Chancen und Risiken* 31, Frankfurt/New York 1995.
- Miges Baumann, Janet Bell, Florianne Koechlin and Michel Pimbert: The Life Industry, Biodiversity, People and Profits*, London, Worldwide Fund for Nature and Swissaid 1996.
- Anita Idel: Gentechnik, Biotechnik und Tierschutz. Aktuelle Fragen - Sachliche Antworten*, Göttingen 1991.
- Michael Lohner, Kristina Sinemus, Hans Günter Gassen (Hg.): Transgene Tiere in Landwirtschaft und Medizin. Grundlagen, Praktischer Nutzen, Ethische Bewertung, Schriften zur Erwachsenenbildung in Baden-Württemberg* 20, Villingen-Schwenningen 1997.
- Hans Mohr, Thomas von Schell (Hg.): Biotechnologie - Gentechnik. Eine Chance für neue Industrien*, Heidelberg / New York 1995.
- Klaus Nagorni: Gensprung ins Freiland. Die Problematik der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen, Herrenalber Protokolle* 92, Karlsruhe 1992.
- Patricia Nevers: Gentechnik in der Pflanzenzüchtung. Darstellung, Sozialverträglichkeit, Umweltverträglichkeit, ethische Position, Zukunft Aktuell* 1/92, Münschen 1992.

Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung (Hg.): Pflanzenproduktion und Biotechnologie, Köln 1992.

Alphons Studier (Hg.): Biotechnologie: Mittel gegen den Welthunger? Schriften des Deutschen Übersee-Instituts Hamburg 8, Hamburg 1991.

Jürgen Wolters (Hg.): Leben und Leben lassen: Biodiversität - Ökonomie, Natur- und Kulturschutz im Widerstreit, Ökozid Band 10, Gießen 1995.

2. Zur ethischen Diskussion seit 1991

Roger J. Busch, Anja Haniel: Gen-Ethik. Arbeits- und Orientierungshilfe für den evangelischen Religionsunterricht in der Oberstufe, München 1997.

Andrew P. Dobson: Biologische Vielfalt und Naturschutz. Der riskierte Reichtum, Heidelberg 1997.

Jürgen Hübner, Hartwig von Schubert (Hg.): Biotechnologie und evangelische Ethik. Die internationale Diskussion. Gentechnologie - Chancen und Risiken 30, Frankfurt/Main 1992.

Bernhard Irrgang: Forschungsethik, Molekulargenetik und Neue Biotechnologie, Stuttgart 1996.

Walter Klingmüller (Hg.): Genforschung im Widerstreit, 3. Aufl., Stuttgart 1994.

Julian Nida-Rümelin (Hg.): Angewandte Ethik. Die Bereichsethiken und ihre theoretische Fundierung, Stuttgart 1996.

Hartwig von Schubert: Evangelische Ethik und Biotechnologie. Gentechnologie - Chancen und Risiken 29, Frankfurt/Main 1991.

3. Kennzeichnung von neuartigen Lebensmitteln (Novel Food)

Gentechnik im Supermarkt: Lebensmittel aus der Retorte. Ein kritischer Ratgeber für Verbraucher, hg. vom Katalyse-Institut (rororo-aktuell), von Arno Todt, Reinbek 1993

Claudia Grube: Verbraucherschutz durch Lebensmittelkennzeichnung. Eine Analyse des deutschen und europäischen Lebensmittelkennzeichnungsrechts, Berlin 1997.

Martha Mertens: Ein gen-ialer Coup. "Neuartige" Lebensmittel durch Gentechnik. Info-Dienst, Bund Naturschutz in Bayern e.V. (Nr. 145), 1997.

Gert Spelsberg: Essen aus dem Genlabor. Über die Zukunft unserer Ernährung, Göttingen 1993.

Rudolf Streinz (Hg.): 'Novel Food', Bayreuth 1993.

M.P. Tombs: Biotechnologie in der Lebensmittelindustrie, Berlin 1994.

4. Zur Patentierbarkeit biotechnologischer Erfindungen

- Peter Badura*: Eigentum, in: Handbuch des Verfassungsrechts, hg. von Ernst Benda, Werner Maihofer, Hans Jochen Vogel, 2. Aufl., Berlin/New York 1994.
- C. Cookson, G. Nowak, D. Thierbach (Hg.)*: Eposium 1992 - Genetic Engineering - The New Challenge, Schriftenreihe des Europäischen Patentamts, Vol. 1, München 1993.
- Ulrich Dolata*: Internationales Innovationsmanagement - Die deutsche Pharmaindustrie und die Gentechnik, Hamburg 1994.
- Evangelisches Staatslexikon*, hg. von Roman Herzog, Hermann Kunst, Klaus Schlaich, Wilhelm Schneemelcher, 3. Aufl., Stuttgart 1987.
- Rainer Moufang*: Genetische Erfindungen im gewerblichen Rechtsschutz, Schriftenreihe zum gewerblichen Rechtsschutz, Bd. 75, Köln/Berlin/Bonn/München 1988.
- Lutz van Raden (Hg.)*: Zukunftsaspekte des gewerblichen Rechtsschutzes. Beiträge zum Symposium des Deutschen Patentamts "Gewerblicher Rechtsschutz in der juristischen Forschung und Lehre", Köln/Berlin/Bonn/München 1995.
- Ders.*: Kein Patent auf Leben! - Richtigstellungen zu einem falschen Schlagwort, in: Der Tierschutzbeauftragte 1997, 107-113.
- Joseph Straus*: Gewerblicher Rechtsschutz für biotechnologische Erfindungen, Köln/Berlin/Bonn/München 1997.
- Friedrich Vogel, Reinhard Grunwald*: Patenting of Human Genes and Living Organisms, Berlin/Heidelberg 1994.
- Rüdiger Wolfrum*: Die Konvention zum Schutz der biologischen Vielfalt - Neue Ansätze und Mechanismen des internationalen Umweltrechts, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 19. März 1997.

5. Biologische Sicherheit (Biosafety)

- Ausschuß für den Dienst auf dem Lande der EKD (ADL)*: Bio- und Gentechnologie in der Landwirtschaft. Ein Diskussionsbeitrag aus evangelischer Sicht, Stellungnahme des Ausschusses für den Dienst auf dem Lande der EKD, Bielefeld 1993.
- Andreas Gettkant, Udo E. Simonis, Jessica Suplie*: Biopolitik für die Zukunft. Kooperation oder Konfrontation zwischen Nord und Süd, Policy Paper 4 der Stiftung Entwicklung Frieden, 1997.
- Independent Group of Scientific and Legal Experts on Biosafety*: Biosafety. Scientific Findings and Elements of a Protocol, Penang 1996.
- C. Katz, J.J. Schmitt, L. Hennen, A. Sauter*: TA-Projekt "Auswirkungen moderner Biotechnologien auf Entwicklungsländer und Folgen für die zukünftige Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Entwicklungsländern", TAB Arbeitsbericht Nr. 34, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Bonn 1995.

8. Glossar

Aminosäure	wichtigster Baustein der Eiweißkörper (Proteine)
Antikörper	im Blutserum als Reaktion auf das Eindringen von Antigenen gebildeter Abwehrstoff
Bakteriophagen	Viren, die Bakterien befallen
Basenfolge	Abfolge der Buchstaben des genetischen Codes (s. Nukleotide)
Biodiversität	biologische Vielfalt
Biokatalysator	Wirkstoff, der die Stoffwechselvorgänge steuert; andere Bezeichnung für "Enzym"
Bioreaktor	(auch "Fermenter" genannt:) Behälter, in dem mit Mikroorganismen Substanzen produziert werden; dieser Begriff wird auch auf transgene Tiere oder Pflanzen übertragen
Biosafety	biologische Sicherheit
Biotechnologie	Anwendung des Wissens und Könnens aus Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik zur Produktion von Stoffen mit Hilfe von Mikroorganismen oder Zellkulturen
Biotope	durch bestimmte Pflanzen- und Tiergesellschaften gekennzeichnete Lebensräume
bovines Somatotropin (bST)	Wachstumshormon des Rindes
Bovine Spongiforme	
Encephalopathie (BSE)	als "Rinderwahnsinn" bezeichnete Hirnerkrankung
Chimäre	Lebewesen, das aus Zellen von zwei oder mehr artverschiedenen Individuen zusammengesetzt ist
Chromosomen	lineare Anordnung von Genen
DNA / DNS	DNS: Abkürzung für "Desoxyribonukleinsäure" oder englisch DNA: "Deoxyribonucleic Acid", die stoffliche Substanz der Gene
Embryo	im Anfangsstadium der Entwicklung befindlicher Organismus
Embryotransfer	Übertragung des in vitro gebildeten Embryo in die Gebärmutter, nachdem eine künstliche Befruchtung vorgenommen wurde
Endotoxin	Bakteriengift, das erst mit dem Zerfall der Bakterien frei wird
Enzym	Eiweißstoff, der als Katalysator stoffliche Umsetzungen in der Zelle beschleunigt
Evolutionstheorie	von Darwin und Wallace 1859 begründete und seitdem durch zahlreiche Arbeiten unterstützte Theorie, wonach sich alle Lebewesen einschließlich des Menschen unter dem Einfluß der natürlichen Auslese aus einer ursprünglichen Form des Lebens entwickelt haben
Expression / exprimieren	Umsetzen der genetischen Information in ein Protein
Fermenter	s. Bioreaktor
Gen	Abschnitt auf der DNA, der die Information zur Herstellung eines Proteins enthält
Gene Pharming	(auch "Gene-, Molecular- oder Drug-Pharming" genannt): Verfahren zur Herstellung von Humanproteinen mit Hilfe transgener Tiere
Genom	(Erbgut): Gesamtheit der Erbinformation eines Organismus
Genomanalyse	Untersuchung des Erbguts
genetic fingerprinting	diagnostisches Verfahren zur Genomanalyse

Genpool	Gesamtheit aller Erbanlagen verschiedener Individuen einer Rasse oder Sorte
Gentechnik	(oft auch als "Gentechnologie" bezeichnet): Gesamtheit der Methoden zur Charakterisierung und Isolierung von genetischem Material, zur Bildung neuer Kombinationen genetischen Materials sowie zur Wiedereinführung und Vermehrung des neu kombinierten Erbmaterials in anderer biologischer Umgebung
Gentransfer	Übertragung von Erbmaterial in eine andere biologische Umgebung
Herbizid	chemisches Mittel zur Abtötung von Unkräutern
Heterogenität	Ungleichartigkeit, Verschiedenartigkeit
human	menschlich
horizontaler Gentransfer	Übertragung von Transgenen auf Pflanzen oder Bakterien
Immunisierung	Bewirkung von Immunität, d.h. Unempfänglichkeit für Krankheitserreger
in vitro	im Glas, im Labor
In-vitro-Fertilisation	künstliche Befruchtung von Eizellen mit Spermien außerhalb des weiblichen Organismus
in vivo	im lebenden Organismus
Keimbahntherapie	Behandlung von Erbkrankheiten mit Hilfe gentechnischer Veränderungen an der DNA von Keimbahnzellen
Klonieren / Klonen	Erzeugung von erbgleichen Zellen durch ungeschlechtliche Vermehrung einer Zelle
Ligasen	Enzyme, die DNA-Bruchstücke verbinden
Megabasentechniken	diagnostische Verfahren zur Genomanalyse, die mit sehr großen Erbgutstücken umzugehen vermögen
Mikroben	(auch "Mikroorganismen" genannt): Kleinlebewesen; Bakterien, höhere Einzeller
Mikroorganismen	(auch "Mikroben" genannt): Kleinlebewesen; Bakterien, höhere Einzeller
molekulare Markertechnik	diagnostisches Verfahren zur Genomanalyse
Mutation	Beeinflussung des Erbgutes durch Veränderung der DNA
Novel food	im Kontext dieser Schrift: neuartige Lebensmittel, die gentechnisch verändert sind oder mithilfe gentechnischer Verfahren hergestellt wurden
Nukleasen	Enzyme, die Nukleinsäuren spalten
Nukleotide	Bestandteile der DNA (s. Basenfolge)
pathogen	krankheitserregend
PCR-Reaktion	"polymerase chain reaction": eine Art "Kopiermaschine für Gene"
Phänotyp	Erscheinungsbild eines Organismus
Plasmide	neben der Erbinformation in Bakterien vorkommende kleine DNA-Ringe, die sich autonom vermehren können
Population	Gesamtheit der Individuen einer Art oder Rasse
primer	kurzes Stück einzelsträngiger DNA, das für die PCR-Methode benötigt wird
Promotoren	DNA-Sequenz, die regulierende Tätigkeiten besitzt
Proteasen	eiweißspaltende Enzyme
Protein	aus Aminosäuren aufgebauter Eiweißkörper

QTL-Analyse	"qualitative trait loci": diagnostisches Verfahren zur Genomanalyse, das sich mit mehreren, interagierenden Genen beschäftigt
Rekombination / rekombinieren	Neukombination von Genen
Replikation	Selbstverdoppelung der DNA
Resistenz	Widerstandsfähigkeit
Restriktionsenzyme	Enzyme, die die DNA spezifisch spalten können
RFLP	"Restriktionsfragment-Längenpolymorphismus": eine Methode des "genetic fingerprinting"
Selektion	Auslese, Zuchtwahl
somatische Gentherapie	Behandlung von Erbkrankheiten mit Hilfe gentechnischer Veränderungen der DNA von Körperzellen (Somazellen)
Superovulation	hormonell induzierte Reifung mehrerer Eizellen und deren Freisetzung durch Eisprung
toti- oder omnipotente Zellen	Zellen, die unter bestimmten Voraussetzungen fähig sind, sich zu einem vollständigen Organismus zu entwickeln
Transgen	gentechnisch auf einen anderen Organismus übertragenes Gen
transgenes Nutztier	Tier, das ein artfremdes Gen enthält
Trisomie 21	körperliche und geistige Entwicklungsstörung bei Menschen aufgrund eines zusätzlichen Chromosoms Nr. 21
Tryptophan	in den meisten Eiweißstoffen enthaltene Aminosäure
Vektor	DNA-Segment, das sich in eine Zelle einschleusen läßt und dort selbständig verdoppelt wird
Virus, pl. Viren	Kleinstlebewesen, das aus Erbinformation und Proteinhülle besteht; es ist zur Vermehrung auf Wirtszellen angewiesen
Xenotransplantation	Übertragung von Organen und Geweben von Tieren auf den Menschen oder zwischen verschiedenen Tierarten