

Arbeitskreis
Bio- und Gentechnologie

Gentechnologie - Gedeih oder Verderb



Bund für
Umwelt und
Naturschutz



BUNDpositionen 16



Diese Publikation wurde auf einem
Commodore Computer gestaltet.  **Commodore**

Impressum

In seiner Reihe BUNDpositionen bezieht
der Bund für Umwelt und Naturschutz
Deutschland e.V. (BUND)
Stellung zu wichtigen umweltpolitischen
Themen und Ereignissen.

Die formulierten Aussagen geben
den momentanen Stand der Diskussion
innerhalb des Verbandes wieder.

Die BUNDpositionen
erheben keinen Anspruch
auf Absolutheit. Sie sollen Beiträge
zu laufenden Diskussionen liefern.

Nach entsprechendem Zeitablauf
und Vorliegen neuer Erkenntnisse
werden sie fortgeschrieben.

Beiträge von:

Jörg Bernhard, Dr. Thomas Engelke,
Wolfgang Fremuth,
Prof. Wolfgang Hanneforth,
Dr. Manuel Kiper, Henrich Klugkist,
Henriette Notholt, Angela Papavassiliou,
Dr. Thomas Plän, Axel Pottschmidt,
Joachim Spangenberg,
Ingrid Wettlaufer, Monika Wolf

Herausgeber:

Bund für Umwelt und Naturschutz
Deutschland e.V. (BUND)
(V.I.S.d.P.: Lorenz Graf)
Im Rheingarten 7, 5300 Bonn 3

Die BUNDpositionen sind zu beziehen über:
Bund für Umwelt und
Naturschutz Deutschland e.V. (BUND),
Im Rheingarten 7, 5300 Bonn 3

Redaktion:

Martina Krause, Angela Papavassiliou,
Monika Wolf

Layout & Satz:

Bruno Wioska
Titelseite & Grafik
Bruno Wioska

Druck:

Grafische Werkstatt
Briesemeister & Partner
Wachtberg-Pech, 1992

April 1992



Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
I	Einleitung	1
II	Methoden der Gentechnik	2
III	Neue Ethik für die Gentechnik	5
IV	Soziale Auswirkungen der Gentechnik	7
V	Forschung und deren Auswirkungen in der Gentechnik	10
VI	Medizin und Pharmazeutik	12
VII	Einsatz von genetisch veränderten Organismen im Umweltschutz	14
VIII	Freisetzung: Wehe wenn sie losgelassen!	16
IX	Die Gentechnik: Eine neue Revolution in der Landwirtschaft	18
	1. Pflanzenproduktion	18
	2. Gentechnik in der Tierproduktion	21
	3. Lebensmitteltechnologie und Industrialisierung der Nahrungsmittelproduktion	24
	4. Strukturwandel in der Landwirtschaft	24
X	Wirtschaftliche Folgen	26
XI	Gentechnik und die Länder der Dritten Welt	27
XII	Der gezielte Mißbrauch: Gentechnik in der Hand von Militärs und Biohackern	28
		30
XIII	Recht und Gesetz	30
XIV	Quellen	35
XV	Weiterführende Literatur	36
XVI	Glossar	37

I Einleitung

In den letzten hundert Jahren haben die Entdeckungen in der Biologie rasant Fortschritte gemacht. Doch was sich seit ca. 20 Jahren entwickelt, stellt so ziemlich alles auf den Kopf, was wir bisher von der Natur wußten oder wofür wir sie gehalten haben.

Gentechnologie heißt das "Zauberwort". Die Veränderung des Erbmateri- als bei Mikroorganismen wie Hefen, Bakterien, Viren und Bakteriophagen (siehe Glossar) mit gentechnischen Methoden ist mittlerweile Routinearbeit. Nun geht es um gezielte Manipulation im Erbgut von Kulturpflanzen und Säugetieren. Der Schritt zur Veränderung des menschlichen Erbgutes ist greifbar nah.

Wissenschaftler und Unternehmer, die die Technologien entwickeln und die Produkte verkaufen wollen, stellen alle Aspekte als nutzbringend dar. Sie versprechen preiswerte Medikamente für oder gegen alles, Gentherapie von Erbkrankheiten, herbizid- und schäd- lingsresistente Feldfrüchte und Super- kühe mit sensationell gesteigerter Milch- und Fleischproduktion. Alte ge- sellschaftliche Probleme wie Hunger und Umweltzerstörung sollen mit neuer Technik gelöst werden; die politischen Ursachen bleiben unverändert. Aber nicht nur das. Es werden auch neue Ab- hängigkeiten geschaffen. Die Landwir- te der Zukunft müssen Saatgut, Herbi- zid und Düngemittel von den Chemie- multis im Set erwerben.

Die vielfältigen Einsatzmöglichkei- ten bergen nicht einschätzbare Risiken. Wie wirken sich gentechnisch verän- derte Nahrungsmittel auf die Gesund- heit der Menschen aus? Wie verändern sich ganze Ökosysteme durch Freiset- zung von genetisch manipulierten Le- bewesen? Wer garantiert, daß hochpat- hogene Mikroorganismen in "ihren" Labors bleiben?

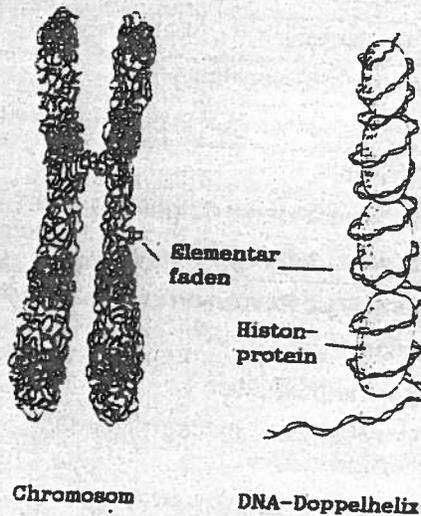
Die Entwicklungen und die tiefgrei- fenden Auswirkungen der Gentechno- logie müssen zusammen mit dem ihr zugrundeliegenden Menschen- und Weltbild betrachtet werden. Die Ideolo- gen der modernen Naturwissenschaften

Francis Bacon und Descartes bezeich- nen die Natur als "Warenlager der Din- ge" bzw. als Maschine. Diese Haltung charakterisiert den anhaltenden zerstö- rerischen Umgang der Menschen mit der Natur vortrefflich. Sie dient als "ko- stensloser" Rohstoff und hat keinen Ei- genwert. Die Entwicklung der Gentechno- logie steht in dieser Tradition. Mit ihren Methoden kann Leben manipu- liert, kontrolliert, genormt und be- stimmt werden. Der selbstgewisse Slo-

gan dieser Technologie heißt: "Alles ist machbar". Wir dagegen fragen: "Darf alles gemacht werden?"

Der BUND betrachtet die sich be- schleunigende Entwicklung mit Skepsis und in vielen Bereichen mit großer Sor- ge. In der vorliegenden BUNDposition stellen wir diese Entwicklung, die An- wendungsbereiche und die wahrschein- lichen Folgen der Gentechnologie dar und formulieren andere Forderungen.

Chromosomenfeinbau



Chromosomensatz des Menschen

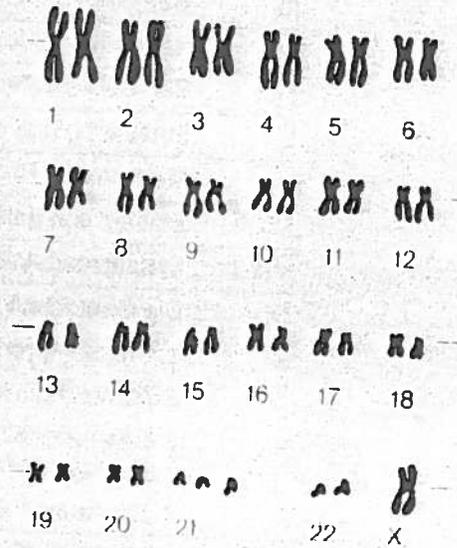


Abb. 1a; Quelle: AK der Bundesfachschaften - Tagung Biologie 1986

**Virus-Genom 3000 Basenpaare
1 Seite mit 3000 Buchstaben**



**Menschliches Genom 3 Mrd. Basenpaare
Bibliothek mit 1000 Büchern**



**Bakterien Genom 3 Mio. Basenpaare
1 Buch mit 1000 Seiten**

Abb. 1b



II Methoden der Gentechnik

1. Art der genetischen Informationsspeicherung

Die Ausbreitung der Gentechnik wurde erst möglich, nachdem man herausgefunden hatte, daß alle Lebewesen ihre "Lebensdaten" in einer gemeinsamen Sprache verfassen und abspeichern: Wissenschaftler nennen das die Universalität des genetischen Codes. Menschen, Tiere, Pflanzen, Pilze, Bakterien und Viren haben ihre vererbare Information in nur vier Bausteinen gespeichert: den Basen* (siehe Glossar) Adenin (A), Thymin (T), Guanin (G) und Cytosin (C). Diese vier Buchstaben sind aber zu Millionen in unterschiedlichen Kombinationen aneinandergereiht und ergeben mit dem Desoxyribose-Phosphatrücken die Doppelhelix der DNA (Desoxyribonucleic acid), die das Zentrum der Chromosomen von Bakterien bis zum Menschen bildet. Bakterien haben z.B. ein Chromosom, Menschen haben 46 (Abb. 1a S.2).

Die Basenkombination auf der DNA ergibt einen Sinn: eine genau definierte Kombination von etwa 1000 Basen erstellt die Information für ein bestimmtes Gen. Bakterien haben etwa 1000, der Mensch etwa 50.000 bis 100.000 Gene (Abb. 1b S. 2). Fast jede Zelle eines Organismus besitzt einen kompletten Satz aller Chromosomen mit den sich darauf befindlichen Genen. Die Gene werden über einen komplizierten biochemischen Weg in Eiweiße übersetzt - Transkription der DNA in messenger-RNA (Boten-Ribonukleinsäure; mRNA*) und Translation der mRNA in Eiweiße (Proteine) (Abb. 2). Die Eiweiße übernehmen in den Zellen des Organismus die eigentlichen Funktionen: Transport von Substanzen, Aufbau von Zellmembranen, Enzymaktivität für den Stoffwechsel usw.

Genau diese Funktionen wollen Wissenschaftler in verschiedenen Lebewesen ändern und den Bedürfnissen bestimmter Personen oder Personen-

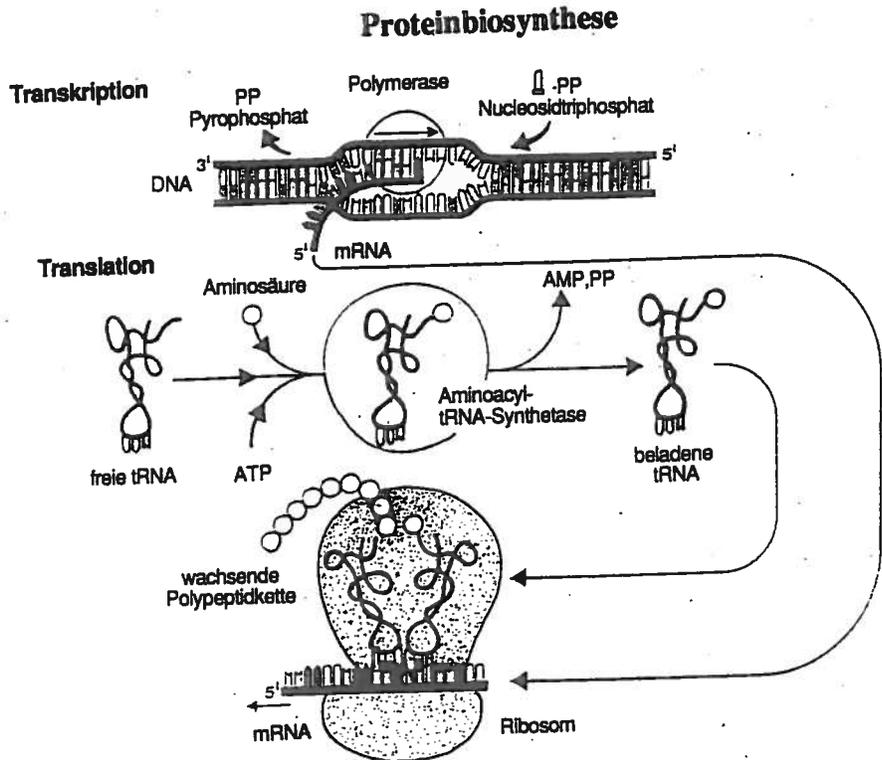


Abb. 2; Folienserie 20 Biotechnologie/Gentechnik des Fonds der Chemischen Industrie, 1989

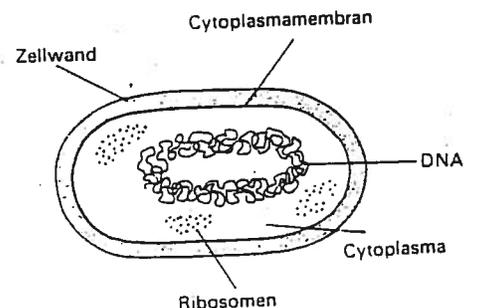
Funktion (z.B. Senkung des Traubenzuckerspiegels im Blut des Menschen durch Insulin) ein bestimmtes Gen (Insulin-Gen) oder eine Kombination von Genen mit ihrer Basensequenz zugrunde liegt, müssen diese Gene gefunden werden, bevor sie im Reagenzglas mit Hilfe der Gentechnik verändert werden können. Ein Gen (z.B. Insulin-Gen) kann prinzipiell in jedem Organismus in Eiweiße übersetzt werden. Daher wird es in einem zweiten Schritt wieder mit Hilfe von Gentechnik in den Zielorganismus (z.B. in das Escherichia coli Bakterium des menschlichen Darms) überführt.

2. Mikroorganismen als Basis der Gentechnik

Für die meisten gentechnischen Experimente werden Mikroorganismen, d.h. Pilze, Bakterien und - im weitesten Sinne - Viren verwendet. Sie sind einfach und platzsparend zu kultivieren, vermehren sich rasant und weisen eine relativ kleine und einfache genetische Struktur auf; kurz: Sie sind im Labor relativ leicht zu handhaben.

In diesem Zusammenhang bedeutsame Pilze (Eukaryonten*) sind überwiegend Hefen (wie sie etwa für die Alkoholgärung eingesetzt werden) und Schimmelpilze (z.B. Penicillin-Produzenten). Sie gehören zu den Schlauchpilzen (Ascomyceten) und leben als Einzelzellen oder als Zellfäden (Hyphen).

Eukaryonten (Pilze, Pflanzen, Tiere) besitzen einen Zellkern, dessen größter Teil der DNA in Form mehrerer Chromosomen vorliegt. Die eukaryontische Zelle enthält darüber hinaus Organellen, z.B. die Mitochondrien und die Chloroplasten (nur in Pflanzen), die ebenfalls kleine DNA-Moleküle enthalten.



Schnitt durch eine Bakterienzelle

Bakterien (Prokaryonten*) unterscheiden sich von den Eukaryonten u.a. dadurch, daß sie keinen eigentlichen Zellkern aufweisen, nur ein Chromosom und keine Organellen der oben genannten Art und Struktur besitzen.

Viren bestehen lediglich aus einer Eiweißhülle, die die Erbinformation (DNA) umschließt. Sie können sich nur nach Infektion bestimmter Wirtszellen vermehren, da sie keinen eigenen Stoffwechsel besitzen. Die Fähigkeit zur Einschleusung von genetischem Material in Zellen und die Einfachheit der viralen Erbinformation verleihen Viren große Bedeutung in der Gentechnik.

Besonders das "menschliche" Darmbakterium *Escherichia coli* ist seit Beginn der Gentechnik 1972 bevorzugtes Experimentierobjekt. Viele natürlich vorkommende Bakterien besitzen neben ihrem einzigen Chromosom mit einigen Millionen Basen noch zusätzliche kleine DNA-Ringe, die sogenannten Plasmide mit manchmal nur wenigen tausend Basen*. Häufig tragen diese Plasmide Gene für bestimmte Antibiotikaresistenzen. Plasmide können mit einfachen Methoden aus den Bakterien isoliert werden und werden dann als "Gen-Taxis" (Vektoren) für fremde DNA verwendet. Auch die gesamte DNA kann aus dem Bakterium isoliert und in Genbanken aufbewahrt werden (Abb. 3).

3. Das Prinzip der Gentechnik ist einfach

Man nehme zwei DNA-Fragmente* aus verschiedenen Organismen oder einem Organismus, die natürlicherweise nicht nebeneinander liegen, schneide sie aus ihrer Umgebung heraus, verbinde sie miteinander und transferiere sie in einen beliebigen Organismus. Das ist das zentrale grenzenlose Prinzip der Gentechnologie.

Um Fremd-DNA* z.B. in ein Bakterien-Plasmid einzufügen, bedarf es eines Instrumentes, das ebenfalls natürlich vorkommt. Dies sind die Restriktionsenzyme (Eiweiße, die als "Scherer" die DNA an einer Stelle mit einer definierten Sequenz, und nur hier,

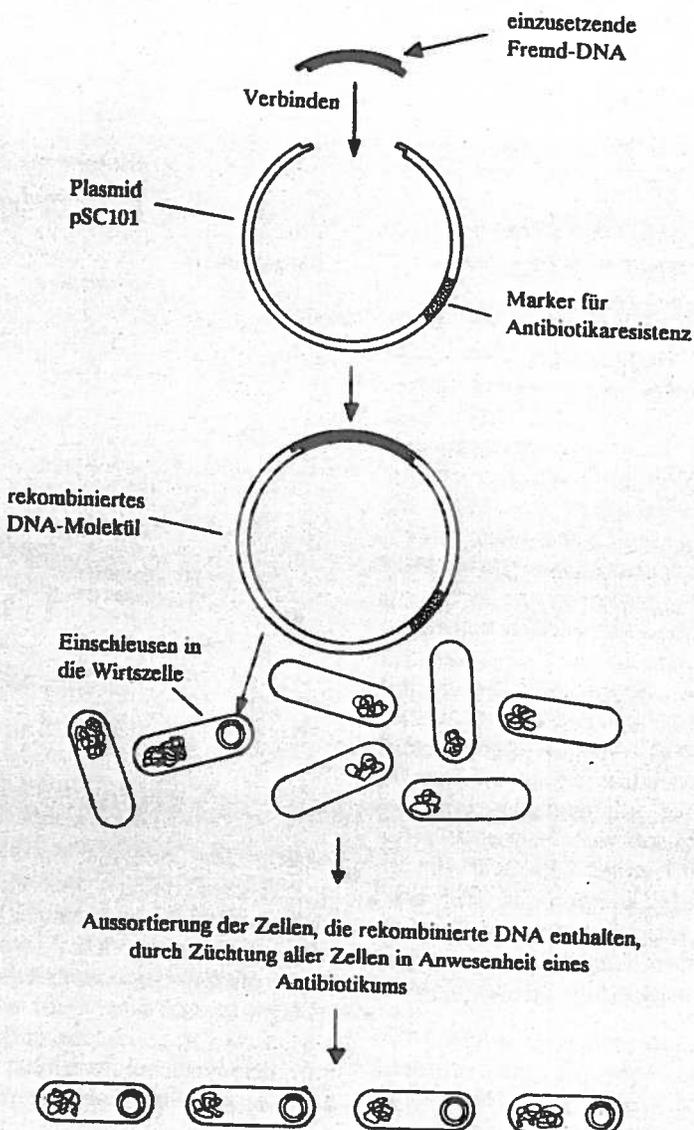
Klonierung von DNA in einem Plasmid

Abb. 3; Quelle: Wolfgang Fremuth (Hrsg.): "Das manipulierte Leben", Kölner Volksblattverlag

schneiden können), die in Bakterien normalerweise eine Schutzfunktion ausüben und fremde DNA zerstören. Kennt der "Genchirurg" die Basensequenz der Schneidestelle des Restriktionsenzymes, können die aus Bakterien gewonnenen Plasmide mit bekannter DNA an vorhersagbarer Stelle geöffnet werden (Abb. 4, S. 5) und so für die Aufnahme von Fremd-DNA vorbereitet. Nun kann man ein Fremd-DNA-Fragment, das ein bestimmtes Gen enthält (z.B. das menschliche Insulin-Gen) und das an derselben Basen-Sequenz geöffnet wurde, mit einem weiteren Enzym, der Ligase*, in das Plasmid einfügen und dieses wieder zu einem Ring schließen. Das so gewonnene neue "re-

kombinante" Plasmid kann mit einer bestimmten Methode (Transformation) durch die Zellwand in ein *E.coli*-Bakterium transferiert werden. Dort werden nun u.U. neben den ursprünglichen Genen auch das neue Gen (z.B. das menschliche Insulin-Gen) in Eiweiße überführt. Das Eiweiß kann nun isoliert und z.B. als Medikament verkauft werden.

Diese Kurzfassung gibt die tatsächlichen Verhältnisse natürlich nur stark verkürzt wieder. Insbesondere die Erkennung der Fremd-DNA, der Nachweis ihres Vorhandenseins in Bakterien sowie die Suche und Vermehrung (Klonierung) des gewünschten Bakteriums





zu einem Produktions-Stamm im technischen Maßstab erfordert eine Vielzahl von sorgfältig ausgeführten Einzelschritten, wodurch auch die Risiken der Handhabung potenziert werden. Die Handhabung von Plasmiden mittels Restriktionsenzymen und Ligase ist aber das Fundament gentechnischer Arbeiten.

4. Gentechnik bei Pflanze, Tier und Mensch

Ein genetischer Eingriff bei Pflanzen und Tieren ist ungleich schwerer als bei Mikroorganismen. Zum einen sind diese Organismen in der Regel mehrzellig und daher schwieriger zu kultivieren, zum anderen ist ihre Erbinformation erheblich komplexer. Die Anzahl der Gene ist größer und auf mehrere Chromosomen verteilt. Zusätzlich ist durch die Differenzierung in verschiedene Gewebe der Zeitpunkt der Genexpression nicht in jeder Zelle gleich. Der Genort ist oft mitentscheidend für die Funktion. Daher müssen Steuerungssequenzen, die das An- und Abschalten des Gens regeln, mit übertragen werden, und das Gen muß an der richtigen Stelle im richtigen Chromosom eingebaut werden. Dennoch muß auch hier die rasche Entwicklung von Techniken zur Vorsicht mahnen.

So lassen sich heute einzelne Zellen aus pflanzlichen Zellkulturen isolieren. Diese können dann als undifferenziertes Gewebe (Kallusgewebe) vermehrt und in großen Mengen im Labor gezüchtet werden. Aus Pflanzenzellen kann die gesamte DNA wiederum isoliert und in Genbanken im Reagenzglas aufbewahrt werden. Fremd-DNA kann z.B. mit Mikroinjektionsnadeln in die Pflanzenzelle übertragen werden. Aus diesen transformierten Pflanzenzellen lassen sich ganze Pflanzen regenerieren.

Bei Tieren geht mit dem gentechnischen Eingriff in die Keimbahn immer eine künstliche Befruchtung der entnommenen Eizelle im Reagenzglas einher. In die befruchtete Eizelle (Zygote) kann Fremd-DNA ebenfalls mikroinj-

etwa eines Säugetieres kann im Reagenzglas noch bis zum Acht-Zell-Stadium durch Embryosplitting vervielfacht werden (Klonierung). Mäuse, Schafe und Schweine sind u.a. schon gentechnisch manipuliert worden.

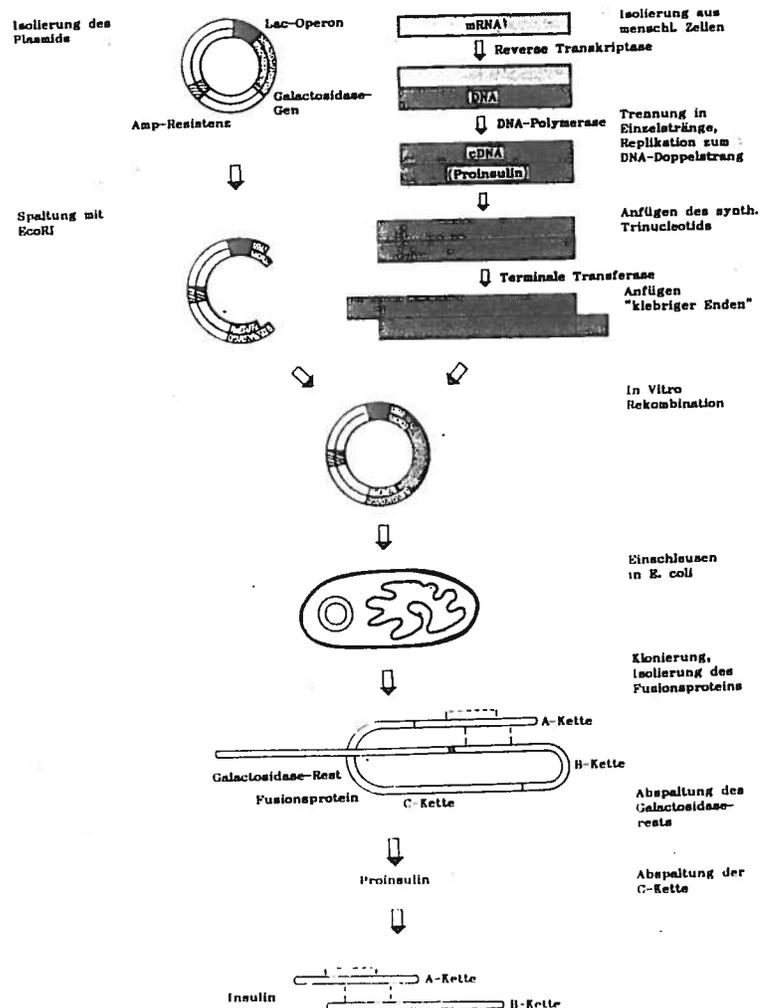
Techniken, die beim Säugetier angewendet werden, sind prinzipiell auch auf den Menschen übertragbar. Wie bei allen anderen Organismen wird auch die menschliche DNA Base für Base durch Sequenzierung erfaßt und ggf. verändert. Das DNA-Fingerprinting identifiziert DNA eines bestimmten Individuums: Mit ausgefeilten Methoden wie Restriktionslängenpolymorphismus (RFLP), Gensonden (Abj. 5 S. 6) und in situ Hybridisierung können kleinste Unterschiede in der Erbin-

formation festgestellt werden. Steht nicht genügend Zellmaterial für eine DNA-Analyse zur Verfügung, kann mit der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) jedes beliebige bekannte Gen in kürzester Zeit so stark vervielfältigt werden, daß alle geplanten Versuche durchgeführt werden können.

III Neue Ethik für die Gentechnik ?

Die Gentechnologie ist nicht wertneutral; Naturbeherrschung und technische Verwertbarkeit liegen bereits in ihrem methodischen Ansatz. Die Reduktion, die ins Atomare verfeinerte

Insulinproduktion durch E. coli-Bakterien nach Einbau einer cDNA



Nachweis einzelner Genfragmente mit einer DNA-Sonde

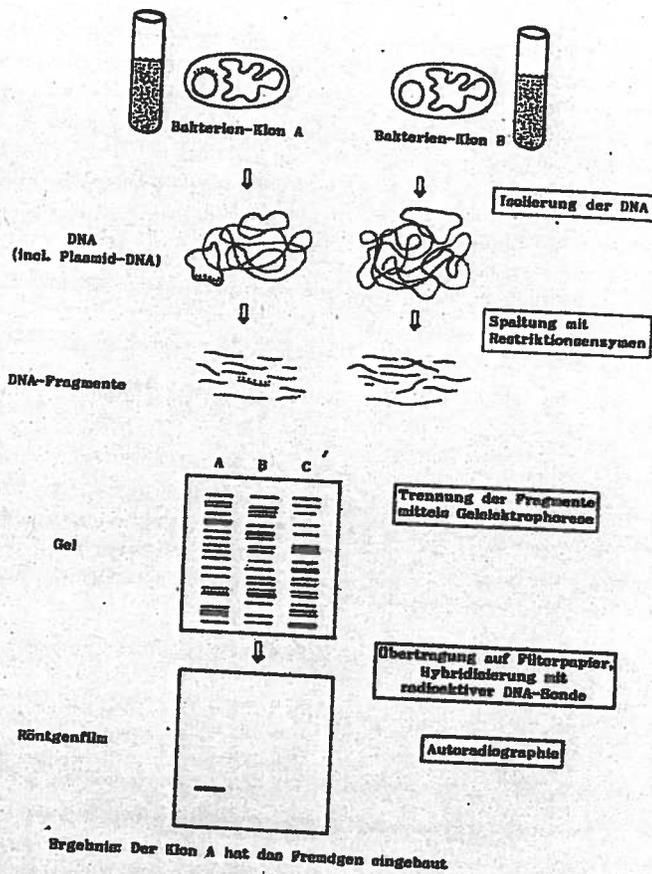


Abb. 5; Quelle. AK der Bundesfachschaften - Tagung Biologie, 1986

Zerlegung von Lebewesen, fördert die einseitige mechanistische Betrachtungsweise der Natur. Bereits heute zeichnen sich Entwicklungen ab, soziale und politische Probleme zu biologisieren und ihre "Ursachen" in den Molekularbausteinen des Lebens zu suchen. Gesellschaftliche Probleme werden damit zunehmend individualisiert. So werden beispielsweise nicht mehr die Umweltbedingungen am Arbeitsplatz für bestimmte Krankheiten verantwortlich gemacht, sondern der Arbeitnehmer selbst.

Hans Jonas fordert in seinem 1984 erschienenen Buch eine Änderung der Ethik, notwendig gemacht durch die "veränderte Natur menschlichen Handelns". Sein "Prinzip Verantwortung" bildet die ideelle Basis eines moralischen Konzepts, das zu regeln versucht, wie die Integrität der Gattung und des Individuums zu wahren ist, während die Manipulierbarkeit des Menschen mit der zunehmenden Fülle von Möglichkeiten wächst, mit "künftigen mensch-

lichen Wesen zu experimentieren" und das menschliche genetische "Material" nach eigenem Entwurf zu verändern.

Neben der Verantwortung gegenüber den Menschen gibt es aber auch die Verantwortung gegenüber unseren Mitgeschöpfen: "Der Mensch ist verpflichtet, seine unwandelbare Verwurzelung in der Natur anzunehmen und auszugestalten, statt durch herrschaftliches Gebraue seinen Lebensraum und damit sich selbst zu gefährden. Der Mensch ist gehalten, den Eigenwert seiner Mitgeschöpfe zu achten, nicht durch einen auf totale Nutzung gerichteten Fortschrittsglauben die Natur bloß vordergründig nach ihrem Gebrauchswert zu bemessen. Denn Dinge und Tiere haben ihren Sinn und Wert gerade auch in ihrem bloßen Dasein, ihrer Schönheit und ihrem Reichtum" (Katholische Land-Jugend-Bewegung 1989).

Dieser Anspruch wird im Forschungsalltag nicht verwirklicht. Angesichts des kaum abschätzbaren Risikopotentials der Gentechnik ist eine öf-

fentliche, und nicht nur den Wissenschaftlern selbst überlassene Entscheidung über die Anwendung der wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse eine demokratische Notwendigkeit.

So ist auch die Äußerung des Gentechnikkritikers E. Chargaffs zu verstehen, wenn er die Naturwissenschaftler als "schwache, als Fachmänner verkleidete Leute" fürchtet, die zu Entschlüssen von enormer Reichweite gezwungen seien.

Die Gentechnologie greift in die Evolution des Lebens ein, mit unabsehbaren und unumkehrbaren Folgen. Korrekturen dieses Handels werden in vielen Fällen nicht mehr möglich sein. Das verlangt die Unfehlbarkeit derer, die die Gentechnologie beherrschen wollen. Eine Technologie mit diesem Anspruch ist aber dem Menschen nicht gemäß und nicht zu verantworten.

Mit der Entwicklung technischer Möglichkeiten fallen Tabus und ethische Vorbehalte. Heute wird der Eingriff in die menschliche Keimbahn zum Tabu erklärt. Was geschieht aber morgen, wenn entsprechende Techniken erste Erfolge zur Behandlung von Krankheiten versprechen? Wer definiert dann, was Krankheiten sind, wo die Korrektur des Kranken aufhört und die Manipulation des Gesunden beginnt? Wer bestimmt die Normen?

Bereits heute zeichnen sich Entwicklungen ab, den Menschen nach seiner genetischen Ausstattung zu bewerten. Dennoch ist eine Ablehnung der Gentechnologie in einigen Bereichen schwer zu rechtfertigen, da diese Position dann die Verantwortung für die vorhersehbaren Folgen des Nichthandelns oder Unterlassens potentieller Heilverfahren übernehmen müsste. Hier würde vor allem der Verzicht auf alle pharmazeutischen Möglichkeiten der Gentechnologie ins Gewicht fallen.

Doch nicht nur ethische Argumente spielen bei der Diskussion eine Rolle, häufig sind es rein wirtschaftliche: Humaninsulin, Interferone, Wachstumshormone, Interleukine, Urokinase, Plasminogenaktivator, Vakzine und andere stellen die größten kommerziellen Erfolge der Gentechnologie dar,



da es sich um verkaufsträchtige Produkte handelt, deren Marktchancen kalkulierbar sind. Wenn massive wirtschaftliche und finanzielle Interessen auf den Plan treten, pflegt die Ethik, selbst wenn sie Hilfstruppen in sozialpolitischem oder theologischem Gewande ins Feld führt, den kürzeren zu ziehen.

Hier soll versucht werden, aus den vorhergehenden Betrachtungen ethische Perspektiven aufzuzeigen.

BUND-Forderungen

- Das Leitmotiv jeden Handelns muß die Respektierung der Würde des Menschen und der Natur sein.
- Grundsätzlich muß für die Gentechnik gelten, daß jeder einzelne Mensch, ob Betreiber oder Betroffener, zu seiner Verantwortung steht, die ihm aus seiner jeweiligen Position erwächst.
- Wissenschaft und deren Anwendungen müssen so angelegt sein, daß Fehler gemacht werden dürfen und die Möglichkeit besteht, aus ihnen zu lernen und das Handeln zu korrigieren. Daher dürfen keine Entscheidungen mit irreversiblen Folgen getroffen werden.
- Auf den Menschen bezogen, hat die Gentechnik dort ihre Grenze, wo sie auf Fremdbestimmung zielt und damit dem Individuum die Möglichkeit der eigenen Entscheidung nimmt.

IV Soziale Auswirkungen der Gentechnik

1. Gentechnologie in der Humangenetik - inhuman?

Die "Fortschritte" in der Gentechnologie haben - vor allem im Bereich der Humangenetik - auch erhebliche soziale Auswirkungen. Besonders augenfällig wird dies an dem Projekt der prädiktiven Medizin - einer "voraussagenden" Medizin, die davon ausgeht, daß die

genetisch determiniert sind, die auf einer möglichst vollständigen Analyse des menschlichen Genoms, der sog. Genom-Analyse basiert. Diese Genomanalyse wird für verschiedene Bereiche angewendet, wie pränatale Diagnostik, Screening-Verfahren (=Überprüfungsverfahren) und forensische Untersuchungen (gerichtliche Untersuchungen).

In Mammutforschungsprogrammen (in Deutschland finanziert über das Ministerium für Forschung und Technologie sowie die Deutsche Forschungsgemeinschaft) wird daran gearbeitet, das gesamte menschliche Genom zu analysieren - d.h. alle Bausteine der DNA des Menschen (schätzungsweise drei Milliarden) zu sequenzieren. Anders ausgedrückt: Der - genetisch betrachtet - "gläserne Mensch" ist das Ziel. Neben nationalen Projekten gibt es mehrere supranationale Gemeinschaftsvorhaben - sie werden in der EG mit ca. 100 Mio. DM finanziert. Weltweit hat sich 1988 - zur Koordinierung der Erforschung des menschlichen Genoms - die "Human Genom Organization (HUGO)" gegründet. Allein in den USA wurden hierfür jährlich 200 Mio. US-\$ bewilligt, bis zum wahrscheinlichen Ende des Projektes im Jahr 2005 also 3 Mrd. US-\$ - ein gigantisches Projekt, das allenfalls so ehrgeizigen Vorhaben wie der Entwicklung der Atombombe vergleichbar erscheint. Daher wird es von den Betreibern in den USA auch als das "Manhattan-Projekt" der Biologie bezeichnet. Dieser finanzielle, zeitliche und geistige Aufwand spricht auch dafür, daß es sich hier nicht allein um die Befriedigung menschlicher Neugier handelt. Aber was steckt hinter diesem Projekt? Wer verfolgt damit welche Ziele?

Zum einen sind massive Interessen bestimmter Forschungsinstitute zu erkennen, die von diesem fast unbegrenzten Förderungs- und Finanzierungsvolumen besonders profitieren würden, wie die Apparate-, Computer- und Laborchemikalienindustrie. Zum anderen sind die Ergebnisse für Arbeitgeber, Versicherungen und Militärs von großem Interesse.

Im Zusammenhang mit der Entschlüsselung des gesamten menschlichen Genoms wird hier auch das Problem der

wichtig. Wenn nicht mehr die subjektive Befindlichkeit oder der kulturelle Konsens entscheidet, was Krankheit ist, sondern Abweichungen von der genetischen Norm einer Population zur Krankheit erklärt werden, können rassistische Diskriminierungen und ethnische Vorurteile im Gewande sogenannter wissenschaftlicher Erkenntnisse auftreten.

2. Pränatale Diagnostik

Die auf Genomanalyse beruhenden Verfahren pränataler Diagnostik bergen die Möglichkeit, bereits vor der Geburt zwischen angeblich guten und schlechten Genen zu unterscheiden. Mit entsprechenden genetischen Schwangerschaftsuntersuchungen entsteht das Problem des eugenisch begründeten und von dritter Seite (Versicherungen, Nachbarn, Verwandte, Ärzte) geforderten Schwangerschaftsabbruchs. Es droht nicht nur die Verhinderung des Lebens schwerbehinderter Kinder, sondern auch der Schritt zur positiven Auswahl besonders "wertvoll" erscheinender Menschen. Problematisch ist dabei ferner, daß der Zeitpunkt, zu dem eine (nur mögliche) Erkrankung festgestellt wird, und ihr (möglicher) Ausbruch immer weiter auseinanderklaffen. Schon die Erstellung eines Kataloges von (Erb-)Krankheiten der Eltern würde zu einer Stigmatisierung dieser Krankheiten und betroffener Kranker führen, zumal Behinderungen nur zu einem geringen Teil genetisch bedingt sind. Dies würde künftig im Zusammenhang mit pränataler Diagnose mit großer Wahrscheinlichkeit einen Schwangerschaftsabbruch zur Folge haben.

Die ganze Tragweite der Entwicklung zeigt sich schließlich bei der Präimplantationsdiagnostik, wenn Embryonen nach einer künstlichen Befruchtung (In-vitro-Fertilisation*) und vor einer Einpflanzung untersucht und ausgewählt werden. Erbkrankte Embryonen, werden dann erst gar nicht implantiert. Das kann einerseits - wegen der vereinfachten Eugenik - zu einer Inflation der In-vitro-Fertilisation führen (auch völlig unabhängig von etwa vorliegenden Fruchtbarkeitsstörungen

denz zu positiver Eugenik in Richtung eines menschlichen Idealtypus (Abb. 6).

Prophylaxe heißt Verhinderung einer Krankheit durch Vorbeugung. Der vorbeugende Charakter der gentechnisch-pränatalen Diagnostik heißt aber nicht Verhinderung von Krankheit, sondern Verhinderung des Lebens eines (möglicherweise) kranken Menschen. Das führt unweigerlich zu der Gefahr, kranke Menschen als "lebensunwert" und damit "vermeidbar", Gesunde allein als "lebenswert" zu betrachten (siehe Kap. VI).

3. Diagnostik nach der Geburt

Dieses Prinzip kann auch auf eine Diagnose von Neugeborenen ange-

wandt werden, denen damit zwar nicht das Lebensrecht abgesprochen wird, aber deren Lebenschancen beschränkt werden können.

4. Arbeitnehmer-Screening

Bei genauerer Kenntnis der Erbsubstanz wird es möglich sein, Menschen auf genetische Unterschiede im Hinblick auf die Anfälligkeit oder Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffen zu untersuchen, zu unterscheiden und schließlich zu selektieren. Unter Arbeitnehmer-Screening versteht man dabei den Versuch, alle Arbeitnehmerinnen zu untersuchen und dann diejenigen aus einer Bewerberschar auszuwählen, die bei der Besetzung eines zum Beispiel chemisch belasteten Arbeitsplatzes auf Grund genetischer Veranlagungen am

widerstandsfähigsten zu sein versprechen. Das kann - positiv und im Sinne der Ziele prädiktiver Medizin - als Hilfe für den Menschen (und so dem Arbeitnehmer dienend) verstanden werden. Es wird aber - und dieser Aspekt hat die größere Relevanz - nach aller Erfahrung dazu führen, daß die dringendere und vorrangig zu verfolgende Verbesserung des Arbeitsumfeldes eingespart wird. Mit anderen Worten: Die kostenträchtige technische Vorbeugung wird durch eine verbesserte individuelle Eignungsprüfung - und dies auf der verlässlichsten aller möglichen, nämlich der genetischen Grundlage, ersetzt. So wie etwa schadstoffresistente Bäume gezüchtet werden, um der Notwendigkeit einer Verringerung der Luftbelastung zu entgehen.

Wird aber nun ein entsprechend ausgesuchter Arbeitnehmer trotzdem krank, hat er es möglicherweise noch schwerer als heute, einen Zusammenhang nachzuweisen zwischen seiner Erkrankung und dem gegebenenfalls gesundheitsgefährdenden Arbeitsplatz. Die genetische Veranlagung wird so zu einem Alibi für den Arbeitgeber.

5. Vom Arbeitnehmer zum Versicherten-Screening

Die Kenntnis aller menschlichen Gene und die Möglichkeit, genetische Dispositionen zu testen, könnten sich auch Lebens- und Krankenversicherungen zunutze machen. Vor Abschluß einer Versicherungspolice hätte sich der Versicherungsnehmer einem Screening zu unterziehen, um alle - auch ihm selbst (noch) verborgene - Risikofaktoren aufzudecken mit dem Ergebnis, daß künftig bestimmte Gruppen nicht mehr oder zu teureren Konditionen versichert würden.

Einerseits würde dadurch aber der Zweck, eine Lebens- oder Krankenversicherung abzuschließen (die Verminderung bzw. Abfederung von Risiken) ins genaue Gegenteil verkehrt. Andererseits würde der Begriff "Krankheit" unabschbar in Richtung "Disposition zur Krankheit" ausgedehnt. Menschen würden bereits aufgrund einer Disposition,

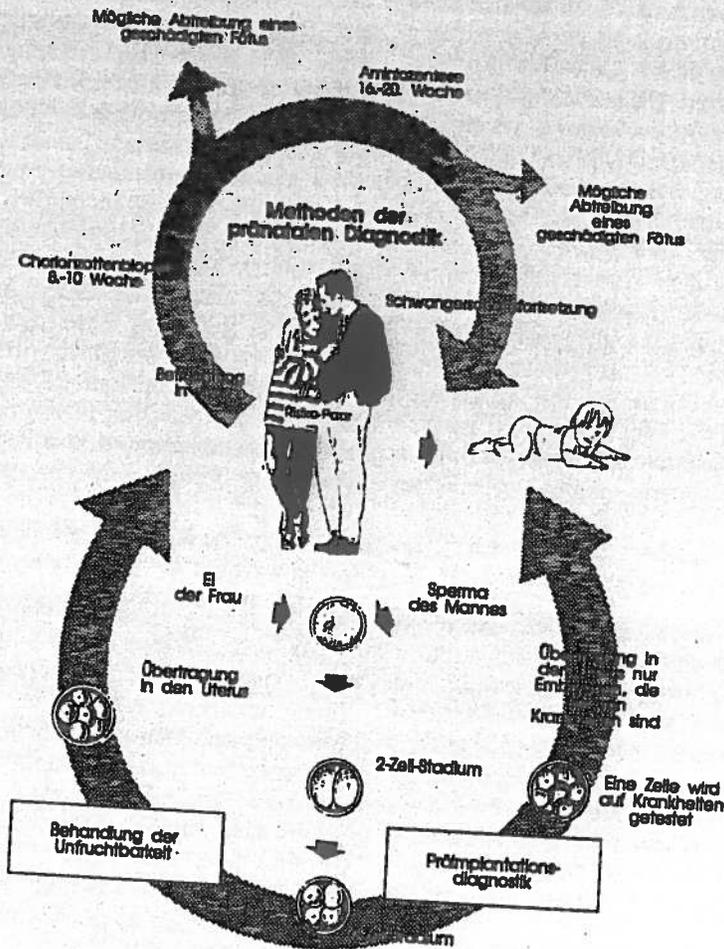


Abb. 6; Quelle: New Scientist Nr. 1698/6. Januar 1990, S.57



d.h. auf Verdacht, disqualifiziert, selbst wenn ungewiß ist, ob jemals eine Erkrankung wirklich eintritt. Damit würden Faktoren der Lebensführung unterbewertet.

6. Probleme des Datenschutzes

Die Entschlüsselung des menschlichen Genoms mit dem Ziel des "gläsernen Menschen" ist weitgehend auch ein Problem der Speicherung von Daten. Nicht nur, daß die Computer zur Erfassung aller Daten und deren Speicherung unabdingbarer Laborbestandteil sind; die zunehmende Computerisierung und die ansteigende Datenfülle werden das Datenschutzproblem vergrößern. Wer erhält Zugang zu den im Screening-Prozess gewonnenen Daten? Wer sichert ihre Vertraulichkeit - ist sie überhaupt sicherzustellen? Bleibt schließlich auch dem einzelnen das Recht auf Nichtwissen? Die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages hat vorgeschlagen, genetische (wie auch medizinische) Daten (schon die heute gespeicherten Gesundheitsdaten ergeben ein "Gesundheitsprofil", das zumindest Umrisse des "gläsernen Menschen" zu erkennen gibt), nicht in Personal-Informationssysteme aufzunehmen und/oder elektronisch zu speichern. Sicherer wäre es aus Gründen des Datenschutzes allemal, Daten, die so sensibel sind wie die der Genstruktur des menschlichen Individuums, gar nicht erst zu erheben.

7. Das DNA-Fingerprinting

Das gentechnische Verfahren des DNA-Fingerprinting macht es - so wird behauptet - möglich, Individuen anhand ihrer DNA zu identifizieren. Man spricht vom DNA-Fingerprinting, um anzudeuten, daß die Gesamt-DNA eines Menschen - wie sein Fingerabdruck - individuelle Züge trägt. In einzelnen Gerichtsverfahren sind entsprechende Befunde als Indizienbeweise herangezogen und die Methode von Gerichten - in der Bundesrepublik Deutschland im September 1990 vom Bundesgerichtshof - als Beweismittel im Strafverfahren

Ich kann mich echt nicht entscheiden: Der zärtlichere von beiden ist Hans, aber dafür hat der Max die geilere genetische Disposition...



thode offenbar nicht fehlerfrei arbeitet, ist ihre Anwendung und Verwendung vor Gericht in Anbetracht der Folgen jedoch fragwürdig.

Schwierigkeiten liegen erstens in den - wie häufig in der forensischen Medizin - geringen Probemengen, so daß Analysen oft nicht wiederholt, Ergebnisse nicht überprüft werden können. In den Chromatogrammen, die aus einem Gemisch der DNA-Bruchstücke (der repetitiven, d.h. vielfältig wiederholten Zwischenabschnitte) entstehen, gibt es zweitens sehr häufig Bandenverschiebungen (Band Shifting), die zu Interpretationsfehlern Anlaß geben. Es gibt drittens statistische Unsicherheiten hinsichtlich der Unwahrscheinlichkeit, daß zwei Analysen, die zwei verschiedene Individuen betreffen - eineiige Zwillinge sind hier ausgenommen - identische Ergebnisse bringen könnten. Bei der vor allem in den USA geführten Diskussion um die Zuverlässigkeit der Methode hatte man dabei - fast ist man geneigt zu fragen, wen überrascht das schon? - vor

ten hinzugezogen, die über Firmen kommerzielle Interessen an der forensischen DNA-Analyse hatten. Das DNA-Fingerprinting ist deshalb möglicherweise zu Unrecht als besonders sicheres Beweisverfahren gerichtsrelevant geworden. Dabei ist bereits die Wahl des Begriffes irreführend, erlaubt doch der "genetische Fingerabdruck" möglicherweise weit tiefere Einblicke als der klassische Fingerabdruck. Nun stützt sich zwar das DNA-Fingerprinting vorwiegend auf die Analyse von Sequenzen, die als vielfache Wiederholungen zwischen einzelnen Genorten über keine (bekannten) genetischen Funktionen verfügen. Es geht beim DNA-Fingerprinting demnach nicht um eine Genanalyse oder um Aufdeckung der genetischen Konstellation, des Genotypus eines Verdächtigen. Dennoch wird man kaum ausschließen können, daß bei Anwendung dieser Verfahren auch Informationen über sinngebende Abschnitte des Genoms (die Gene nämlich) gewonnen werden können.



8. BUNDForderungen

- Verbot von Genomanalysen an Einzelnen für Versicherungen und Arbeitgeber
- Prinzip der Freiwilligkeit bei pränatalen Diagnoseverfahren
- Verbot und Ächtung von Zwangsberatungen
- Umfassender Datenschutz
- Recht auf Nichtwissen des Betroffenen
- Verbot und Ächtung von Reihenerhebungen und
- Verbot von nicht auf Therapie zielenden Mammutprojekten wie der Entschlüsselung des menschlichen Genoms.

V Forschung und deren Auswirkungen in der Gentechnik

1. Was ist Forschung?

Forschung ist ein Zauberwort. Mit ihr sind z.T. unerfüllbare Erwartungen verbunden, wie Wünsche nach mehr Gesundheit, mehr Sicherheit, mehr Komfort und nach einer besseren Welt. Wünsche, die jeder in sich trägt.

Es gibt verschiedene Ansätze der Forschung:

- Die punktuelle Forschung. Hier wird ein Parameter untersucht; das Ergebnis ist quantifizierbar und damit in Technik umsetzbar. Die erzielten Zahlenwerte sind reproduzierbar und erscheinen damit objektiv, eben "wissenschaftlich" und werden anerkannt. Zusammenhänge zwischen den Einzelergebnissen jedoch bleiben häufig unklar oder unerkannt.
- Die Vernetzungsforschung. Sie versucht, Verbindungen im Rahmen größerer Netzwerke erkennbar wer-

den zu lassen. Aufgrund der Fülle des Materials kann hier nicht oder nur schwer quantifizierend gearbeitet werden. Dafür werden Zusammenhänge deutlicher aufgezeigt.

Heutzutage wird fast ausschließlich Forschung der ersten Kategorie betrieben und gefördert. Menge und Spezifität des Wissens nehmen zu. Hochspezifisch ist auch die Gentechnik, die sich in die Forschungsrichtung einreicht, die punktuell nach Einzelergebnissen sucht. Darüber hinaus drängt sie zur direkten Anwendung und auf schnelle Umsetzung ihrer Ergebnisse.

Die Hauptfrage, wie der Mensch mit und in seiner Umwelt überleben kann, wird dabei wenig beachtet. Auf den Menschen bezogen bedeutet Forschung: der Mensch ist wie jedes Lebewesen nicht nur die Summe von chemischen Einzelreaktionen, die man mit technischen Maßstäben quantifizieren kann, sondern er besteht aus einer Fülle von Regelkreisen. Er ist eingebunden in eine noch größere Fülle von Regelkreisen, nämlich in seine natürliche Umwelt. Die Regelkreise bilden ein aufeinander abgestimmtes Netzwerk. Dieses Netzwerk wird durch menschliche Einflüsse gestört und teilweise zerstört. Die Gentechnik beschleunigt diesen Prozeß in vielen Bereichen weiter.

Am Anfang technologischer Innovationen sind selten im Vorhinein die Auswirkungen auf die vorhandenen Regelkreise bekannt. Das Beispiel der sogenannten friedlichen Nutzung der Atomenergie zeigt, daß Entwicklungen, die anfangs als bahnbrechend gefeiert wurden, sich später als äußerst problematisch herausgestellt haben. Eine präventive Schaden-Nutzen-Analyse in Abwägung mit alternativen Lösungsmöglichkeiten könnte viel Schaden verhindern, wobei zu fragen ist, ob es eine echte Analyse im Bereich der Gentechnik überhaupt gibt.

2. Wonach wird geforscht in der Gentechnik?

Die Gentechnik wird inzwischen als Standardmethode in praktisch allen mikrobiologisch und molekularmedizi-

nisch arbeitenden Labors sowohl der öffentlich geförderten als auch der industriellen Institute angewendet. Ob es sich dabei um Grundlagenforschung oder um angewandte Forschung handelt, ist kaum mehr festzustellen.

Die gentechnische Forschung wird auf folgenden Gebieten betrieben:

a) Bei allen Lebewesen wird die Gentechnik dazu verwendet, um Regulationsmechanismen im molekularen Bereich auf der Ebene der Gene zu erforschen. Eine direkte Anwendung ist hier nicht immer zu erkennen.

b) Gentechnische Methoden dienen der Forschung nach biologischen Waffen (B-Waffen). Auch die Bundeswehr betreibt gentechnische B-Waffen-"Schutz"forschung, z.B. mit der Entwicklung eines Impfstoffes gegen Arbo-Viren Infektionen. B-Waffen-"Schutz"forschung und B-Waffenforschung sind untrennbar aneinander gekoppelt.

c) Ein anderes Forschungsfeld besteht in der gentechnischen Veränderung von Mikroorganismen, die so manipuliert werden sollen, daß sie alle möglichen Schadstoffe, vom Rohöl auf See über Nitrat im Trinkwasser bis zum Dioxin im Boden abbauen können.

d) Auch in der Ernährungsindustrie werden genetisch manipulierte Mikroorganismen zum Beispiel zur Erhöhung der Effizienz der Gärungsprozesse entwickelt. Die Haltbarkeit von Nahrungsmitteln soll weiter verlängert, und der Geschmack soll attraktiver werden.

e) Nutzpflanzen sollen so manipuliert werden, daß sie neuen Totalherbiziden widerstehen, höhere Erträge liefern und gegen natürliche Feinde resistent werden. Neue Sorten können durch die direkte Veränderung der Erbsubstanz gezielter und damit schneller erzeugt werden als mit konventionellen Methoden.

f) In der Tierzucht wird an Tierpharmazeutika, z.B. an Wachstumshormonen, geforscht. In Verbindung mit anderen nicht-gentechnischen Methoden (in vitro Fertilisation; Mikroinjektion; Embryosplitting) wird die Einführung und Vermehrung von gentechnisch ver-



ändertem Material in das Erbgut (Keimbahn*) des Tieres erst möglich und verspricht Aussicht auf Profit.

g) Der derzeit größte gentechnische Forschungsbereich liegt in der Pharmazie. Mit anderen Methoden nur schwer oder gar nicht zugängliche Medikamente (körpereigene Stoffe des Menschen wie z.B. Insulin oder Interferon) wurden durch gentechnische Forschung herstellbar. An vielen weiteren wird gentechnisch gearbeitet, z.B. Wachstumshormone, Schmerzmittel, Krebs- und Tumorthapeutika, Faktoren zur Auflösung von Blutgerinnseln und Antikörper. Mit gentechnischen Methoden sollen AIDS und Malaria bekämpft werden. Neuerdings ist es auch möglich, menschliche Eiweiße in Säugetieren (im wahren Wortsinne: "Bio-Reaktoren") herzustellen (molecular farming). Der bisher notwendige künstliche Fermenter könnte eines Tages überflüssig werden, wenn Haustiere, wie z.B. Kühe mit ihren Eutern, zu Arzneimittel-Lieferanten werden.

h) Am Menschen ist gentechnisch prinzipiell all das möglich, was zuvor am höheren Säugetier erprobt wurde. Ein wichtiger Forschungsbereich ist die Genomanalyse, die sich der verschiedenen Techniken zur Entschlüsselung des Erbgutes bedient. Diese reichen von der Lokalisierung von Genen auf bestimmten Chromosomen über den Nachweis von Genmutationen bis zu der exakten Sequenzierung der menschlichen Erbsubstanz.

Der internationalen "Human Genome Organization" (HUGO), die weltweit Forschungslabors nur für die Sequenzierung der gesamten menschlichen DNA finanziert, fließen immense Beträge öffentlicher und privater Geldgeber zu. Aus ökonomischen Gründen wird inzwischen auch die Patentierung einzelner Abschnitte der menschlichen DNA diskutiert.

i) Das letzte Tabu wird durch die Manipulation des menschlichen Erbgutes gebrochen. Erste Versuche mit gentechnisch manipulierten sogenannten Tumor-infiltrierenden Lymphozyten (TIL-Zellen) an Menschen in den USA

in die Keimbahn des Menschen mit der Konsequenz der Weitervererbung (erfolgreicher oder auch nicht erfolgreicher Manipulationen) an nachfolgende Generationen sind bisher nicht bekannt, werden aber schon diskutiert.

j) Noch in der Zukunft liegt ein Forschungsbereich, der Gentechnik mit der Neuro-(Nerven)biologie verbindet und der Struktur und Funktion des Gehirns auf molekularer Ebene offenlegen soll.

3. Finanzielle Förderung

Aufgrund der verschiedenen Geldgeber aus Bund, Ländern, Industrie, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Max-Planck-Institut (MPI) und Stiftungen ist die Haushaltslage sehr undurchsichtig und schwer nachvollziehbar. Eine Recherche hat beispielsweise folgendes ergeben:

Allein die vier Genzentren Köln, Heidelberg, München und Berlin erhielten 1988 öffentliche Gelder in Höhe von 41 Mio. DM. Für weitere Projekte mit ausschließlich oder teilweise gentechnischen Inhalten (schätzungsweise über 1000 Projekte) werden viele weitere Millionen ausgegeben.

Die EG unterstützt mit Verbundprojekten die Gentechnik in ihren Mitgliedstaaten und startet teure Programme wie z.B. BRIDGE (Biotechnology Research for Innovation, Development and Growth in Europe), welches mit 200 Mio. DM gefördert wird. In den USA flossen allein 1988 50 Mio. US-\$ öffentlicher Gelder in die Aufklärung des menschlichen Genoms. In Japan wurden für dasselbe Projekt mehrere Mrd. Yen veranschlagt.

In Deutschland wird die Gentechnik auch wegen der von der Industrie heraufbeschworbenen Sorge um Kontaktverlust zur Weltspitzenforschung massiv gefördert. Daß nicht jede Spitzentechnologie dem ökologischen und finanziellen Wohl des Menschen und seiner Umwelt dient, ist u.a. durch die Atomtechnik belegt.

Da man von Menschen, die ihre be-

den, den freiwilligen Verzicht auf Arbeitsmöglichkeiten nicht erwarten kann, eröffnet gerade die Frage der finanziellen Förderung, ein politisches Handlungsfeld. Auf diesem Weg muß Einfluß genommen werden auf Richtung und Geschwindigkeit neuer Technologien (nicht nur im öffentlichen Bereich). Viele Projekte auch privater Träger würden gar nicht oder später stattfinden, wenn nicht durch öffentliche Förderung wirtschaftliche Risiken abgedeckt würden. Durch immer größeren Finanzbedarf innerhalb der biologischen Forschung für die Gentechnik muß zwangsläufig in anderen Bereichen, wie z.B. der Forschung für die Erhaltung und Wiederherstellung intakter ökologischer Kreisläufe, gespart werden. Forschungs- und Förderungsschwerpunkte aber sollten sich gerade den Alternativen zu gentechnischen Projekten widmen.

4. BUNDForderungen

Für die gentechnische Forschung fordert der BUND eine Kombination von rechtlichen Verboten, politisch-finanziellen Steuerungsmaßnahmen und konsequenter Offenlegung:

- Offenlegung und Nachvollziehbarkeit von Forschungsprojekten und ihrer Finanzierung
- Entflechtung von Forschung und Anwendung
- Streichung der Mittel für Freisetzungsforschung
- Förderung von Alternativen zur gentechnischen Manipulation von Lebewesen
- Intensivierung der Forschung für die Erhaltung und Ausweitung der noch intakten Ökosysteme als Überlebensbasis auch des Menschen
- Statt gentechnischer Forschung in der Landwirtschaft Unterstützung ökologischer Landwirtschaft durch Forschung
- Anstatt überwiegend die Symptome von Krankheiten zu therapieren,



müssen endlich die äußeren Ursachen erforscht und mit erheblich mehr Mitteln bekämpft werden.

- Verbot jeglicher Forschung an Embryonen
- Verbot von Eingriffen in die menschliche Keimbahn
- Verbot jeglicher B-Waffen-Forschung

VI Medizin und Pharmazie

Auf dem Gebiet der Medizin findet die Gentechnologie Anwendung in der Forschung (Genomanalyse), der Diagnostik und besonders in der pharmazeutischen Therapie. Die genetische Anwendung in der Pharmazie schließt die gentechnisch manipulierten Mikroorganismen zur Produktion von Arzneimitteln ein. Dazu gehören einerseits körperfremde Substanzen, die bereits bekannt sind und nur anders hergestellt werden (z.B. Penicillin) und andererseits körpereigene Wirkstoffe, die vorher nur sehr aufwendig und in kleinen Mengen isoliert werden konnten (z.B. Interferon und Impfstoffe) und schließlich völlig neue Substanzen mit theoretisch postulierter Wirksamkeit (Gen-Design).

1. Medizinische Forschung und Anwendung

- Diagnostik

In der medizinischen Diagnostik können drei Bereiche gentechnischer Arbeitsansätze unterschieden werden, die alle auf der Identifizierung bestimmter Abschnitte des Genoms oder deren Produkte beruhen: Die Genomanalyse, die pränatale Diagnostik und das Screening-Verfahren.

In jede Bewertung ist grundsätzlich die Tatsache einzubeziehen, daß der Krankheitsbegriff nicht objektivierbar ist, sondern gesellschaftlichen Werturteilen und subjektiven Befindlichkeiten im gesellschaftlichen Rahmen unterliegt.

- Genomanalyse

Die Genomanalyse wird in Kapitel IV "Soziale Auswirkungen" besprochen.

- Pränatale Diagnostik

Für die pränatale Diagnostik gelten ähnliche Erwägungen wie für die Genomanalyse, von der sie genaugenommen nur einen Spezialfall darstellt. Alle am Menschen möglichen Genanalysen können auch schon an Ungeborenen vorgenommen werden (beispielsweise durch Fruchtwasserentnahme). Verstärkt wird hier der Konflikt allerdings durch die Möglichkeit der Abtreibung als Folge einer genetischen Analyse. Aus Indien wurde berichtet, daß Tests zur pränatalen Geschlechtsbestimmung zu massenhaften Abtreibungen weiblicher Feten geführt haben. Umfassende genetische Analysen könnten zur Folge haben (besonders bei rezessiv vererbten Merkmalen, die nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zur Erkrankung der Nachkommen führen), daß es Schwangerschaften nach dem Versuch-und-Irrtum-Prinzip gibt, die so lange abgebrochen werden, bis der Nachwuchs "gesund" ist. Eine Ausweitung der Testmöglichkeiten kann zu sozialem Druck führen, keine behinderten Kinder haben zu dürfen, da schließlich jeder selbst dafür verantwortlich wäre, ihr Entstehen zu verhindern, bis hin zu der Weigerung von Versicherungsträgern, hohe Pflegekosten zu übernehmen.

Ärzte, Genetiker und Politiker in aller Welt äußern sich zunehmend ungeklärt in diesem Sinne. In diesem Zusammenhang müssen auch die Ursachen von Behinderung kritisch betrachtet werden, da viele Behinderungen eher als Folge unserer Lebensbedingungen oder von Geburtskomplikationen anzusehen sind, denn als genetisch determiniert.

Obwohl die pränatalen Diagnose ein äußerst problematisches Instrument ist, muß man bestimmte Aspekte bedenken: Einmal gibt es erbliche Stoffwechselerkrankungen, deren Ausbruch durch vorbeugende Maßnahmen vom ersten Tag nach der Geburt an verhinderbar ist (z.B. Phenylketonurie). Hier ist die pränatale Diagnose von großer Wichtigkeit.

Weiterhin ist die eugenische Indikation zur Abtreibung in dem immer wieder umstrittenen § 218 enthalten. Sie steht dort gleichberechtigt z.B. neben der sozialen Indikation. Wollte man die pränatale Diagnostik verbieten, müßte man nicht auch jede genetische Beratung abschaffen und die eugenische Indikation verbieten? Was bedeutet dies z.B. für das Selbstbestimmungsrecht der Frauen? Frauen, die um ihre eigenen Erbkrankheiten wissen und ungewollt schwanger werden, könnten sich dann nur allein aufgrund sehr vager Vermutungen oder statistischer Unsicherheiten für eine Abtreibung entschließen. Sie hätten keine Möglichkeit, das viel genauere Instrument der pränatalen Diagnostik vorher anzuwenden. Sollte eine Frau das Recht haben, eine Schwangerschaft zwar aus materiellen oder psychischen Gründen abzubrechen - nicht aber, wenn mit Sicherheit feststeht, daß das Kind schwerste Behinderungen haben wird (Beratung auf freiwilliger und datengeschützter Basis)? Wird dieser letztgenannte Fall dann zur sozialen Notlage erklärt, oder wird Abtreibung dann generell verboten?

Bei aller Kritik an der pränatalen Diagnostik müssen diese Fragen durchdacht und entschieden werden, wenn man die Gentechnik verbieten will. Die gentechnischen Arbeitsmethoden sind "nur", wenn auch schon kritisch zu hinterfragendes, Instrumentarium. Der Schaden entsteht insbesondere durch die Auswertung der Erkenntnisse.

- Screening-Verfahren

Das Screening-Verfahren wird in Kapitel IV "Soziale Auswirkungen" näher beschrieben.

2. Therapie

- Keimbahntherapie

Der gezielte genetische Eingriff in die Geschlechtszellen ist auf die Nachkommen gerichtet und stellt den ersten Schritt zur Menschenzüchtung dar. Der vorgeblich menschenfreundliche Versuch, Erbkrankheiten "auszumerzen", nimmt immer das Risiko in Kauf, beim Mißlingen mehr Leid zu schaffen als zu verhindern. Eingedenk des vorherigen Abschnitts würde der Krankheitsbegriff



Zeichnung: Reinhold Lotfler

„Was gibt Ihnen die Zuversicht, der richtige Mann für uns zu sein?“

inflationär werden, und idealtypische Menschen wären das Ende dieser Entwicklung. Daher ist die Keimbahntherapie generell zu verbieten.

- Somatische Genterapie

Die Somatische Genterapie ist auf das Individuum gerichtet und betrifft die Nachkommen nicht. Die Problemlage ist hier weniger eindeutig, da ähnlich wie bei einer Operation oder der Verabreichung eines Medikaments das Individuum selbst entscheiden kann. Es könnte daher Einzelfall-Regelungen vorbehalten werden, ob bestimmte Behandlungsmethoden zugelassen werden oder nicht. Wo nicht sicher abzuschätzen ist, ob die Grenzen zwischen somatischer Genterapie und Keimbahntherapie überschritten werden, muß der Verdacht auf Veränderung von Keimzellen ein Verbot des Vorhabens auslösen.

3. Therapeutika

Die pharmazeutische Produktion mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen ist bereits Praxis. Die Debatte darüber kann unter Sicherheitsgesichtspunkten geführt werden (z.B. bei der Produktionsanlage von Hoechst zur Insulinherzeugung) und auch als Sinnfrage grundsätzlich angegangen werden.

auf Sicherung überprüft werden muß, zeigt der Fall des L-Tryptophan. Diese L-Aminosäure wurde zur Behandlung von Depressionen und Schlafstörungen verordnet, machte jedoch die Patienten in vielen Fällen (1.500 in den USA) nicht gesund sondern krank: Sie litten am Eosinophilie-Myalgie-Syndrom (EMS), welches mit Fieber, Muskelschmerzen und vermehrten Leukozyten einhergeht. In 27 Fällen endete die Krankheit tödlich. Verursacht wurde das EMS-Syndrom durch Präparate einer Firma, die nach einer Produktionsumstellung durch einen gentechnisch veränderten Bakterienstamm hergestellt wurden. Ob die als Peak E bezeichnete Verunreinigung (durch ein Kondensationsprodukt von Tryptophan und Acetaldehyd) oder Spuren von Bacitracin (welches jener Stamm unter anderen Bedingungen in großer Menge produziert) die Ursache waren, ist noch ungeklärt.

Auch der Mißbrauch gentechnisch hergestellter Pharmaka ist nicht auszuschließen: die Verwendung des gentechnisch hergestellten Erythropoietins, welches bei Dialysepatienten angewandt wird, hat als blutbildendes Dopingmittel für Sportler schon zu einem Todesfall geführt.

Alle Fragen sollten im Einzelfall bei der Zulassung eines Medikaments erör-

durch die Produktion notwendiger Medikamente mit gentechnischen Methoden nicht ausgeschlossen werden kann. Nicht zuletzt macht die Tatsache nachdenklich, daß die meisten monogenetischen Erbkrankheiten nur sehr wenige Patienten betreffen und mit hohem Aufwand behandelt werden, während beispielsweise für die Seuchenbekämpfung in der Dritten Welt nicht genügend Mittel zur Verfügung gestellt werden.

Dennoch darf der Wunsch der betroffenen Menschen nach wirksamen Medikamenten nicht mit leichter Hand abgetan werden.

4. Vakzine (Impfstoffe)

Die Produktion von Impfstoffen mit gentechnischen Methoden ist aus zwei Gründen problematisch. Erstens muß bei der Erzeugung von Lebendimpfstoffen immer mit dem Krankheitserreger umgegangen werden, vor dem der Impfstoff schützen soll. Auch wenn abgetötete Erreger oder nur Teile von ihnen verwendet werden, gilt dies zumindest für die Forschung und die Produktionsvorbereitung.

Zweitens beruht die militärische Forschung (B-Waffen) zum Teil auch auf der Erzeugung von Impfstoffen, denn nur wer seine eigenen Truppen oder Bevölkerung immunisieren kann, wird gefährliche Erreger als Angriffswaffe benutzen. Beide Probleme gelten allerdings auch für die "konventionelle" Impfstoffforschung und Impfstoffproduktion. Von daher erscheint ein Verbot gentechnischer Methoden dann gerechtfertigt, wenn sie völlig neue Risiken schaffen oder das Ziel verwerflich ist. Dies ist sicherlich bei der militärischen Nutzung ausnahmslos gegeben.

5. BUNDForderungen

In folgenden Bereichen der medizinischen Diagnostik und Therapie, die als gefährlich angesehen werden, teilweise auch über den Bereich der Gentechnologie hinaus, sind Verbotsforderungen notwendig:



- Embryonenforschung
- B-Waffen-"Schutz"-Forschung

In anderen Bereichen müssen auf jeden Fall ethische Normen gesetzt werden:

- somatische Gentherapie
- Pränatale Diagnostik
- Genetische Analyse.

Im Bereich der Pharmazie ist eine Einzelfallbetrachtung angezeigt. Hierzu müssen analog zur Forschung Rahmenbedingungen und Verfahrensweisen eingefordert werden. Dazu gehören auf jeden Fall:

- gefahrverhindernde Sicherheitsstandards
- Abschätzung der langfristigen Auswirkungen auf Umwelt und Menschen
- Öffentlichkeit der Vorhaben
- der Nachweis, daß das angestrebte Ziel unter Abwägung aller Folgen, insbesondere der sozialen und ökologischen, wünschenswert ist
- die schlüssige Begründung, daß akzeptable Alternativen nicht existieren und daß das Verfahren keine unvertretbaren Risiken beinhaltet
- der Verzicht auf eine Haftungsgrenze für die Betreiber gentechnischer Anlagen, um das Abwälzen unkalkulierbarer Risiken auf die Allgemeinheit zu verhindern.

VII Einsatz von genetisch veränderten Organismen im Umweltschutz

Nachdem gentechnische Verfahren bereits im pharmazeutischen und medizinischen Bereich Anwendung finden, in der Landwirtschaft und auf dem Ernährungssektor schon eine Rolle spielen und zu militärischen Zwecken eingesetzt werden, ist auch der Einsatz gentechnisch veränderter Organismen im Umweltbereich zur Umweltsanierung zu erwarten.

1. Die Ausgangslage

In der BRD fallen jährlich mehrere hundert Millionen Tonnen Abfälle an; Abwässer sind mit Schadstoffen erheblich belastet.

Synthetisch hergestellte Chemikalien sind mit explosionsartigen Zuwachsraten in alle Lebensbereiche vordringend: Etwa 100.000 verschiedene Stoffe werden heute weltweit genutzt, ohne daß deren Umweltverträglichkeit oder Wechselwirkung ausreichend erforscht wäre. Die meisten der synthetischen organischen Substanzen, besonders die chlorierten aromatischen Kohlenwasserstoffe, sind gegenüber mikrobiellem Abbau relativ stabil. Aber auch andere, natürliche, organische Verbindungen - vor allem Erdöl und Erdöl-Produkte - gelangen zum Teil unbeabsichtigt in großen Mengen in die Umwelt.

Die Folge sind erhebliche Belastungen des Bodens, des Wassers und der Luft.

2. Die Erwartung

Um der steigenden Flut von Umweltgiften Herr zu werden, setzt man auf Optimierung vorhandener Stoffwechsellösungen der Mikroorganismen. Man hofft, mit ihrer Hilfe die Probleme bei der

- Trinkwasseraufbereitung
- Abwasserbehandlung
- Abluftreinigung
- Dekontamination von Böden
- Altlastensanierung
- in den Griff zu bekommen.

Die Enquête-Kommission "Chancen und Risiken der Gentechnologie" des Deutschen Bundestages nennt als Einsatzmöglichkeiten:

- Abbau von Schadstoffen, die bisher wenig oder überhaupt nicht zersetzt wurden (CKWs, Dioxine, PCBs, Kunststoffe)
- Beschleunigung des Abbaus

- Anreicherung und Entfernung von Schwermetallen aus Boden und Abwasser durch Akkumulation oder Biosorption (Absorption durch biologische Organismen).

Bisher wurden in diesem Bereich konventionelle mikrobiologische und biotechnische Verfahren eingesetzt, d.h. standortangepaßte (isolierte) Mikroorganismen, die bereits Umweltgifte in geringem Maß als Nährstoff- oder Energiequelle nutzen, werden im Labor vermehrt und wieder an ihrem ursprünglichen Standort eingesetzt oder: gezüchtete (selektierte) Mikroorganismen, die in Anreicherungskulturen unter extremen Wuchsbedingungen für eine bestimmte Abbauleistung gezielt "herausgefiltert" wurden, werden vor Ort ausgebracht.

Fast immer reichen diese Techniken jedoch nicht aus:

Isolierte und selektierte Organismen, die die Fähigkeit neu erworben haben, bestimmte Fremdstoffe abzubauen, sind in aller Regel in ihrer Abbauleistung auf einen Stoff oder eine Stoffklasse beschränkt. Um komplexe Verschmutzungssituationen, die von einer Vielfalt chemischer Stoffe verursacht sind, zu bewältigen, bedarf es eines entsprechenden Zusammenwirkens verschiedener Mikroorganismen. Da diese unter den definierten Bedingungen schwer zu handhaben sind und eine Vielfalt unvorhersehbarer Wechselwirkungen aufweisen können, versucht man nun mit gentechnischen Methoden, die gewünschten komplexen Abbaueigenschaften im Idealfall auf einen einzigen Bakterien- oder Pilzstamm zu konzentrieren. Methodisch bedient man sich

- genetischer in-vivo*-Selektion und
- in-vitro-Genklonierung* und kombiniert im Regelfall beide Methoden.

Bei der in-vivo-Selektion bringt man Stämme mit verschiedenen Abbaueigenschaften gemeinsam in Kultur und setzt sie einer Kombination der Schadstoffe aus, so daß sie ihre auf übertragbaren ("transmissiblen") Plasmiden liegenden Abbaueigenschaften gegenseitig übertragen können. Die überlebenden und sich fortpflanzenden Bakte-



rien haben andere Abbaueigenschaften hinzugewonnen und werden nun als neue Stämme kultiviert.

Bei der in-vitro-Genklonierung werden mit gentechnischen Methoden definierte Gensequenzen, die die Information für den Schadstoffabbau tragen, zusätzlich in das Erbgut des Mikroorganismus eingeschleust, um ihm so zusätzliche Abbaueigenschaften zu verschaffen. Es können auf diese Weise auch artfremde Gene in den Mikroorganismus eingebaut werden, was über in-vivo -Selektion nicht möglich ist.

Für genetische Arbeiten werden Bakterien-Spezialstämme von *Pseudomonas* oder *Alcaligenes* bevorzugt, die sich schon durch eine breite Palette unterschiedlicher Stoffwechselleistungen auszeichnen.

Abgebaut werden sollen auf diese Weise:

- aliphatische Verbindungen (mit offenen Kohlenstoff-Ketten) wie Erdöle, Kunststoffe und Lösungsmittel
- Kohlenhydrate wie Cellulose und Stärke
- aromatische Verbindungen wie halogenierte Kohlenwasserstoffe, Nitroverbindungen, Azofarbstoffe und aromatische Amine
- Steroide sowie
- Heterozyklen (Zyklische Kohlenwasserstoffe, in denen z. T. Kohlenstoff durch andere Atome ersetzt ist)

3. Mögliche ökologische und gesundheitliche Folgen

Die nachteiligen Folgen, die sich aus einer versehentlichen oder absichtlichen Freisetzung eines neuen oder unerprobten Organismus in die Umwelt ergeben könnten, sind:

1. Gefahr der unkontrollierten Ausbreitung
2. Pathogenität oder Toxizität durch unerwartete und unerwünschte Abbaueigenschaften

3. Austausch von genetischem Material mit anderen Organismen

4. Störung der Ökosysteme und der Evolution der Arten

Es ist zu differenzieren zwischen Arbeiten im (halb-) geschlossenen System (Bioreaktoren, on-site oder off-site Verfahren) und - in der Mehrzahl solchen in (halb-) offenen Systemen (in-situ Verfahren, Kläranlagen). Bei letzteren ist Voraussetzung für die Umweltsanierung die gezielte Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt. Dabei werden die bisher postulierten Sicherungsmaßnahmen - außerhalb kontrollierter Laborbedingungen sind genetisch veränderte Organismen nicht lebens- und vermehrungsfähig (biological containment) - umgekehrt: gerade die Umwelttauglichkeit des Mikroorganismus oder seines Erbmaterials ist erwünscht.

Hier sollen einige Beispiele für die Risiken, die beim Einsatz gentechnisch veränderter Organismen auftreten können, aufgezählt werden:

- In der Regel, insbesondere unter variierenden Umweltbedingungen, erfolgt kein vollständiger Abbau. Der Abbau führt nur zu Zwischenprodukten, die sogar toxischer sein können als das Ausgangsprodukt. So können beim Abbau des Pestizids Lindan mehr als 80, zum Teil weit giftigere, Substanzen entstehen. Ein weiteres Beispiel: Beim Abbau von Trichlorethylen (TCE) und Tetrachlorethylen (PCE) entsteht das ebenfalls schädliche Vinylchlorid (VC).

- Die Anwesenheit von Sauerstoff beim Abbau aromatischer Verbindungen kann zur Auto-oxidation oder zur Polymerisation aromatischer Zwischenprodukte führen und damit ebenfalls zur Bildung toxischer Produkte.

- Ungiftige Stoffe können in einem Aktivierungsprozeß in giftige umgewandelt werden wie z.B. die Nitrosylierung von sekundären Aminen zu karzinogenen Stoffen.

- Die Abbaueigenschaften, die Mikroorganismen erworben haben, können

jetzt mit großem Finanz- und Forschungsaufwand bekämpfte Materialzerstörung durch Mikroorganismen dürfte massiv gefördert werden. Ein besonders drastisches Beispiel hierfür sind ölabbauende Mikroorganismen, die Treibstoffe zersetzen.

- Neue, unerwartete Stoffwechselleistungen können auftreten. Einen Hinweis darauf gibt die Bildung des blauen Farbstoffes Indigo durch *Escherichia coli*, ausgelöst durch das gentechnische Einschleusen des Entgiftungsenzyms Naphtalinoxidase.

- Freiwerdende Zwischenprodukte können als Nährstoffe Stoffwechselwege in anderen Organismen induzieren; zum Beispiel hat *Clostridium* je nach Stoffangebot die Wahl zwischen bis zu 20 Abbauebenen.

- Bei manchen Sanierungsverfahren werden Lösungsmittel eingesetzt, die die abzubauenen Stoffe den Bakterien besser verfügbar machen, was eine zusätzliche Umweltbelastung darstellt.

- Bakterienstämme, die als nichtpathogen eingestuft werden, lassen Veränderungen zu Toxin- und Antigenbildung befürchten, zumal wenn nahe verwandte Wildtypen diese Eigenschaften aufweisen.

- Nach getaner Abbauleistung sterben nicht alle verwendeten Mikroorganismen ab (Sporenbildner), oder es können Bruchstücke ihrer Erbsubstanz von anderen Organismen aufgenommen werden. Dies kann dann eintreten, wenn die Mikroorganismen in-vitro-geklonte Gene tragen, die zu Instabilität und zu Brüchen und Bruchstückverlusten, neigen. So führt etwa das Ausschalten zweier Gene des gering pathogenen Bakteriums *Yersinia pseudotuberculosis* zu einem Bakterium, das in seiner Toxizität dem des Pesterregers *Yersinia pestis* vergleichbar ist.

Nicht nur wegen der Risiken ist der Einsatz von gezüchteten oder neukonstruierten Mikroorganismen kritisch zu bewerten. Es wird auch die Effizienz dieser Verfahren überschätzt:

- Die unter definierten Laborbedingungen funktionstüchtigen Mikroorganismen können unter variierenden Umweltbedingungen versagen.

- Es liegt selten nur ein Schadstoff in konzentrierter Form vor; meist handelt es sich um Schadstoffgemische.

- Wenn eine dauernde und gleichmäßige Belastung mit Problemstoffen nicht garantiert ist - und das ist der Normalfall - gehen die Mikroorganismen zugrunde.

- Trotz des gezielten und massiven Einsatzes von Mikroorganismen verbleiben stets Restkonzentrationen des Schadstoffes.

Die Bundesregierung sieht in der Biotechnologie - auch im Hinblick auf die Gentechnologie - "ein geeignetes Werkzeug für die Schaffung einer ausdauernden und umweltverträglichen Entwicklung", räumt jedoch ein, daß diese uns weder aus der dringenden Notwendigkeit der Müllreduzierung entläßt noch, daß die Schaffung schadstoffresistenter Pflanzen als eine Lösung für die Probleme der Umweltverschmutzung angesehen werden kann (schriftliches Statement d. Deutschen Delegation, 3. Sitzung des PrepCom für die UNO - Konferenz über Umwelt und Entwicklung, Genf, August 1991).

4. BUNDForderungen

- Der Vermeidung von umweltbelastenden Emissionen muß in jedem Fall Vorrang vor einer 'Reparaturtechnologie' eingeräumt werden (Umweltvorsorge statt end-of-pipe-Maßnahmen).

- Vor Beginn der Anwendung von genetisch veränderten Organismen zu "Umweltschutzzwecken" ist ihre Notwendigkeit zu prüfen und einer Risikoabschätzung zu unterwerfen.

- Statt vermehrungsfähige Organismen einzusetzen, sollten biotechnische Verfahren optimiert werden, die mit Zellbestandteilen (immobilisierte Enzyme, Festbettverfahren) arbeiten.

- In-situ-Sanierung, also Sanierung am Ort der Verschmutzung, kommt einer Freisetzung gleich und ist deshalb abzulehnen.

VIII Freisetzung: Wehe wenn Sie losgelassen!

Mit beabsichtigter (Freisetzung) oder unbeabsichtigter (Unfall) Ausbringung in die Umwelt erhalten gentechnisch veränderte Organismen die Möglichkeit, sich unkontrolliert zu vermehren. Das große Problem dabei ist, daß einmal freigesetzte genmanipulierte Organismen u.U. nicht wieder zurückgeholt werden können.

Das Wissen um die Zusammenhänge in Öko-Systemen ist auch heute noch sehr gering. Obwohl es einige wenige Ansätze der Ökosystem-Forschung gibt, ist die Mannigfaltigkeit der ökologischen Zusammenhänge der Lebewesen untereinander und mit ihrer unbelebten Umwelt nicht einmal ansatzweise erforscht, geschweige denn, daß verlässliche Vorhersagen über das Verhalten "künstlicher" eingebrachter Organismen getroffen werden könnten. Es werden zwar vor der eigentlichen Freisetzung Gewächshaus-Experimente durchgeführt, und es wird versucht, eine Risikoabschätzung vorzunehmen; langfristige Auswirkungen auf das Ökosystem wurden dabei jedoch nicht berücksichtigt.

1. Ungewollte Freisetzung

Eine absolute Sicherheit ist in Naturwissenschaft und Technik grundsätzlich nicht gegeben. Das Beispiel Tschernobyl und auch andere technische Projekte wie die Raumfahrtprogramme (Challenger-Katastrophe) haben die Grenzen der Kontrollierbarkeit von Technik aufgezeigt. So bleibt ein "Restrisiko" grundsätzlich bei allen Technologien bestehen. Schnell verketteten sich "Zufälle", und das angeblich Unmögliche schlägt mit voller Gewalt zu.

Um den allzu sorglosen Umgang bei gentechnischen Arbeiten zu unterbinden, wurden Sicherheitsvorschriften im Rahmen des am 1.7. 1990 in Kraft getretenen Gentechnikgesetzes (GenTG) erlassen, deren Effizienz jedoch umstritten ist. So sieht z.B. die Gentechnik-Sicherungsverordnung keinerlei Abtötung der Organismen im Abwasser von Anlagen der Sicherheitsstufe 1 vor, womit eine Freisetzung geradezu billigend in Kauf genommen wird.

Je nach Gefährlichkeit der gentechnologischen Arbeiten und der Versuche werden verschiedene Labor-Sicherheits-Stufen (L1-L4) vorgeschrieben. Die Stufe L1 entspricht den Sicherheitsbestimmungen der sogenannten "Guten mikrobiologischen Praxis" für Labors. Fast alle bisher weltweit durchgeführten großtechnischen Arbeiten würden nach dem GenTG der Sicherheitsstufe 1 zugeordnet.

In der Labor-Sicherheits-Stufe L2 müssen außerdem eine sog. Sterilbank und ein Autoklav zur Abtötung der Organismen vorhanden sein.

Weitere zusätzliche Sicherungen sieht die Stufe L3 vor. Das Labor muß unter ständigem Unterdruck gehalten werden, für die Mitarbeiter müssen Waschgelegenheiten und Schutzkleidung sowie eine zweitürige Schleuse vorhanden sein. Abluft und Abwasser, die ein Labor der Stufe L3 verlassen, müssen absolut keimfrei sein. Das Labor muß so abdichten sein, daß es absolut steril gehalten werden kann.

Bei der höchsten, der L4-Stufe, kommen weitere Auflagen hinzu; eine unter Überdruck stehende Sicherheitskleidung der im Labor beschäftigten Personen, ein laboreigenes Ventilationssystem mit Notstromversorgung, dreikammerige Druckschleusen u.a.

Auch aus den Labors und Produktionsanlagen, in denen mit gentechnisch veränderten Organismen höherer Sicherheitsstufen gearbeitet wird, gelangen unweigerlich, wenn auch unabsichtlich kleinere Mengen von DNA oder Mikroorganismen in die Umwelt.



2. Folgen bisheriger Floren- und Faunenverfälschung

Schon im nicht-gentechnischen Bereich gibt es Beispiele dafür, wie sich neueingeführte Tiere und Pflanzen auf Kosten der heimischen Population ausbreiten können: Feuchte Streuwiesen, in der der Riesenbärenklau große Bestände bildet, Flußufer, die vom japanischen Knöterich oder dem drüsigen Springkraut beherrscht werden, nährstoffarme Sandfluren, in denen sich Rubinie oder amerikanische Traubenkirsche ausbreiten und damit die dort vorher lebenden, konkurrenzschwächeren Pflanzen verdrängen. Damit verschwinden natürlich auch die speziell an diese Lebensverhältnisse und an die Pflanzen angepaßten Tiere. Den "Neubürgern" unter den Pflanzen (Neophyten) fehlen meist diese auf sie spezialisierten Tiere, da sie aus völlig anderen Regionen stammen. Die ökologische Bedeutung dieser Pflanzen für unsere Biotope ist deshalb gering.

Auch unter den Tieren gibt es Arten, die, einmal in andere Regionen verbracht, zu "Problemtieren" werden: Kaninchen und Aga-Riesenkröten in Australien, Bisam und Waschbär in Mitteleuropa oder die "Killerbienen", die sich von Brasilien ausgehend nach Nordamerika ausbreiten, sind Beispiele hierfür. Letztere wurden 1956 unbeabsichtigt freigesetzt, als sie aus einem Institut in Sao Paulo (Brasilien) entwichen. Sie entstanden aus Kreuzungen mit einer heimischen südamerikanischen Bienenart und breiten sich nun stetig nach Norden aus. Ende Oktober 1990 haben sie die Südgrenze der USA erreicht. Als Wanderbienen und durch ihr großes Vermehrungspotential verdrängen sie heimische Bienen, fallen aber zur Blütenbestäubung nahezu aus.

Aus dem Reich der Bakterien gibt es ebenfalls "klassische" Fälle, die zeigen, welche Problematik hinter der Ausbringung steckt. Bekanntestes Beispiel sind sicherlich die Milzbrandbakterien von Gruinard Island, wo die Engländer 1940/41 auf einer Insel nördlich von Schottland biologische Waffen erprobten und Milzbrandbazillen freisetzten.

verseucht und konnte nur durch massiven Formaldehyd-Einsatz wieder betretbar gemacht werden.

3. Horizontaler Gentransfer: Die ungewollte Übertragung

Genmanipulierte Organismen können sich als Lebewesen aktiv vermehren und ihre Gene weitergeben. Die Befürworter der Freisetzung behaupten zwar stets, daß die ausgebrachten Organismen "sicher" seien, d.h., eine unerwünschte Ausbreitung veränderter Gene auf andere Organismen könne ausgeschlossen werden. Jüngst in Berlin gemachte Beobachtungen stehen dieser Behauptung entgegen: eine in Senfpflanzen eingebrachte Antibiotika-Resistenz trat anschließend in Bodenbakterien auf. Der Nachweis des horizontalen Gentransfers auf Bakterien stellt die Sicherheit von Freisetzungen insgesamt in Frage.

Durch unerwünschten Gentransfer können eingeführte Gene in der Mikroorganismenpopulation erhalten bleiben, auch wenn die ursprünglich veränderten Organismen nicht mehr existieren. Zudem gibt es Hinweise für Langlebigkeit nackter DNA im Boden. Das Auftreten unerwünschter Abbauleistungen nach der Aufnahme artfremder DNA, die beispielsweise den Nährstoffkreislauf zu verändern vermögen oder zu gefährlichen Metaboliten führen, kann nicht mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen werden.

Ganz allgemein gilt, daß der Organismus mit seiner Umwelt über den Phänotyp (seine äußere Erscheinungsform) reagiert. Gleiche Genotypen (innere Genzusammensetzung) können aber je nach äußeren Einflüssen unterschiedliche Phänotypen hervorbringen, die ihrerseits vermutlich in unterschiedlicher Weise mit ihrer Umwelt interagieren. Dabei spielen neben den örtlichen auch die jahreszeitlichen Gegebenheiten wie Temperatur, Niederschlag, Sonneneinstrahlung etc. und die schiere Quantität der eingeführten Organismen eine wichtige Rolle. Zu be-

Folgen einer Freisetzung nicht sofort sichtbar sein müssen, sondern sich erst nach Jahren und Jahrzehnten offenbaren können, wenn andere Bedingungen herrschen oder die Pufferkapazität eines Ökosystems erschöpft ist. Als Beispiele seien die zuvor genannte Aga-Riesenkröte, die vor 50 Jahren zur Schädlingsbekämpfung in Zuckerrohrplantagen in Australien eingeführt wurde, sich aber erst seit einigen Jahren zur Plage entwickelt, sowie die amerikanische Späte Traubenkirsche erwähnt. Letztere wurde in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts zur Bodenverbesserung im Norddeutschen Raum eingeführt; ihre unerwartet starke Ausbreitung beeinträchtigt inzwischen jedoch die Naturverjüngung und den Ertrag forstlich genutzter Baumarten.

4. Freisetzung - Der Sündenfall

Die erste genehmigte Freisetzung gezielt genmanipulierter Organismen erfolgte am 24.4.1987 in Kalifornien. Zuvor hatte es allerdings schon verschiedene illegale Freisetzungen gegeben. Der genannte Versuch bezog sich auf die Frost-Resistenzen von Erdbeeren mittels sogenannter "Eis-Minus-Bakterien". Diese Bakterien sind in der Natur weit verbreitet und werden durch Wind auch in große Höhen verwirbelt. Klimaforscher entdeckten, daß die Entstehung von Regentropfen u.a. durch den Kristallisationskeim *Pseudomonas syringae* gefördert wird. Man fand heraus, daß diese Bodenbakterien auch am Boden für die Entstehung von Eiskristallen verantwortlich sind. Anfang der 80er Jahre gelang es den Gentechnologen, den normalen Bakterien ("Eis-Plus-Bakterien") das Gen für die Eiskristallbildung zu entfernen. Damit hatte man künstlich die "Eis-Minus" Form erzeugt. Bekannt war, daß junge Erdbeerpflanzen noch nicht mit der normalen Eis-Plus-Form von *Pseudomonas* besiedelt sind. Was lag also näher, als Eis-Minus-Bakterien in großer Zahl auf junge Erdbeerefelder auszubringen, um die Frostschäden bei kalifornischen Erdbeeren zu minimieren und damit deren Verbreitungsgrenze nach Norden zu verschieben? Die experimentellen Labor-Daten entsprachen den Erwartun-



gen. Es wird jedoch befürchtet, daß bei der großräumigen Freiland-Anwendung die Eis-Minus-Form vom Wind in höhere Luftschichten verwirbelt wird und dort ebenfalls die normale Form der für die Regenbildung verantwortlichen Bakterien verdrängen könnte.

5. Petunien - "Türöffner" für Deutschland

Der erste in der Bundesrepublik genehmigte Freisetzungsvorhaben startete am 14. Mai 1990 beim Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung in Köln.

Dabei wurden 30.000 gentechnisch veränderte Petunien ausgepflanzt. Diesen normalerweise weiß blühenden Petunien war gentechnisch ein zusätzliches artfremdes Maisgen und eine Antibiotikaresistenz in ihre Erbsubstanz eingefügt worden. Ist das Maisgen aktiv, blüht die Petunie rosa, ist es inaktiv, blüht sie wieder weiß. Die wissenschaftliche Legitimation dieses ersten Freisetzungsvorhabens war folgende: bestimmte genetische Elemente, die sogenannten Transposons ("springende Gene") können ihre Lage in der Erbsubstanz "sprunghaft" verändern. Normalerweise ist der Effekt von außen nicht sichtbar. Springt aber bei den gentechnisch veränderten Pflanzen ein Transposon in das Maisgen und inaktiviert es, blüht die Petunie weiß. Die Häufigkeit der Ortsveränderung springender Gene sollte nun an der Menge weiß blühender Petunien bestimmt werden. Erwartet wurden eine Handvoll weißer Blüten unter 30.000 Pflanzen. Da das Ereignis so selten sei, argumentierten die Betreiber, müsse man eine große Menge an Petunien auspflanzen und das ginge im Freiland am besten, zumal eine für so viele Pflanzen ausreichende Gewächshausfläche den Steuerzahler zu teuer käme. Dem Problem der mit den Pflanzen freigesetzten Antibiotikaresistenz wurde überhaupt keine Beachtung geschenkt.

Im Sommer 1990 blühten aber anstatt einzelner eine Vielzahl von Petunien weiß. An ganzen Gruppen von Pflanzen war keine rosa Blüte mehr zu entdecken. Auch das Wachstumsverhalten

und ihre Abwehrkraft gegenüber Krankheitserregern wurden unerwarteterweise modifiziert.

Der erste und damit so wichtige Freisetzungsvorhaben in Deutschland zeigte anschaulich die völlige Unkalkulierbarkeit des Verhaltens von gentechnisch veränderten Organismen außerhalb des Labors mit seinen kontrollierbaren Bedingungen.

Anstatt die Konsequenzen zu ziehen und auf weitere Experimente zu verzichten, wurden neue Legitimationsgründe für eine Fortsetzung der Freisetzungsvorhaben gesucht: Die Hitze des Sommers 1990 sei außerordentlich groß gewesen und hätte allein das Maisgen inaktiviert. Die Gründe für dieses Verhalten sollten mit Hilfe einer weiteren Freisetzung im Jahre 1991 untersucht werden.

6. Neue Dimension des Risikos

Bis 1991 wurden weltweit über 300 Freisetzungsvorhaben gemeldet, und ihre Zahl wird in den nächsten Jahren beträchtlich wachsen. Die Möglichkeiten der Eingriffe in die Natur sind mit gentechnisch manipulierten Organismen wieder einmal um eine Größenordnung verstärkt worden. Das Ausmaß bleibt unbekannt und unkalkulierbar.

Das große Problem aller Freisetzungsvorhaben gentechnologisch veränderter Organismen ist das der Unkenntnis des Verhaltens der Organismen bzw. einzelner Gene in der Umwelt. Modellsysteme gibt es nicht, auch wenn man versucht, solche zu entwickeln. Im Gegensatz zur radioaktiven Verseuchung, die meßbar ist, die sich aber nicht vermehren kann, haben wir es hier mit vermehrbaren Organismen zu tun.

7. BUNDForderungen

- Keine Erteilung von Genehmigungen für Freisetzungsvorhaben gentechnisch veränderter Organismen

- Stop der öffentlichen Förderung von Freisetzungsvorhaben und der gesamten darauf gerichteten Forschung
- Verstärkte Förderung der Ökosystemforschung
- Verschärfung der Sicherheitsvorkehrungen zur Vermeidung von unbeabsichtigten Freisetzungsvorhaben

IX Eine neue Revolution in der Landwirtschaft?

1. Pflanzenproduktion

Die Weichen für eine neue "grüne Revolution" in der Landwirtschaft sind gestellt. Gerade auf dem Gebiet der Pflanzenzucht wurden und werden die Forschungen fieberhaft vorangetrieben: die Entdeckung des tumorinduzierenden Plasmids* des Bakteriums *Agrobacterium tumefaciens* war einer der wichtigsten Schritte zur gentechnischen Manipulation zweikeimblättriger Pflanzen (Kartoffeln, Tomaten etc.) (Abb. 9 S.19).

Bei den einkeimblättrigen Pflanzen (z.B. Gräser) könnte ein ähnlich gut geeignetes Vehikel zur Einschleusung von genetischem Material bisher nicht gefunden werden. Noch ist der Zugriff auf die wichtigen Nahrungspflanzen Reis, Mais, Weizen, Gerste oder Roggen mit großen Schwierigkeiten verbunden.

Jedoch sind Viren der Gemini-Gruppe, die nur eine Einzelstrang-DNA besitzen, in der Lage, ein- und zweikeimblättrige Pflanzen gleichermaßen zu infizieren. Diese Viren sind daher Gegenstand intensivster Forschung im Bereich der Pflanzenproduktion, wo sie als geeignetes Instrument zur gentechnischen Manipulation der einkeimblättrigen Pflanzen eingesetzt werden.

Neben den tumorinduzierenden Plasmiden* und Viren, die als Vektoren* für Erbinformation benutzt werden, gibt es zahlreiche andere, chemische und physikalische Methoden wie z.B. die Zellfusion oder Zellkulturtechniken. So ist



es zum Beispiel möglich, aus un-differenzierten Kalluszellen ganze Pflanzen heranzuziehen.

1.1 Herbizidresistente Pflanzen

In der Landwirtschaft haben Pflanzengifte (Herbizide) nur dann einen "Sinn", wenn die angebauten Nutzpflanzen ihre Anwendung überleben (Selektive Wirkung).

Um Anwendungsbereiche auch für Breitbandherbizide zu schaffen, konzentriert sich die intensive Forschung auf dem Gebiet der Gentechnologie auf die Herstellung herbizidresistenter Pflanzen.

Vorwiegend in Nutzpflanzen wie Mais, Tabak, Sojabohnen, Baumwolle, Flachs, Raps, Kartoffeln, Luzerne, Tomaten, Sonnenblumen, Karotten, Reis und Zuckerrüben, aber auch in Waldbäume werden Gene für Herbizidresistenzen übertragen. Sie sollen die Pflanzen gegen die Anwendung von Atrazin,

Gluphosinat (PAT), Glyphosat oder Sulfonylharnstoffen unempfindlich machen.

Natürlicherweise herbizidresistente Pflanzen verfügen entweder über Mechanismen der Entgiftung durch ihre Enzyme (Mais gegen Atrazin), oder sie sind unempfindlich bzw. tolerant gegenüber diesen Substanzen, da keine Bindungsorte für die Gifte existieren.

Viele Totalherbizide* greifen an pflanzentypischen Organellen, den Chloroplasten, an und hemmen dort beispielsweise den Elektronentransport der Photosynthese, die Biosynthese von Fettsäuren oder die von Pigmenten. Zur ersten Gruppe gehören neben den Harnstoffen auch die bekannten S-Triazine (Atrazin, Simazin), die u.a. von Mais entgiftet werden und so als selektives Herbizid einsetzbar sind. Zu den Hemmstoffen der Aminosäure-Synthese gehört z. B. das Totalherbizid BASTA.

In den USA werden Forschungen zur Herbizidresistenz von zahlreichen Firmen durchgeführt, darunter:

Monsanto (Glyphosatresistenz), Molecular Genetics, DuPont (Resistenz gegen Sulfonylharnstoff), Eli-Lilly, Advanced Genetic Sciences, Agra Cetus, American Cyanamid, Biotechnica, Calgene (Atrazin-, Bromoxynil-, Glyphosat-Resistenz), Schering Agrochemicals, Chevron, Dow Chemical, u.a.

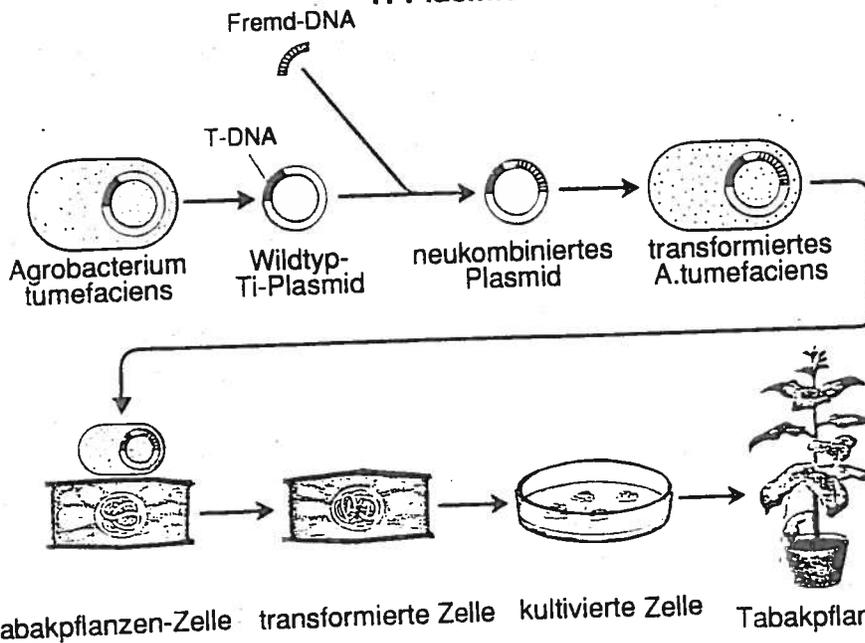
In Deutschland arbeiten u.a. die Bayer AG, die Hoechst AG (Phosphinotricin Resistenzen : BASTA), die Kleinwanzlebener Saatgut AG und das Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung zusammen mit einigen Universitätsinstituten auf dem Gebiet der herbizidresistenten Pflanzen.

In Europa haben sich die grossen Konzerne wie Ciba Geigy (Atrazinresistenz), Nestle, Sandoz (Schweiz); ICI, Shell und Unilever (England); Plant Genetic Systems (Belgien; Phosphinotricin), Rhone-Poulenc (Frankreich, mit Calgene; Glyphosat) der gentechnischen Herstellung herbizidresistenter Pflanzen angenommen, um sie zusammen mit den Herbiziden verkaufen zu können.

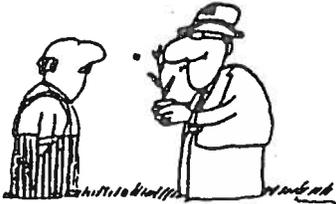
Für Marketing-Experten der Chemie-Multis ist angesichts des sinkenden Herbizideinsatzes die Kombination von Herbizid, herbizidresistentem Saatgut und einem Düngemittel zur Sicherung zukunftsreicher Absatzmärkte ideal. Der 'run' der Großkonzerne auf die ehemals eigenständigen Saatgutzuchtindustrien setzte schon Ende der 70er Jahre ein: Pioneer, Shell, Sandoz, ICI, Ciba Geigy u.a. sind führend im Saatgutgeschäft. Auch Hoechst kaufte sich, diesem Trend folgend, in die bundesdeutsche Kleinwanzlebener Saatgutzucht (KWS) ein. Bereits 1985 erreichte Hoechst im Bereich der Pflanzenschutzmittel mit einem Umsatz von 2,2 Mrd. DM - bei einem Weltumsatz von 31 Mrd. DM - Platz 6 der Weltrangliste.

Gegenwärtig besitzen 14 Chemiekonzerne 20 Prozent des weltweiten Saatgutmarktes, wobei die traditionellen Saatgutfirmen kaum noch eine Rolle spielen. Neuerdings dringen auch Branchenaussenreiter wie beispielsweise die Automobilfirma Volvo in diesen Markt.

Gen-Neukombination bei Pflanzen mit Ti-Plasmiden



Da haben Sie unsere neue
Superzüchtung...



...und damit bringen Sie sie
durch!



1.2. Ökologische Konsequenzen der Pestizidstrategie

Der Einsatz von Totalherbiziden* wird eine Vereinheitlichung der bisher angewandten Spritzmittel bedeuten. 70 bis 80 Prozent der für den Getreideanbau genutzten Flächen werden gegenwärtig mit Herbiziden behandelt.

Die verstärkte Einführung herbizid-resistenter Pflanzen wird das Risiko des Herbizideinsatzes noch erhöhen: Neue Stoffwechselprodukte der Herbizide können entstehen und möglicherweise für alle lebenden Organismen in den Agrarökosystemen, den Fließgewässern, aber letztlich auch für den Verbraucher über vielfältige Anreicherungsmöglichkeiten in den Nahrungsketten und über das Trinkwasser bedrohlich werden.

Herbizidresistente Pflanzen werden aufgrund ihres "Selektions"-vorteils die biologische Vielfalt bedrohlich schmälern; dies gilt besonders für die Anwendung von Breitband - Herbiziden. Gefahr droht außerdem, wenn sich die Herbizidresistenzen auf die den Nutzpflanzen verwandten Unkräuter übertragen und neue Mittel nötig werden.

Die zur Zeit angewandten Zulassungsverfahren für Herbizide lassen aber jetzt schon die Wirkung dieser Gifte in Ökosystemen weitgehend unberücksichtigt. Beispielsweise gibt es bislang noch keine Kanzerogenitäts- und Mutagenitätsuntersuchung bei Chlorsulfuron. Im allgemeinen werden bei den Vorprüfungen - die Zulassungsvoraussetzungen sind - weder die Kombinationswirkungen mit anderen Präparaten noch die Persistenz eines Herbizides ge-

prüft. Gerade aber das Totalherbizid Atrazin, das sich als mutagen und embryotoxisch erwies, ist äußerst langlebig im Boden und im Grundwasser schon jetzt allgegenwärtig.

1.3. Resistenzen gegen Schadorganismen

Landwirtschaftliche Monokulturen werden von Pilzen, Insekten, Viren und Bakterien bedroht; jährlich werden weltweit Pflanzenschutzmittel für 16 Milliarden Dollar versprüht, wovon ein Großteil verdunstet. Was durch Kreuzungen mit resistenten Wildrassen nur langsam und unter Ertragseinbußen erreicht werden kann, soll nun durch die Anwendung gentechnologischer Methoden schneller möglich werden. Die Mechanismen der Resistenz gegen Krankheiten und ihre molekularen Grundlagen sind daher ein weiterer Gegenstand der Forschungen im Agrarbereich.

Pflanzen können sich gegen unterschiedliche tierische, bakterielle, pilzliche oder virale Feinde durchaus zur Wehr setzen. Sie haben, sofern sie den Attacken ihrer Feinde lang genug ausgesetzt waren, spezielle Strategien entwickelt, um diesen zu widerstehen. In natürlichen Lebensgemeinschaften führt diese Anpassungsstrategie zu einem ausgewogenen, allerdings sehr sensiblen Gleichgewichtsverhältnis zwischen Schädling und Wirt. Da diese Resistenzen meist in einem langen Wechselspiel zwischen Parasit und Wirt entstanden sind, ist es auch nicht verwunderlich, daß häufig nicht nur ein einziges Gen, sondern ein ganzer Komplex von Genen für diese Eigenschaften des Wirtes verantwortlich ist.

Bakterien und Viren können nur in verletztes Pflanzengewebe eindringen. Einige Bakterien (*Agrobacterium tumefaciens*) beherrschen allerdings "raffinierte Tricks", in die Zellen nach deren Verletzung einzudringen und diese zu veranlassen, für das Bakterium notwendige Stoffe zu produzieren. Pflanzenparasitische Pilze können zellwandabbauende Fermente oder Toxine produzieren, die als Hilfe zum Eindringen in die Pflanzenhülle eine wichtige Rolle spielen. Pflanzen haben auch gegen solche biochemischen Angriffe sehr spezielle Abwehrstrategien entwickelt. So kann das Zuckerrohr Eiweiße seiner Zellmembranen derartig verändern, daß das Toxin des Pilzes (*Helminthosporium sacchari*) nicht mehr an dieser Zellhaut angreifen kann.

Andere Pflanzen produzieren Chitinasen (Eiweißstoffe), die die Zellwand ihrer pilzlichen Feinde auflösen und verdauen können.

So gibt es beim Weizen 14 spezifische Resistenz-Gene gegen den Mehltau (*Erysiphe graminis tritici*), 44 Gene gegen den Schwarzrost (*Puccinia graminis tritici*), 34 Gene gegen den Braunrost (*P. recondita*) und 13 Gene gegen den Gelbrost (*P. striiformis*). Somit sind allein bei dieser Kulturpflanze 105 Resistenzgene nachgewiesen.

Die ökologischen Gefahren, die bei dieser Manipulation entstehen, liegen aber auf einer anderen Ebene. Der 'Neue Mehltau', der in Mitteleuropa die künstlich in Weizen übertragene Roggen-Resistenzen überwunden hat, kann nun auch für den Roggen wieder gefährlich werden, da dieser gegen die neue Mehltauvarietät nicht mehr gefeit ist. Die Folge für den Landwirt ist, daß er nun auch seinen vermeintlich widerstandsfähigen Roggen mit einem Pilzvernichtungsmittel behandeln muß. Der steigende Verbrauch entsprechender Pestizide belegt diese Gefahr.

1.4. Übertragung von Toxin-Genen

Ein ganz anderer Forschungsansatz geht von der Tatsache aus, daß manche Bakterien Toxine gegen Insekten entwickeln. Das *Bacillus thuringiensis*-Toxin-Gen hat man sowohl auf Pflanzen-



zellen als auch auf andere pflanzenbewohnende Bakterien übertragen, wodurch Kulturpflanzen vor Schädlingsbefall geschützt werden sollen. Inwieweit das Toxin oder seine Abbauprodukte für den Menschen schädlich sind, ist noch ungeklärt. Auch der mögliche ökologische Schaden durch die massenhafte und flächendeckende Konfrontation der "Schädlinge" mit dem Toxin ist nicht abzuschätzen. Nach aller Erfahrung werden sich neue Resistenzen der "Schädlinge" gegen das Toxin bilden und damit einen natürlichen Mechanismus zerstören.

BAUERN VORSICHT!
BIOTECHNOLOGISCHE
MITTEL GEHÖREN
NICHT IN KINDERHAND!



1.5 Pflanzen mit "maßgeschneiderten" Pflanzeninhaltsstoffen

Die moderne Pflanzenzucht beschäftigt sich mit der qualitativen und quantitativen Veränderung zahlreicher Pflanzeninhaltsstoffe, zu denen Fette und Öle, Extrakte, Stärke, Zellulose usw. gehören.

Weltweit werden jährlich rund 60 Mio. Tonnen Fette und Öle produziert. Lukrativ dürfte auch das Stärkegeschäft sein. An Pflanzensekret- und extrakten wie Kautschuk, Kolophonium, Terpentin, Gerb- und Farbstoffen, ätherischen Ölen und Polysacchariden besteht ein Marktbedarf von über 5 Mio. Tonnen. Allein die ätherischen Öle brachten in der Bundesrepublik Deutschland 218

die Vitamine, die unter diese Rubrik fallen, erreichten 704 Mio. DM Umsatz. Von den jährlich in der Bundesrepublik verbrauchten 3 Mio. Tonnen Zellulose werden drei Viertel importiert, um den Bedarf der chemischen Industrie zur Herstellung von Zellosedervaten für Waschmittel oder zur Produktion von Viskosezelluloid u.a. zu decken. Der überwiegende Teil geht in die Papierindustrie und zur Papierherstellung.

Von den weltweit pro Jahr produzierten 100 Mio. Tonnen Zucker (3 Mio. Tonnen in der Bundesrepublik), benötigt die chemische Industrie für Arzneimittel, organische Säuren, Kleb- und Kunststoffe und andere Substanzen rund 22.000 Tonnen. Der Rest wird für Ernährungszwecke verbraucht. Hinzu kommen die Produktion von Bioalkohol durch Vergärung von Zucker und Stärkeabbauprodukten - ein expansiver Markt, wie die Wachstumszahlen Brasiliens und den USA zeigen.

Der Einsatz der Gentechnologie in diesem Bereich zielt darauf ab, die Qualität, aber vor allem die Quantität der verschiedenen Pflanzeninhaltsstoffe zu verbessern. Darüber hinaus können Gene für Inhaltsstoffe exotischer Pflanzen (z.B. für die Pharmazeutische Industrie) in heimische Pflanzen übertragen werden und dadurch die Produktion vom Ausland unabhängig machen (siehe Kapitel XI).

Für die in ihrer Existenz bedrohten Landwirte, die jetzt auf diese industrielle Zulieferproduktionsschiene aufsteigen, bedeutet dies neue Abhängigkeiten von den industriellen Abnehmern, neue Konkurrenzsituationen und schließlich, durch erhöhte Ausbeute bei den Produkten, einen Preisverfall, der den Existenzverlust bedeuten kann.

Dennoch sind die agrarpolitischen Weichen bereits in Richtung Zulieferung von Rohstoffen für die industrielle Verwertung gestellt.

1.6 BUND-Forderungen

- Stop der Entwicklung von Herbizidresistenzen bei Pflanzen
- Entflechtung der Saatgut- und

- Stop der öffentlichen Förderung gentechnischer Arbeiten in der Landwirtschaft.

2. Gentechnik in der Tierproduktion

Die Tierzucht ist fast so alt wie die Menschheit selbst. Sehr frühzeitig hat der Mensch es verstanden, Tiere zu seinem Nutzen zu domestizieren und deren Eigenschaften durch Ausleseverfahren zu optimieren.

Die Zucht im Landwirtschaftsreich war und ist in erster Linie von kommerziellem Nutzungsinteresse geprägt. So wurde beispielsweise der durchschnittliche Jahres-Milchertrag einer Kuh von 3.204 kg im Jahr 1958 auf 4290 kg im Jahr 1978 gesteigert. Spitzenwerte von bis zu 10.000 kg Milch und mehr sind bereits erreicht worden.

2.1. Zuchtmethoden

Dieser einseitig profitorientierte Fortschritt wurde durch die Kombination von herkömmlicher Zucht - also gezielte Auswahl und kontrollierte Paarung von Elterntieren - mit der in den 40er Jahren eingeführten künstlichen Befruchtung der Muttertiere erzielt.

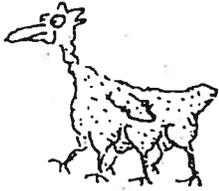
Eine Folge war das Verschwinden der Rinderbullen aus den Kuhställen. Nur noch ausgewählte Zuchtbetriebe halten Bullen als Spermalieferanten. Derzeit sind in Deutschland etwa 93 % der kuhhaltenden Betriebe an der künstlichen Befruchtung beteiligt. Eine enorme Verringerung der genetischen Variabilität ist die Folge.

Aber nicht nur das väterliche Erbgut unterliegt einer strengen Auswahl, sondern auch die Eigenschaften der Muttertiere werden an dem für Kühe festgelegten gewinnmaximierenden Maßstab "mehr Fleisch und mehr Milch" gemessen. So lag es nahe, daß man den Muttertieren befruchtete Embryonen mit den gewünschten Eigenschaften entnahm, auf Kühe mit weniger wünschenswerten Eigenschaften transferierte und von diesen austragen ließ.

Durch hormonelle Behandlung des Muttertieres reifen gleichzeitig 5 bis 15 Eizellen heran und können befruchtet

GENTECHNOLOGIE
IM DIENSTE DER MENSCHHEIT:

ÖSTERR. SUPERPATENT:
DAS SECHSHAXIGE
FEDERNLOSE HENDL



JETZT BEKOMMT JEDES
FAMILIENMITGLIED
MINDESTENS EINEN
HAXEN!

werden. Erst als die Methode der Haltbarmachung der Embryonen bzw. des Spermas durch die Kryo-Konservierung bei -196 Grad Celsius entwickelt worden war, konnte diese Biotechnologie in großem Maßstab eingesetzt werden. Es ist nun möglich, alle 200 Eizellen, die eine Kuh während ihrer Geschlechtsreife entwickelt, zur Vermehrung zu nutzen, während unter Normalbedingungen allenfalls 10 bis 15 Eizellen zu Kälbern heranreifen würden.

Vier Tage nach der Befruchtung werden dann die Embryonen aus der Gebärmutter der Kuh herausgespült, dann entweder anderen Kühen implantiert oder tiefgekühlt exportiert. In ein Großraumflugzeug passen maximal 77 ausgewachsene Rinder, aber allein in einem Kühlgefäß von der Größe einer Thermosflasche können bis zu 10.000 Embryonen verfrachtet werden.

2.2. Hochleistungsrassen

Auf diese Weise sollen Hochleistungsrinder in Dritte-Welt-Länder exportiert werden. Die Hightech-Kühe könnten dort mehr Fleisch und Milch produzieren, vorausgesetzt, daß Weideland, Kraftfutter und die entsprechenden Tierarzneimittel ausreichend vor-

handen sind. Allerdings sind die eingeführten Kühe nicht ohne weiteres resistent gegen die in den Exportzielländern vorkommenden Tierkrankheiten, wie z.B. die afrikanische Naganaseuche. Lokale Rinderrassen sollen nach den Vorstellungen einiger Forscher nur noch als Gebärmachines fungieren.

In der Konsequenz wird dies den Verlust der angepassten lokalen ökotypischen Nutztiere in den Dritte-Welt-Ländern bedeuten, die gerade für einen standortgerechten ökologischen Landbau die grundlegende Voraussetzung sind. Embryohandelsfirmen wie etwa Carnation, Granada, oder Ovatech machen jetzt schon einen weltweiten Umsatz von 150 Mio. DM pro Jahr.

Die entwickelten Techniken der Besamung und des Embryonentransfers bieten der Gentechnik mit ihren Methoden die Möglichkeit zur gezielten Manipulation des genetischen Materials und somit zur Kombination und Kumulation neuer Eigenschaften. So lassen sich artfremde Eigenschaften in das Erbgut der Nutztiere einschleusen. Man versucht, die Eigenschaften der Nutztiere hinsichtlich ihrer Reproduktionsrate, der Quantität und der Qualität ihrer Erzeugnisse (z.B. Fleisch, Milch oder Wolle) zu verbessern, ihre Anfälligkeit gegenüber Krankheiten zu reduzieren, ihre Resistenz gegenüber Streß zu erhöhen und ihr Wachstum zu beschleunigen.

Die Erzeugung wichtiger Milchproteine wie Casein, Alpha-Lactalbumin oder Beta-Lactoglobulin stehen im Zentrum des wirtschaftlichen Interesses. Gegenwärtig liegen erste Resultate für Casein und Beta-Lactoglobulin vor.

2.3. Tiere als Bioreaktoren

Für die Bedürfnisse der großindustriellen Landwirtschaft und nun auch noch der pharmazeutischen Industrie sollen Tiere zu Bioreaktoren "umgerüstet" werden ("Biopharming"). So ist es an der niederländischen Universität Leiden gelungen, Kühen ein Gen zur Produktion eines Antibiotikums einzupflanzen, welches dann aus ihrer Milch isoliert werden kann. Auch den

Blutgerinnungsfaktor IX konnte man von tierischen Zellen bereits experimentell produzieren lassen.

In einem Bericht des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten von 1985 heißt es: "Biotechnologische Formen der Tierzucht und -haltung setzen die eingehende Analyse von Körperfunktionen zum Zweck ihrer gezielten Kontrolle und Beeinflussung im Hinblick auf eine bessere Planung und Steuerung von Produktionsverfahren voraus." Was in dem Zitat vorgedacht wird, bedeutet in der Realität: Tiere werden in ihren anatomischen und physiologischen Konstitutionen gezielt zum steuerbaren Produktionsmittel der industrialisierten Landwirtschaft verändert. In diese Richtung wird auch in der Arbeitsgemeinschaft des Industrie-, Forschungs- und Entwicklungsberatungskomitees bei der Europäischen Gemeinschaft (IRDAC = Industrial Research and Development Advisory Committee) gedacht. Sie setzt sich ausschließlich aus Vertretern der europäischen chemischen Industrien (der dänische NOVO-Konzern, Unilever, Henkel, Hoechst, ICI, BASF, Degussa u.a.) zusammen. Mit Blick auf den europäischen Binnenmarkt 1993 beschäftigte sich dieses Komitee in einer Stellungnahme im November 1987 mit transgenen Tieren. Darin wird angedeutet, Schafe als Bioreaktoren zur Produktion von Gerinnungsfaktoren einzusetzen. Auch wird auf die Möglichkeit hingewiesen, in Schafen modifizierte Milchproteine durch die Einführung spezifischer Genabschnitte erzeugen zu lassen.

Wirtschaftliches Interesse steht auch bei der Reduktion des Milchzuckers der Milch (Lactose) im Vordergrund, gegen den viele Menschen in Afrika und Asien überempfindlich sind und die daher Kuhmilch nicht oder nur in geringen Mengen konsumieren. Noch gibt es physiologische Schwierigkeiten, die die rasche Realisierung in Frage stellen. Milchzucker ist für die osmotischen Verhältnisse der Zellen von großer Bedeutung: fällt er aus, bricht der osmotische Druck der Zelle zusammen und das Gewebe stirbt ab. Der Milchzucker muß also durch andere osmotisch wirksame Substanzen ersetzt werden. Der enorme potentielle Absatzmarkt für Milch in



Afrika und Asien läßt die zur Lösung des Problems notwendigen Forschungsaufwendungen gering erscheinen. Daher haben sich bereits verschiedene Firmen dieser Forschung verschrieben.

2.4. Wachstumshormone

Einen weiteren Entwicklungsschwerpunkt stellt die gentechnische Manipulation der Tierarten zur Steigerung der Fleischproduktion dar. Vorläufer dieser Manipulation waren Experimente mit Mäusen, denen man Gene von Ratten und Menschen implantierte. Man kombinierte bei der Maus das Wachstumshormon mit einem Metallregulatorgen, das auf Metallionen anspricht und dann die Wachstumshormonproduktion des kombinierten Gens aktiviert. Nach dem Einbau in die Chromosomen bei Mäusen und bei entsprechenden Metallionenkonzentrationen im Futter wurde eine starke Hormonproduktion mit entsprechendem Wachstum festgestellt.

Nun versuchte man, bei Kühen entsprechende Leistungssteigerungen zunächst durch Verdopplung des körpereigenen Hormongens zu erzielen. Der nächste Schritt bestand darin, artfremde Gene in Kühe zu transplantieren. Bei externer Gabe von Wachstumshormonen stieg die Milchleistung der Kühe

um 30 - 40 %. Innerhalb kurzer Zeit gelang es, dieses Somatotropin (BST) in gentechnisch manipulierten Bakterienkulturen herzustellen und in den USA zur landwirtschaftlichen Anwendung zuzulassen (siehe Kasten S. 25).

2.5. Tierarzneimittel und Impfstoffe

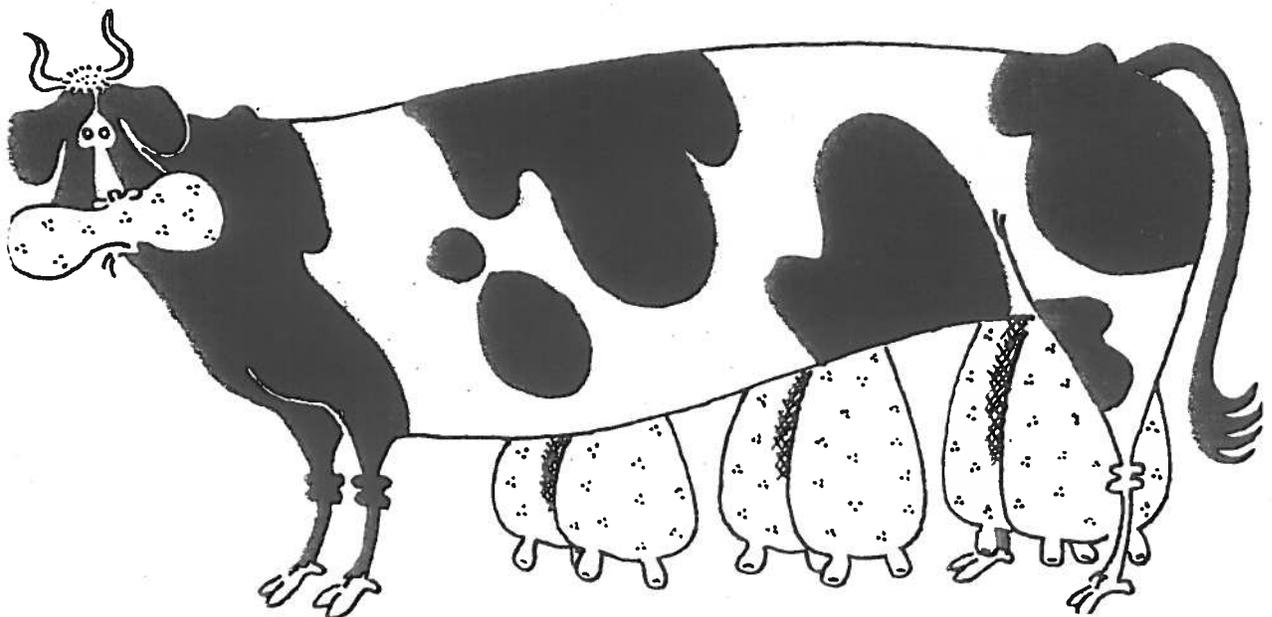
Ein ebenfalls wirtschaftlich interessanter Bereich für den Einsatz der Gentechnologie ist die Produktion von Tierarzneimitteln, u.a. auch Impfstoffen. In der Bundesrepublik Deutschland wurde an der Entwicklung eines Impfstoffes gegen Maul- und Klauenseucheviren auf gentechnologischer Basis gearbeitet. Diese Seuche ist hochansteckend und wird durch einen kleinen einsträngigen RNA-Virus (Picorna-Virus) verursacht.

Bislang hatte man mit den verschiedenen Impfsereen aus chemisch inaktivierten Viren erhebliche Schwierigkeiten. Diese Viren werden als Lebendimpfstoff zur Immunisierung der Tiere eingesetzt. Es kann allerdings nach der Impfung der Tiere zu einer Mutation kommen, die die volle krankheitsauslösende Wirkung des Virus wiederherstellt und dann nicht die Immunität im Tier erzeugt, sondern es erkranken läßt.

Bei der Impfung mit Totimpfstoff ist häufig der Immunstimulus für einen ausreichenden Immunschutz zu gering.

Nun sollen die Gene, welche für die Immunreaktion auslösenden Virusstrukturen verantwortlich sind, in Bakterien kloniert werden. Bei Maul- und Klauenseucheviren ruft eines der vier Hüll-Proteine die Immunreaktion im Tier hervor. Die ersten Versuche aber brachten keinen mit dem Effekt des Lebendimpfstoffes vergleichbaren Immunstimulus. Überlegungen gehen nun dahin, das Vaccinia-Virus, das eng verwandt mit dem Pocken erregenden Virus des Menschen (Variola major) ist, mit den entsprechenden antigenen Eigenschaften des Maul- und Klauenseuchevirus auszustatten und somit einen Lebendimpfstoff zu erzeugen.

Das Vaccinia-Virus wurde bereits zur Bekämpfung der schwarzen Pocken bei Menschen eingesetzt. Es besteht daher die Gefahr, daß das Vaccinia-Virus, das nun mit den Maul- und Klauenseuche-Antigen-Eigenschaften ausgestattet wird, mit dem Vaccinia-Virus, das zur Pockenbekämpfung beim Menschen eingesetzt wurde, genetisches Material austauscht. Dadurch können theoretisch neue Viruslinien mit kombinierten Eigenschaften aus diesen beiden Typen hervorgehen. Aus dieser Mani-





pulation könnten neue krankheitserregende Wirkungen auf Menschen und Tiere resultieren!

Die möglichen Gefahren illustriert folgendes Beispiel über einen Versuch zur Bekämpfung der Rindertollwut in Argentinien. Forscher in den USA implantierten dem für Rinder harmlosen Vaccinia-Virus das immunreaktionsauslösende Strukturprotein des Rindertollwutregers. Illegal wurden dann in einem argentinischen Versuchsgut bei Buenos Aires 20 Rinder mit diesem Vaccinia-Virus mit dem Tollwut-Outfit geimpft. Da weder den beteiligten Melkern noch den Konsumenten der von diesen Kühen erzeugten Milch etwas über Sinn und Zweck dieser Versuche verraten worden war, wurde die Kuhmilch auch weiter konsumiert, Kot und Urin dieser Tiere wurden unsterilisiert entsorgt. Bei 11 Melkern wurden Antikörper gegen das Tollwutvirus nachgewiesen.

Dies war eine illegale Freisetzung gentechnisch veränderter Materials. Durch mögliche Wechselbeziehung mit anderen Organismen sind neue sogenannte Zerotypen dieses Virus wahrscheinlich, die aufgrund ihrer nicht vorhersagbaren neuen Eigenschaften ein hohes Risikopotential besitzen.

2.6. Fischzucht

Auch den wirtschaftlich verwertbaren Fischen stehen gentechnische Manipulationen bevor. Durch herkömmliche Technologien wie etwa Schockbehandlung der Fischbrut zur Verdopplung oder Verdreifachung des Erbgutes während der Embryonalphase hat man Fische erzeugt, die hierdurch zwar steril wurden, sich jedoch durch einen erhöhten Fleischansatz auszeichneten. Ferner hat man durch Kreuzungen über Arten- und Gattungsgrenzen hinweg versucht, für die Verwertung interessante Fischhybriden zu erzeugen, wie etwa den sog. Tigerfisch, eine Kreuzung einer weiblichen Bachforelle mit einem männlichen Bachsaibling. Entgegen bisheriger Annahmen ergeben sich aus dieser Kreuzung fortpflanzungsfähige Nachkommen.

Gentechnisch veränderte Fische können in der Lage sein, außerhalb der nor-

malen genetisch festgelegten Bandbreite schädliche Umwelteinflüsse zu tolerieren, erheblich besser zu wachsen, neue Lebensräume zu erobern und sich erfolgreicher fortzupflanzen. Sie sind dann den existierenden Wildpopulationen überlegen und können diese verdrängen.

Bisher wurden menschliche Gene zur Bildung von Wachstumshormonen auf Regenbogenforellen übertragen. Ferner wurden Gene der Flunder, die deren Kälteresistenz bedingen, auf einen Lachs übertragen. Schließlich übertragen man noch die Wachstumshormone des Karpfens auf Regenbogenforellen. Dem Vernehmen nach wurden in den USA bereits Anträge auf Freisetzung gentechnisch veränderter Fische gestellt.

2.7. BUND-Forderungen

- Verbot der Anwendung der Gentechnik in der Tierproduktion
- Restriktive Reglementierung der biotechnischen Kreuzungszucht
- Verbot der Freisetzung biotechnisch gekreuzter oder gentechnisch manipulierter Tiere
- Einstellung der Forschung auf dem Gebiet "Biopharming"
- Verbot gentechnologischer Keimbahn Eingriffe und der damit verbundenen Forschung
- Stop der öffentlichen Förderung im Bereich der Tierproduktion

3. Lebensmitteltechnologie und Industrialisierung der Nahrungsmittelproduktion

Die Nahrungsmittelaufbereitung durch Mikroorganismen, die klassische Domäne biotechnologischer Verfahren (Käsefermentation, Alkoholgärung etc.), erfreut sich großen Interesses seitens der Gentechniker. Zunehmend unter den Druck der Industrialisierung geraten, folgt auch die Nahrungsmittel-

produktion dem Marktgesetz, immer schneller, immer billiger und immer mehr zu produzieren.

Die Gewinnung von direkt konsumierbaren Agrarprodukten durch landwirtschaftlichen Anbau tritt mehr und mehr hinter die Verarbeitung und Aufbereitung von Biorohmasse zurück. Das Sortiment von Instant-Produkten in den Supermärkten gibt ein Beispiel, wie auch Fleisch- und Milchprodukte, die mit Geschmacksverstärkern, Bindemitteln, Farbstoffen, Weichmachern und Konservierungsstoffen traktiert werden.

Die klassischen Fermentations- und Gärungsprozesse sollen mit Hilfe der Gentechnik beschleunigt werden, um Produktions- oder Lagerkosten zu sparen.

Ein guter Gouda-Käse reift bis zu drei Jahren lang; genetisch veränderte Mikroorganismen schaffen dies in drei Wochen. Auch vor künstlichen Eingriffen in die Champagner-Gärung schreckt die Naturwissenschaft nicht zurück. Ein Forschungsprogramm zur beschleunigten Herstellung von Champagner wurde kürzlich begonnen.

BUND - Forderungen

- Verbot der gentechnischen Produktion und Verarbeitung von Nahrungsmitteln
- Bei Nichtdurchsetzung des Verbots: Kennzeichnungspflicht für solche Nahrungsmittel

4. Strukturwandel in der Landwirtschaft

Die Gentechnik beschleunigt insgesamt einen Vorgang in der Landwirtschaft, der als Strukturwandel beschrieben wurde. Sie unterstützt die industriell produzierenden Landwirte, die durch Optimierung ihrer Produktionsmittel den Wettbewerbsvorteil gegenüber ihren Mitbewerbern auf dem Agrarmarkt suchen.

Da die landwirtschaftliche Nutzfläche seit 1949 kaum abgenommen, die



Tabelle 1

	Betriebsgröße:	<20 ha	20-50 ha	>50 ha
	gesamt			
1949	1.646.751	1.518.738	112.471	15.592
1990	629.740	425.904	156.138	47.698

(Agrarbericht 1991 - Veränderung der landwirtschaftlichen Betriebe)

Größe der einzelnen Betriebe aber zugenommen hat, ging der Strukturwandel in erster Linie zu Lasten der Kleinbauern und der mittleren Betriebsgrößen.

Mit dem Aussterben der Bauern geht auch ein Aussterben der Arten einher. Nach einer von Sukopp 1978 vorgelegten Arbeit ist die moderne Landwirtschaft maßgeblich verantwortlich für den Rückgang der auf der Roten Liste

verzeichneten bedrohten Tier- und Pflanzenarten in der Bundesrepublik Deutschland. Eine Studie aus dem Jahre 1988 zeigt, daß inzwischen die Industrialisierung in der Landwirtschaft zu einer Bedrohung von 513 Pflanzenarten geführt hat. Somit hat der Strukturwandel in der Landwirtschaft auch eine unmittelbare Konsequenz für den Artenbestand in der Bundesrepublik.

Die bisherigen Biotechnologien als Hilfsmittel in der Pflanzen- und Tierproduktion haben diesem Prozeß Vor-schub geleistet. Durch die Einführung leistungsstarker Tierrassen und Pflanzensorten haben sie den großindustriellen und ohnehin schon finanzstarken Bauern Wettbewerbsvorteile gegenüber ihren konkurrierenden kleinbäuerlichen Kollegen verschafft. Durch die Einführung der Gentechnologie wird der Strukturwandel eine neue Quantität und Qualität erhalten.

In der Konsequenz bedeutet dies, daß mit neuen Technologien neue Abhängigkeiten geschaffen werden: Abhängigkeiten einerseits des Verbrauchers von der Nahrungsmittelerzeugung, Abhängigkeiten andererseits der Bauern vom Saatgutproduzenten und schließlich Abhängigkeiten der Entscheidungsträger in der Politik von denjenigen, die die Produktionsmittel zur Nahrungsmittelerzeugung in den Händen halten.

Beispiel Rinderwachstumshormon (BST)

Ein gutes Beispiel zur Illustration des Strukturwandels in der Landwirtschaft ist die Einführung des gentechnisch erzeugten Rinderwachstumshormons (BST) zur Milchleistungssteigerung. Noch gibt es keine Zulassung in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft wegen eines von der EG-Kommission verhängten Moratoriums. Aber nach Ablauf des verlängerten Moratoriums Ende 1993 droht die EG-weite Zulassung dieses Wachstumshormons.

Der ständig erhöhte Hormonlevel stört die Gesundheit des Tieres. Die anfälligeren Tiere bedürfen einer erhöhten Menge an Tierarzneimitteln, die ihrerseits wiederum zu Rückstandsproblemen im Fleisch führen können: zum Schaden der Verbraucher, der Landwirte und der Tiere; zum Vorteil der Pharmaindustrie.

Die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages 'Chancen und Risiken der Gentechnologie' schreibt hierzu: "Mit der Hilfe des Rinderwachstumshormons kann nach kurzer Zeit (drei bis fünf Tage) eine Steigerung der Milchproduktion um 10 bis 30 Prozent erreicht werden. Die Kühe benötigen allerdings ein ganz spezielles Kraftfutter, eine sorgfältige Pflege und eine ständige Kontrolle ihres Gesundheitszustandes und ihrer Milchleistung. Das wiederum erfordert ein erfahrenes, hochspezialisiertes

Farm-Management auf dem höchsten Stand der Technik mit der Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung. Von Ökonomen wird dieses Szenario so eingeschätzt, daß sich diese kapitalintensive Innovation nur große und liquide Farmen mit einem hervorragenden Management leisten können. Die mittleren und kleinen Farmen, die nicht über ein so effizientes Management verfügen, würden zur Aufgabe gezwungen. Es wird geschätzt, daß in den ersten drei Jahren nach Einführung des Hormons der Milchpreis um 10 Prozent bis 15 Prozent fallen würde, und der Rinder- und Farmenbestand um 25 bis 30 Prozent absinken werde. Davon sind in erster Linie die kleinen, die Familienbetriebe, betroffen, die heute noch weitgehend die ländliche Agrarstruktur und -kultur prägen...."

In der Konsequenz würde die Einführung eines Rinderwachstumshormons bedeuten, daß 30 bis 50 Prozent der Grünflächen brachfallen würden, da die "Turbo"kühe mehr Kraftfutter benötigen, und daß das zu produzierende Grünfutter aus Gras und Heu anteilmäßig weniger wird. Hinzu käme die Betriebsaufgabe von etwa 100.000 Landwirtschaftsbetrieben, vorwiegend der kleineren und mittleren Produktionsgrößen. Diese Landwirte werden ihre Felder nicht mehr bestellen und ihr Grünland nicht mehr mähen, so daß durch diese Nutzungsänderung erhebliche Biotopbeeinträchtigungen zu erwarten sind.

BUND Forderungen

- Umsteuerung der Subventionspolitik zugunsten kleinerer und mittlerer Betriebe
- Förderung des ökologischen Landbaus

X Wirtschaftliche Folgen

Durch die Gentechnologie wird uns die Lösung dringender globaler Probleme versprochen. Die Manipulation von Organismen soll durch gesteigerte Produktion auf dem Nahrungs- und Futtermittelsektor den Hunger in der Welt lindern, einen erfolgreicherer Kampf gegen Krankheiten ermöglichen und über verringerten Chemieeinsatz, mikrobiellen Abbau umweltschädigender Stoffe sowie durch Müllbeseitigung die Umweltverschmutzung verringern helfen.

Die Gentechnologie wird zu Recht als eine Schlüsseltechnologie bezeichnet. Ihr wird eine Führungsrolle in der Entwicklung neuer Prozesse zugeschrieben. Ihre Anwendung, die auf dem pharmazeutischen Sektor begann, hat sich auf den Bereich der Landwirtschaft ausgedehnt.

Das gebräuchlichste Argument ist, daß ohne die breite Anwendung und Förderung der Gentechnologie der Anschluß Europas an die wissenschaftliche und technologische Entwicklung

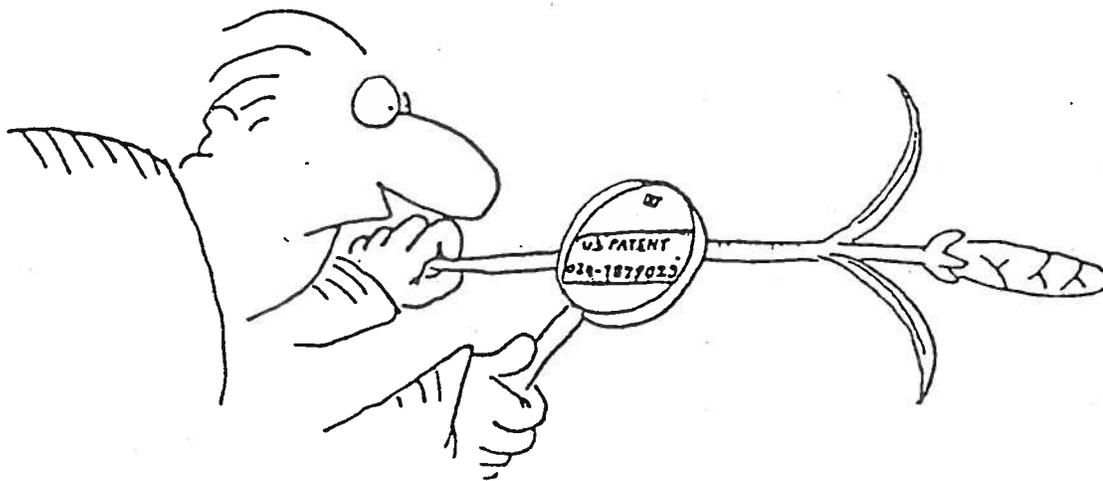
der USA und Japans verlorengeht. Obwohl es der in der Gentechnik engagierten Industrie an Marktanteilen und Finanzstärke nicht fehlt, bemängelt sie noch die letzten Hürden, die der weiteren Entwicklung der Gentechnologie im Wege stehen: den fehlenden rechtlichen Rahmen zu ihrer Durchsetzung, den mangelnden Patentschutz auf Lebewesen und schließlich die mangelnde gesellschaftliche Akzeptanz. Die Industrie schreckt vor Abwanderungsdrohungen nicht zurück, sollte die jetzige rechtliche Basis für eine freie Entfaltung der Gentechnik nicht erweitert werden. Dennoch ist sie unter den jetzigen Bedingungen bereit, die hohen Kosten für Forschung, Entwicklung und Patentierung aufzubringen.

In Deutschland verfügen die großen Pharmakonzerne über die finanziellen Mittel und das Know-how zur Innovation auf dem Gebiet der Gentechnik. Die IG Farben-Nachkommen Bayer und Hoechst (mit Roussel Uclaf) waren die ersten, die die Gentechnik auf dem Gebiet der Pharmazie und des Pflanzenschutzes in der BRD anwandten. Sie stehen in enger Kooperation mit den deutschen Genzentren. Die während beschworene "Abwanderung" ist eher als eine Kooperation im Rahmen von joint ventures mit kleineren US-Firmen zu sehen, über die man auf neuen Märkten Fuß fassen will und von denen man sich einen Anschluß an das Know-how der Vereinigten Staaten bzw. Japans verspricht.

Die großen Konzerne sind zwar finanziell in der Lage, die Durststrecke bis zum Verkauf eines Produktes zu überstehen, agieren dabei aber eher schwerfällig. Durch die Förderung und Kooperation mit kleineren Biotechfirmen, meist Neulingen auf dem Markt, die Innovationen einbringen und schnell auf den Markt reagieren können, wird die finanzielle Stärke mit der Flexibilität kleiner Firmen verknüpft.

Die Drohung der Industrie, den Anschluß an die technologische Entwicklung zu verpassen, hat gewirkt: Das Europäische Parlament will Richtlinien zur Patentierung, durch die Patente auf Pflanzen, Tiere und Teile des Menschen möglich werden sollen, schnell den Bedingungen in den USA angleichen. Beispielsweise kann der EG-Richtlinienentwurf für neuartige Nahrungsmittel z.B. die Freisetzung gentechnisch veränderter Hefestämme ermöglichen.

Gerade auf dem Gebiet der Landwirtschaft sind die Auswirkungen der Gentechnologie enorm. Während auf dem Pharmasektor der Trend zur Herstellung von Impfstoffen, Therapeutika und besonders Diagnostika geht, dient in der Landwirtschaft die Wachstumsbeschleunigung in der Nahrungsmittel- und Tierproduktion mehr der Senkung der Produktionskosten als der Steigerung der Qualität. Verbesserte Lagerungsfähigkeit von Agrarprodukten wird diese sicher nicht in frischerem Zustand in unsere Läden bringen. Patentschutz für gentechnologische Verfahren und Produkte ist die Vorausset-





zung für deren industrielle Nutzung. Beklagt wird hier besonders ein ungenügender Zeitraum des Patentschutzes für gentechnische Neuschöpfungen im Vergleich zu industriellen Patenten.

Der volle Patentschutz für alle genmanipulierten Lebewesen würde ein Handelsmonopol schaffen und ihre Verwendung für weitere Züchtungen verhindern bzw. die Weiterzüchtung landwirtschaftlicher Produkte nur gegen hohe Lizenzgebühren erlauben. Da nur Hochleistungssorten das Interesse der Saatgutindustrie finden, wird die Anzahl von verfügbaren Sorten drastisch vermindert. Der Zugang zu Saatgut zu Zuchtzwecken ist für jede Art der Landwirtschaft essentiell, seit die Menschheit Land kultiviert. Der Hauptanteil der Arten und Sorten für die Nahrungsmittelproduktion stammt aus den geographischen Verbreitungsgebieten, die eine hohe genetische Vielfalt haben (Vavilov-Zentren). Sie liegen meist in Dritte-Welt-Ländern.

Die industriellen Investitionen sind im letzten Jahrzehnt konstant angestiegen, wobei die chemische Industrie mehr als 10 Mrd. Dollar ausgab, um die Saatgutunternehmen aufzukaufen. Zu den Hauptsaatgesellschaften gehören in Europa die KWS (Kleinwanzlebener Saatzucht, an der Hoechst zu 10 % beteiligt ist), Ciba Geigy, Sandoz u.a.. In den USA sind die wichtigsten Firmen ICI, die Contiseed von Continental Grain aufgekauft hat und Unilever, die das British National Plant Breeding Institute von der Regierung für 14 Mio. Dollar kaufte. Durch diese Entwicklung werden kleine Züchter zur Aufgabe gezwungen und die großen Saatgutgesellschaften der internationalen Konzerne begünstigt. Der Landwirt wird zu einem Gehilfen degradiert, der als "Treckerknecht" alles nach Anweisung durchführt. Forschung und Entwicklung, Produktion, Patentierung und Verkauf sind nun derart an einer Stelle konzentriert, daß Saatgut, Herbizide und das Know-how der Anwendung als Kombipaket verkauft werden können.

Dem von Betreibern behaupteten Argument der Schaffung neuer Arbeitsplätze muß aufgrund der Rationalisie-

BUND Forderungen

- Keine Patentierbarkeit von Pflanzen, Tieren und Teilen des Menschen
- Transparenz der finanziellen Förderung von Forschung und Entwicklung
- Ausreichende Kenntlichmachung von Produkten, die selbst oder deren Vorstufen oder Zusatzstoffe mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen hergestellt sind oder unter Verwendung der Gentechnik verarbeitet wurden.

XI Gentechnik und die Länder der Dritten Welt

Bio- und Gentechnologie werden die Landwirtschaftssysteme der Dritten Welt auf unterschiedliche Weise beeinflussen, wobei die Auswirkungen auf verschiedenen Ebenen stattfinden werden:

1. Direkte Einflüsse wären z.B. gesteigerte Ernten.

2. Sekundäreffekte wie Umwelteinflüsse, veränderte Bodenstabilität usw. werden vom Beginn des nächsten Jahrhunderts an auftreten.

3. Die tertiären Einflüsse werden sich zuletzt entwickeln, aber vielleicht die einflußreichsten sein, indem sie die Sozialstruktur der Landwirtschaft verändern.

Entwicklung und Gebrauch von Biotechnologie in Ländern der Dritten Welt

In den Ländern der Dritten Welt besteht bis auf wenige Ausnahmen keine Gentechnik-Infrastruktur. Nationale Förderprogramme gibt es in Argentinien, Kolumbien, Mexico, Venezuela, Hongkong, den Philippinen, Taiwan, China und Südkorea.

Auch die internationalen Agrarforschungszentren, wie das CIP in Lima und das IRRI auf den Philippinen, gebrauchen neue Techniken für Neuzücht-

nisch orientierten Bereichen der Biotechnologie spielen die Länder der Dritten Welt eine große Rolle. China z.B. ist führend in der Konstruktion und im Gebrauch von Biogas-produzierenden Anlagen und auf dem Gebiet der Anwendung von Zellkulturen*. Indien und Indonesien beherrschen Techniken in der Gewebekultur, und Brasilien sammelte zahlreiche Erfahrungen mit Fermentationsprozessen im "Pro-Alkohol-Programm".

Die folgenden Beispiele verdeutlichen die Anwendung solcher Techniken innerhalb der nationalen Entwicklung:

1. Es besteht eine Kooperation zwischen England und den Kapverdischen Inseln mit dem Ziel der beschleunigten Vermehrung ausgewählter, trockenresistenter Bäume über Zellkulturen.

2. Das internationale Kartoffelzentrum in Lima/Peru benutzt ähnliche Gewebekulturtechniken, um Kartoffeln aus einzelnen Zellen heranzuziehen und so Stämme ohne eingebaute, krankmachende Virusinfektionen zu erhalten. Noch kann das frei zugängliche Saatgut in Landeswährung bezahlt werden, jedoch werden parallele Projekte deutscher Universitäten zur Verbesserung des Aminosäuregehalts in Kartoffeln nach einem Patentschutz zu einer Bedrohung der lateinamerikanischen Züchter.

3. In Westafrika ist ohne den Gebrauch von Gentechnologie ein hitzeresistenter Impfstoff gegen Kuhpestilenz entwickelt worden.

4. In Mexiko besteht die Absicht, die Produkte (besonders pharmazeutisch wirksame Pflanzen, die zur Existenzgrundlage kleiner Bauern gehören) weder durch biotechnologisch noch durch gentechnologisch erzeugte Materialien zu ersetzen.

5. Ägypten und Japan entwickeln ein wasserabsorbierendes Material aus biotechnologischer Produktion, welches an Wüstenrändern Wasser zurückhalten und Baumpflanzungen ermöglichen soll.

6. Brasilianische Wissenschaftler



rien am Zuckerrohr, die die Entwicklung einer verstärkten Stickstoffierung auch an Gräsern ermöglichen.

7. Achtzehn Institutionen aus zehn Karibikländern trafen 1988 die Vereinbarung, ein biotechnisches Netzwerk einzurichten und eine gemeinsame Prioritätsliste für die biotechnische Forschung aufzustellen.

8. In Simbabwe, wo erfolgreich mit Zellkulturen und Fusionstechniken gearbeitet wird, zeigen sich sowohl Chancen als auch Probleme der neuen Gentechnologie. Die Einführung der trockenresistenten Cassava war zwar ein Erfolg. Hier wurde Resistenz gegen Pilze mit Hilfe von Gewebekulturtechniken eingeführt, nun aber verlassen die Wissenschaftler und die Ingenieure die schlechter bezahlten Forschungslabors und nehmen Arbeit im industriellen Sektor an, wobei den Universitäten Personal für Forschung und Lehre verlohrengeht.

Ein enormes Problem durch die veränderten Landwirtschaftsmuster ist, daß eine große Zahl von Sorten, die in Ländern der Dritten beheimatet sind, durch Ausrottung bedroht werden, da nur noch von wenigen Hochleistungssorten Gebrauch gemacht wird. Einige Beispiele:

Die Wildform der bolivianischen Kartoffel könnte chemische Wirkstoffe gegen Insekten liefern, die für die Kulturkartoffel geeigneter sind als chemische Insektizide, die ihre Wirkung allmählich verlieren. Hybride zwischen der Wild- und Kulturkartoffel sind zu 80 % weniger krankheitsanfällig, aber sie passen noch nicht in die Bedingungen des Marktes.

Pflanzenzüchter und die Bioindustrie kooperieren, um neue Hohertragsorten zu produzieren. So arbeitet United Food mit Agrogene Plant Science zusammen und Malaysias größter Palmöl-Produzent kooperiert mit der Biotechnologie-Firma Escagen Inc. aus den USA.

Die Entwicklung der biotechnischen Umwandlungsprozesse wird den Ersatz von Rohstoffen aus der Landwirtschaft durch Produkte aus Fermentationsprozessen ermöglichen. Während Sisal, In-

digo und Kautschuk durch Kunstprodukte der Chemie-Industrie ersetzt worden sind, wird die Bioindustrie von morgen fähig sein, Zucker, Kakao, Vanille, Baumwolle, Pflanzenöle, Soja, Gummi arabicum und tropische Pharmazeutika zu ersetzen.

So produziert Ciba Geigy Chinin, Morphin und Codein in Fermentationsprozessen. Nestle, Unilever u.a. können Kakaobutter aus Palmöl machen und ersetzen so ein teures tropisches Produkt (hauptsächlich aus Ghana) durch ein billigeres.

Auch der Zuckermarkt spiegelt den Trend wider, tropische Produkte durch entsprechende des Nordens zu ersetzen, und dies in einem Ausmaß, das den Weltmarktpreis auf einem Minimum hält. In Deutschland wird an Rapssamen geforscht mit dem Ziel, Palmöl und andere tropische Pflanzenöle in europäischen Kulturpflanzen herzustellen.

Ein anderes Beispiel für den Ersatz von Dritte-Welt-Produkten durch die Bioindustrie ist das natürliche Insektizid Pyrethrum, welches in Kenia und Ecuador aus Pflanzenextrakten gewonnen wird. Es wird inzwischen biotechnisch unter der Lizenz der US-Firma MGK-Cooperated hergestellt.

Feldversuche, für die in industrialisierten Ländern keine Erlaubnis erteilt wurde, werden in der Dritten Welt ausgeführt. So sind Tierimpfstoffe schon in Argentinien getestet worden, ein Großversuch mit einem Impfstoff gegen Aids ist in Zaire geplant, und es existiert ein Übereinkommen zwischen den USA und Indien, neue Impfstoffe zu testen.

BUND-Forderungen

- Die Dritte-Welt-Länder sollten nicht in eine gentechnologische Konkurrenz zu den Ländern der Ersten Welt treten. Sie sollten sich auf preiswerte und bewährte Technologien konzentrieren, die leicht zu übertragen und den lokalen Bedingungen anzupassen sind.
- Sie sollten keine geistigen Eigentumsrechte auf Samen und anderes Zuchtmaterial akzeptieren. Sie soll-

ten auf der freien Verteilung aller in Gen-Banken aufbewahrten Sorten bestehen.

- Die Biotechnologie darf nicht als der einzige Weg angesehen werden, Sorten von Agrarprodukten und Tieren zu verbessern. Sie sollte vielmehr neben konventioneller Züchtung und optimierten Agrarmethoden, wie Bodenfruchtbarkeitsverbesserung usw. stehen. Die Gentechnologie wird hauptsächlich für exportorientierte Agrarproduktion verwendet werden. Gerade dies fördert die Abhängigkeit der Dritte-Welt-Länder und verhindert den Aufbau eigenständiger Versorgungsstrukturen für die Bedürfnisse der nationalen Bevölkerung.

XII Der gezielte Mißbrauch: Gentechnik in der Hand von Militärs und Bio-"Hackern"

Die Gentechnik hat neben den atomaren und chemischen Massenvernichtungsmitteln eine ganz neue Gefahr heraufbeschworen: die Entwicklung maßgeschneiderter biologischer Waffen.

Gentechnische Militärforschung knüpft an der klassischen B-Waffenforschung an. Bereits im Mittelalter bediente man sich biologischer Waffen, indem man verseuchte Kadaver (Pesttote) in belagerte Städte katapultierte.

Seit Ende der Dreißiger Jahre wurden biologische Waffen durch gezielte intensive Forschungstätigkeit entwickelt. Pestbomben kamen beim japanischen Angriff auf chinesische Städte im Zweiten Weltkrieg zum Einsatz. Darüber hinaus experimentierten die Japaner mit Kriegsgefangenen und testeten an diesen "menschlichen Versuchskaninchen" Pest, Typhus, Ruhr, Gasbrand, Paratyphus, Pocken und andere Erreger als mögliche biologische Waffen. Auch in den Labors der alliierten Streitkräfte suchte man nach biologischen Kampfstoffen. England testete 1942 Milzbrandbomben auf Gruinard Island, einer Insel vor der schottischen Küste. Der



Erfolg war durchschlagend: erst im Mai 1990 konnte nach jahrelanger Formaldehydentseuchung die Insel wieder zum Betreten freigegeben werden. Fast 50 Jahre lang hatte dort Todesgefahr durch Milzbrandsporen geherrscht.

Nach dem 2. Weltkrieg wurde die B-Waffenforschung zumindest in den USA und England parallel zur Entwicklung der Mikrobiologie intensiviert. Gestützt auf die erbeuteten japanischen B-Waffen-Dokumente, wurden in Fort Detrick (USA) und Porton Down (England) die B-Waffen-Agenzien optimiert, ihre Ausbreitung mit Geschossen oder mit Hilfe von Insekten verbessert und ihr gezielter lokaler oder regionaler Einsatz gegen Ernten, Vieh-Herden und Menschen vorbereitet.

Dennoch blieben die B-Waffen wenig einsetzbare, da unkontrollierbare Waffen. Dies führte auf dem Höhepunkt des Vietnamkrieges 1972 zur weltweiten Verabschiedung der B-Waffen-Konvention, die Erwerb, Entwicklung, Herstellung und Produktion von B-

Waffen und Toxinen untersagt. Dieses Abrüstungsabkommen wurde von über 100 Staaten, so allen NATO- und ehemaligen Warschauer-Pakt-Staaten unterzeichnet.

Die gentechnische Aufrüstung vollzieht sich in Folge dessen unter den Vorzeichen defensiver Absicht. Denn "Verteidigungsforschung" ist seit dem 1972er B-Waffen-Abkommen noch erlaubt - eine gravierende Lücke des Abkommens. Im Zeitalter der Gen- und Biotechnik dauert es nur wenige Tage oder Wochen, die in defensiver Absicht gewonnenen Erkenntnisse und manipulierten Erreger in offensiv einsetzbare Waffen umzusetzen, d.h. die Entwicklung eines Impfstoffes ist immer Grundvoraussetzung zur Entwicklung eines Erregers, der als B-Waffe eingesetzt werden kann.

In den USA wurden die Mittel für solche Forschungen in den letzten zehn Jahren verfünffacht, in der Bundesrepublik vervierfacht. In den Vereinigten Staaten haben vom Pentagon beauftrag-

te Forscher an der Universität von Massachusetts es inzwischen geschafft, die Gift- und Verkapselungsgene des berüchtigten Milzbrandes, der B-Waffe des 2. Weltkrieges, auf andere Bakterien zu übertragen sowie Resistenzen gegen die gegen Milzbranderreger verwendeten Antibiotika hinzuzufügen (der beteiligte Prof. Dr. Thorne hat früher direkt in Fort Detrick gearbeitet). Mit Hilfe der Gentechnik wurde für diese Eigenschaften ein effektives Schnellübertragungssystem entwickelt. Damit verfügt das Pentagon über die Möglichkeit der Massenproduktion maßgeschneiderter neuartiger Krankheitserreger.

Auch in der Bundesrepublik werden B-Waffen-Forschungsprojekte durchgeführt. In enger Kooperation und Arbeitsteilung innerhalb der NATO laufen inzwischen in der Bundesrepublik wenigstens sechs Forschungsvorhaben, Dutzende von B-Waffen-Forschungsprojekten werden an Universitäten und bundeswehreigenen Forschungsein-

Biohacker - Gentechnik Im Hobbykeller ?

Es gibt bereits mehrere Anbieter - vor allem in den USA-, die "Baukästen" für den angehenden Molekularbiologen bereithalten. "Dr. Cloner's Genetic Engineering Home Cloning Kit" heißt derjenige der Firma Carolin Biological Supply. Wie die Zeitschrift Geo im Februar 1989 berichtet, enthält dieser "Kit" Bakterienkulturen, den geeigneten Nährboden, ringförmige DNA-Stränge (Plasmide, die als "Genfähren" dienen) - vor allem aber ein ausführliches Handbuch, das die in Fachzeitschriften detailliert veröffentlichten "Rezepturen" enthält. Wenn der Möchtegern-Gentechniker sich dann noch Vakuumpumpe, Zentrifuge und Destillieranlage - aus billigen Materialien oder Schrottgeräten - selbst zusammenstellt, eine moderne Küche mit Mikrowellenherd, Dampfkochtopf, Geschirrspüler, Kühlschrank und Mixer als Ergänzung nutzt, ist das Hobbylabor nahezu vollkommen. Entsprechende Perspektiven sieht man in der Zeitschrift "Wechselwirkung" im Februar 1990, zumal die notwendigen Chemikalien wie Restriktionsenzyme, Antibiotika oder Hormone über den Chemikalienhandel bezogen werden können; der Zugang zu diesen Materialien wird auch kaum zu beschränken sein.

Eine ernste Gefahr ist, daß Biohacker auch vor krankheitserregenden Bakterien, aus eigener Zucht, oder problemlos von privaten "Banken" bestellt, nicht haltmachen (ARD "Report", 3.9.91). Im Zusammenhang mit dem bekanntgewordenen Export hochpathogener Bakterienstäm-

me wurde eine Verschärfung des Gen-Technik-Gesetzes (GenTG) gefordert. Für die Gesetzgebung wird diese Entwicklung zu einem ernstem Problem. Wer will diese Amateurgentechniker noch kontrollieren, wie kann man sie aufspüren?

Was hilft es, daß sich Naturschutzorganisationen und Bürgerinitiativen gegen die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen engagieren, wenn preiswerte "Kits" auf einfachste Art und ohne jede Kontrollmöglichkeit die Einschleusung fremder Gene z.B. in das Darmbakterium *Escherichia coli* erlauben? Kann man nach der Empfehlung des zugehörigen Handbuchs, der kleine Gentechniker solle sich nach getaner Arbeit "gründlich die Hände waschen", zur Tagesordnung übergehen? Während "Biologie in unserer Zeit" (Verlag Chemie, Dezember 1990) in der Möglichkeit, sich auf diesem Wege völlig neue, der Welt bislang unbekannte Lebewesen zu basteln, eine "Horrorvision unserer Zukunft" sieht, wird von den Exportfirmen "der Mensch als Schöpfer nie dagewesener Organismen" werbetätig angesprochen. - Und wenn schon auf diese Weise neugierig und spielerisch der Umgang mit der Gentechnik eingeübt wird ("With this kit your children can keep pace with the future..."), welche Perspektiven tun sich erst auf, wenn die offenbar so leicht zugänglichen Möglichkeiten professionell oder gar in krimineller Absicht genutzt und mißbräuchlich angewendet werden?



richtungen wie der Sanitätsakademie in München oder der Wehrwissenschaftlichen Dienststelle für ABC-Schutz in Munster ausgeführt.

Ein neues Wettrüsten im Zeichen der Gentechnik droht - wie auch die Möglichkeit ihrer terroristischen oder kriminellen Nutzung. Schon 1989 ging man davon aus, daß weltweit bereits 10 Staaten offensive B-Waffen-Programme betreiben.

Jüngstes Beispiel dieser Entwicklung ist die während des Golfkriegs aufgewordene Vermutung, daß der Irak auch über biologische Waffen verfügt.

BUND-Forderung

- Verbot und Ächtung jeglicher Erforschung und Anwendung biologischer Systeme zu militärischen Zwecken.

XIII Recht und Gesetz

Noch vor wenigen Jahren fehlten einschlägige Gesetze zur Kontrolle gentechnischer Arbeiten beinahe vollständig. Das hat sich grundlegend geändert. Sowohl auf Bundes- wie auch auf EG-Ebene haben sich hektische Gesetzgebungsaktivitäten entwickelt. Am 1. Juli 1990 trat das Gesetz zur Regelung von Fragen der Gentechnik (GenTG) in Kraft, das seit Anfang November 1990 durch fünf Rechtsverordnungen ergänzt wird.

1. Das Gen-Technik-Gesetz (GenTG)

Vor der Erarbeitung eines Gen-Technik-Gesetzes war seit 1988 das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) rechtliche Grundlage für die Genehmigung gentechnischer Anlagen (4. Ergänzung der BImSchVo vom 8.9.1988).

Dies machte ein öffentliches Genehmigungsverfahren mit Bürgerbeteiligung erforderlich und begründete für unmittelbar Betroffene ein gerichtliches Klagerecht.

Hierdurch wurde aber nur ein Teil der Problematik erfaßt. Zudem wurde bezweifelt, daß gentechnische Arbeiten ohne ein formelles Gesetz - also ohne grundlegende Entscheidung des Parlamentes - überhaupt zulässig seien. So setzte beispielsweise der Hessische Verwaltungsgerichtshof im Herbst 1989 eine Genehmigung für die HOECHST AG zur gentechnischen Produktion von Insulin vorläufig außer Kraft, da eine entsprechende Entscheidung des Gesetzgebers über den Einsatz der Gentechnik fehlte.

Durch Rechtsunsicherheiten und "Akzeptanzprobleme" - aber auch durch die verhältnismäßig restriktiven Bestimmungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes sahen Wissenschaft und Wirtschaft ebenso wie viele Politiker die weitere Entwicklung der Gentechnik in Deutschland zunehmend gefährdet. Ihr Drängen führte zu einer hastigen Beschleunigung des Gesetzgebungsverfahrens. Damit wurde schon früh der Versuch aufgegeben, durch sorgfältige Beratung einen breiten Konsens über die Handhabung dieser heiklen Technik zu erreichen.

Mit Verabschiedung des Gen-Technik-Gesetzes wurde ein vorläufiger Schluß unter eine heftige Kontroverse gesetzt, die gerade erst größere, über den engen Kreis der Experten hinausgehende Teile der Gesellschaft erreichte.

2. Anwendungsbereich des Gen-Technik-Gesetzes

Das GenTG gilt für gentechnische Arbeiten in dafür bestimmten Anlagen sowie für Freisetzen und das Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Organismen.

Nicht geregelt wird hier die Anwendung gentechnischer Verfahren am Menschen. Zum Teil wird diese Problematik von dem Embryonenschutzgesetz erfaßt, daß am 1.1.91 in Kraft getreten ist und Eingriffe in menschliche Keimzellen verbietet. Insbesondere die sog. Screening-Verfahren mit Hilfe gentechnischer Methoden sind dagegen noch weitgehend unregelt. Ein entsprechen-

ches Gesetz soll jedoch noch in dieser Wahlperiode (also bis 1994) verabschiedet werden.

3. Zweck des Gen-Technik-Gesetzes

Das GenTG hat neben dem Schutz von Menschen und Umwelt vor den Gefahren der Gentechnik die Aufgabe einen rechtlichen Rahmen für deren Erforschung, Entwicklung, Nutzung und Förderung zu schaffen. Der Gesetzgeber hat auf die ausdrückliche Festlegung der Gefahrenabwehr als oberstes Ziel des Gesetzes verzichtet und der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Verwertung der Gentechnik erhebliche Bedeutung beigemessen. Dies hat sich in der Ausgestaltung der einzelnen Bestimmungen deutlich niederschlagen. Überwiegend sind die Regelungen so deutlich an den Nutzungsinteressen orientiert, daß der Schutzzweck in der Praxis weitgehend in den Hintergrund gedrängt werden dürfte.

4. Kritischer Überblick über die Regelungen

Formal betrachtet enthält das GenTG im wesentlichen Bestimmungen zur vorbeugenden Gefahrenabwehr, Haftungsregelungen sowie Straf- und Bußgeldvorschriften.

Arbeiten in gentechnischen Anlagen sind je nach Gefährdungspotential in vier Sicherheitsstufen eingeteilt. Diese bestimmen die für die Anlage erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen. Arbeiten in gentechnischen Anlagen, Freisetzen und das Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Organismen unterliegen einer Anmelde- oder Genehmigungspflicht. Grundsätzlich besteht Anspruch auf Genehmigung bzw. Zulassung angemeldeter gentechnischer Arbeiten, soweit alle Voraussetzungen des GenTG erfüllt sind. Anspruch auf Genehmigung von Freisetzen und das Inverkehrbringen besteht, wenn im Verhältnis zum Zweck der Maßnahme "unvertretbare schädli-



che Einwirkungen auf" Menschen oder Umwelt "nicht zu erwarten sind" (Gentechnik-Gesetz, 1990).

Kern der Haftungsbestimmungen ist eine verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung für Schäden, die durch gentechnisch veränderte Organismen verursacht werden.

Eine wichtige Stellung bei der Durchführung des Gesetzes nimmt die Zentrale Kommission für Biologische Sicherheit (ZKBS) ein. Sie beurteilt alle sicherheitsrelevanten Fragen und ist beim Erlass von Rechtsverordnungen aufgrund des GenTG zu beteiligen.

5. Die Sicherheitskonzeption des Gesetzes bei Arbeiten in gentechnischen Anlagen

Gentechnische Arbeiten werden in vier Sicherheitsstufen eingeteilt. Die Einordnung in eine bestimmte Sicherheitsstufe entscheidet über die Sicherheitsvorkehrungen, die die Anlage, in der die Arbeiten durchgeführt werden sollen, gerecht werden muß. Das für die Einordnung maßgebliche Risikopotential gentechnischer Arbeiten wird bestimmt durch die Eigenschaften der verwendeten Ausgangsorganismen sowie des gentechnisch veränderten Organismus. Letztere werden aber in den seltensten Fällen bekannt bzw. vorhersehbar sein. Die Risikobewertung erfolgt damit im wesentlichen mit Hilfe sogenannter additiver Modelle, d.h. mit der Grundannahme, daß sich die Eigenschaften eines gentechnisch veränderten Organismus durch Addition der Eigenschaften der Ausgangsorganismen bestimmen lassen. Diese Annahme ist jedoch experimentell widerlegt.

6. Risikobewertung unter Ausschluß der Öffentlichkeit

Die Einordnung gentechnischer Arbeiten in die Sicherheitsstufen und die Bestimmung der für jede Stufe erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen erfolgt durch Rechtsverordnung. Im Gegen-

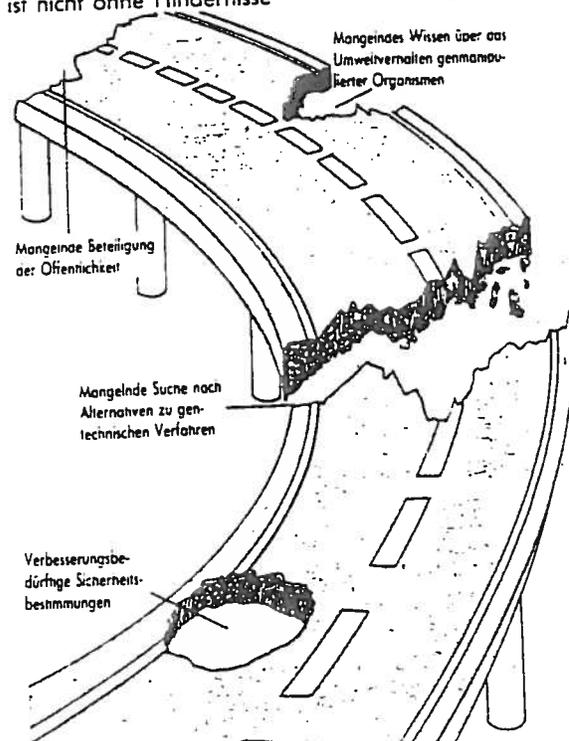
(BImSchG, Abfallgesetz), die vor Erlass von Rechtsverordnungen die Anhörung beteiligter Kreise vorschreiben, sieht das GenTG die Beteiligung der Öffentlichkeit beim Erlass der genannten Rechtsverordnung nicht vor. Sie wird von der Bundesregierung nach Anhörung lediglich der Zentralen Kommission für Biologische Sicherheit (ZKBS) und mit Zustimmung des Bundesrates erlassen. Die Beteiligung der ZKBS kann aufgrund ihrer Zusammensetzung und ihres nichtöffentlichen Verfahrens die Anhörung beteiligter Kreise nicht ersetzen. Die - nach der Konzeption des Gesetzes - zentrale Risikobewertung gentechnischer Arbeiten erfolgt damit ebenso wie die Bestimmung der Sicherheitsmaßnahmen ohne Mitwirkung der Öffentlichkeit bzw. potentiell Betroffener. Dies wiegt um so schwerer, als auch eine behördliche Prüfung im Einzelfall die generelle Vorab-Festlegung der Sicherheitsstufe und der Sicherheitsbestimmungen durch die Rechtsverordnung nicht mehr ändern kann. Das hat auch zur Folge, daß eine Einzelprüfung, die alle Aspekte geplanter gentechnischer Arbeiten im Zusammenhang erfaßt, nicht möglich ist.

7. Anmeldung und Genehmigung

Die Bestimmungen des GenTG zu Anmeldung und Genehmigung von gentechnischen Arbeiten und Anlagen sind sehr differenziert (s. Tabelle S. 32). Sie orientieren sich an der Einordnung der geplanten Arbeiten in Sicherheitsstufen sowie am Zweck der Anlage (Forschung oder gewerbliche Nutzung) und unterscheiden zwischen erstmaligen und weiteren Arbeiten in einer genehmigten oder angemeldeten Anlage. Die Genehmigung erfolgt anlagebezogen für die Errichtung der Anlage und die Ausführung der genehmigten Arbeiten (erstmalige Arbeiten).

Weitere Arbeiten sind gentechnische Arbeiten, die nicht bereits von der Genehmigung erfaßt, aber in die gleiche Sicherheitsstufe einzuordnen sind. Für diese Arbeiten ist eine Anmeldung ausreichend. Nur Arbeiten einer höheren Sicherheitsstufe bedürfen einer erweiterten Genehmigung.

Der Weg in eine vertretbare gentechnische Zukunft ist nicht ohne Hindernisse





Sicherheitsstufen des Labor				
A: Zu gewerblichen Zwecken:	1	2	3	4
Anlagen und erstmaliges Arbeiten	G	G,Ö	G,Ö	G,Ö
"Weitere Arbeiten" der gleichen Sicherheitsstufe	A	G	G	G
"Weitere Arbeiten" einer höheren Sicherheitsstufe		G,Ö	G,Ö	G,Ö
B: Zu Forschungszwecken:	1	2	3	4
Anlagen und erstmaliges Arbeiten	A	G	G	G
"Weitere Arbeiten" der gleichen Sicherheitsstufe		A	A	A
Weitere Arbeiten einer höheren Sicherheitsstufe		G	G	G
Freisetzungen:	G,Ö			
-von Organismen, deren Ausbreitung grenzenlos ist:	G			
Inverkehrbringen:	G			

A: Anmeldung; G: Genehmigung; Ö: Öffentliche Anhörung

deren Umweltgesetzen und in mehrfacher Hinsicht sehr bedenklich. Erfahrungen mit öffentlichen Anhörungen - insbesondere mit den dreien zu gentechnischen Vorhaben, die noch nach dem BImSchG durchzuführen waren - haben gezeigt, daß eine kritische und kontrollierende Öffentlichkeit unerlässlich für die korrekte Durchführung eines Genehmigungsverfahrens ist. Häufig vertrauen die zuständigen Behörden zu leichtfertig auf die Richtigkeit der Angaben des Antragstellers. Zudem wird gerade durch Einbeziehung kritischer Experten der neueste Erkenntnisstand zur Risikobewertung deutlich und nutzbar gemacht.

Da mit der Durchführung eines gentechnischen Vorhabens die Gefährdung von Rechtsgütern Dritter verbunden sein kann, hat die öffentliche Anhörung aber auch den wichtigen Zweck, daß diese über das ihnen aufgebürdete Risiko informiert werden und die Möglichkeit erhalten, ihre Rechte im Genehmigungsverfahren geltend zu machen. Soweit durch den Einsatz riskanter Techniken Grundrechte Dritter gefährdet werden, gehört die Möglichkeit des Geltendmachens dieser Rechte im Genehmigungsverfahren zum effektiven Grundrechtsschutz und hat daher nach der Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichtes verfassungsrechtliche Bedeutung. Vor diesem Hintergrund erscheint die Verfassungsmäßigkeit der Regelungen des GenTG zweifelhaft. Jedenfalls sind die Regelungen mangelhaft und zeigen überdeutlich, wie einseitig dieses Gesetz auf die Förderung der Gentechnik ausgerichtet ist zu Lasten des Schutzes vor ihren Gefahren.

8. Nachbarschaftsschützende (Dritt-schützende) Normen

Diese, die Gentechnik fördernde, Ausrichtung zeigt sich auch darin, daß das GenTG keine sogenannten dritt-schützenden Normen erhält. Die in vergleichbaren Gesetzen üblichen Bestimmungen geben solchen Personen, die in besonderem Maße durch eine gefährliche Anlage gefährdet oder beeinträchtigt werden - in der Regel sind dies Nachbarn - Beteiligungs-, Wider-

Anmeldung und Genehmigungen unterscheiden sich im wesentlichen nur dadurch, daß im Falle der Genehmigung vor Errichtung und Betrieb der Anlage ein Genehmigungsbescheid ergehen muß. Beim Anmeldeverfahren braucht der Betreiber nach der Anmeldung lediglich eine bestimmte Frist ablaufen zu lassen. Widerspricht die zuständige Behörde innerhalb dieser Frist nicht, darf er sein Vorhaben ausführen.

Ein öffentliches Anhörungsverfahren ist im Rahmen der Genehmigung für Anlagen nur dann durchzuführen, wenn diese zur gewerblichen Nutzung in den Sicherheitsstufen 2 bis 4 geplant sind.

Freisetzungen und das Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen bedürfen der Genehmigung. Für Freisetzungen kann jedoch ein vereinfachtes Verfahren bestimmt werden.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für Freisetzungen ist ein öffentliches Anhörungsverfahren durchzu-

führen. Dies gilt jedoch nicht, wenn es sich um Organismen handelt, die in ihrer Ausbreitung begrenzt sind. Welche dies sind, wird durch Rechtsverordnung bestimmt.

Die Tabelle zeigt, daß nur ein kleiner Teil aller Nutzungen der Gentechnik der Genehmigung unter Beteiligung der Öffentlichkeit in einem Anhörungsverfahren bedarf. Hinzu kommt, daß nach der bisherigen Praxis der Sicherheitsbewertung rund 80 % aller gewerblichen Vorhaben in die Sicherheitsstufe 1 fallen werden. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß auch diese Risikobewertung schon ohne Beteiligung der Öffentlichkeit stattfindet und die Notwendigkeit einer öffentlichen Anhörung bei Freisetzungen durch Rechtsverordnung weiter begrenzt werden kann, wird deutlich, daß durch die Bestimmungen des GenTG die öffentliche Erörterung der Risiken gentechnischer Vorhaben zur seltenen Ausnahme wird. Dies ist ein enormer Rückschritt gegenüber an-



spruchs- und Klagerechte. Das führt zu einem besseren Schutz der Rechte dieser Personen und schafft zugleich eine gerichtliche Kontrollmöglichkeit über das Arbeiten der zuständigen Behörden. Drittschützende Normen gehen mit Klage-, Beteiligungs- und Widerspruchsrechten über die sonstigen Möglichkeiten hinaus.

9. Genehmigungs- bzw. Zulassungsanspruch

Soweit der Betreiber gentechnischer Arbeiten und Anlagen die nach dem GenTG vorgeschriebenen Voraussetzungen erfüllt, hat er einen Anspruch auf Genehmigung bzw. Zulassung der angemeldeten Vorhaben. Zu den Voraussetzungen gehört zwar auch eine Risikobewertung, nicht aber der Nachweis der Ungefährlichkeit der geplanten Arbeiten. Somit bleibt es der prüfenden Behörde überlassen, ggf. "gerichtsfest" nachzuweisen, daß ein bestimmtes Vorhaben nicht hinnehmbare Risiken birgt, um es unterbinden zu können. Sollte dies überhaupt einmal versucht werden, dürfte es bei der derzeitigen Rechtslage kaum gelingen.

Aufgrund der noch weitgehend ungeklärten Gefährdungspotentiale der Gentechnik ist diese Regelung nicht akzeptabel. Erforderlich ist ein Versagensermessen der Behörden bei nicht ausreichend nachgewiesener Unbedenklichkeit der geplanten Arbeiten. Ein weiterer Mangel ist, daß ein Anspruch auf Durchführung gentechnischer Arbeiten besteht, auch wenn weniger riskante Techniken angewandt werden könnten. Eine Verpflichtung zur Erforschung, Förderung und Anwendung solch alternativer Techniken besteht nicht.

Für die Genehmigung von Freisetzungen und das Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen gilt im wesentlichen das gleiche. Nur sind diese auch dann zu erteilen, wenn zwar schädliche Auswirkungen zu erwarten sind, diese aber im Verhältnis zum Zweck vertretbar sind. Daß gerade für

statt einer absoluten Risiko-Minimierungspflicht nur eine Risiko/Nutzen-Abwägung vorgeschrieben wird, ist kaum nachvollziehbar.

10. Haftungsrecht

Im Rahmen des Umweltrechts hat das Haftungsrecht zunehmend eine Doppelbedeutung erlangt. Regalte es früher lediglich die Ausgleichsansprüche Geschädigter, soll es heute daneben den Betreiber gefährlicher bzw. belastender Techniken durch hohes Haftungsrisiko zu umweltgerechtem Verhalten aus wirtschaftlichem Eigeninteresse motivieren.

Dem Erfolg dieses Konzeptes stehen jedoch regelmäßig zwei grundlegende Probleme entgegen.

Bislang ist die Haftung eines Betreibers überwiegend von dessen Verschulden abhängig, d.h. ihm ist nachzuweisen, daß er den Schaden fahrlässig oder vorsätzlich herbeigeführt hat. Dieses Problem wird zunehmend durch eine sogenannte Gefährdungshaftung umgangen, die verschuldensunabhängig ist. Auch das GenTG sieht diese Haftung vor.

Das zweite Problem liegt in der Beweislast des Geschädigten. Regelmäßig muß er beweisen, daß der eingetretene Schaden durch eine bestimmte Anlage oder Tätigkeit verursacht wurde. Ein derartiger Beweis gelingt nur selten in der notwendigen Eindeutigkeit. Dieses Hemmnis kann durch eine Reduzierung des Beweismaßes sowie durch die widerlegbare Kausalitätsvermutung beseitigt werden. Auf diese Möglichkeiten der Beweiserleichterung zugunsten Geschädigter verzichtet das GenTG. Infolge der weitgehend ungeklärten Auswirkungen gentechnischer Manipulationen und der Unkontrollierbarkeit der Ausbreitung freigesetzter Organismen ist abzusehen, daß Geschädigte in den meisten Fällen bei der Durchsetzung von Ausgleichsansprüchen an der Beweislast scheitern werden.

Hinzu kommt, daß die Haftung des Betreibers durch einen Haftungshöchstbetrag von 160 Mio. DM begrenzt ist.

lich niedrig angesetzt ist, macht für Betreiber und Versicherungen das Haftungsrisiko auch gefährlicher Vorhaben kalkulierbar und ist damit wichtige Voraussetzung zur wirtschaftlichen Nutzung der Gentechnik. Dies geht zu Lasten Geschädigter und des allgemeinen Schutzzwecks. Unbefriedigend geregelt sind auch die Auskunftsansprüche des Geschädigten gegen einen vermutlichen Schädiger. Sie können durch bloßes Berufen auf Betriebsgeheimnisse abgewehrt werden.

11. Die Zentrale Kommission für biologische Sicherheit (ZKBS)

Die ZKBS ist ein 15köpfiges Gremium, dessen Mitglieder von dem zuständigen Bundesminister im Benehmen mit den Landesregierungen berufen werden. Sie setzt sich zusammen aus zehn Sachverständigen aus den Bereichen Mikrobiologie, Zellbiologie, Virologie, Genetik, Hygiene, Ökologie und Sicherheitstechnik sowie aus je einer sachkundigen Person aus den Bereichen der Gewerkschaften, des Arbeitsschutzes, der Wirtschaft, des Umweltschutzes und der forschungsfördernden Organisationen. Organisatorisch ist die ZKBS dem Bundesgesundheitsamt angegliedert.

Sie hat alle sicherheitsrelevanten Fragen im Zusammenhang mit der Durchführung des GenTG zu prüfen; sie hat maßgeblich Einfluß auf die Zuordnung gentechnischer Arbeiten zu den Sicherheitsstufen und die jeweils anzuordnenden Sicherheitsmaßnahmen. Ihre Empfehlungen sind von den Genehmigungsbehörden zu berücksichtigen. Diese müssen Abweichungen begründen.

Die ZKBS wirkt beim Erlaß von Rechtsverordnungen zum GenTG mit und hat im übrigen Bund und Länder zu allgemeinen Fragen in bezug auf die Durchführung des Gesetzes zu beraten.

Die Arbeit der Kommission ist nicht öffentlich, ihre Ergebnisse sind vertraulich und die Mitglieder zur Verschwie-



Die Anforderungen an die Mitglieder und das Berufungsverfahren führen zu einem deutlichen Übergewicht von in der Gentechnik engagierten Wissenschaftlern. Im zentralen Bereich der Sicherheit ihrer Arbeiten begutachten sich die Gentechniker also selbst. Angesichts der weitreichenden Kompetenzen der ZKBS müßte in ihr aber ein repräsentatives Spektrum bedeutender, interessierter gesellschaftlicher Gruppen vertreten sein. Die Vertraulichkeit der Arbeit verhindert für die Öffentlichkeit die Nachvollziehbarkeit der Erwägungen der ZKBS. Damit wird die öffentliche Erörterung von Risikopotentialen weiter erschwert.

12. BUNDFORDERUNGEN

Oberstes Ziel eines Gentechnikgesetzes muß der Schutz von Menschen und Umwelt vor den Gefahren dieser Technik sein.

- Unsicherheiten bezüglich des Gefährdungspotentials einzelner Vorhaben müssen zu Lasten des Betreibers wirken. Er hat die Unbedenklichkeit seines Projektes zu beweisen. Zu fordern wäre ein Versagensermessen der Genehmigungsbehörde anstelle des Genehmigungsanspruchs des Betreibers.
- Die Risiken gentechnischer Arbeiten sind mit Hilfe synergistischer Modelle abzuschätzen. Für jedes Vorhaben ist eine alle Aspekte umfassende Einzelprüfung erforderlich. Sicherheitsbewertungen und -maßnahmen dürfen nicht durch Rechtsverordnung der Prüfung im Genehmigungsverfahren entzogen werden.
- Die Entwicklung, Förderung und vorrangige Nutzung alternativer Techniken, die weniger risikoreich sowie umwelt- und sozialverträglich sind, sind verbindlich festzuschreiben.
- Gentechnische Arbeiten und Produkte, deren Schädlichkeit schon aus ihrem bestimmungsgemäßen Einsatz folgt, sind zu verbieten.

- Sicherheitsmaßnahmen in gentechnischen Anlagen müssen eine Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen ausschließen.

- Gewollte Freisetzungen sind zu verbieten. Soweit dies mit geltendem EG-Recht nicht in Einklang zu bringen ist, sind entsprechende Initiativen zu ergreifen.

- Die Regelung der Gentechnik muß unter effektiver Beteiligung und Kontrolle der Öffentlichkeit erfolgen. Dazu sind u.a. festzulegen:

- Genehmigungsverfahren unter obligatorischer Öffentlichkeitsbeteiligung für sämtliche gentechnischen Vorhaben.
- Sicherung der Klagerechte potentiell Betroffener, Einführung drittschützender Normen und der Verbandsklage.
- Einbeziehung beteiligter Kreise* beim Erlaß von Rechtsverordnungen.
- Die ZKBS ist ausgewogen mit Vertretern wichtiger beteiligter Interessensgruppen zu besetzen. Arbeit, Informationen und Empfehlungen der ZKBS müssen öffentlich und nachvollziehbar gemacht werden.
- Die Gefährdungshaftung ist zu ergänzen durch eine ebenfalls verschuldensunabhängige Haftung auf Schmerzensgeld. Eine Haftungsobergrenze ist nicht vorzusehen. Für das Beweisführungsverfahren sind ein reduziertes Beweismaß sowie eine widerlegbare Kausalitätsvermutung zu Lasten des Betreibers und umfassende Auskunftsansprüche des Geschädigten gegen vermutliche Schädiger und Behörden festzulegen.

13. Regelungen auf EG-Ebene

Im Juni und September 1989 verabschiedete der EG-Ministerrat die "Richtlinie über die Verwendung gentechnisch veränderter Mikroorganismen in abgeschlossenen Systemen" und die "Richtlinie über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Or-

ganismen in die Umwelt". Diese Richtlinien sind in nationales Recht umzusetzen.

Während die erstgenannte Richtlinie lediglich bestimmte Mindeststandards bestimmt, die den Mitgliedsstaaten schärfere Regelungen erlauben, und die vom Gentechnikgesetz erfüllt werden dürfte, dient die sog. Freisetzungsrichtlinie, die nach Art. 100a EWG zur Erreichung des gemeinsamen Marktes erlassen wurde, der einheitlichen Regelung von Freisetzungen und Inverkehrbringen von gentechnisch manipulierten Organismen.

Dies hat zur Folge, daß das in einem Mitgliedsstaat aufgrund dieser Richtlinie genehmigte Inverkehrbringen und Freisetzen solcher Organismen nicht durch andere Mitgliedsstaaten für ihr Hoheitsgebiet ausgeschlossen werden darf.

Diese Richtlinie, die für den deutschen Gesetzgeber verbindlich ist, steht also einem deutschen Verbot von Freisetzungen entgegen. Für ein nationales Verbot läßt sich aber Art. 100a Abs. 4 in Verbindung mit Art. 36 EWG-Vertrag heranziehen, der von EG-Recht abweichende Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit und des Lebens von Menschen, Tieren und Pflanzen erlaubt.

Die beiden genannten Richtlinien zeigen, daß EG-Kommission und Ministerrat entschlossen sind, die Forschung, Entwicklung und Anwendung der Gentechnik in der EG ohne Rücksicht auf die ökologischen und sozialen Auswirkungen und Gefahren zu fördern. Als Vervollkommnung dieser auf die Begünstigung wirtschaftlicher Interessen ausgerichteten Politik ist der Entwurf einer EG-Richtlinie anzusehen, der die Patentierung von manipulierten Tieren und Pflanzen sowie gentechnischer Verfahren vorsieht. Die Bestimmungen dieser Richtlinie, die seit einiger Zeit zur Verabschiedung ansteht, sollen sicherstellen, daß sich die hohen Investitionen zur Ausbeutung des Lebens auch betriebswirtschaftlich lohnen.

Damit wird im Interesse weniger Wissenschaftler und Wirtschaftsunternehmen mit dem bislang allgemein anerkannten Grundsatz gebrochen, daß



Tiere und Pflanzen auch in ihren Zuchtvarianten Erbe der gesamten Menschheit sind.

XIV. Quellen

- AID, Nr. 30 (3), 1980: 27
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: "Biotechnologie und Agrarwirtschaft", Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup 1985
- Chargaff, E.: "Das Feuer des Heraklit", München 1984
- Coordination Européenne des Amis de la Terre (CEAT)-Biotechnology Clearing House: "Clearinghouse mailout", Nr. 8, Brüssel 06.1991
- Deutscher Bundestag (Hrsg.): "Chancen und Risiken der Gentechnologie", Bericht der Enquete-Kommission d. 10. Deutschen Bundestages, BT-Dr. 10/6775, Bonn 1987: 58 f.
- Deutscher Bundestag (Hrsg.): "Enquete-Kommission "Chancen und Risiken der Gentechnologie", "Ökologische Aspekte der Freisetzung von lebendem Material", Bonn Okt. 1985
- Deutscher Bundestag: "Materialband zum Agrarbericht 1991 der Bundesregierung", BT-Drs. 12/71, Bonn 1991
- Dolata, U.: "Bio- und Gentechnik in der Bundesrepublik - Konzernstrategien, Forschungsstrukturen, Steuerungsmechanismen", Hamburger Institut für Sozialforschung, 1991
- eco facts: "Genomanalyse: Programme werden fortgesetzt", Frankfurt 5/90
- ECOFORUM Biotechnology, Nairobi Dez. 1990
- Ehlers, A.: "Physiologische Leistungen und ihre Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit der Milchkuh", VETO, Nr. 10 (33), 1986
- ENCL: Environment Liaison Centre
- Enquete-Bericht UNIDO: "Biotechnology and Genetic Engineering" Monitor, 1989/90
- Frankfurter Rundschau: "Gentechnik-Deutsche Industrie hat zur Aufholjagd angesetzt", 22.5.1991
- Gassen, H.-G./Martin, A./Sachse, G.: "Der Stoff aus dem die Gene sind", J. Schweizer Verlag, München 1986
- Gassen, H.-G./Martin, A./Bertram, S.: "Gentechnik", Fischer UTB, Stuttgart 1985
- Genetic Engineering News, New York 1990
- Eberbach, W. / Ferdinand, F.-J.: "Gentechnikrecht (GenTR)", C.F. Müller, Juristischer Verlag, Heidelberg 1990
- Ibelgauf, M.: "Gentechnologie von A bis Z", Ausgabe VCM, Weinheim 1990
- Idel, A./Kamphausen, R.: "Angepaßte Landrassen - oder Nutztiere aus der Retorte? Der fragwürdige Beitrag der Gentechnologie zur Tierzucht", in: "Die ungeklärten Gefahrenpotentiale der Gentechnologie", Gentechnologie - Chancen und Risiken, Bd. 10. J.Schweitzer Verlag, München 1986
- Institut für Biochemie der TU Darmstadt: Antrag auf Förderung der Öffentlichkeitsarbeit, Darmstadt o.J.
- International Federation of Organic Agriculture Movements: Verträge, 7th International Conference, Quagadougou/Burkina Faso 1989
- Jonas, H.: "Das Prinzip Verantwortung", Frankfurt/M. 1984
- Katholische Landjugend: "Gentechnologie", Stapelfeld 1989
- Kiper, M.: "Herbizidresistente Pflanzen- toxikologische und ökologische Aspekte", in: "Die ungeklärten Gefahrenpotentiale der Gentechnologie", Gentechnologie - Chancen und Risiken Bd. 10, J. Schweizer-Verlag, München 1986
- Kiper, M.: "Designer-B-Waffen mit bundesdeutscher Beihilfe", GID 64, Feb. 1991: 7-15
- Kiper-M./ Streich J.: "Biologische
- Kowanik, J./Sukopp, H.: "Ökologische Folgen der Einführung neuer Pflanzenarten", in: "Die ungeklärten Gefahrenpotentiale der Gentechnologie", Gentechnologie - Chancen und Risiken Bd. 10, J. Schweizer Verlag, München 1986
- Länderarbeitsgruppe der Fischereireferenten "Genetisch veränderte Fische", Bericht, Starnberg Okt. 1989, Feb. 1990
- Lind, V, et. al.: "Resistenzzüchtung - Ein Beitrag zum integrierten Pflanzenschutz", Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 325, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup 1986
- Nass, G.: "Ökologische und toxikologische Auswirkungen der Verwendung herbizidresistenter Pflanzen", in: "Die ungeklärten Gefahrenpotentiale der Gentechnologie", Gentechnologie - Chancen und Risiken Bd. 10, J. Schweizer-Verlag, München 1986
- Neufeld, P.-J./Colemann, N.: "Wissenschaft im Zeugenstand", Spektrum der Wissenschaft 7/90: 106-114
- OECD: Biotechnology - Economic and wider Impacts, Paris 1989
- Piller, C./Yamamoto, V.R.: "Der Krieg der Gene", Hamburg 1989
- Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (RSU): Sondergutachten "Umweltprobleme der Landwirtschaft", Kohlhammer-Verlag, Stuttgart 1985
- Sievers, S.: "Literaturdokumentation zum Stand der Forschung und zur ökologischen Begleitforschung über gentechnisch erzeugte Herbizidresistenzen in Nutzpflanzen", Wissenschaftszentrum, Berlin August 1990
- Spangenberg, J.: "Gentechnik und Dritte Welt", Wuppertal 1991
- Süddeutsche Zeitung: "Streifzüge durch die Erbsubstanz", 7.11.1991
- Streier: "Biochemistry", Freemann-Verlag, 1988
- TAZ: "Illegale Genversuche in der



Tiedje, J.M. et al.: "The planned introduction of genetically engineered organisms: ecological considerations and recommendations"; *Ecology*, 70, April 1990, (Übersetzung in der Reihe "Arbeitsmaterialien zur Technikfolgenabschätzung und -bewertung der modernen Biotechnologie" der Universität Hamburg, Nr.1, März 1990)

Vogt, H.-H.: "Giftige Kröte erobert Australien", *Naturwissenschaftl. Rundschau* 2, 1991:71-72

Wenzel, G./Uhrig, H./Burgermeister, W.: "Potato - a first crop improved by the application of microbiological techniques?", in: Arber, W. et al, "Genetic manipulation: impact on men an society", Cambridge 1985

Bildquellen

Abb. 1b; 2; 9: Folienserie des Fonds der Chemischen Industrie, Frankfurt/M. 1985

Abb. 1a; 4; 5: AK der Bundesfachschaften-Tagung Biologie, 1986

Abb. 3: Fremuth, W.: "Das manipulierte Leben, Kölner Volksblattverlag, Köln 1988

Abb. 6: *New Scientist* Nr. 1698/6. Jan. 1990, S. 57

Seite 21, 22: Ev. Erwachsenenbildung Niedersachsen: "Die Schöpfung als Supermarkt?", Bd. 3, 1987

Seite 23: Dutch Society for the Protection of Animals, 1991

Seite 31: Thureau, M. "Gute Argumente: Gentechnologie?", Verlag C.H. Beck, München 1990

XV. Weiterführende Literatur

I. Einleitung

Bonß, W./Hohlfeld, R./Kollek, R.: "Risiko und Kontext - Zum Umgang mit den Risiken der Gentechnologie", Hamburger Institut für Sozialforschung, 1991

Hans-Böckler-Stiftung: "Arbeit - Umwelt - Gesellschaft - Für eine

sozialverträgliche Bio- und Gentechnologie", J. Schweitzer Verlag, München 1988

Hans-Böckler-Stiftung: "Biotechnologie - Herrschaft oder Beherrschbarkeit einer Schlüsseltechnologie?", J. Schweitzer Verlag, München 1985

Forum Wissenschaft: "Offene Grenzen - Auseinandersetzung über die Gentechnologie", in: BdWi, Marburg 1989

IG Chemie: "Gentechnologie - ein Nachschlagewerk für Arbeitnehmer", Hannover 1990

Thureau, M.: "Gentechnik - Wer kontrolliert die Industrie?", Fischer-Verlag, Stuttgart 1989

II. Methoden der Gentechnik

Winnacker, E.-L.: "Gene und Klone", Verlag Chemie, Weinheim 1989

III. Neue Ethik für die Gentechnik

Bertalozzi, U. et al: "Human Embryos and Research - Proc. of the European Bioethics Conference", Mainz 1988, Campus-Verlag, Frankfurt 1990

Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT): "Die Erforschung des Menschlichen Genoms - ethische und soziale Aspekte", Campus-Verlag, Frankfurt 1991

Max-Planck-Gesellschaft: "Verantwortung und Ethik in der Wissenschaft", 1984

IV. Soziale Auswirkungen der Gentechnik

IG-Chemie: "Genetische Analysen in der Arbeitswelt", Hannover 1991

V. Forschung und deren Auswirkungen in der Gentechnik

Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT): "Biotechnologie 2000 - Programm der Bundesregierung", Bonn 1990

J. Katzek, J./Wackernagel, W.: "Stand der Forschung zur Risikoabschätzung bei der Anwendung gentechnisch veränderter Organismen und

Aufdeckung von Forschungsdefiziten", Studie für die Hans-Böckler-Stiftung (in Arbeit)

VI. Medizin und Pharmazie

Ges. f. Biotechnologische Forschung: "Rekombinante Therapeutika: Eigenschaften - Wirkungen - Anwendungen - Hersteller", Braunschweig 1990

VII. Einsatz von genetisch veränderten Organismen im Umweltschutz

European Federation of Biotechnology: "Abstracts for the Intern. Symposium on Environmental Biotechnology", Ostend Belgien 22.-25.04.1991,

Knorr, C./Spangenberg, J.: "Environmental Biotechnology and its potential Environmental Impacts", Nov. 1990

VIII. Freisetzung: Wehe wenn sie losgelassen!

BUND Stuttgart: Globus, "Gentechnik - Erste Freisetzungsversuche", Begleitheft 4/89 zur Sendung vom 2.4.1989

Tappeser, B.: "Gutachten zu der wissenschaftlichen Zielsetzung und dem wissenschaftlichen Sinn des Freisetzungsexperimentes mit transgenen Petunien", Öko-Institut, Freiburg 1990

University of California: "Risk Assessment in Agricultural Biotechnology: Proceedings of the International Conference", August 1988, Oakland CA 1990

US Dept. of Agriculture: "Proceedings - The Biosafety Results of Field Tests of Genetically Modified Plants and Microorganisms - Proc. of the Int. Symp. 27-30.11.1990", Washington D.C. 1991

IX. Die Gentechnik: Eine neue Revolution in der Landwirtschaft

Altner, G.: "Gentechnik und Landwirtschaft, Folgen für Umwelt und Lebensmittelerzeugung", Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1988



Fremuth, W. (Hrsg.): "Das manipulierte Leben", Kölner Volksblatt-Verlag, Köln 1988

Idel, A./Kamphausen, R./Katzek, J.: "Anwendung der Gentechnik und damit hergestellter Produkte im Bereich der Landwirtschaft und deren mögliche Auswirkungen", Studie für das Österreichische Umweltministerium 1991

Neubert, S.: "Neue Bio- und Gentechnologie in der Landwirtschaft. Technische Trends, Anwendungsprognosen und mögliche Auswirkungen", Dortmund 1990

EG-Kommission "The Impact of Biotechnology on Agriculture in the European Community to the Year 2005", Luxemburg 1989

X. Wirtschaftliche Folgen

Ammon, U.: "Das Innovationspotential der neuen industriellen Biotechnologie - Technologische, ökonomische und soziale Aspekte ihrer Gestaltung", DGB, Düsseldorf 1989

Katzek, J.: "Biotechnologie - Ökonomische und weitere Auswirkungen", INFOTECH 2/1991

TÜV-Rheinland: "Biotechnologie - Abbau von Innovationshemmnissen im staatlichen Einflußbereich", Köln 1989

XII. Gentechnik und die Länder der dritten Welt

Arbeitsgruppe Tropische und Subtropische Agrarforschung: "Biotechnology in Plant Breeding and Plant Nutrition for the Benefit of the Third World", Bonn 1989

Außenministerium d. Niederlande "Cassava and Biotechnology", Den Haag 1991

Zentrum f. Technologische Zusammenarbeit d. TU Berlin: "Biotechnologie für Entwicklungsländer?", Berlin 1986

XIII. Der gezielte Mißbrauch: Gentechnik in der Hand von Militärs und Blohackern

Thränert, O.: "Biologische Kampfstoffe - Rüstungsdynamik im Reagenzglas", Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn 1988

XIV. Recht und Gesetz

Deutscher Bundestag: Anhörung zum GenTG - Wortprotokoll der Sitzungen vom 17.-19.1.1990

Spangenberg, J./Katzek, J.: "Gezügelter Kritik - Stellungnahmen im Bundesrat zum Entwurf des Gentechnikgesetzes", Gen-Ethischer Informationsdienst, Oktober 1989

Katzek, J.: "Regulierung der Gentechnik auf europäischer Ebene", Die Mitbestimmung - Sonderheft Gentechnik, 1991

XVI Glossar

Arbo-Viren

Sie werden als biologische Waffen in der Rüstungsforschung verwendet.

Bakteriophagen

Bakterien angreifende Viren

Basen

Die vier "Buchstaben" des genetischen Codes, die Purinderivate Adenin und Guanin sowie die Pyrimidin-derivate Cytosin und Thymin, die mit A, G, C und T abgekürzt werden; in der RNA ist das Thymin durch Uracil ersetzt. In der DNA paart sich das Cytosin mit dem Guanin, das Adenin mit dem Thymin (Chargaff-Regel) des gegenüberliegenden Strangs. Bei der Verdoppelung der DNA wird nach dem Auftrennen der beiden Stränge an jede Base ihre Komplementärbase angelagert, wodurch zwei identische DNA-Stränge entstehen.

Beteiligte Kreise

Vertreter der Wissenschaft, der Betroffenen, der beteiligten Wirtschaft, des beteiligten Verkehrswesens und der jeweils zuständigen obersten Landesbehörden, die nach den Bestimmungen einiger Umweltschutzgesetze vor Erlaß von Rechtsverord-

nungen aufgrund dieser Gesetze anzuhören sind (s. § 51 BImSchG; § 16 AbfG).

Vgl. auch § 29 BNatSchG, der rechtsfähigen Vereinen vor Erlaß von Rechtsverordnungen die Gelegenheit zur Äußerung und Einsichtnahme in Gutachten sichert.

Chromatogramm

Ein Chromatogramm dient der Auftrennung unterschiedlicher Einzelsubstanzen anhand ihrer Löslichkeit in flüssigen/gasförmigen Phasen oder anhand ihrer elektrischen Ladung. Unterschiedlich große DNA-Abschnitte werden aufgrund ihrer Wanderungsgeschwindigkeit nach ihrer Länge in einem Gel voneinander getrennt (Gel-Elektrophorese).

Chromosom

Anfärbbare, fädige Bestandteile des Zellkerns, auf denen die Erbanlagen liegen. Sie bestehen größtenteils aus DNA.

DNA-Fingerprinting

(genetischer Fingerabdruck) Die menschliche DNA hat Bereiche, in denen sich kurze Sequenzmotive von 7-10 Buchstaben immer wiederholen (repetitive DNA). Diese DNA-Abschnitte haben keine bekannte codierende Funktion, enthalten also keine Gene. Man nennt sie Satelliten-DNA. Die durch Restriktionsenzyme zerstückelte DNA wird im Gel aufgetrennt. An die gesuchten DNA-Fragmente lagern sich dann die sog. Sonden an, weil sie die gleiche, komplementäre Basensequenz aufweisen, und können als "Banden" im Gel sichtbar gemacht werden. Da diese DNA-Abschnitte von Individuum zu Individuum sehr stark variieren, ist die Wahrscheinlichkeit, daß zwei Menschen das gleiche Bandenmuster aufweisen, sehr gering. So erbt ein Kind ungefähr die Hälfte der in einem "Fingerprint" sichtbaren Banden der Mutter und die Hälfte derjenigen vom Vater.

Die für eine Analyse benötigte DNA-Menge kann schon aus 1-2 Tausendstel Millilitern Blut gewonnen wer-



eingesetzt bei der Diagnostik von Gendefekten. Da die DNA nicht sequenziert, sondern nur nach ihrer Länge aufgetrennt wird, ergeben sich allgemein keine Rückschlüsse auf die genetische Konstitution des Spenders.

DNA-Fragmente

Kleinere Teilstücke, die nach Behandlung der DNA mit Restriktionsenzymen entstehen.

Embryosplittling

Teilung eines Embryos in einem frühen Stadium nach der Befruchtung (z.B. Vierzellstadium), in dem jede einzelne Zelle noch zu einem ganzen Embryo auswachsen kann.

Erythropoetin

gentechnisch erzeugtes Medikament

Eukaryonten

Zellen oder Einzeller, die einen Zellkern besitzen; im Gegensatz zu Prokaryonten.

Fermenter

Gerät in dem ein gesteuerter Prozeß abläuft (Fermentation) bei dem mittels Mikroorganismen (Hefen, Bakterien, Pilze) Produkte abgebaut, erzeugt oder veredelt werden.

Fremd-DNA

Aus einem anderen Organismus stammende DNA, die normalerweise durch Restriktionsenzyme zerstört wird.

Gen

Informationstragender Abschnitt der DNA, der die Information für ein Protein oder eine RNA enthält.

Gen-Design

Zeitgeistausdruck für die gezielte Veränderung eines Gens.

Genexpression

Das Ablesen eines Gens und Umsetzung seiner Basen-Sequenz in die Aminosäurekette eines bestimmten Enzyms oder in RNA.

Gen-Mutation

Veränderung eines Gens u.a. durch Deletion (Verlust eines Stückes), Leserasterverschiebung oder falsche Basen.

Gensonden

Dies sind Nukleinsäuren, die in ihrer Basensequenz genau dem gesuchten Gen oder vielmehr Teilen davon entsprechen. Auch RNA kann dazu verwendet werden. Einzelsträngige, komplementäre Nukleinsäuremoleküle lagern sich aufgrund der Basenpaarung aneinander an. Die DNA der Gensonde ist häufig radioaktiv markiert und somit schon in geringer Menge nachweisbar. Zwischen dem DNA-Strang der Gensonde und der gesuchten DNA-Sequenz können durch UV-Licht und lichtempfindliche Substanzen Quervernetzungen eingefügt werden, die diesen Komplex stabilisieren, so daß er von den anderen Doppelsträngen getrennt werden kann.

Induzieren

hier: Das Ablesen eines Gens veranlassen

In situ-Hybridisierung

Hybridisierung ist die durch die Basenpaarung verursachte Anlagerung eines DNA-Strangs an seinen Komplementärstrang. Bei der in situ-Hybridisierung findet dies in Gewebsabschnitten oder -kulturzellen statt, also nicht an isolierter DNA. Vorher müssen in den Zellen die beiden DNA-Stränge durch Lauge voneinander getrennt werden, damit die Anlagerung des anderen DNA-Strangs erfolgen kann. Diese Technik kann auch an einzelnen Chromosomen durchgeführt werden.

Interferone

Die verschiedenen Interferone (IFN a,b,g) sind auf den Chromosomen 9 und 12 codiert und regeln die unspezifische Immunabwehr. Sie werden nach Virusinfektionen von Leukozyten und Fibroblasten gebildet und ge-

gen Leukämie, Kaposisarkom und Aids eingesetzt. Sie wirken wachstumshemmend auf Tumorzellen.

Interleukine

Interleukine werden von Immunzellen gebildet und regen andere Immunzellen zur Teilung an. Sie werden in der Krebstherapie gegen Nierenzellkarzinome und Virusinfektionen eingesetzt, in Kombination mit dem Tumor Nekrose Faktor (TNF) und anderen Therapeutika auch bei Aids.

In vitro

im Reagenzglas; in vivo: in der lebenden Zelle; in situ: an Ort und Stelle, im Gewebeverband

In-vitro-Fertilisation

Befruchtung einer Eizelle, die außerhalb des Organismus vorgenommen wird.

Keimbahn

Keimzellen produzierende Gewebe (Ei- und Samenzellen). Eingriffe in die Keimbahn führen zu erblichen Veränderungen, während Veränderung von einzelnen Körperzellen nicht die Nachkommen des Individuums betrifft.

Klonierung

Einbau von DNA in einen Vektor, der sich anschließend in der Wirtszelle vermehrt; auch Vermehrung von Zellkulturen aus einer einzelnen Zelle, wobei die Tochterzellen genetisch identisch sind.

Ligase

Ein Enzym, das Einzelstrangsnitte im Molekülgerüst von Nukleinsäuren wieder verschließt.

Mikroinjektion

Verfahren zur Einführung fremden genetischen Materials in eine Zelle. Mit einer Glaskapillare von 0,5 Mikrometer Durchmesser wird die DNA-Lösung direkt in das Zytoplasma oder den Kern einer Zelle injiziert.



Monogenetische Erbkrankheit

Durch Mutation in nur einem Gen verursacht

mRNA

Messenger-RNA vermittelt die Informationsübertragung von der DNA im Zellkern zu Proteinsynthese an den Ribosomen. Durch ihr Ribosegerüst und das Thymin ersetzende Uracil ist sie für die spezifischen Enzyme von der DNA unterscheidbar.

Plasmide

Sie dienen häufig als Vektoren für DNA-Elemente, da sie üblicherweise zwischen zwei Bakterienzellen übertragen werden können. Sie können auch in das Chromosom des Bakteriums eingebaut werden. Sie verdoppeln sich unabhängig vom Chromosom der Wirtszelle und liegen in 1-100 Kopien/Zelle vor. Zudem können Plasmide als freie DNA von Bakterien aufgenommen werden und so der Übertragung genetischer Informationen dienen.

Plasminogenaktivator

(TPA) ist ein Enzym, welches fibrinolytisch wirkt und daher bei Herzinfarkt und Thrombosen eingesetzt wird.

Polymerase-Kettenreaktion (PCR)

Die Enzyme der DNA-Polymerasen verdoppeln einen Einzelstrang der DNA zum Doppelstrang. Will man einen bestimmten Teil der DNA vermehren, trennt man zunächst die beiden Stränge und lagert vor und hinter dieser Sequenz kleine Stücke von DNA an, von denen aus dann das Enzym mit seiner Verdoppelungsreaktion starten kann. Ist der neue Strang kopiert, trennt man die beiden Stränge wieder usw. Da hierbei zahllose Kopien dieses DNA-Fragments entstehen, nennt man diesen Vorgang auch zellfreies Klonieren. Auch für Genbanken wird dieses Verfahren eingesetzt.

Prokaryonten

Organismen ohne Zellkern, zu denen die Bakterien im engeren Sinn und

zentralen Chromosomen besitzen sie meist auch Plasmide aus ringförmiger DNA und Resistenzfaktoren, die Resistenz gegen ein oder mehrere Antibiotika vermitteln.

Reduzierung des Beweismaßes

Für die gerichtliche Durchsetzung von Ersatzansprüchen für Gesundheits- und Umweltschäden ist in den meisten Fällen die Erbringung von naturwissenschaftlichen Beweisen für den Zusammenhang von Schadensursache und Schaden erforderlich. Bestimmte Zusammenhänge sind jedoch, obwohl sie als höchst wahrscheinlich gegeben anzusehen sind, wissenschaftlich nicht reproduzierbar (vgl. z.B. die Contergan-Fälle). Ein anderes Problem folgt aus einem möglichen Zusammenwirken mehrerer Schadensursachen (Krebs durch Asbeststaub/Dioxinbelastung/Rauchen) derart, daß die Bedeutung der einzelnen Ursache nicht genau bestimmt werden kann. Lösungsmöglichkeiten sind Bestimmungen, die den Nachweis eines wahrscheinlichen Zusammenhanges zwischen Ursache und Schaden bzw. die Ermittlung einer qualifizierten Risikoerhöhung des Schadenseintritts als gerichtsfesten Beweis ausreichen lassen.

Repetitive Zwischenabschnitte

Dies sind DNA-Bereiche, die in vielen Kopien in einem Genom vorkommen. Bei Säugern machen sie etwa 40 % der gesamten DNA aus. Sie finden sich hauptsächlich zwischen den Genen, also den Transkriptionseinheiten.

Restriktionsenzyme

auch Restriktionsendonukleasen. Sie schneiden beide Stränge eines DNA-Moleküls an spezifischen Basensequenzen (Eco RI z.B. an GAATTC). Ihre normale Funktion ist die Zerstörung fremden DNA-Materials, welches in eine Bakterienzelle eingebracht ist. Beim Zerschneiden kleinerer DNA-Moleküle entsteht oft eine überschaubare Anzahl von Fragmenten, die nach der Elektrophorese-Auftrennung ein typisches Banden-

muster ergeben und somit der Identifizierung von DNA-Molekülen dienen können.

Restriktionslängenpolymorphismus (RFLP)

Unterschiedlich lange "Restriktionsfragmente" treten dann auf, wenn an der Erkennungsstelle für eine Restriktionsendonuklease eine Mutation stattgefunden hat, so daß die betreffende Schnittstelle nicht mehr erkannt wird, oder wenn sich eine neue gebildet hat. Einzelne DNA-Fragmente sind daher verkürzt oder verlängert. Treten sie in Genen für Erbkrankheiten auf, können diese anhand des RFLPs genau kartiert werden.

Sequenzierung

Bestimmung der Reihenfolge von Basen in einem DNA-Molekül, wobei der lange DNA-Faden zunächst in kleine handhabbare Stückchen zerlegt werden muß, deren Sequenz dann Schritt für Schritt bestimmt werden kann. Die Verfahren der enzymatischen Bestimmung sind inzwischen automatisiert, so daß pro Stunde ca. 700 Basen analysiert werden können. Bewährt hat sich die Shot-gun-Sequenzierung, bei der zunächst die DNA durch Restriktionsendonukleasen zerstückelt wird, die einzelnen Teile dann sequenziert werden und schließlich anhand der überlappenden Basensequenzen wieder zusammengesetzt werden.

Steuerungssequenzen

Sie steuern das Ablesen eines Gens und damit die Häufigkeit der Transkription.

Totalherbizide

Sie vernichten im Gegensatz zu selektiven Herbiziden jeglichen Pflanzenwuchs.

Transformation

- die Einführung von nackter DNA in eine vorbehandelte Bakterienzelle
- auch ein Ausdruck für den Prozeß der Ausbildung von Tumorzellen.



Transkription

Die Umschreibung der DNA-Sequenz in eine komplementäre Sequenz der RNA. Hierbei wird ein DNA-Strang als Matritze benutzt, an dem der komplementäre RNA-Strang synthetisiert wird.

Translation

Die Übersetzung der in der RNA gespeicherten Informationen in die Aminosäuresequenz eines Proteins anhand des genetischen Codes.

Transposon

Bewegliche Elemente der DNA, die sich an unterschiedlichen Stellen ins Chromosom einbauen können.

Urokinase

Eine in Plasma und Urin vorkommende eiweißspaltende Protease, die fibrinolytisch, also gerinnselauflösend wirkt und daher besonders bei Herzinfarkt eingesetzt wird.

Vakzine

Impfstoffe aus abgetöteten Viren. Hier werden jedoch von Herpes-, Aids-, Hepatitis- oder Influenza-Viren nur die Oberflächenantigene, al-

so die Erkennungsmerkmale für das Immunsystem hergestellt und zur Impfung verwendet. Dies erspart die Impfung mit dem gesamten abgetöteten Virus.

Vektoren

Vektoren sind DNA-Segmente, die sich in einer Zelle selbständig vermehren können und denen meistens ein DNA-Fragment als "Passagier" eingefügt wird. Als Vektoren können neben Plasmiden auch Bakteriophagen dienen, deren DNA sich in das Chromosom des Wirts einbauen kann. Da tierische Zellen keine Plasmide enthalten, nutzt man zur Genübertragung Virus-Vektoren. Bei Pflanzen benutzt man Pflanzenviren und TI-Plasmide (Tumor induzierende) von *Agrobacterium tumefaciens*. Die verwendeten TI-Plasmidvektoren sind jedoch insofern entwaffnet, als sie die tumorinduzierenden Gene verloren haben.

Widerlegbare Kausalitätsvermutung

(Oft auch als "Beweislastumkehr" bezeichnet) Die Grundlage sind generelle Kenntnisse über die Verursachung (Kausalität) bestimmter Schäden durch bestimmte (bei der Produktion freigesetzte) Stoffe. Im konkreten Schadensfall wird unterstellt, daß alle nach diesen Kenntnissen möglichen Schadensquellen (Anlagenemissionen bei Betrieb oder Unfall) diesen Schaden auch tatsächlich herbeigeführt haben, die jeweiligen Betreiber also ersatzpflichtig sind. Dies bedeutet eine erhebliche Beweiserleichterung, insbesondere wenn mehrere Schädiger in Betracht kommen. Diese können sich von ihrer so begründeten Haftung nur befreien, wenn sie konkret beweisen können, daß ihre Anlage den Schaden tatsächlich nicht verursacht hat.

Zellkultur

Vermehrung einer Zellart. Auf einer festen Unterlage wachsende tierische Zellen bilden eine einzellige Schicht und hören dann auf zu wachsen, im Gegensatz zu Tumorzellen.