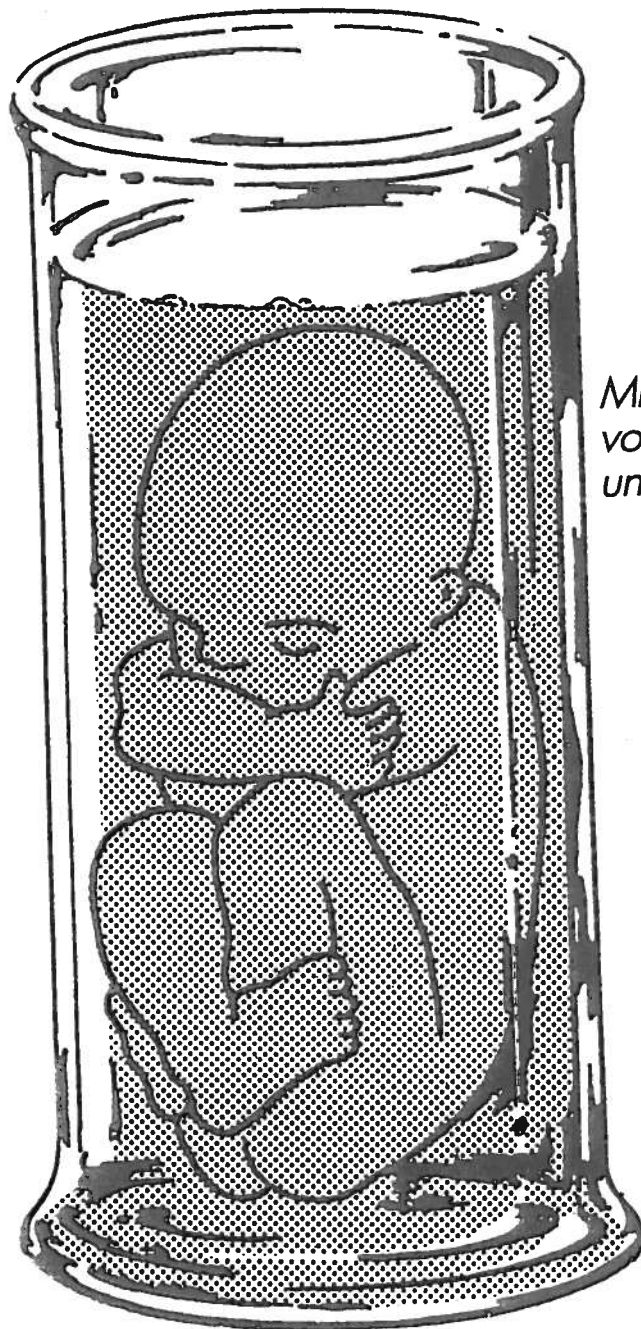


Jörg Bernhard, Wolfgang Fremuth,  
Birgit Wacker, Gerhard Zimmermann

# Gentechnologie

## Gedeih oder Verderb?

A. Muffler  
1987

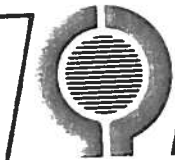


Mit Beiträgen  
von Manuel Kiper  
und Gerd Winter

Bund für  
Umwelt und  
Naturschutz  
Deutschland  
e.V.



**BUND**positionen 16



1. Auflage Januar 1987

In seiner Reihe *BUND-positionen* 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 *BUND-positionen* stellen keinen Anspruch auf Absolutheit. Sie sollen Beiträge zur laufenden Diskussion liefern. Nach entsprechendem Zeitablauf und Vorliegen neuer Erkenntnisse werden sie fortgeschrieben. Die Reihe *BUND-positionen* wird vom Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND) herausgegeben. (V.i.S.d.P.: Lorenz Graf)

Redaktion: Wolfgang Fremuth, Gabriele Reinert-Schneider

Grafik: Riedel, 5206 Neunkirchen

Druck: Grafische Werkstatt Briesemeister & Reiche, Wachtberg, 1987.

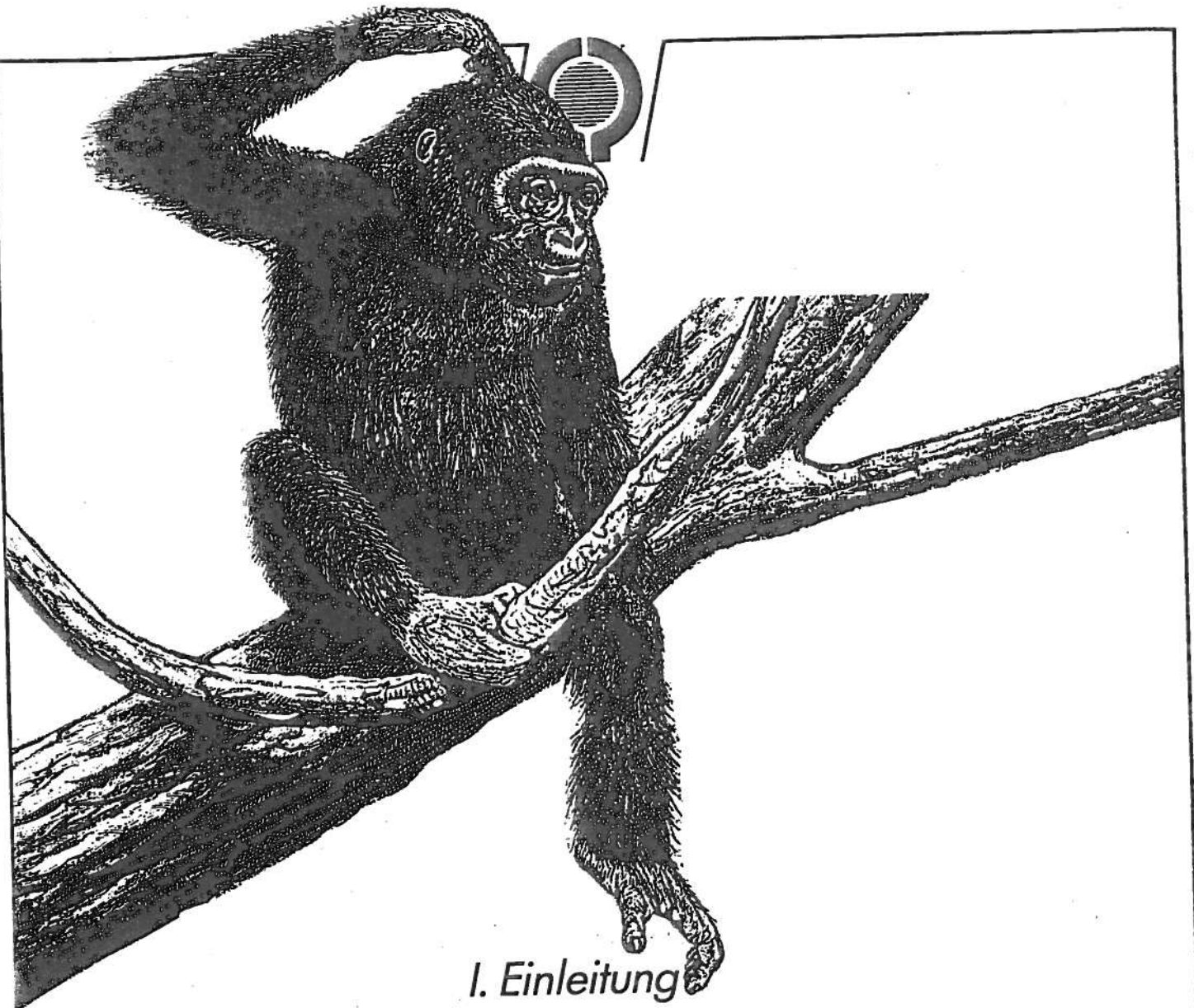
Die *BUND-positionen* sind zu beziehen über: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND)  
Im Rheingarten 7 - 5300 Bonn 3  
gegen Voreinsendung von je DM 4,- als Verrechnungsscheck

(Abgabe an Medienvertreter kostenlos).



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>I. Einleitung</b>	4
1. Gentechnologie und Umweltschutz	5
2. Von der Bio- zur Gentechnologie	5
<b>II. Gentechnologie bei Mikroorganismen</b>	6
1. Kurze Einführung in die Welt der Mikroorganismen	6
2. Natürlicher Genaustausch bei Mikroorganismen	7
3. Methoden und Techniken der Gentechnologie bei Mikroorganismen	7
4. Beispiele der Anwendung	7
4.1 Pharmazie	8
4.2 Landwirtschaft und Ernährung	9
4.3 Militärische Forschung	10
5. Laborsicherheit	12
6. Freisetzung genmanipulierter Mikroorganismen	13
7. BUND-Forderungen	14
<b>III. Gentechnologie bei Pflanzen</b>	14
1. Methoden und Techniken	14
2. Beispiele der Anwendung	14
2.1 Herbizidresistenz bei Kulturpflanzen	14
2.2 Resistenz gegen Schadorganismen	16
2.3 Inhaltsstoffe – Nachwachsende Rohstoffe – Stickstoff-Fixierung	16
2.4 Saatgut	17
3. Freilandversuche	17
4. BUND-Forderungen	17
<b>IV. Gentechnologie bei Tieren</b>	18
1. Methoden und Techniken	18
2. Beispiele der Anwendung	18
3. Forschungstrends	20
4. BUND-Forderungen	21
<b>V. Rechtliche Situation der Gentechnologie</b>	21
1. Das rechtliche Vakuum	21
2. BUND-Forderungen	21
<b>VI. Soziale und ethische Probleme der Gentechnologie</b>	22
1. Arbeitnehmerscreening	22
2. Ethische Bedenken	22
3. BUND-Forderungen	24
<b>VII. Zusammenfassung</b>	24
<b>VIII. Glossar</b>	25
<b>IX. Literatur</b>	26



## I. Einleitung

### DIE ENTWICKLUNG DER MENSCHHEIT

Einst haben die Kerls auf den Bäumen gehockt,  
behaart und mit böser Visage.  
Dann hat man sie aus dem Urwald gelockt  
und die Welt asphaltiert und aufgestockt,  
bis zur dreißigsten Etage.

Da saßen sie nun, den Flöhen entflohn,  
in zentralgeheizten Räumen.  
Da sitzen sie nun am Telefon.  
Und es herrscht noch genau der selbe Ton  
wie seinerzeit auf den Bäumen.

Sie hören weit, sie sehen fern.  
Sie sind mit dem Weltall in Fühlung.  
Sie putzen die Zähne. Sie atmen modern.  
Die Erde ist ein gebildeter Stern  
mit sehr viel Wasserspülung.

Sie schießen die Briefschaften durch ein Rohr.  
Sie jagen und züchten Mikroben.  
Sie versehn die Natur mit allem Komfort.  
Sie fliegen steil in den Himmel empor  
und bleiben zwei Wochen oben.

Was ihre Verdauung übrig läßt,  
das verarbeiten sie zu Watte.  
Sie spalten Atome. Sie heilen Inzest.  
Und stellen durch Stiluntersuchung fest,  
daß Cäsar Plattfüße hatte.

So haben sie mit dem Kopf und dem Mund  
den Fortschritt der Menschheit geschaffen.  
Doch davon mal abgesehen und  
bei Lichte betrachtet sind sie im Grund  
noch immer die alten Affen.



## 1. Gentechnologie und Umweltschutz

Neueste Erkenntnisse in der Biologie und die daraus resultierenden Methoden und Techniken versetzen uns in die Lage, die Natur viel tiefgreifender zu verändern und zu beeinflussen als bisher. Dadurch ergeben sich für alle Ökosysteme, auch für den Menschen selbst und seine Lebensgrundlagen, große und nicht abzuschätzende Risiken.

Bislang konnten allein durch klassische Zuchtwahl die Eigenschaften von Lebewesen verändert werden. Der Griff in das Erbgut selbst war nicht möglich. Es wurden zwar Individuen miteinander gekreuzt, doch letztlich entschied die Natur, ob die Kreuzung erlaubt, d.h. lebensfähig war oder nicht.

Solches kann man jetzt als überholt ansehen. Die Wissenschaftler dringen immer tiefer in das Erbgut von Organismen ein.

### Gentechnologie ist das Zauberwort.

Erstreckten sich die Fähigkeiten der „Genchirurgen“ bisher auf die genetische Manipulation bei Mikroorganismen wie Hefen, Bakterien, Viren oder *Bakteriophagen\**, so sind sie jetzt schon in der Lage, gezielte Manipulationen im Erbgut der Kulturpflanzen und Säugetiere vorzunehmen. Der Schritt zur Veränderung des Erbgutes beim Menschen ist damit in greifbare Nähe gerückt.

### Die Risiken dieser Technologie sind nicht vorhersagbar!

Welcher Kontrolle unterliegt ein Wissenschaftler, wie wird die Sicherheit eines Labors überwacht? Wer garantiert, daß kein Mikroorganismus die Sicherheitszone verläßt? Wer besitzt die notwendigen Kompetenzen und Fähigkeiten, ein solches System zu überwachen?

Radioaktivität ist meß- und nachweisbar. Undichtigkeiten können in atomaren Anlagen noch entdeckt werden. Wie findet man jedoch ein Leck in einem Labor, das mit hochpathogenen Bakterienstämmen oder Viren arbeitet, denen die Natur nichts entgegenzusetzen hat, da deren zusammengesetztes Erbgut ihr zu fremd ist, um es abwehren zu können?

\*siehe Glossar



Mendel, Gregor Johann, \*1822, † 1884, Augustinerabt; entdeckte bei Kreuzungsversuchen an Erbsen und Bohnen die nach ihm benannten Mendelschen Regeln († Vererbung).

Wer trägt die Verantwortung für Schäden an Ökosystemen, wenn diese durch genetisch manipulierte Mikroorganismen, Tiere oder Pflanzen nachhaltig verändert werden?

Die neue Gentechnologie leistet keinen Beitrag, die aktuellen und gravierenden Umweltprobleme zu lösen. Sie hilft allenfalls, einige Symptome zu kurieren. Gleichzeitig schafft aber sie unüberschaubare neue Umweltbelastungen und -gefahren.

Die Anwendung der Gentechnologie in der Landwirtschaft ist für die Umwelt nicht so unproblematisch, wie eine geschickte Werbung zu suggerieren sucht. Gerade durch die Landwirtschaft ist auch der Mensch unmittelbar betroffen. Der *BUND* hat sich in der vorliegenden Stellungnahme Gedanken darüber gemacht, wie aus dem Blickwinkel eines Umweltverbandes die Gentechnologie zu bewerten ist, welche Risiken sie birgt und wie es vor allem um die Sicherheit bei ihrer Anwendung bestellt ist.

## 2. Von der Bio- zur Gentechnologie

Der Mensch stellte schon früh Mikroorganismen in seinen Dienst. Vor ca. 3.500 Jahren wußten bereits die Assyrer und Ägypter, wie man Traubenmost zu Wein vergärt. Auch bei der Herstellung von Brot oder Milchprodukten verrichten seit alters her Hefen und Milchsäurebakte-

rien ihre Arbeit. Schon damals wandte der Mensch die klassische Genetik bei der Züchtung seiner Haustiere und Getreidesorten an. Er wußte auch schon einiges über die Vererbung von Merkmalen.

Im Jahre 1865 hat der Brünner Augustinerpater Johann Gregor Mendel (1822-1884) anhand der Erbgänge bestimmter Merkmale bei Erbsen deren zahlenmäßige Verteilung auf die Nachkommen herausgefunden.

Bis zur Wiederentdeckung dieser Vererbungsgesetzmäßigkeiten um das Jahr 1900 durch den Holländer Hugo de Vries, den Österreicher Erich von Tschermak und den Deutschen Carl Correns blieben die Mendelschen Arbeiten in Vergessenheit. Nach 30 Jahren kamen die Arbeiten Mendels endlich zu den ihnen gebührenden Ehren.

Nachdem man sich jetzt über die Vererbung von Merkmalen im Klaren war, wandte man sich den Zellen zu, in denen man vor allem in den färbbaren Teilchen – den Chromosomen – die Erbsubstanz vermutete. Seit 1944 weiß man sicher, daß die Träger der Erbinformationen *Nukleinsäuren* sind.

Von nun an muß man zwei Bereiche, die klassische Genetik und die molekulare Genetik unterscheiden.

In der Folge nahmen die Arbeiten auf dem Gebiet der molekularen Genetik rapide zu. Bald beschäftigten sich viele Chemiker, Physiker und Mediziner mit dieser Thematik, und innerhalb kurzer Zeit gelang es, viele wichtige Entdeckungen zu machen, deren Details zum Verständnis des ganzen Vererbungsorganismus beitragen.

Zwar bleiben Mendels Lehren auch heute noch aktuell und werden bei der Tier- und Pflanzenzüchtung weiter verwendet, aber in Verbindung mit diesen neuen Erkenntnissen und den daraus resultierenden Methoden entwickelte sich die Gentechnologie. Bei diesem sogenannten „genetic engineering“ wird versucht, die gewünschte Kombination von Merkmalen „zurechtzuschneiden“. Auf diese Art erhält man genetische *Chimären*, Lebewesen, deren Erbanlagen ein Mosaik aus Puzzelstücken der Erbinformationen verschiedener Organismen bilden. Solche Experimente gelangen erst-



mals Anfang der 70er Jahre. Hier zeigt sich der große und neue Unterschied zwischen klassischer und molekularer Genetik.

Bei den klassischen Methoden wird genetisches Material mehr oder weniger zufällig – innerhalb einer Art oder zumindest einer engen Verwandtschaft – verteilt und die daraus resultierenden gewünschten Varietäten entsprechend den menschlichen Bedürfnissen ausgelesen. Bei der molekularen Genetik jedoch wird gezielt, auch über Artstrahlen hinaus, genetisches Material in fremde Erbinformation eingeschleust oder aus ihr herausgeschnitten. Die Eigenschaften von Lebewesen, die durch Manipulationen der Erbsubstanz geschaffen wurden, lassen sich nur sehr schwer abschätzen. Ihre Wechselwirkungen mit der Umwelt sind durch Laborversuche nicht vollständig zu testen. Dadurch wird die Freisetzung solcher Lebewesen in die Natur zum unkalulierbaren Risiko.

Biologische Techniken, die sich der Mensch seit Jahrtausenden zunutze machte, müssen nun in einem neuen Licht gesehen werden. Die aus der modernen Genetik abgeleiteten Methoden in der Gentechnologie lassen eine weit aus intensivere Ausbeutung der vorhandenen genetischen Ressourcen zu, als wir bisher auch nur zu ahnen wagten. Die folgenden Beispiele zeigen, daß jeder Schritt, den wir mit der Gentechnologie tun, immer größere und nicht abschätzbare Risiken birgt.

## II. Gentechnologie bei Mikroorganismen

### 1. Kurze Einführung in die Welt der Mikroorganismen

Als Mikroorganismen unterscheidet man in der Biologie drei Gruppen von mikroskopisch kleinen Lebewesen, die zugleich die ältesten Lebensformen darstellen. Es handelt sich dabei um Pilze, Bakterien, und im weitesten Sinne, um Viren. Allen drei Gruppen ist gemein, daß sie nicht in die klassischen Reiche der Biologie (Pflanze, Tier) einzuordnen sind. In diesem Zusammenhang bedeutsame Pilze sind überwiegend Hefen (Alkoholgärung) und Schimmelpilze (Penicillin); sie gehören zu den Schlauchpilzen (Ascomyceten) und leben als Einzelzellen oder Zellfäden (Hyphen). Ihre Bedeutung liegt größtenteils in *Fermentationsprozessen*. Dadurch fallen sie in den Bereich der klassischen Biotechnologie (s. II.4.1.), wiewohl sich neuerdings auch Berührungspunkte zur Gentechnologie zeigen.

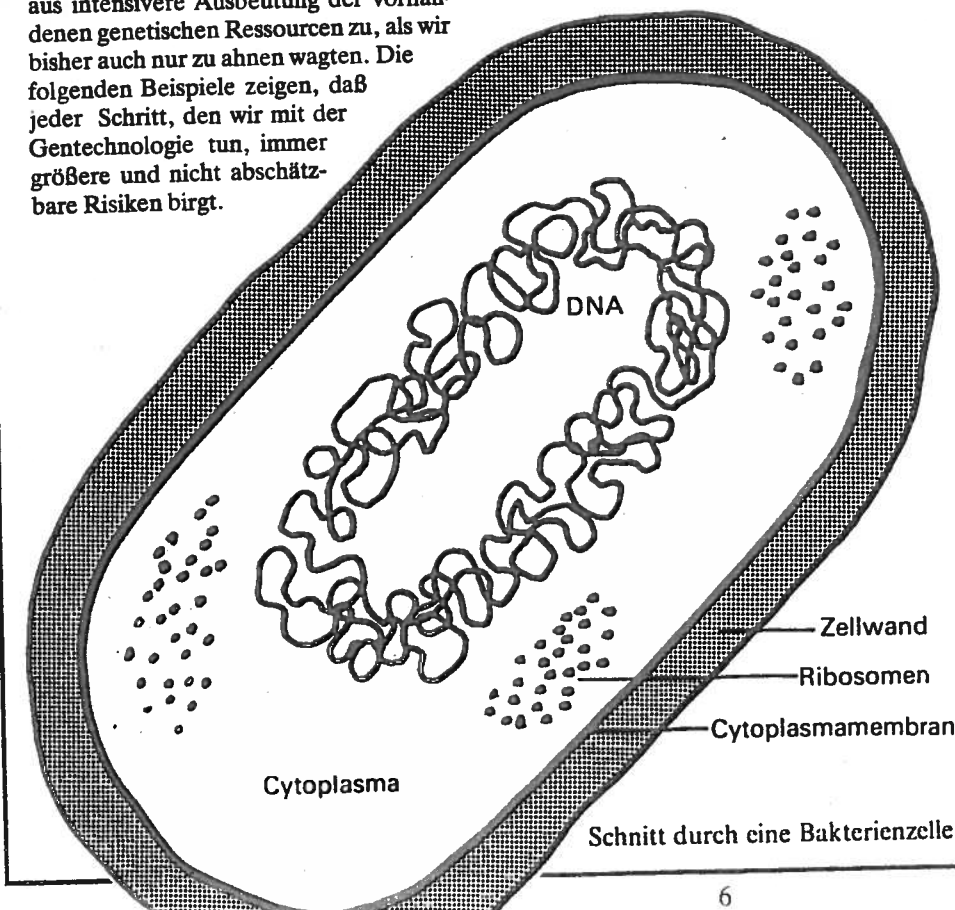
Bakterien (*Prokaryonten*) sind einzellige Organismen, deren Erbsubstanz (*DNA*) wesentlich kürzer, zirkulär geschlossen und ohne Kernhülle ins Zellplasma eingebettet liegt. Daneben befindet sich außerdem ein Teil ihrer *DNA* in ringförmigen Strukturen. Sie werden innerhalb der Zelle als Plasmide bezeichnet. Durch diese Besonderheiten unterscheiden sie sich grundlegend von Pflanzen, Tieren und von den obengenannten Schlauchpilzen (*Eukaryonten*), deren *DNA* in einem echten Zellkern durch eine Membran eingeschlossen ist.

Viren nehmen in der biologischen Systematik eine Sonderstellung ein. Sie bestehen lediglich aus einer Eiweißhülle, die genetisches Material umgibt. Die Viren verfügen über keinen eigenen Stoffwechsel, können weder wachsen noch sich selbstständig vermehren oder Ortsveränderungen vornehmen. Sie sind ausschließlich in der Lage, ganz bestimmte andere Zellen zu befallen und durch Einschleusung ihres Erbmaterials diese zur Produktion identischer Viren zu zwingen. Die Fähigkeit zur Einschleusung von genetischem Material verleiht ihnen große Bedeutung bei bestimmten gentechnologischen Verfahren.

Derzeit werden in der angewandten Forschung überwiegend Bakterien bevorzugt, die über eine Vielzahl experimentell günstiger Eigenschaften verfügen. Sie kommen überall vor, haben einen vielfältigen Stoffwechsel, lassen sich leicht kultivieren, vermehren und weisen eine vergleichsweise einfache Genetik auf.

Darüber hinaus erlauben das Fehlen einer Kernhülle und das Vorhandensein von *Plasmiden* die relativ leichte Einschleusung fremder Erbsubstanz in die lebende Zelle. Die wichtigsten Eigenschaften für die wirtschaftliche Nutzung bestehen in der großen Produktivität und in der Möglichkeit, die produzierten Stoffe aus Bakterienkulturen zu gewinnen.

Ergänzend sei bemerkt, daß die Vielfalt der Bakterien und ihre Stoffwechselleistungen bis heute nicht vollständig bekannt sind. Besonders das feine Netz von Wechselwirkungen zwischen den Mikroorganismen und der Umwelt ist eine Landkarte mit großen weißen Flächen.



## 2. Natürlicher Genaustausch bei Mikroorganismen

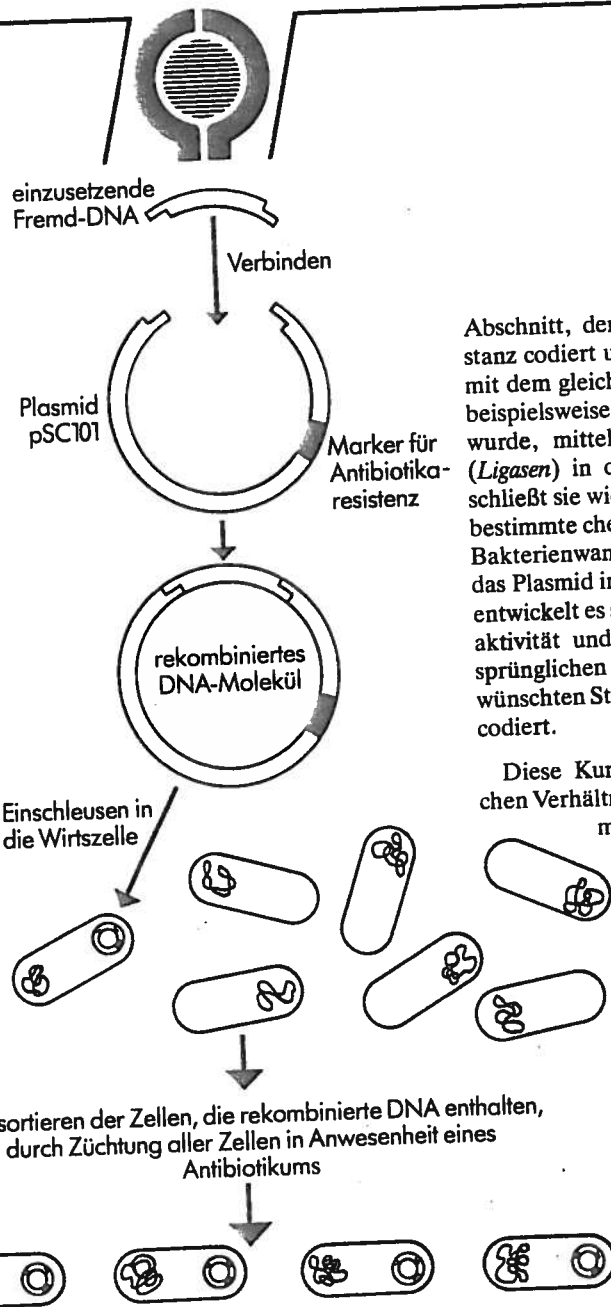
Der zentrale Vorgang in der Gentechnologie ist die gezielte Übertragung von Erbsubstanz (DNA) über die sogenannte *Artenschranke* hinweg. Dieser „horizontale Gentransfer“ wird oft als unnatürlich betrachtet und dem natürlichen „vertikalen Gentransfer“ gegenübergestellt, mit dem innerhalb der Arten von Generation zu Generation Erbmaterial weitergegeben wird.

Es ist aber bekannt, daß der horizontale Gentransfer bei Mikroorganismen gar nicht so unnatürlich ist. Bakterienzellen können vielmehr durch verschiedene Mechanismen genetisches Material austauschen bzw. aufnehmen. Das geschieht entweder durch vorübergehende Anlagerung zweier Zellen aneinander (*Konjugation*), durch Befall von *Bakteriophagen* oder durch Aufnahme sogenannter „freier“ DNA. Besonders letzteres ist für die Gentechnologie von Bedeutung. Viele Stoffwechselleistungen der Bakterien sind auf den Plasmiden *codiert*. Unter bestimmten physiologischen Bedingungen wird die Bakterienzellwand für die Plasmide durchlässig. Sie können die Zelle sowohl verlassen als auch in sie eindringen. Dieser natürlich entstandene und ablaufende Vorgang ist eine Grundvoraussetzung für die Gentechnologie bei Bakterien.

Der Plasmidaustausch wurde im Zusammenhang mit den nach der Penicillin-entdeckung und -anwendung auftretenden Penicillinresistenzen bakterieller Krankheitserreger entdeckt. Es stellte sich heraus, daß innerhalb kurzer Zeit (einige Jahre) das Resistenzgen durch Plasmidübertragung in vielen anderen Bakterienstämmen zur Wirkung kam. Seither befindet sich die pharmazeutische Forschung in einem Wettrennen neuer Wirkstoffe gegen neue Resistenzen. Ob das Rennen jemals enden wird, ist offen.

## 3. Methoden und Techniken der Gentechnologie bei Mikroorganismen

Die Gentechnologie greift auf natürliche Vorgänge zurück. Man nutzt die Plas-



**Abb. 1: Die Klonierung von DNA in einem Plasmid**  
Aus: WATSON, J.D. et al, *Rekombinierte DNA*,  
Spektrum der Wissenschaft,  
Verlagsgesellschaft, Heidelberg, 1985

mide als „Fähren“ (*Vektoren*) für fremde DNA. Um diese DNA in ein Plasmid einzufügen, bedarf es eines zweiten wichtigen Instruments, welches ebenfalls natürlich vorkommt.

Es sind die *Restriktionsenzyme* (Eiweißkörper, die den DNA-Faden an einer ganz spezifischen Stelle „schneiden“), die in Bakterien normalerweise eine Schutzfunktion ausüben und fremde DNA zerstören können (horizontaler Gentransfer!). Die Restriktionsenzyme sind gewissermaßen die Scheren der Genchirurgen. Kennt man die Spezifität des Restriktionsenzym, kann man aus Bakterien gewonnene Plasmidringe mit bekannter DNA-Sequenz an vorhersagbarer Stelle öffnen. Nun fügt man denjenigen DNA-

Abschnitt, der für die gewünschte Substanz *codiert* und der durch „Schneiden“ mit dem gleichen Restriktionsenzym aus beispielsweise Säuger-DNA gewonnen wurde, mittels eines weiteren Enzyms (*Ligasen*) in die Plasmid-DNA ein und schließt sie wieder zu einem Ring. Durch bestimmte chemische Mittel wird nun die Bakterienwand durchlässig gemacht und das Plasmid in die Zelle geschleust. Dort entwickelt es seine normale Stoffwechselaktivität und produziert neben den ursprünglichen Substanzen auch den gewünschten Stoff, für den die Fremd-DNA *codiert*.

Diese Kurzfassung gibt die tatsächlichen Verhältnisse natürlich nur sehr schematisch wieder. Insbesondere die Erkennung der Fremd-DNA, der Nachweis ihres Vorhandenseins in Bakterien und die *Klonierung* des „richtigen“ Bakteriums zu einem produktiven Stamm im technischen Maßstab, erfordert eine Unzahl von sorgfältigst ausgeführten Einzelschritten und eine Vielzahl von chemischen und biochemischen Methoden, wodurch auch die Risiken der Handhabung potenziert werden. Die Handhabung von Plasmiden mittels

Restriktionsenzymen und *Ligasen* ist das Fundament gentechnologischer Arbeiten an Mikroorganismen.

(Weiterführende Literatur zu diesen Grundlagen der Gentechnologie: SCHLEGEL 1976, KLINGMÜLLER 1976, WATSON, TOOZE, KURTZ 1983)

## 4. Beispiele der Anwendung

Die Anwendung der geschilderten genetischen Neukombinationen von Mikroorganismen hat ihren bisherigen Schwerpunkt in der pharmazeutischen Produktion von Medikamenten, Hormonen, Diagnostika und Impfstoffen. Aber auch in der Landwirtschaft gibt es erste praktisch nutzbare, gentechnisch veränderte Mikroorganismen, die bereits zu Schlagzeilen führten. Nicht zuletzt die militärische Forschung (B-Waffen) gibt An-



laß zu sehr ernster Besorgnis. Auch in der Umweltschutztechnologie reklamieren Wissenschaftler gentechnologische Ansätze als zukunftsweisend.

#### 4.1 Pharmazetik

Von pharmazeutischem Interesse sind drei Stoffgruppen, die durch gentechnologisch veränderte Bakterien erzeugt werden können.

**Erstens** können herkömmliche, natürlich gewonnene Medikamente hergestellt werden, worunter den Antibiotika eine besondere Bedeutung zukommt. Das von Alexander Flemming 1929 entdeckte Penicillin wird von einem Schimmelpilz (*Penicillium notatum*) produziert. Seither hat man allerdings noch andere Lebewesen gefunden (Bakterien, Pilze), die ebenfalls bakterielle Krankheitserreger vernichtende Substanzen herstellen. Aus diesen Ausgangsstoffen werden auf chemischem Wege modifizierte Antibiotika hergestellt, um einerseits die Resistenzmechanismen zu umgehen und andererseits die Wirksamkeit und die Verträglichkeit beim Menschen zu steigern. Neben der biotechnologischen Bearbeitung dieser Stämme zur Erhöhung der Ausbeute greift die Gentechnologie mit ihrem Instrumentarium ein, um von optimal kultivierbaren Bakterienstämmen optimale Wirkstoffe herstellen zu lassen.

**Zweitens** besteht großes Interesse an der Produktion medizinisch bedeutsamer körpereigener Wirkstoffe. Bei erbbedingten Stoffwechselerkrankungen (z.B. Zuckerkrankheit) muß ein fehlendes oder fehlerhaftes Glied in einer biochemischen Reaktionskette ersetzt werden. Insulin wird herkömmlich aus Bauchspeicheldrüsen von Schweinen und Rindern extrahiert, muß aber sehr aufwendig gereinigt und chemisch aufbereitet werden, um es dem menschlichen Stoffwechsel anzupassen. Dennoch reagiert eine Gruppe von Diabetikern nach längerer Einnahme mit allergischen Abwehrreaktionen. Darin begründet sich der gentechnologische Ansatz, durch neukombinierte *Bakterienklone* „original“ menschliches Insulin herzustellen.

Man benutzt dazu Bakterien vom Stamm *Escherichia coli*, die als Darmbakterien eine wichtige Funktion bei der menschlichen Verdauung ausüben. In dieses Bakterium bringt man ein Plasmid ein, in das der für Insulin codierende

DNA-Abschnitt aus menschlichen Bauchspeicheldrüsenzellen eingebaut wurde. Über die Langzeitverträglichkeit des so produzierten Humaninsulins kann derzeit keine sichere Aussage gemacht werden.

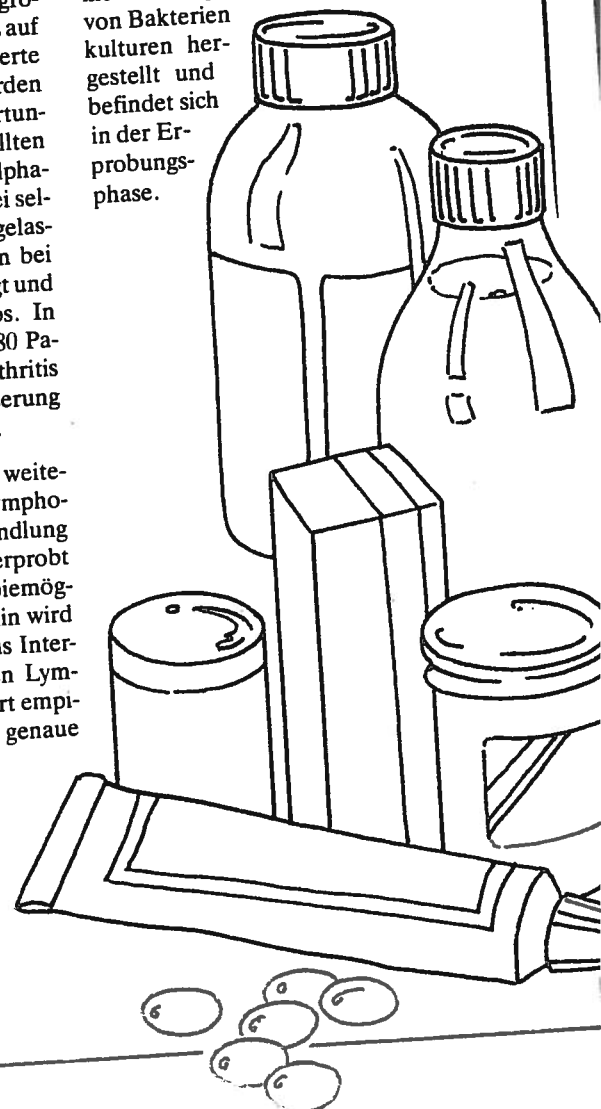
Ein weiterer, vor einigen Jahren in den Medien zur Wunderwaffe gegen Krebs hochstilisierter und mittlerweile wieder etwas in Vergessenheit geratener körpereigener Stoff, ist das Interferon. Genau genommen handelt es sich dabei um eine Gruppe von Substanzen, die als Alpha-, Beta- und Gamma-Interferon bezeichnet werden und insgesamt zu den sogenannten Lymphokinen gehören. Sie sind Teil des Immunsystems und wurden bereits in den 50iger Jahren entdeckt. Sie wirken mit bei der Abwehr von Virusinfektionen und man hat auch Hinweise auf krebstherapeutische Aktivität. Da die im Organismus vorkommenden Konzentrationen der Interferone minimal sind, waren klinische Erprobungen ausgesprochen schwierig („natürliches“ Interferon wird aus großen Mengen Spenderblut isoliert), bis auf gentechnologischem Wege nennenswerte Mengen zur Verfügung gestellt werden konnten. Die hochfliegenden Erwartungen bei der Krebsbekämpfung erfüllten sich nicht. Das zuerst erforschte Alpha-Interferon ist mittlerweile gegen zwei seltene Krebsarten als Medikament zugelassen. Beta-Interferon hat Wirkungen bei Virusinfektionen (Erkältung) gezeigt und Gamma-Interferon bei Nierenkrebs. In einer klinischen Untersuchung an 80 Patienten mit chronischer Polyarthrits zeigte sich bei Dreivierteln Besserung nach Gamma-Interferon-Injektion.

Lediglich das Interleukin II, ein weiterer Vertreter aus der Gruppe der Lymphokine, wird intensiv bei der Behandlung von verschiedenen Krebsarten erprobt und scheint die bisherigen Therapiemöglichkeiten zu übertreffen. Weiterhin wird mit verschiedenen „Cocktails“ aus Interferonen, Interleukin und anderen Lymphokinen experimentiert, also dort empirisch weitergeforscht, wo die genaue Kenntnis versagt.  
(OBERT et al., 1985)

Insgesamt erbringt die gentechnologische Immunforschung einen Zuwachs an Einzelkenntnissen, insbesondere die, daß – alles noch wesentlich komplizierter ist als angenommen. Der große Durchbruch bei der Krebsbehandlung – ist auch hier noch nicht gelungen, was angesichts der ausschließlichen Orientierung an Symptomen kaum verwundert.

Ein weiterer körpereigener, gentechnologisch produzierter Stoff ist der sogenannte Faktor VIII, ein die Blutgerinnung bewirkender Eiweißkörper, der für Bluter lebenswichtig ist.

Ein bemerkenswertes gentechnisches Produkt ist das Hirudin, welches die Blutgerinnung verhindert und Bedeutung für die Behandlung von Thrombosen und Herzinfarkten hat. Das in *E. coli* eingebaute Gen stammt aus den Speicheldrüsen des Blutegels (*Hirudo medicinalis*), die das Hirudin zur Förderung des Blutflusses beim befallenen Tier absondern. Ein Wachstumshormon zur Behandlung kleinwüchsiger Menschen wird ebenfalls von Bakterienkulturen hergestellt und befindet sich in der Erprobungsphase.







Drittens richtet sich das pharmazeutische Forschungsinteresse auf verschiedene *Vakzine* (Impfstoffe) gegen bisher nicht oder nur unvollständig prophylaktisch zu behandelnde Krankheiten.

Die gentechnologische Herstellung von Impfstoffen ermöglicht sehr gezielte Eingriffe in die *Antigenstruktur*, möglicherweise auch bei Erregern, deren Virulenz bisher nicht sicher kontrolliert werden konnte. So ist es beispielsweise gelungen, das Pockenvirus so zu verändern, daß es nicht mehr von der Impfstelle der Haut in den Organismus gelangen kann; darin lag bisher das Risiko einer Gehirninfection. Neue Impfstoffe gegen Hepatitis B und Malaria sind in der Erprobung. Weitere Möglichkeiten zeichnen sich für Herpes, Gonorrhoe, Lepra, unter Umständen Aids und – man staune – Karies ab.

Um die Erfolgsaussichten der gesamten pharmazeutischen Bemühungen auf dem Sektor Gentechnologie beurteilen zu können, muß man sich den schlichten Zwang zum Geldverdienen vergegenwärtigen, unter dem die Pharmaindustrie forscht. Es ist in den letzten Jahren sehr viel Geld in die Grundlagenforschung gesteckt worden, um herauszubekommen, welche realen Möglichkeiten die Gentechnologie bietet. Dabei ist eine Menge Staub in den Medien aufgewirbelt worden (siehe Interferon), was einigen Wissenschaftlern aus Publicitygründen und zur Geldbeschaffung im öffentlichen Bereich sicherlich auch ganz recht gewesen ist. In der Pharmaindustrie

entscheiden aber Märkte über die Intensität der angewandten Forschung. Der Faktor VIII zur Blutgerinnung ist sicher ein menschenfreundliches Werk. Aber die Bluterkrank-

heit ist zu selten, als daß im Verhältnis zu den Entwicklungskosten Geld damit zu verdienen wäre, würde nicht die öffentliche Hand diese Marktmechanismen durch Forschungsförderung in der Industrie außer Kraft setzen.

Bei den Impfstoffen ist die Lage ähnlich. Vakzine gegen Gonorrhoe, Herpes und Hepatitis B werden auch in den industrialisierten Ländern große Märkte finden; Malaria ist nur noch für eine wesentlich kleinere Gruppe von Reisenden in tropische Länder relevant, während Lepra sowieso nur ein Problem der Dritten Welt ist und dort wiederum für die ärmsten der Armen. Nur staatliche Programme könnten diese Forschung finanzieren.

Das sind keine Phantasien, sondern reale Äußerungen hochkarätiger Firmenvertreter der Pharmaindustrie (z.B. die Bemerkung: „Wollen die Regierungen der dritten Welt ihr Überbevölkerungsproblem durch Ausrottung sämtlicher Tropenkrankheiten verschärfen?“).

Wer hingegen einen Impfstoff oder ein Medikament gegen das Aids-Virus fände, wird sich um seine wirtschaftliche Zukunft so wenig Sorgen machen müssen wie um Nobelpreise und wissenschaftliche Unsterblichkeit. Aus dem gleichen Grund erscheint es realistisch, eine Kariesprophylaxe gentechnologisch zu entwickeln; auch hier weist der mögliche Umsatz den Weg.

Eine zusammenfassende und in jedem Fall richtige Einschätzung der Pharmaforschung mit gentechnologischen Mitteln ist nicht möglich. Es zeigt sich eine Reihe von Widersprüchen, falschen Gewichtungen und fragwürdigen Ansätzen, die aber mehr in der Struktur des Gesundheitswesens und den Marktmechanismen unserer Gesellschaft begründet sind als in der Wissenschaft selbst.

Grundsätzlich kritikbedürftig ist die Wissenschaft allerdings hier wie in vielen anderen Bereichen auch: Sie setzt auf materiell-analytische Zusammenhänge und neigt zur Vernachlässigung sozialer, politischer und psychologischer Hintergründe. Damit ist der Krebs genauso wenig zu „besiegen“, wie man mit ausschließlich technischen Mitteln die Industriegesellschaft ökologisch „umbauen“ kann.

## 4.2 Landwirtschaft und Ernährung

Auch in der Landwirtschaft gibt es Ansätze, auf mikrobiologischer Ebene die Gentechnologie zur Anwendung zu bringen. Öffentliche Beachtung fand die Auseinandersetzung um die Ausbringung von sogenannten Frostschutzbakterien (*Pseudomonas syringae*) in Kalifornien. Die Kritik entzündete sich hauptsächlich an der Tatsache der Freisetzung dieser gentechnisch veränderten Mikroorganismen. Das Bakterium *Pseudomonas syringae* ist ein weit verbreitetes und offensichtlich harmloses Lebewesen, dessen einzig bemerkenswerte Eigenschaft darin besteht, als Kristallisationskern für Eiskristalle zu dienen. Der Grund ist ein bestimmtes *Lipoprotein*, ein Struktureiweiß auf der Oberfläche des Bakteriums. Da das Bakterium auf jeder Pflanze vorkommt und die Obstfarmer in Kalifornien bei seltenen Nachtfrösten große Ernteeinbußen bei kälteempfindlichen Pflanzen (z.B. Erdbeeren) haben, entschloß man sich zu dem Versuch, das Bakterium genetisch zu „kastrieren“. Man entfernte das für das *Lipoprotein* codierende Gen und züchtete so einen Klon von „Eis-Minus-Bakterien“, mit denen man versuchsweise Treibhauspflanzen besprühte. Es zeigte sich tatsächlich ein Absinken des Gefrierpunktes von Wasser auf den Versuchspflanzen.

Ein anderer Forschungsansatz geht von der Tatsache aus, daß manche Bakterien *Toxine* gegen Insekten entwickeln. Das *Bacillus thuringiensis* hat dadurch große Bekanntheit erreicht, daß man versucht, das Gen des *Toxins* sowohl in Pflanzenzellen zur Aktivität zu bringen, als auch auf pflanzenbewohnenden anderen Bakterien, wodurch Kulturpflanzen vor Schädlingsbefall geschützt werden sollen. Ob solche Versuche gefährlich, harmlos, notwendig oder überflüssig sind, wird später erläutert.

Ein direkt mit der Landwirtschaft verbundener Bereich ist die Nahrungsmittelaufbereitung durch Mikroorganismen. Diese klassische Domäne biotechnologischer Verfahren (Käsefermentation, Alkoholgärung) erfreut sich großen Interesses seitens der Gentechniker. Die zunehmend unter den Druck der Industrialisierung geratene Nahrungsmittelproduktion folgt dem überall geltenden Marktgesetz, immer schneller, immer billiger und im-



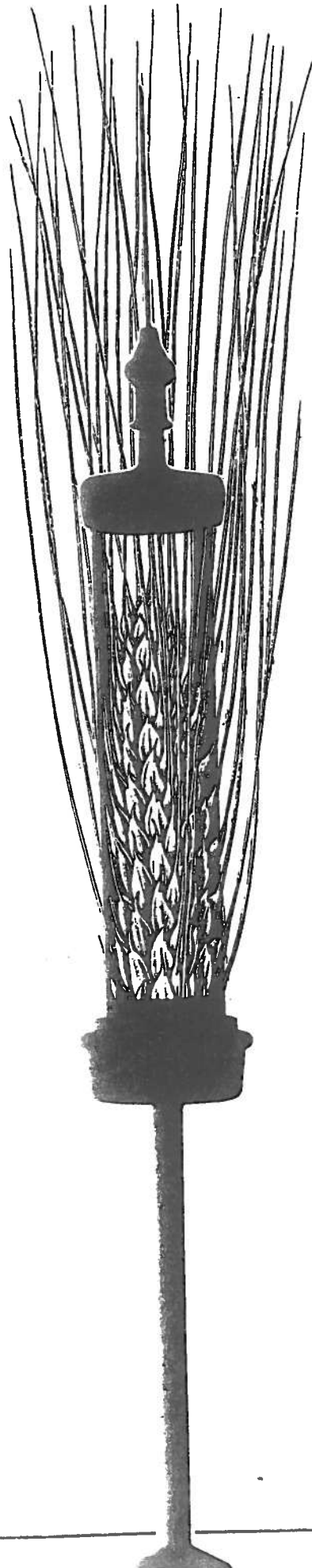


mer mehr produzieren zu müssen. Die Gewinnung von direkt konsumierbaren Agrarprodukten durch landwirtschaftlichen Anbau tritt dabei mehr und mehr hinter die Verarbeitung und Aufbereitung der Biorohmasse zurück. Das Sortiment von Instantprodukten in den Supermärkten ist dafür ein Beispiel, aber auch Fleisch- und Milchprodukte werden mit Geschmacksverstärkern und Bindemitteln, Farbstoffen, Weichmachern und Konservierungsstoffen traktiert, so daß man von Frischprodukten kaum noch sprechen kann. In riesigen Stärkefabriken werden Millionen Tonnen von Weizen, Mais und Kartoffeln zu Rohstärke verarbeitet, die teils im technisch-chemischen Bereich (etwa 40%), teils in der Nahrungsproduktion (60%) verarbeitet werden.

Vor diesem Hintergrund wird der gentechnologische Ansatz leicht deutlich. Einerseits ist man bemüht, die klassischen Fermentations- und Gärungsprozesse zu beschleunigen, um Produktionskosten zu sparen. Ein guter Gouda-Käse reift bis zu drei Jahren. Es ist keine Utopie mehr, daß genetisch veränderte Mikroorganismen dies in drei Wochen schaffen. Selbst vor der Champagnergärung schreckt die Naturwissenschaft nicht zurück. Ein Forschungsprogramm zur beschleunigten Herstellung wurde kürzlich begonnen.

Der andere Aspekt betrifft die enzymatische Umwandlung, beispielsweise von Stärke in Zucker. Enzyme bieten gegenüber rein technischen Lösungen den Vorteil, chemische Reaktionen bei niedrigen Temperaturen und Drücken und mit geringem Reagenzzusatz ablaufen zu lassen. Sie sind energie- und rohstoffsparend. Die Produktion geeigneter Enzyme geschieht durch entsprechend konstruierte Bakterienkulturen und ist wegen der nahtlosen Verzahnung der Landwirtschaft und der Nahrungsproduktion ein zukunftsträchtiger Bereich.

Die Kritik dieses ganzen Komplexes leitet sich her aus der Problematik landwirtschaftlicher Industrialisierung und gesunder Ernährung schlechthin. Überproduktion, Landschaftsverödung und Monokulturen machen die landwirtschaftlichen Betriebe zu Agrarfabriken. Die erzeugte Rohmasse wird mit hohem finanziellen Aufwand zu teuren Lebensmitteln zweifelhafter Qualität verarbeitet. Daß das ökologisch katastrophal,



ökonomisch unsinnig und ernährungsphysiologisch bedenklich ist, wird in anderen Stellungnahmen des **BUND** hinreichend verdeutlicht. Fazit für die Anwendung der Gentechnologie in diesem Bereich: überflüssig und eher schädlich.

#### 4.3 Militärische Forschung

Neben dem Schreckensarsenal konventioneller und atomarer Rüstung ist seit dem Ersten Weltkrieg die chemische Kriegsführung zu trauriger Berühmtheit gelangt. Allen Konventionen zum Trotz werden hochgiftige Substanzen in tausendfacher Overkillkapazität produziert und gelagert. Doch der Perversion technischer Erfindungen sind bekanntlich keine Grenzen gesetzt, und so erscheinen gentechnologische Ansätze in der B-Waffenforschung eher konsequent als verwunderlich.

Der Zusammenhang ergibt sich einerseits aus der „klassischen“ B-Waffenforschung, also aus der Bearbeitung pathogener Mikroorganismen zum Zweck der Kriegsführung, andererseits aus der C-Waffen-Technik mittels starker *Toxine*.

Bereits im Altertum und im Mittelalter bediente man sich „biologischer Waffen“, indem man verseuchte Kadaver verwendete.

Nach dem Ersten Weltkrieg wurden biologische Waffen durch gezielte intensive Forschungstätigkeit entwickelt. Offenbar kam eine biologische Waffe erstmals 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, Cholera, Milzbrand, Pocken und andere Erreger als mögliche biologische Waffen. Auch in den Labors der alliierten Streitkräfte suchte man nach biologischen Kampfstoffen. Auf Gruinard Island vor der schottischen Küste wurden Milzbranderreger ausgebracht, um ihre Ausbreitung und *Persistenz* in der freien Natur zu testen. Resultat dieses Versuchs: Bis heute ist diese Insel nicht betretbar, da immer noch die Gefahr der Ansteckung mit diesem Erreger besteht.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die B-Waffenforschung in allen politischen Lagern durch die Entwicklung der



Mikrobiologie intensiviert. Dabei ging es um folgende Eigenschaften der Erreger:

- Erhöhung der Virulenz
- Erhöhung der Überlebensfähigkeit
- „Verbesserung“ der toxischen Produkte (Toxine)
- Optimierung der Ausbreitung insbesondere durch Aerosole und Wirtszellen.

Bereits 1925 wurden in den Genfer Protokollen die chemischen und biologischen Waffen geächtet. Auch die Genfer Konvention aus dem Jahre 1951 befaßte sich mit biologischen Waffen, und eine endgültige Ächtung erfuhren diese Vernichtungsinstrumente durch die Konvention über ein Verbot biologischer Waffen (1972).

Makaber an dieser Jahreszahl ist, daß gerade zu diesem Zeitpunkt die Gentechnologie Einzug in die Labors hielt und damit der B-Waffen-Forschung eine neue Dimension eröffnete.

Dabei ergeben sich folgende Ansatzmöglichkeiten. Analog zur Medikamentenproduktion ist es machbar, in die Erbsubstanz der Bakterien Informationen zur Produktion von Toxinen einzubauen (SIPRI, 1985). Gleichzeitig benutzt man Bakterien als Vermehrungs- und Transportvehikel für *pathogene* Viren. Zielobjekte all dieser Bemühungen sind nicht nur die Menschen (Soldaten und Zivilbevölkerung), sondern auch die landwirtschaftliche Produktion. Damit verschärfen sich die Gefahren der „klassischen“ B-Waffenproduktion und -forschung erheblich. Bei viralen Erregern zeigt sich die besondere Gefahr in den von der gentechnischen Forschung geschaffenen Methoden (z.B. Zellkulturen) und Sicherheitseinrichtungen (Hochsicherheitslabor), die den Umgang mit diesen Erregern handhabbar und damit militärisch nutzbar machen (SIPRI, 1985).

Eine wichtige Voraussetzung zum Einsatz von biologischen Kampfstoffen ist die Entwicklung geeigneter Impfstoffe

zum Schutz der eigenen Truppen und Zivilbevölkerung.

Die friedliche Nutzung solcher Technologien, an sich schon zweifelhaft genug, läßt sich aber von der militärischen Nutzung niemals trennen. Es handelt sich immer um die gleiche Wissenschaft, dieselben Methoden und Forschungseinrichtungen.

Die Abwägung des Nutzens solcher Technologien muß die Betrachtung dieses Zusammenhangs einbeziehen.

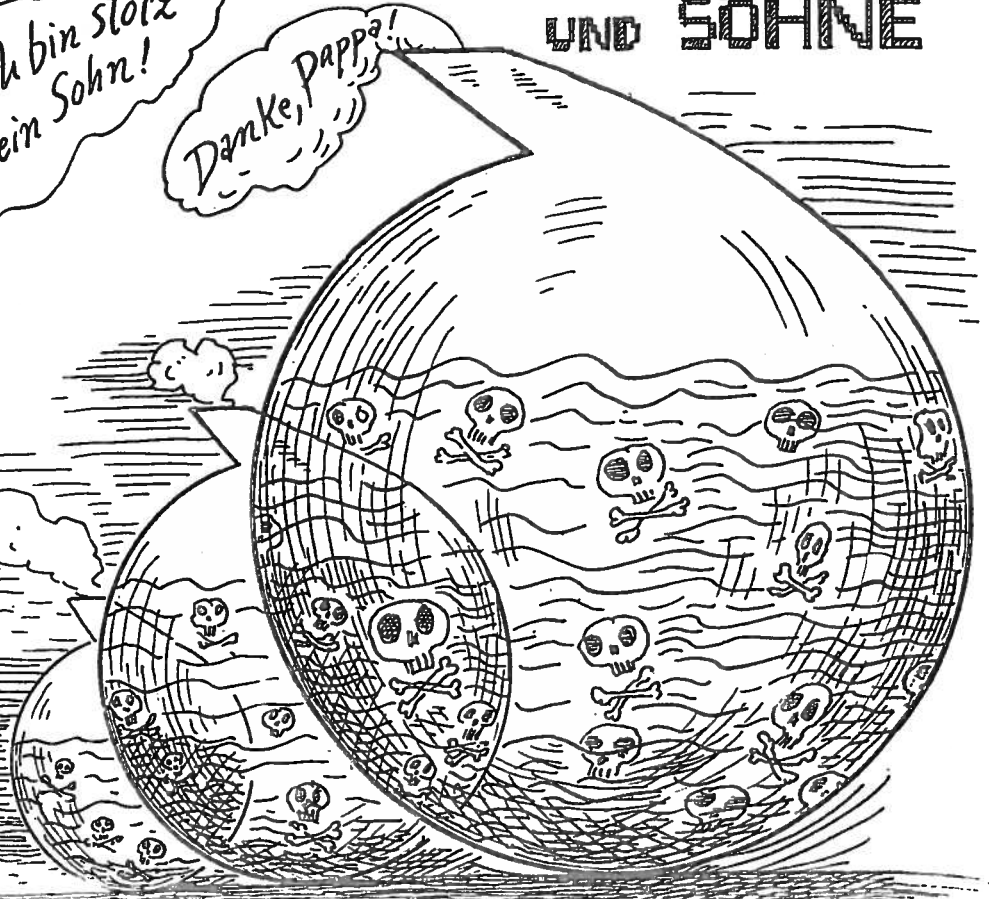
Als Beispiel für die Forschung an Impfstoffen im militärischen Bereich sei ein Vorhaben des Instituts für Virologie an der Tierärztlichen Hochschule in Hannover genannt. Seit dem 1. September 1985 wird dort im Auftrag des Verteidigungsministeriums nach einem Impfstoff gesucht, der gegen das Virus der venezolanischen Pferdeenzephalitis schützen soll. Der Erreger kommt in Deutschland nicht vor, kann aber beim Menschen zu einer tödlichen Krankheit führen.

Väter

Du hast mein Werk fortgesetzt. Ich bin stolz auf dich, mein Sohn!

Danke, Pappa!

UND SÖHNE





Neben Bakterien und Viren spielen Pilze bzw. deren giftige Stoffwechselprodukte als biologische Waffe eine wichtige Rolle. Berichte vom Krieg am Persischen Golf belegen, daß dort sogenannte *Mycotoxine* eingesetzt wurden (HEYND-RICKX, 1984).

Diese Beispiele zeigen eine deutliche Parallelität zur Atomtechnologie.

## 5. Laborsicherheit

Eine absolute Sicherheit ist in Naturwissenschaft und Technik grundsätzlich nicht möglich. Das Beispiel Tschernobyl und auch andere technische Projekte wie die Raumfahrtprogramme verschiedener Länder haben dies gezeigt. Ein „Restrisiko“ bleibt immer bestehen. Schnell verketteten sich Zufälle, und das angeblich Unmögliche schlägt mit voller Gewalt zu.

Um den allzu sorglosen Umgang bei solchen Arbeiten zu unterbinden wurden Sicherheitsvorschriften (die *keinen* Gesetzescharakter haben) erlassen. Ihre Effizienz ist umstritten.

Je nach Gefährlichkeit der Arbeiten und Versuche werden verschiedene Stufen (L1-L4, entsprechend P1-P4 in den USA) dieser Vorschrift wirksam. Die Stufe L1 entspricht den Sicherheitsbestimmungen für klinische, bzw. mikrobiologische Labors. U.a. sind hier anfallende Abfälle, die Mikroorganismen oder Nukleinsäuren enthalten, ausschließlich *sterilisiert* oder *denaturiert* aus dem Labor zu entfernen.

In der Stufe L2, die für die meisten Klonierungsexperimente zutrifft, müssen außer den oben genannten Maßnahmen noch eine sog. Sterilbank und ein Autoklav vorhanden sein.

Weitere, zusätzliche Sicherungen sieht die Stufe L3 vor. Das Labor muß unter einem ständigen Unterdruck gehalten werden, Waschgelegenheiten und Schutzkleidung für die Mitarbeiter, sowie eine zweitürige Schleuse müssen vorhanden sein. Sowohl die Luft als auch das Wasser, die ein Labor der Stufe L3 verlassen, müssen absolut keimfrei sein. Das Labor muß so abdichtbar sein, daß es steril gehalten werden kann.

Bei der höchsten Stufe, der L4-Stufe kommen weitere Auflagen hinzu: eine unter Überdruck stehende Sicherheitskleidung der im Labor beschäftigten Perso-

nen, ein laboreigenes Ventilationssystem mit Notstromversorgung, dreikammerige Druckschleusen u.a.

Das Bundeskabinett verabschiedete 1978 die „Richtlinien zum Schutz vor Gefahren durch in-vitro-neukombinierte Nukleinsäuren“, kurz Genrichtlinien genannt. Sie enthalten außer den beschriebenen Sicherheitsstufen noch Vorschriften über die Haltung der Versuchstiere, die Gesundheitsüberwachung, die Klassifikation von Experimenten, die Ausbildung des Personals u.ä. Diese Richtlinien wurden inzwischen mehrere Male überarbeitet und abgeändert. Die letzte Revision erfolgte in der BRD im Jahr 1986.

Um die Arbeiten an vermeintlich ungefährlichen Experimenten („bis jetzt ist nichts passiert, also wird auch in Zukunft nichts passieren“) zu erleichtern, wurden etliche Änderungen vorgenommen. Diese erfolgten auch unter dem Aspekt der schon lange erhofften wirtschaftlichen Nutzung von Organismen. Neue Sicherheitsstandards (LPO bis LP3) für die Produktion wurden geschaffen.

Außerdem erfolgte eine Klassifizierung der Experimente in vier Gruppen:

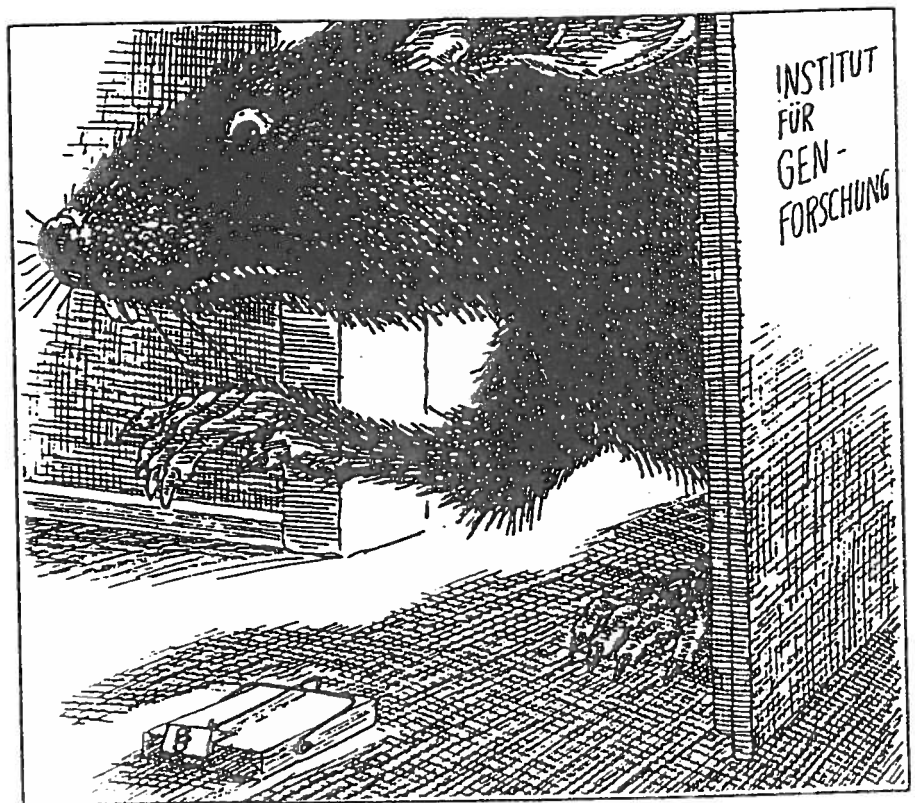
● Gruppe 1: der Umgang mit *apathogenen* Organismen muß nicht mehr im einzelnen bei der „Zentralen Kommission für die biologische Sicherheit“ (ZKBS) beim Bundesgesundheitsamt angemeldet werden. Es genügt die Laborsicherheitsstufe L1. Die Zulassungspflicht soll normiert werden.

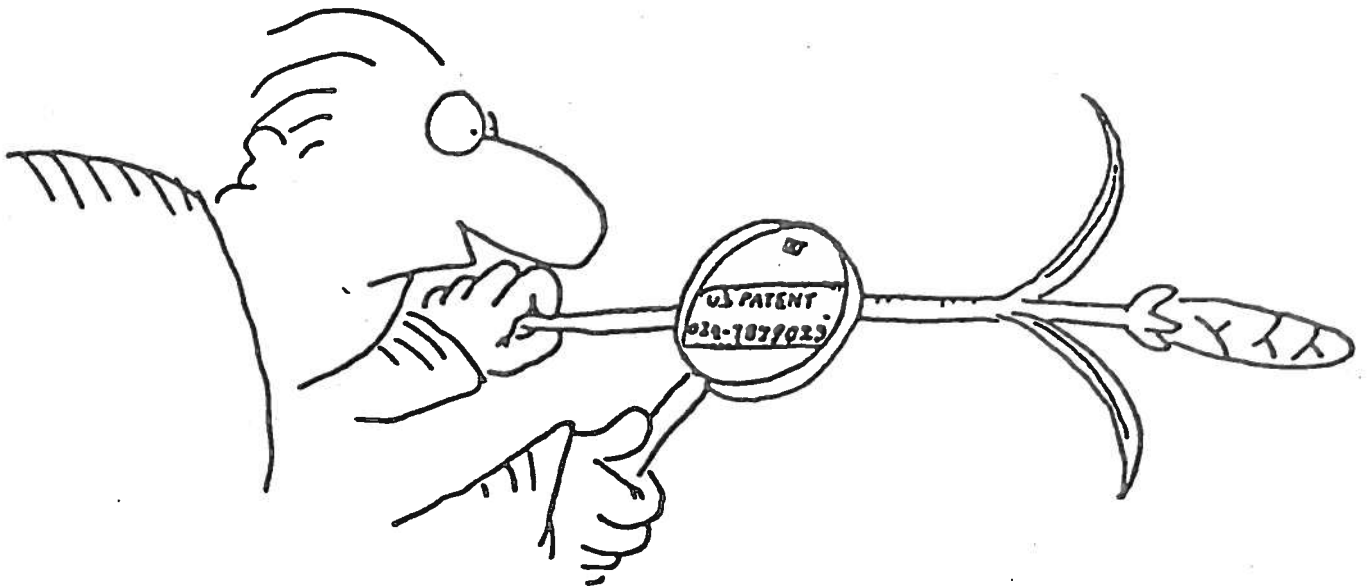
● Gruppe 2: sie umfaßt das Arbeiten mit pathogenen Mikroorganismen.

● Gruppe 3: regelt die „Produktion“ in großem Maßstab und die „Gentherapie der Körperzellen“. Bisher war die Produktion auf 10 l-Gefäße begrenzt – ein deutliches Zugeständnis an industrielle Verwertungsinteressen. Die im Einzelfall genehmigungsfähige Gentherapie (soma-tisch) ebnet den Weg für bisher ausgesprochen umstrittene Eingriffe am Menschen.

● Gruppe 4: sie umfaßt die sogenannten „Verbotenen Experimente“, die auch weiterhin verboten bleiben sollen. In begründeten Ausnahmefällen(!) aber kann das Bundesgesundheitsamt Genehmigungen erteilen.

Dazu gehört auch die Freisetzung gentechnisch manipulierter Organismen. Aber:





„Von einer Aufstellung von Kriterien für die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen wurde in dieser Neufassung der Richtlinien Abstand genommen, da für eine derartige generelle Festlegung bisher nicht genügend Erfahrung und wissenschaftliche Daten für eine verlässliche Risikoabschätzung vorliegen“ (BMFT-Genrichtlinien, 20/1986).

#### Ein weiterer Kommentar erübrigt sich!

Abschließend sei erwähnt, daß diese Richtlinien bundesweit nur in vom Bund geförderten oder in Auftrag gegebenen Vorhaben angewendet werden müssen. Auf Länderebene, z.B. in der universitären Forschung können (müssen aber nicht) sie von den einzelnen Kultusministern vorgeschrieben werden. Für die industrielle Forschung sind die Genrichtlinien über die Industrieverbände „im Wege der Selbstbindung“ eingeführt worden, was auch immer damit gemeint sein mag.

### 6. Freisetzung genmanipulierter Mikroorganismen

Die Problematik der sogenannten Freisetzung hat sich in jüngster Zeit verschärft. Ein juristischer und politischer Streit um die versuchsweise Ausbringung manipulierter Bakterien auf Erdbeerplantagen in Kalifornien wurde auch von den bundesrepublikanischen Medien verfolgt.

Die Freisetzung genmanipulierter Mikroorganismen ist aus mehreren Gründen eine noch wesentlich kritischere Angelegenheit als die Arbeit in Laboratorien. In der Sicherheitsdebatte wird als Entlastung der Wissenschaftler oft auf die künstlich herbeigeführte eingeschränkte Lebensfähigkeit, beispielsweise durch Abhängigkeiten von bestimmten Temperaturen oder Nährstoffen, in „freier Wildbahn“ verwiesen. Freigesetzte Organismen müssen in der Regel aber ausgesprochen „potent“ sein, das heißt, eine hohe Vermehrungs- und Aktivitätsrate in natürlicher Umgebung aufweisen. Somit wird durch Freisetzung genetisch manipulierter Organismen eine durch den Menschen nicht mehr kontrollierbare evolutionäre Entwicklung in Gang gesetzt.

Die Auseinandersetzung um die sogenannten Eis-minus-Bakterien der Art *Pseudomonas syringae* in den USA zeigt das mögliche Konfliktpotential der Zukunft. Ein Freilandversuch löste heftige Kontroversen bei den ortsansässigen Bürgern aus, die durch eine Studie des Klimatologen Russel schnell noch an Brisanz zunahm. Er hatte herausgefunden, daß hauptsächlich organische Partikel als Kristallisationskerne für die Regenbildung zuständig sind, wobei den *Pseudomonas*-Bakterien durch ihre weite Verbreitung eine wichtige Rolle zufällt. Zur Zeit kann

niemand mit Sicherheit abschätzen, ob und welche Auswirkungen der weltweite Einsatz der „Eis-minus-Bakterien“ haben würde. Genau darin liegt die Crux jeder Freisetzung: Man muß sie ausprobieren, um ihre Folgen kennenzulernen. Sind die Folgen aber eingetreten, ist nichts mehr rückgängig zu machen! (ODUM, 1985)

Jeder Einsatz gentechnologisch veränderter Mikroorganismen in der Landwirtschaft oder im Umweltschutz ist notwendigerweise an Freisetzung gebunden. Die Folgen werden vermutlich in den meisten Fällen über den gewünschten Zweck nicht hinausgehen (wenn sie diesen überhaupt erreichen), aber die Gefahr steigt natürlich mit der serienweisen Einführung neuer Organismen. Und dann wäre ein gravierender Unfall bereits zuviel.

Vor dem Hintergrund dieser Unwägbarkeiten, aber auch eingedenk der aufgewendeten Forschungsgelder, bekommt ein grundsätzlicher Einwand großes Gewicht: die Anwendungsmöglichkeiten, die sich bisher abzeichnen, sind entweder nicht von zwingender Notwendigkeit („Frostschutzbakterien“) oder erfüllen die klassische Rolle einer die Ursachen vernachlässigenden Reparaturtechnologie.



Es kann nicht die Maxime des Umweltschutzes sein, etwa vorhandenes Dioxin mit großem Aufwand zu vernichten, ohne gleichzeitig alle Möglichkeiten seiner Entstehung zu unterbinden.

## 7. BUND-Forderungen

- Verbot jeglicher Freisetzung gentechnologisch manipulierter Organismen
- Verbot der militärischen Forschung
- Wiedereinführung einer Volumenbeschränkung der Reaktionsgefäße auf 10 Liter Produktionseinheiten
- Generelle Anmelde- und Veröffentlichungspflicht aller gentechnologischen Experimente
- Öffentliches Genehmigungsverfahren für gentechnologische Anlagen
- Ständige Sicherheitsüberprüfung aller in Betrieb befindlichen Anlagen und Labors
- Erweiterung der ZKBS um Vertreter aus Geisteswissenschaften, Umwelt- und Verbraucherverbänden
- Reduktion der öffentlichen Forschungsförderung und Investitionshilfen.

## III. Gentechnologie bei Pflanzen

### 1. Methoden und Techniken

Der gezielte gentechnische Eingriff in Pflanzen ist ungleich schwerer als der in einzellige Lebewesen. Einerseits ist die Anzahl der Struktur- und Stoffwechsellene wesentlich größer und auf mehrere Chromosomen verteilt, andererseits sind durch die Gewebedifferenzierung Ort und Zeitpunkt der Genexpression, also der Umsetzung der genetischen Information in die richtigen Stoffwechsel- und Strukturmoleküle, nicht gleichgültig. Das bedeutet große Probleme beim Einbau neuer Gene in eine Pflanze: es müssen Steuerungssequenzen, die das „An- und Abschalten“ des Gens regeln, mitübertragen werden, und das Gen muß an der richtigen Stelle im Chromosom eingefügt werden. Der Genort ist oft mitentscheidend für die Funktion. Daher sind die Erfolge auf diesem Gebiet noch dünn gesät. An der Schwelle zur Anwendung stehen wohl die Herbizidresistenzen, zu deren Erzeugung ein einziges Gen übertragen wird, dessen Expression prinzipiell in allen Gewebeteilen erwünscht ist.

Die Übertragung mehrerer Gene einer Funktionseinheit, beispielsweise zur Fixierung des Luftstickstoffs, ist bisher noch nicht gelungen.

Dennoch muß auch hier der rasche Fortschritt von Techniken und Erkenntnissen zur Vorsicht mahnen. Die Arbeit mit Zellkulturen und viralen Krankheitsserregern (die als Gefahren benutzt werden) birgt ökologische Gefahren in sich. Durch Protoplasten- und Zellkernverschmelzung mittels Mikroinjektionsnadeln und die zunehmende Aufklärung der DNA-Sequenzen und Strukturen der Erbinformation werden neue Möglichkeiten eröffnet.

## 2. Beispiele der Anwendung

### 2.1 Herbizidresistenz bei Kulturpflanzen

Als Durchbruch der Gentechnologie in der Landwirtschaft wird allgemein die Markteinführung herbizidresistenter Kulturpflanzen erwartet, die den vielfältigen Einsatz von Totalherbiziden in der Landwirtschaft ermöglichen würden.

Totalherbizide sind breit wirkende Unkrautvernichtungsmittel, die auch für die meisten Kulturpflanzen unverträglich sind. 1978 wurde erstmalig ein Resistenzgen gegen ein solches Totalherbizid, nämlich Atrazin, entdeckt, das dann zunächst auf konventionellem züchterischem Wege in eine Kulturpflanze eingekreuzt wurde. Inzwischen wurden Resistenzen auch gegen weitere Totalherbizide entdeckt, insbesondere in den Abwasserbakterien von Herbizidherstellern. 1984 ge-





lang es erstmalig dem amerikanischen Konzern DuPont, solch ein Herbizidresistenz aus einem Bakterium gentechnologisch herauszuschneiden und auf verschiedene Kulturpflanzen zu übertragen (NETZER, 1984). Damit eröffnete sich der Weg, in landwirtschaftlichen Kulturen großflächig Totalherbizide in Verbindung mit herbizidresistent gemachten Kultursorten einzusetzen, eine Strategie des Pflanzenschutzes, wie sie inzwischen von den Chemiekonzernen favorisiert wird (PRESSESEMINAR BAYER, 1985). So entwickelt Monsanto Resistenzen gegen die Totalherbizide Glyphosat und Alachlor, Ciba Geigy gegen Atrazin, Dow Chemical gegen Picloram, DuPont gegen Chlorsulfuron und Sulfometuron. In der Bundesrepublik versucht Hoechst, gentechnologisch eine Herbizidresistenz in Zuckerrüben einzubauen, und auch Bayer ist massiv ins Metier eingestiegen (GTN, 1984; PRESSESEMINAR BAYER, 1985).

Analysiert man die zu erwartenden Auswirkungen der gentechnologischen Herbizidstrategie, so ist der Schluß nahelegend, daß die Einführung von herbizidresistenten Pflanzen in die Landwirt-

schaft insbesondere unter toxikologischen und ökologischen Gesichtspunkten mit großen Risiken verknüpft ist (HERZFELD et al., 1985).

So erweist sich beispielsweise Atrazin als langlebig im Boden und muß toxikologisch als ausgesprochen bedenklich eingestuft werden, da es embryotoxisch und mutagen wirkt (MURNIK et al., 1977; PLEWA et al., 1976). Umso beunruhigender ist es, daß es bereits heute bei bisher begrenztem Einsatz im Quellwasser nachweisbar ist, wie eine Studie aus Baden-Württemberg belegte (GIEBL et al., 1984). Im untersuchten Quellwasser war Atrazin selbst im Winter nachweisbar. Der Konzentrationsgehalt des Atrazins stieg während der Vegetationsperiode auf das Zehnfache an, bei einzelnen Quellen bis auf einen Gehalt von  $0,5 \mu\text{g/l}$ . Bedenkt man, daß die Trinkwasserverordnung von 1985 für insgesamt mehrere hundert Pestizide eine Summentoleranz (Gesamthöchstwert) von maximal  $0,5 \mu\text{g/l}$  Trinkwasser zuläßt und diese Grenze in den zitierten Untersuchungen bereits allein von dem Herbizid Atrazin erreicht wird, dann ist mit einer hohen Gefährdung unserer Gesundheit angesichts der gentechnologischen Pflanzenschutzstrategie zu rechnen. (ODUM, 1985)

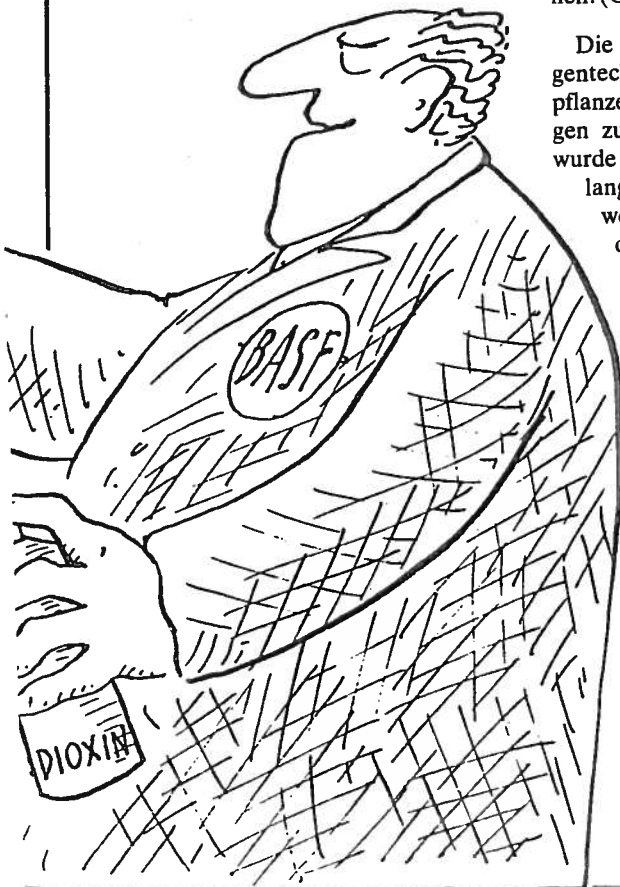
Die anderen Totalherbizide, gegen die gentechnologisch Resistenzen in Kulturpflanzen eingebaut werden, sind im übrigen zum Teil noch bedenklicher: zwar wurde Paraquat, das bei uns jahrzehntelang in großem Maßstab eingesetzt worden war, kürzlich in der BRD von der Biologischen Bundesanstalt die Zulassung entzogen (wogegen der Hersteller klagt), wird aber nach wie vor produziert und in vielen Ländern eingesetzt. Inzwischen sind Paraquat und verwandte Herbizide in den Verdacht geraten, Verursacher der Parkinson'schen Krankheit zu sein (LEWIN, 1985). Das Herbizid Alachlor (Lasso), bislang Renner Nummer 1 im Herbizidmarkt (Umsatz knapp 1 Mrd. DM vom 6 Milliarden-Herbizidmarkt) steht inzwischen im Verdacht, krebserregend zu sein.

Da sich nach 15 Jahren Einsatz entgegen früheren Behauptungen

herausgestellt hat, daß es nicht kurzfristig im Boden abgebaut wird, sondern geraume Zeit später noch im Boden und im Oberflächen- und Grundwasser nachweisbar ist, wird Lasso vermutlich in den USA die Zulassung verlieren oder Anwendungsbeschränkungen unterworfen (SPICKSCHEN, 1985). Das Totalherbizid Picloram ist nach Auskunft der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft nur schwach toxisch, reizt aber, wie beispielsweise das Formaldehyd, die Schleimhäute. Picloram, das in der BRD von der Firma Bayer als Totalherbizid systematisch auf Bahndämmen ausgebracht wird, kam in die Schlagzeilen: durch ein technisches Versagen versickerten 10 kg Picloram auf einem Bahngelände in Hannover. Nach Jahren kam es schließlich zu großflächigen Vegetationsschäden, was nach Auskunft von Bayer Neuland für die Firma war (HAZ, 1984). Wie die DFG schreibt, erübrigt sich für Picloram die Festsetzung einer duldbaren täglichen Aufnahmemenge für den Menschen, da mit Rückständen in eßbaren Kulturen nicht zu rechnen sei (DFG, 1985). Dem Herbizid wird gleichwohl eine zellteilungshemmende Wirksamkeit bescheinigt (SHOEMAKER et al., 1974), eine mutagene Wirksamkeit wurde ebenfalls ermittelt (GUERZONI, 1976).

Angesichts des Umstands, daß die bislang bekannt gewordenen Totalherbizide, gegen die gegenwärtig von der Großchemie Herbizidresistenzen entwickelt werden, für den Menschen gesundheitlich außerordentlich problematisch sind und entgegen früheren Behauptungen große Mengen dieser Herbizide in die menschliche Nahrungskette gelangen, muß mit besonderem Druck daran gearbeitet werden, die nötigen gesetzlichen Vorkehrungen zu treffen, um der besonderen Problematik zu begegnen, die die herbizidresistenten Kulturpflanzen in Verbindung mit Totalherbiziden mit sich bringen werden, ist doch das bisherige Pflanzenschutzrecht schon unzulänglich.

Problematisch ist, daß die Wirkung der Herbizidresistenz im Einzelfalle gar nicht bekannt ist. Der Wirkort kann ganz unterschiedlich sein, die Resistenz kann auf Abbau oder Umbau des Wirkstoffes, aber auch auf Überkompensation durch Bindung beruhen. So müssen die Fülle der entstehenden *Metabolite* und Bindungs-



produkte in ihrer toxikologischen und ökologischen Bedeutsamkeit sowie die Folgen eines möglichen Genaustausches (horizontaler Genaustausch) der gentechnologisch eingeschleusten Resistenzgene mit Wildkräutern berücksichtigt werden (HAUPTLI, 1985).

## 2.2 Resistenz gegen Schadorganismen

Mit diesem Forschungsansatz wird versucht, entweder natürlich vorkommende Resistenzmechanismen auf Kulturpflanzen zu übertragen oder neue Resistenzfaktoren zu installieren. Dies ist insbesondere bei Virose (virusbedingte Erkrankungen) interessant, da diese chemisch nicht bekämpft werden können.

Es befinden sich erste Modellpflanzen in der Erprobung, so eine Wintergerste mit einer Resistenz gegen das Gerstengelmosaikvirus.

Beim Weizen scheitert die gentechnische Bearbeitung von Resistenzen gegen Mehltau- und Rostpilze an der großen Zahl der Gene und somit an der Komplexität. Man hat bis jetzt beispielsweise 14 Gene gegen den Mehltau (*Erysiphe graminis tritici*), 44 Gene gegen den Schwarzrost (*Puccinia gram. trit.*), 34 Gene gegen den Braunrost (*Puccinia recondita*) und 13 Resistenzgene gegen den Gelbrost (*P. striiformis*) nachgewiesen (LIND et al., 1986).

Andererseits liebäugelt man mit der Möglichkeit, das toxische Prinzip von *Bacillus thuringiensis*, das ein Gift gegen Insekten produziert, in Pflanzen zu implantieren und sie so gegen „Schad“-insekten „immun“ zu machen. Jedoch wird auch dieses Vorhaben voraussichtlich an der Komplexität der genetischen Verhältnisse scheitern (LIND et al., 1986).

Da die gesamte Resistenzproblematik mit den unter Monokulturen aus Hochleistungssorten zusammenhängt, die unter Kulturpflanzen vorherrschen, zeigt die Gentechnologie auch hier Reparaturcharakter. Durch die einseitige Durchsetzung der Züchtungsziele „Ertrag“ und „leichte Handhabung“ werden die Pflanzen immer anfälliger gegen Krankheiten. Der Schädlingsbefall kann sich in der Monokultur epidemisch ausbreiten. Die aus Wildformen eingekreuzten Resistenzen gehen oft nach wenigen Generationen wieder verloren, wodurch sich die Frage



Da haben Sie unsere neue Superzüchtung....



nach dem Schicksal der gentechnisch erzeugten Eigenschaften stellt. Der Vorteil würde längerfristig in der schnelleren Handhabung der neuen Techniken gegenüber den klassischen Züchtungsverfahren liegen und die Übertragung von Resistenzen über die Artenschanke hinweg ermöglichen. Inwieweit diese Form der Resistenzerzeugung neue ökologische Risiken heraufbeschwört, läßt sich nicht genau abschätzen. Aber selbst wenn diesbezüglich keine besonderen Gefahren drohen, kann die Gentechnologie auch hier nur sehr wenig zur Lösung landwirtschaftlicher Probleme beitragen. Der Einsatz von Pestiziden läßt sich langfristig nur durch andere Anbaumethoden und Zuchtziele und damit durch eine Strukturänderung in der Landwirtschaft erreichen.

## 2.3 Inhaltsstoffe – Nachwachsende Rohstoffe- Stickstoff-Fixierung

Die Inhaltsstoffe der Pflanzen sind für die Ernährung des Menschen unerlässlich. Sie zu „verbessern“ ist ein realistisches Ziel der Gentechnologie. Stärke-, Eiweiß- und Fettproduktion können sowohl qualitativ als auch quantitativ beeinflusst werden. Besonders in Ländern der Dritten Welt, wo die Nahrungsgrundlage oft aus wenigen Nutzpflanzen besteht (Reis, Soja, Mais) soll, durch Gentransfer die Bildung wichtiger Aminosäuren bei der Eiweißproduktion erreicht werden und so zur Überwindung von Ernährungsmangelerscheinungen beitragen. Für die quantitative „Verbesserung“ gilt Sinngemäßes, nur wird hier auch die europäische Unabhängigkeit von Eiweißimporten als Ziel genannt.

Angesichts des EG-Landwirtschaftshorrors und der politisch-wirtschaftlichen Ursachen für Mangelernährung erübrigen sich diese Hoffnungen weitgehend. Das Schlagwort der „Nachwachsenden Rohstoffe“ hat durch den Landwirtschaftsminister Kiechle schon für Heiterkeit gesorgt. Seine Rübenschnaps-Idee erwies sich als offensichtlicher Flop. Allerdings scheiterte er an der Wirtschaftlichkeit des Unternehmens, nicht an der Machbarkeit. Man kann aus Pflanzen alles mögliche gewinnen, vom Dünger angefangen, über Zellstoff, Fasern, Farben, Öle, bis zur Energie. Das sind durchaus sinnvolle und schon lange praktizierte Verfahren, die umweltschonend und energiesparend teilweise neu entdeckt und technisch verbessert werden.

Auch hier wollen Gen- und Biotechnologie „helfend“ eingreifen. Dadurch würde die Landwirtschaft noch weiter in Abhängigkeiten gedrängt werden. Monokulturen und Machtkonzentration nach US-amerikanischem Vorbild wären die unausweichlichen Folgen. So sinnvoll biotechnologische Forschung beispielsweise bei der autarken Energieversorgung landwirtschaftlicher Betriebe sein kann, so abstrus wird ihr Einsatz im Einklang mit gentechnologischen Verfahren im großen Maßstab.

Es gibt Pflanzen, die scheinbar Stickstoff in Nitrat umwandeln können. Sie gehören zur Pflanzenfamilie der Schmetterlingsblütler. Doch der Schein trügt. In Wirklichkeit sind diese Pflanzen nur die Nutznießer von Bakterien.

Diese Einzeller sind in der Lage, den Luftstickstoff zu binden und in Nitrat umzuwandeln. Damit spielen diese soge-



... und damit bringen  
Sie sie durch!



nannten nitrifizierenden Bakterien eine Schlüsselrolle im Stickstoffkreislauf. Sie gehen *Symbiosen* mit Schmetterlingsblütlern ein, wobei sie in die Wurzeln eindringen und dort Knöllchen bilden. Daher haben sie auch den Namen „Knöllchenbakterien“.

Oft sät man Lupinien in ein Feld und pflügt sie als „Gründünger“ samt dem erzeugten Nitrat unter. Im Zuge der genetischen Manipulation gibt es Bestrebungen, den Pflanzen durch Gentransfer die Fähigkeit der nitrifizierenden Bakterien zu verschaffen. Solche Pflanzen hätten dann keine Stickstoffdüngung mehr nötig, was große Konsequenzen für die Landwirtschaft hätte. Die Übertragung dieser nif-Gene („nitrifizierende Gene“) durch direkten Zellkontakt von Bakterien verschiedener Stämme ist bereits gelungen.

Die gezielte Übertragung in höhere Pflanzen ist aber aus verschiedenen Gründen noch Utopie: Der nif-Komplex umfaßt 17 Gene auf verschiedenen Genorten, und einzelne Reaktionsschritte sind sauerstoffempfindlich oder für die Pflanze giftig.

#### 2.4 Saatgut

Der Saatguterzeugung kommt durch die Einführung gentechnologischer und zellbiologischer Methoden eine Bedeutung für die ökonomischen Strukturen der Landwirtschaft zu, die in ihrer Größenordnung überhaupt noch nicht abzuschätzen ist. Der durch Herbizidresistenzen mögliche Einsatz von Breitbandherbiziden legt den Landwirt auf ein ganz bestimmtes Produkt fest. Er wird im Set Saatgut, Herbizid und Düngemittel kaufen müssen und zwar beim gleichen Hersteller. Darunter wird man zukünftig ne-

ben einigen Riesen des Getreidehandels und der Nahrungsmittelbranche nur noch Chemiemultis finden. Seit dem Ende der siebziger Jahre hat ein „run“ der Großkonzerne auf die ehemals eigenständige Saatgutzucht eingesetzt, der mittlerweile auch die Bundesrepublik erreicht hat. Royal Dutch, Shell, Sandoz, Ranks Hovis/McDougall, Ciba Geigy und andere haben fast alle amerikanischen Saatgutfirmen aufgekauft. Der deutsche Pflanzenschutzriese Hoechst (Platz 6 der Weltrangliste; 2,2 Mrd. Umsatz von 31 Mrd. weltweit 1985; siehe zu dieser Problematik auch „Seeds of the Earth“ von Pat Mooney) folgte diesem Trend durch Kapitalbeteiligung am größten, ehemals selbstständigen Saatgutunternehmen der BRD, der Kleinwanzlebener Saatgutzucht (KWS). Gleichzeitig ist die mit etwa 100 Mio. DM geförderte Entwicklung eines Totalherbizids mit dem programmatischen Namen „Basta“ zum Abschluß gekommen. Da Totalherbizide bisher nur zum „Abspritzen“ von Bahndämmen oder Wegrändern benutzt werden können, ist ihr Einsatz in der Landwirtschaft nur mit herbizidresistenten Nutzpflanzen möglich. Die hohen Entwicklungskosten und der Einstieg in die Saatgutzucht weisen hier deutlich die Richtung einer ausgesprochen gefährlichen Entwicklung.

Die sich immer stärker durchsetzende ungeschlechtliche Vermehrung des Saatguts durch zellbiologische Methoden (Kallusvermehrung aus Gewebekulturen) läßt die Verbreitung völlig steriler Pflanzen zu (wie es jetzt schon beim Hybridweizen und -mais der Fall ist). Am Ende der Entwicklung stehen technisch aufgerüstete, durchchemisierte und biologisch zurechtgestutzte Landwirtschaftsfabriken, in denen Erzeugung, Verarbei-

tung und Vertrieb von wenigen Großkonzernen kontrolliert wird. Ein Ausscheren einzelner Landwirte aus dieser Abhängigkeit wird dann wegen des sterilen Saatguts und dem kontrollierten Herbizidmarkt unmöglich. Die Dritte Welt kann sich auf eine weitere „Grüne Revolution“ gefaßt machen, mit noch mehr Hunger und Elend als Ergebnis.

Der einzig wirksame Ausweg aus diesem Katastrophenszenario ist der ökologische Landbau. Neben die unbestrittene Notwendigkeit, aus ökologischen und ernährungsphysiologischen Gründen den ökologischen Landbau zu forcieren, tritt hier die Stärkung der ökonomischen Unabhängigkeit der Landwirte in den Vordergrund.

In der politischen Diskussion über die Bio- und Gentechnologie müssen solche Aspekte viel stärker berücksichtigt werden.

### 3. Freilandversuche

Bislang liegen keine Erkenntnisse über die ökosystemare Wirkung gentechnisch veränderter Pflanzen vor. Jedoch läßt sich anhand der Analogie zwischen der Einführung nichteinheimischer Pflanzen und dem Ausbringen genetisch manipulierter Organismen das Risiko abschätzen.

So führt zum Beispiel die Ausbreitung des Persischen Ehrenpreises oder des Topinamburs zur Veränderung von Struktureigenschaften bestehender Ökosysteme mit zum Teil katastrophalem Ausmaß. Die Ursachen der unerwünschten Ausbreitung neuer Arten sind Ergebnis einer Kombination verschiedener art- und umweltspezifischer Faktoren, die in ihrer Bedeutung für den Ausbreitungserfolg jedoch in räumlicher und zeitlicher Dimension nicht konstant sind. Unerwünschte Veränderungen sind demnach auf der Ebene von Lebensgemeinschaften und Ökosystemen nur eingeschränkt voraus sagbar (KOWARIK, 1986).

### 4. BUND-Forderungen

- Verbot jeglicher Freilandexperimente
- Verbot der Breitbandherbizide
- Stopp der Entwicklung von Herbizidresistenzen bei Pflanzen
- Entflechtung der Saatgutzucht und Pestizidproduktion
- Stopp der öffentlichen Förderung.



## IV. Gentechnologie bei Tieren

### 1. Methoden und Techniken

Die Gentechnologie ergänzt die schon länger gebräuchlichen biotechnischen Maßnahmen. Man erhofft sich mit den zuvor beschriebenen Methoden gezielter Veränderung des Erbgutes einen höheren Zuchterfolg. In-Vitro-Fertilisation, Embryotransfer, *Superovulation* und *Klonierung* sind die gebräuchlichsten biotechnischen Verfahren.

Die Gentechnik bietet im Bereich der Tiergesundheit eine Möglichkeit, mit verbesserten Diagnostika, nämlich Nukleinsäuresonden, mit denen genetische Defekte erkannt werden können und sogenannten monoklonalen Antikörpern, Krankheiten genauer, frühzeitiger und unter Umständen leichter als bisher zu erkennen und zu behandeln.

Darüber hinaus spielen in der sogenannten landwirtschaftlichen Tierproduktion bio- und gentechnische Verfahren gegenwärtig vor allem bei der Tierzucht und der Tierernährung eine Rolle.

### 2. Beispiele der Anwendung

Neben der Erzeugung von Impfstoffen, wie zum Beispiel gegen die Maul- und Klauenseuche, fördert das Landwirtschaftsministerium die Entwicklung von gentechnischen Behandlungsmethoden der Herpes-Virus-Infektion bei Schweinen und Rindern, der europäischen Schweinepest sowie weiterer Nutztierinfektionen (BMELF, 1985)

In der Tierzucht erschließt die Gentechnologie als Ergänzung der herkömmlichen Zuchtmethoden völlig neue Dimensionen, die Anlaß zu großer Besorgnis geben müssen.

Die bis jetzt praktizierten Zuchtmethoden der künstlichen Besamung, des Embryotransfers in Verbindung mit sogenannter *Superovulation* und der *Klonierung* werden durch ge chirurgische Eingriffe zu einer ausufernden Zuchtmethode mit der Absicht erweitert, bestimmte Eigenschaften zu potenzieren, neue zu erzeugen und zu vervielfältigen.

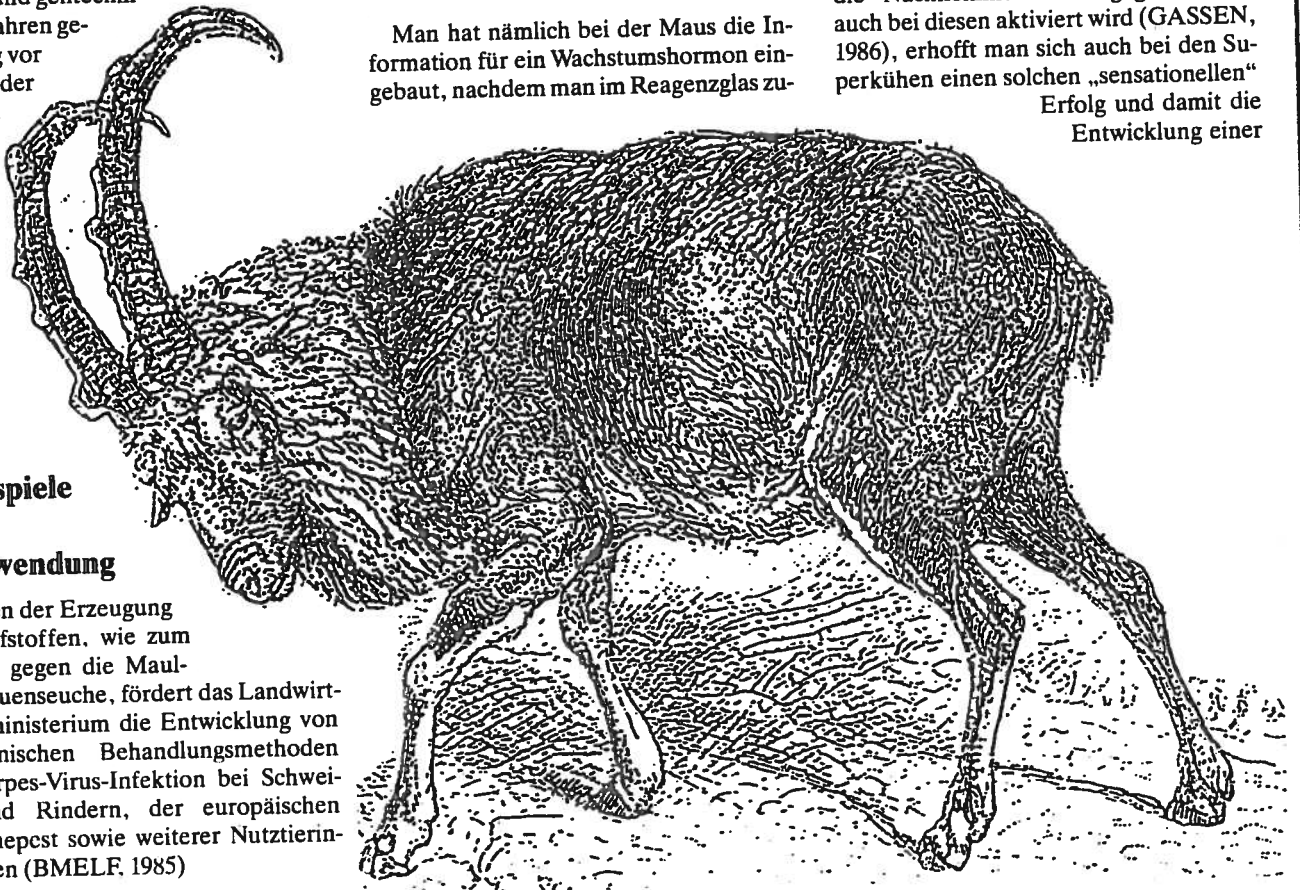
So ist es beispielsweise gelungen, mit den biotechnischen Verfahren der Klonierung eine Chimäre zwischen einer Ziege und einem Schaf herzustellen (FEHILLY, 1984). Diese „Schiege“ könnte mit einem gentechnischen Trick zu einem Supertier weiter „entwickelt“ werden. Denn bereits bei Mäusen ist eine sogenannte *Geninsertion* gelungen, das heißt, der Einbau einer fremden Erbinformation in diejenige der Maus. Was bei der Maus möglich ist, wird über kurz oder lang auch bei der „Schiege“ kein Problem mehr sein.

Man hat nämlich bei der Maus die Information für ein Wachstumshormon eingebaut, nachdem man im Reagenzglas zu

vor noch einen Regler (*Promotor und Operator*) hinzugefügt hat, der auf Schwermetalle reagiert. Der Regler stammte vom Metallothionein-Gen des Menschen. Das Gen wurde in das Chromosom integriert, und durch den mitgelieferten Regler produziert das Gen auch brav in Anwesenheit von Metallionen, wie z.B. Zink, das Wachstumshormon in der Leber der Maus. Als Resultat dieses ge chirurgischen Eingriffs erhielt man Riesenmäuse, die sich in der Größe und im Gewicht deutlich von ihren unbehandelten Artgenossen unterschieden (GASSEN, 1986).

Postwendend war dann auch der Begriff „Biofarming“ geboren. Denn nichts lag näher, als diesen Eingriff bei milch- und fleischproduzierenden Rindern durchzuführen: den zukünftigen Biofarmern wurde in Aussicht gestellt, auf die Östrogenspritzen des Tierarztes verzichten zu können, da die Information zur Produktion des Hormons gleich den Tieren in die Erbsubstanz eingepflanzt werden soll.

Da bei den Mäusen das Fremdgen an die Nachkommen weitergegeben und auch bei diesen aktiviert wird (GASSEN, 1986), erhofft man sich auch bei den Superkühen einen solchen „sensationalen“ Erfolg und damit die Entwicklung einer





vollständig neuen Zuchtlinie. 30% Milchproduktionssteigerung erreichte man bislang allein durch die externe Applikation von Östrogen mittels einer Spritze. Bei manifester Implantation des Gens, das für die Produktion dieses Hormons verantwortlich ist, erhofft man sich eine noch größere Ertragssteigerung.

Bislang kann eine solche Kuh, an deren Nachkommen man ein großes Interesse hat, in ihrem Leben nur 10-15 Kälber großziehen. Das Handikap dieser begrenzten Kälberzahl läßt sich mit der *Superovulation* in Verbindung mit dem Transfer der Embryonen beseitigen. Mittels einer Hormongabe wird gleichzeitig die Reifung von mehreren Eizellen angeregt, so daß es zum gleichzeitigen Eisprung (Superovulation) dieser Eizellen kommt. Diese werden dann künstlich befruchtet und nach ihrer Befruchtung aus der Gebärmutter der Kuh ausgeschwemmt. Die Embryonen werden auf „Leihmütter“-Kühe transferiert und von diesen austragen. Auf diese Weise kann man von einer Kuh mit einem gewünschten Genespektrum in kurzer Zeit viele Nachkommen erzeugen. Tiefgekühlt halten die Embryonen mehrere Jahre und können auch über größere Distanzen transportiert werden. Embryonen lassen sich im Großraumflugzeug in wesentlich größerer Zahl unterbringen als ausgewachsene Kühe. Ein Jumbojet faßt lediglich 77 Kühe, aber ca. 10.000 Embryonen. Auf diese Art kann man dann die Superkühe in alle Welt transportieren. Die Länder der Dritten Welt liefern einen expansionsfähigen Absatzmarkt.

Die in diesen Ländern existierenden und an die jeweiligen Verhältnisse angepaßten Nutztiere werden verschwinden, und damit ist insgesamt eine genetische Verarmung an Landrassen bzw. Ökotypen vorprogrammiert.

Ganz abgesehen davon ist dieses Vorhaben angesichts der in der EG existierenden Butter-, Fleischberge und Milchseen eher ein Schritt in eine ökonomische Sackgasse.

Für die Landwirtschaft insgesamt bedeutet dies eine Beschleunigung des unheilvollen Strukturwandels hin zu einer großindustriellen, chemieintensiven landwirtschaftlichen Produktionsweise.

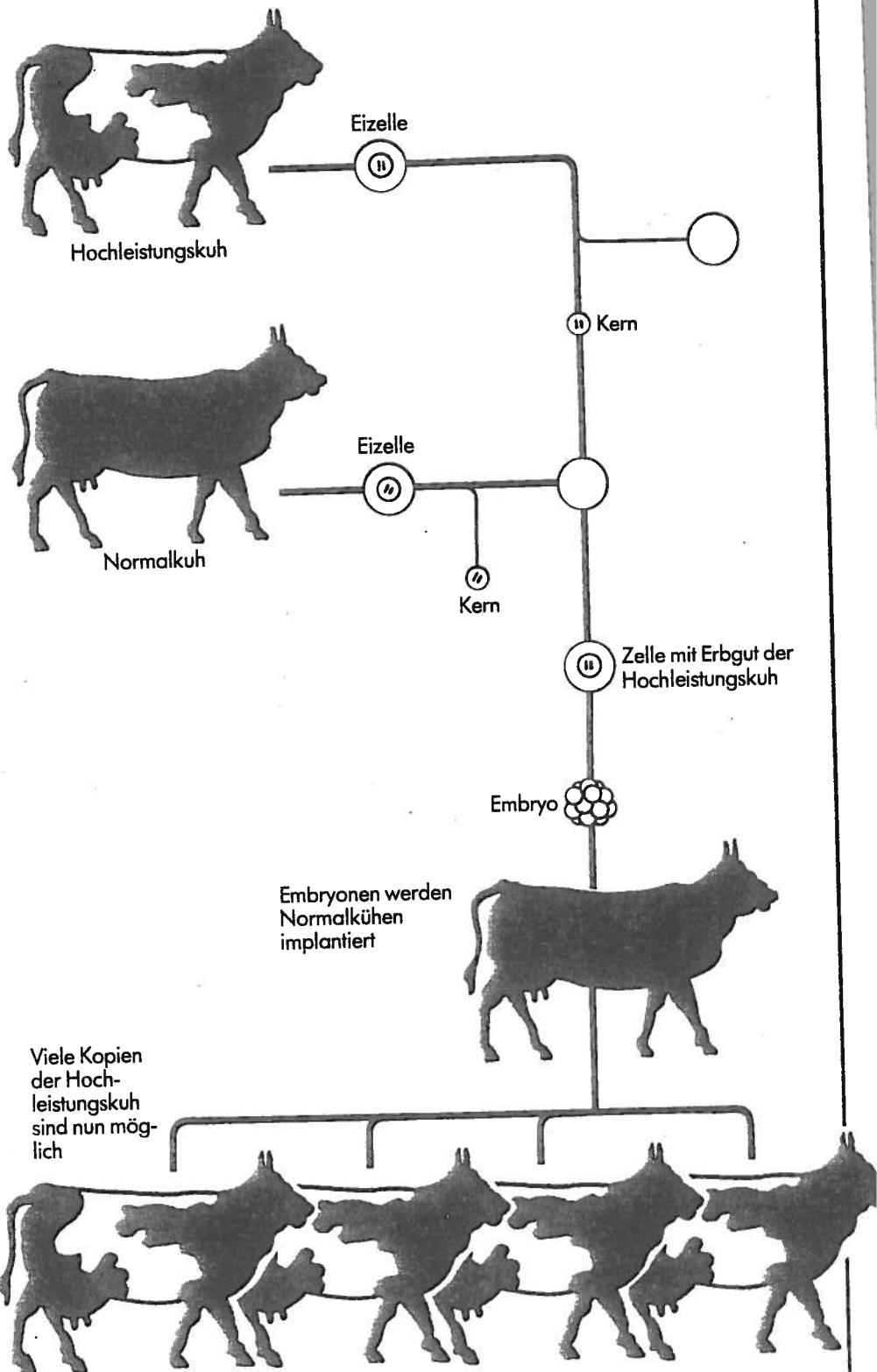


Abb. 2. Hypothetisches Schema der Klonierung von Kühen (vgl. Text)

GASSEN, H. G. et al, Der Stoff, aus dem die Gene sind. Schweitzer Verlag, München, 1986

Gleichfalls beschleunigt wird durch diese Maßnahme das Kleinbauernsterben. Denn welcher Kleinbauer kann sich die teuren Hochleistungs-Superkühe mit ihren Spezialfuttermitteln angesichts des

zusammenbrechenden Absatzmarktes für Milch und Fleisch noch leisten?

Das Embryohandelsgeschäft, das jetzt schon fest in der Hand einiger weniger



Firmen ist, nämlich GRANADA, CARNATION und OVATECH, die zusammen weltweit einen Umsatz von 150 Millionen DM pro Jahr machen (GASSEN, 1986), wird zu einer weiteren Monopolisierung in der Landwirtschaft führen und somit zu einer verstärkten Abhängigkeit des einzelnen Landwirtes.

Klar ist, daß mit diesen Methoden die jetzt schon bestehenden ökologischen Probleme in der landwirtschaftlichen Produktion nicht beseitigt, sondern verschärft werden. Man muß davon ausgehen, daß beispielsweise das Gülleproblem gesteigert wird, weil der Exkrementausstoß solcher Superkühe mit Sicherheit nicht geringer ist als bei einer „normalen“ Kuh. Gleiches gilt für die Schweinemast.

Das Experiment mit der Maus, der man artfremdes Genmaterial eingesetzt hat, zeigte, daß Art- und Gattungsschranken für die Genchirurgen kein Hindernis sind. In den Vereinigten Staaten wird laut darüber nachgedacht, die Rinder mit der Fähigkeit der Büffel auszustatten, minderwertiges Gras und Heu verwerten zu können (RIFKIN, 1986). Die biologischen, insbesondere evolutionsbiologischen und ökologischen Folgen solcher Gentransferaktionen sind nicht einschätzbar. Es muß befürchtet werden, daß sich hier negative Entwicklungen anbahnen.

Alle diese am Kommerz orientierten gentechnischen Forschungen lassen ethische und tierökologische, aber auch physiologische Bedenken unberücksichtigt.

Deutlich wird dies besonders beim Bericht des Landwirtschaftsministeriums (BMELF, 1985), in dem es wörtlich heißt: „Biotechnische Maßnahmen dienen der gezielten Kontrolle und Beeinflussung von Körperfunktionen zum Zweck der Planung und Steuerung von Vorgängen und Abläufen in der Tierproduktion.“

Biotechnische Steuerung bei Nutztieren ist in erster Linie auf Funktionen der Fortpflanzung gerichtet, betrifft aber auch andere produktionsrelevante Körperfunktionen.“

**Nach dieser Auffassung verkommt das Tier zur Maschine!**

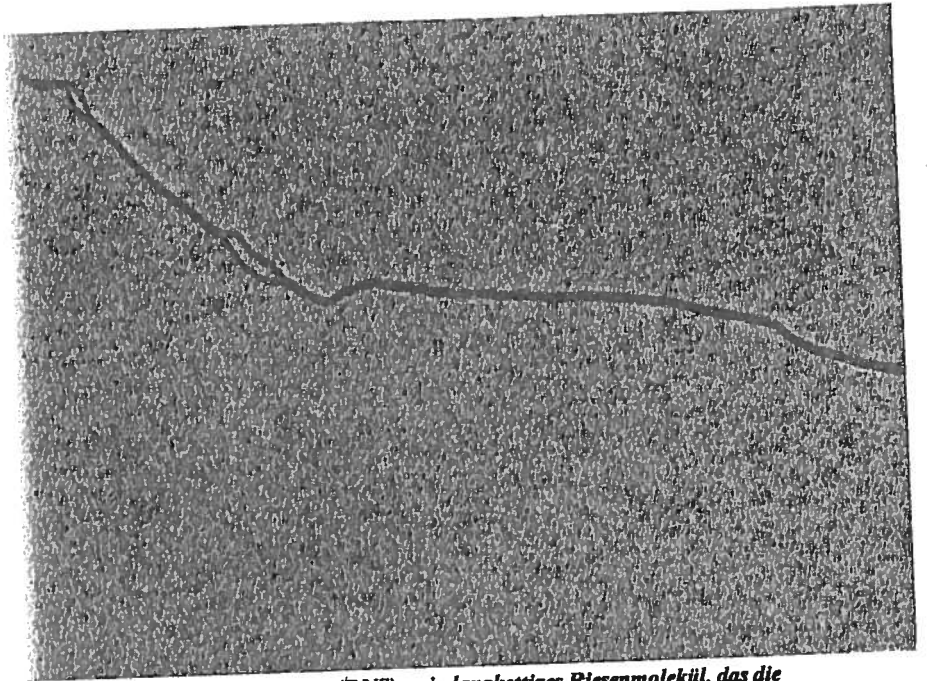


Abb. 3: Desoxyribonucleinsäure (DNS) – ein langkettiges Riesemolekül, das die Erbinformationen in Form von Genen, also bestimmten Abschnitten auf diesem Molekül trägt (Vergrößerung 90.000fach).

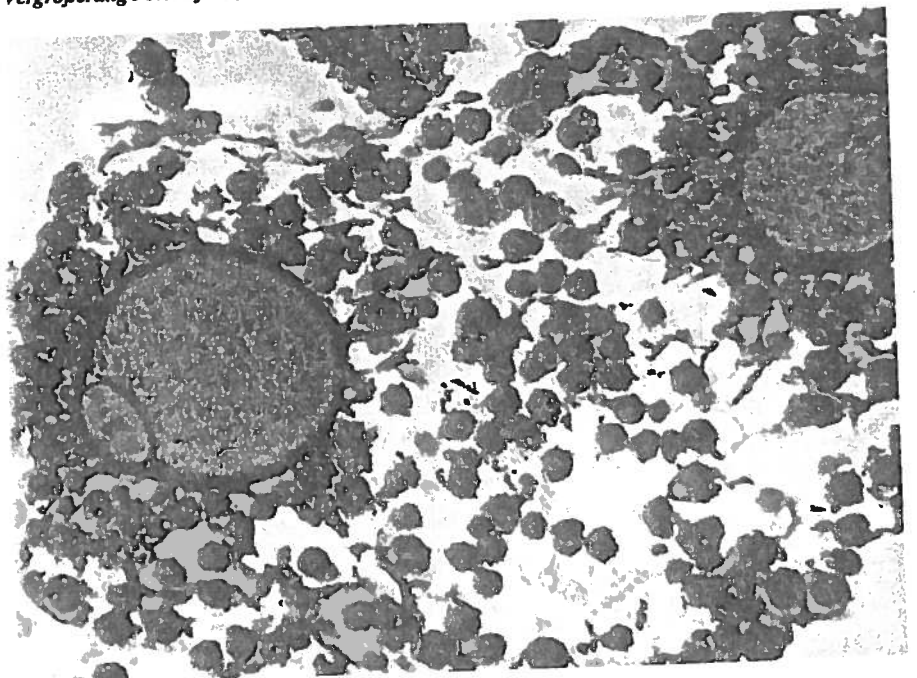


Abb. 4: Befruchtete Eizellen mit beginnender Zellteilung. Deutlich sind die Chromosomen (= kondensierte DNS) zu sehen.

### 3. Forschungstrends

Bis zur Anwendung gentechnischer Methoden beim Menschen ist es nur noch ein kleiner Schritt. Sind doch die zuvor beschriebenen und in der Tierzucht gebräuchlichen biotechnischen Methoden bereits weltweit in der Anwendung beim

Menschen gang und gäbe. Extrakorporale Befruchtung (In-Vitro-Fertilisation), Kryokonservierung von Embryonen, Superovulation zeichnen den Weg vor zur Zygotenmanipulation. Denn bei jeder Befruchtung im Reagenzglas werden meist aus Sicherheitsgründen gleich mehrere



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



Embryonen erzeugt, allerdings nur einer implantiert und der Rest tiefgefroren. Die Verlockung für Forscher ist groß, mit diesen befruchteten Eizellen (potentiellen Menschen) zu experimentieren. Bislang aber gab es für Zygotenexperimente wie Mehrfachbefruchtung, Embryosplitting, Chimärenbildung, Klonierung, Parthenogenese und Haploidisierung noch kein grünes Licht.

Konkreter ist dagegen die somatische Genterapie, die auf die Reparatur vererbbarer Krankheiten abzielt. In Frage kommen beispielsweise *Thalassämie* oder andere. Die Merkmale aber sind – analog zu den Resistenzen gegen Schadorganismen bei Pflanzen – meist nicht auf einen einzigen Genort beschränkt, sondern von recht komplexer Natur, so daß ein Erfolg in absehbarer Zeit nicht zu erwarten ist.

Die Keimbahntherapie bietet nach der Meinung ihrer Befürworter die Möglichkeit, auch erbbedingte Erkrankungen wie z.B. die *Phenylketonurie* bereits frühzeitig zu behandeln. Jedoch liegt hier auch gleichzeitig die Gefahr, daß „unerwünschte“ Eigenschaften durch willkürlich festgelegte Maßstäbe eliminiert werden. So wurde beispielsweise ernsthaft nach genetischen Veränderungen in Verbindung mit Homosexualität und Kriminalität gesucht. Wer also wird entscheiden, was ein gesundes und was ein krankes Gen ist?

#### 4. BUND-Forderungen

- Einstellung der Sackgassenforschung auf dem Gebiet des „Biofarming“
- Ausnahmsloses Verbot gentechnologischer Keimbahneingriffe und der damit verbundenen Forschung
- Stopp der öffentlichen Förderung.

### V. Rechtliche Situation

#### 1. Das rechtliche Vakuum

Die rechtliche Lage bezüglich der Gentechnologie ist denkbar unklar. Es kommen eine Reihe von Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien zur Anwendung, die aber in bestimmten Punkten den Besonderheiten der Gentechnologie nicht oder nur unzureichend gerecht werden.

Der 1978/79 gescheiterte Versuch des Bundesforschungsministeriums (damals SPD), ein Gentechnologiegesetz (GstG) auf den Weg zu bringen, zeigte schon die Schwierigkeiten einer rechtlichen Regelung. Sie stolperte über den Anspruch gesetzliche Bestimmungen möglichst allgemein formulieren zu wollen. Eine Bestrafung von Tatbeständen wie „schädigender Eingriff in den Naturhaushalt“ wäre zwar begrüßenswert, scheidet aber an Beweismitteln (Verursacherfrage) und Lobbyinteressen.

Dennoch ist nicht länger hinnehmbar, daß sich ein solch komplizierter und folgenreicher Technologiekomplex im rechtsunsicheren Raum ungehemmt entfaltet.

#### 2. BUND-Forderungen

Es muß auf jeden Fall gesetzlich abgesichert werden:

- Verbot der Freisetzung von gentechnologisch manipulierten Organismen
- Verbot genetischer Screening-Programme beim Menschen
- Genetische Unantastbarkeit des Menschen
- Straf- und zivilrechtliche Haftung der Betreiber von Anlagen und Labors.

Darüberhinaus müssen die Sicherheitsrichtlinien des BMFT rechtliche Verbindlichkeit auch im Bereich der privaten Forschung und Anwendung erlangen.

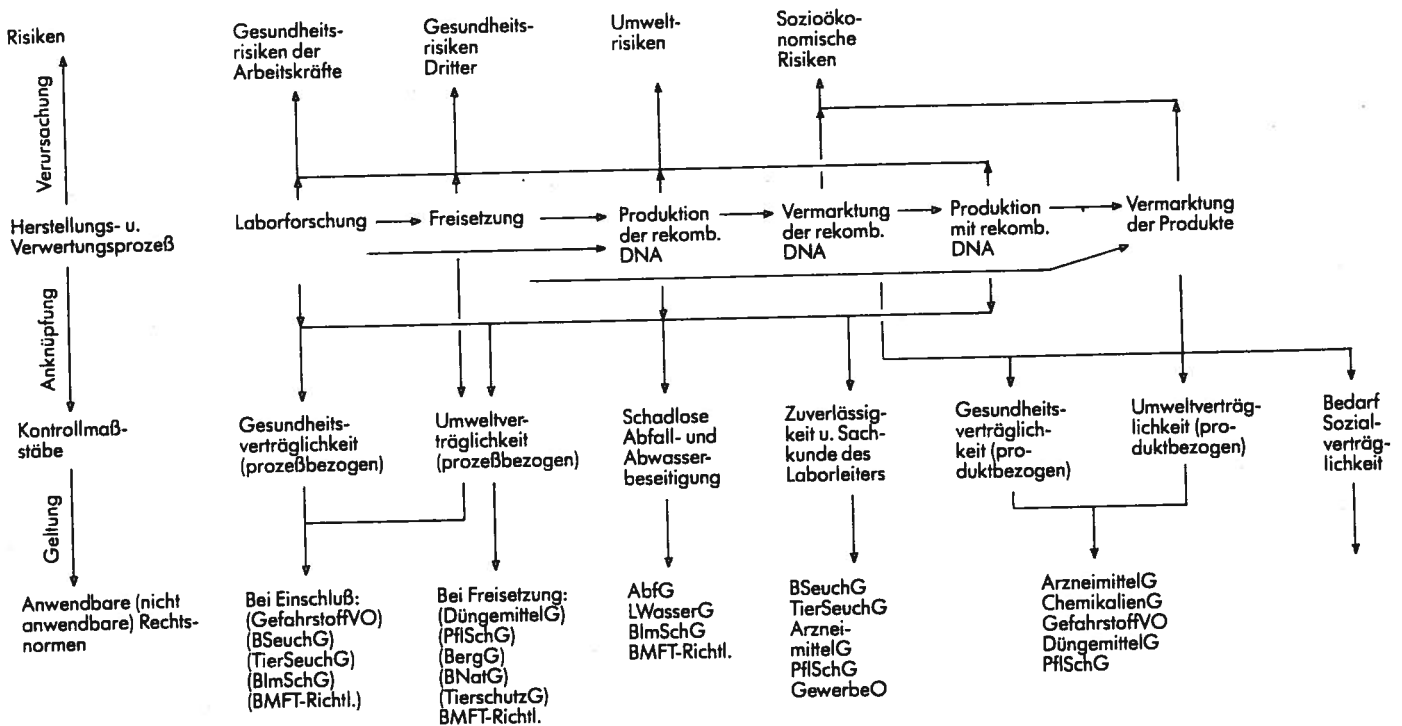


Abb. 5: Übersicht: Risiken und Kontrollmaßstäbe der Gentechnik

Aus: G. WINTER, Über den Umgang des Rechts mit neuen Techniken, am Beispiel Gentechnik Vortrag gehalten auf dem Symposium „Die ungeklärten Gefahrenpotentiale der Gentechnologie“ Heidelberg, 1986

## VI. Soziale und ethische Probleme der Gentechnologie

### 1. Arbeitnehmerscreening

Dieser Begriff leitet sich aus der Ökogenetik her, einer medizinischen Spezialwissenschaft zur Erforschung genetisch festgelegter Unterschiede in der Wirksamkeit von Medikamenten oder Stoffen aus der Umwelt – zumeist giftigen Stoffen. Werden in diesem Zusammenhang genetische Analysen vorgenommen, spricht man von „screening“.

Obwohl alle Menschen im Prinzip den gleichen Stoffwechsel haben, können genetische Unterschiede zu unterschiedlicher Geschwindigkeit bestimmter Stoffwechselreaktionen führen. Die Reaktionen des Entgiftungsstoffwechsels sind arbeitsmedizinisch natürlich dann besonders interessant, wenn Arbeiter in der chemischen Industrie ständig mit Giften konfrontiert werden.

In der Anwendung genetischer Tests zur Feststellung solcher Stoffwechselunterschiede zeigt sich denn auch wieder die Doppelbödigkeit technischen Fortschritts. Sicherlich könnte man, wie Arbeitgeberverbände und Arbeitsmediziner argumentieren, den Arbeitsschutz verbessern, indem gefährdete Personen von bestimmten Arbeitsplätzen ferngehalten werden. Eindeutig positiv wäre das aber nur unter der Voraussetzung maximal ausgeschöpfter Möglichkeiten zur Vermeidung giftiger Produkte und der strikten Anwendung technischer Arbeitsschuttmittel – von beidem sind wir bekanntlich weit entfernt.

Gegenwärtige Praxis ist die Exposition von Millionen Menschen gegenüber tausenden von giftigen Substanzen in Industrie und Gewerbe. Könnten genetische Testverfahren die jeweiligen Risikogruppen, also Menschen mit langsamerem Entgiftungsstoffwechsel, sicher feststellen, wäre unter gegenwärtigen Verhältnissen mit einer verschärften Selektion arbeitsloser Stellensucher zu rechnen. Zu der beruflichen Qualifikation kämen dann genetische Dispositionen als Eigenungsmerkmale hinzu. Die Besetzung

von Arbeitsplätzen würde zur Schicksalsfrage. Dahinter steht aber nicht so sehr die Sorge um die Gesundheit der Menschen, eher sind es betriebswirtschaftliche Berechnungen von Arbeitszeitausfall durch Krankheiten und der Höhe berufsgenossenschaftlicher Versicherungsprämien. Das Augenmerk würde vom aktiven Arbeitsschutz abgelenkt werden, die Verantwortung für berufsbedingte Erkrankungen würde dem Einzelnen zugeschoben und als persönliche Schwäche, sogar als Behinderung ausgelegt werden.

### 2. Ethische Bedenken gegen Anwendungsmöglichkeiten der Gentechnologie

Die ethische Beurteilung gentechnologischer Forschung ist ein sehr umfangreiches und hier nicht zu bewältigendes Thema. Einige Gedanken sollen jedoch kurz angerissen werden.

Als erstes muß die Frage beantwortet werden: brauchen wir überhaupt eine Ethik der Naturwissenschaft?

Dem kritischen Betrachter scheint dies selbstverständlich. Doch die Diskussion im Bereich der Naturwissenschaften



„Wir sind mit unseren Experimenten gerade noch rechtzeitig fertig geworden, Professor!“

spricht da eine andere Sprache. Es sollte uns nicht trösten, daß ein „Man and His Future“ betiteltes Symposium der Ciba Foundation bereits vor 23 Jahren stattgefunden hat. In der deutschen Übersetzung der Dokumentation dieser Veranstaltung „Das umstrittene Experiment: Der Mensch“ (1966) läßt sich ein Horrorkatalog abstruser Ideen nachlesen, der auch vor dem gezielten Einsatz von Congergan zur Züchtung beinloser Astronauten oder der Kreuzung von Mensch und Schimpanse nicht zurückschreckt. Ein Dr. Lederberg verkündete vor einigen Jahren: „Jetzt können wir den Menschen definieren, zumindest genotypisch betrachtet, ist er 180 cm einer bestimmten Anordnung von Molekülen, die aus Atomen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Phosphor bestehen...“ (Beispiele zitiert nach Erwin Chargaff „Die Patentierbarkeit des Menschen“, in Transatlantik 4/81). Vom gleichen Urheber stammt eine Bemerkung vor Studenten, daß Sex zwar die angenehmer aber biologisch nicht effektivste Möglichkeit der Fortpflanzung sei.

Der U.S. Supreme Court hat 1980 die Patentierbarkeit genetisch veränderter

Mikroorganismen zugelassen. Es gibt Samenbanken, die ausschließlich Spermata von Nobelpreisträgern lagern. All diese Kuriositäten müssen ernstgenommen werden, denn die Techniken der In-Vitro-Fertilisation und der Gentechnologie nähern sich der Möglichkeit, auch im menschlichen Erbgut mehr oder weniger gezielt eingreifen zu können.

Die zitierte Geisteshaltung soll natürlich nicht pauschal jedem Befürworter gentechnologischer Forschung unterstellt werden, aber sie soll Warnsignal und Aufforderung sein, eine ethische Diskussion und Wertung in alle Bereiche des öffentlichen Lebens zu tragen, nicht nur in Parlamente und Gerichte. Wir werden dabei dem Dilemma nicht entgehen, ein weiteres Mal über Wertepluralismus, die Rolle der Kirchen und das Fehlen gesellschaftlich konsensfähiger Vorstellungen über die Welt im allgemeinen usw. zu reden. Wir werden dabei die philosophische Frage, ob der Mensch alles tun darf; wozu er technisch in der Lage ist, ebenso im Detail beantworten müssen, wie wir zu entscheiden haben, ob Gentechnologie qualitativ etwas völlig anderes und neuar-

tiges ist als alle anderen technischen Eingriffe in die Natur.

In diesen Zusammenhang fällt auch die Bestimmung der Position des Menschen innerhalb oder außerhalb der Natur. Müssen wir nur den Menschen vor dem Menschen schützen, durch Verbote des Arbeitnehmerscreenings und der Keimbahntherapie beispielsweise, oder müssen wir nicht vor allem die Natur vor dem Menschen schützen?

Die Betrachtung des Verhältnisses Mensch-Natur als ein feindliches Gegenüber war solange notwendig, wie der Mensch als hoffnungslos unterlegene Kreatur sich als handelndes Subjekt von seiner eigenen animalischen Naturhaftigkeit zu emanzipieren begann. Doch das Verhältnis hat sich mit der technischen Revolution endgültig umgekehrt. Der Mensch „beherrscht“ die Natur als etwas Äußeres und Objektives einer Kulisse zum Ausagieren seiner nur oberflächlich rationalisierten Triebhaftigkeit.

Doch die Katastrophen mehren sich: Three Miles Island, Seveso, Bhopal, Tschernobyl, Challenger und die Rheinvergiftung sind Menetekel einer aus den



Fugen geratenen technischen Welt. Vielen Menschen wird klar, daß die Entwicklung der Produktionsmittel längst das notwendige Maß überschritten hat. Hunger, Kriege, Naturzerstörung und Seuchen sind keine Belege für fehlende Technik oder mangelnde Naturbeherrschung. Sie weisen ausschließlich auf globale Fehlentwicklungen des menschlichen Wirtschaftens und seiner sozialen Organisation. Viele Menschen beginnen zu begreifen, daß unsere Emanzipation von der äußeren Natur keinesfalls völlige Unabhängigkeit und fehlenden Zusammenhang bedeutet.

Man muß die Natur nicht bis ins kleinste Detail kennen, um sie schützen und den Einklang zwischen Mensch und Natur herstellen zu können.

In solchen Zusammenhängen kommt der Gentechnologie eine einzigartige Rolle zu. Sie verschafft uns Zugriff auf die gesamte stoffliche Steuerung und Entwicklung von Natur und Mensch. Wir sollten da keinen besonderen Unterschied machen und insgesamt von gezielten Eingriffen dieser Art Abstand nehmen. Wir brauchen sie nicht und schaffen uns Hypothesen unbekannter Größenordnung. Dort, wo keine Eingriffe in den Naturhaushalt zu befürchten sind, das Gefahrenpotential für den Menschen gering erscheint und ein gewisser Nutzen nicht von der Hand zu weisen ist, kann aus pragmatischen Gründen eine zeitlang gentechnologisch produziert werden. Viel wichtiger erscheint eine strikte Entkoppelung von Forschung und der Verwertung ihrer Erkenntnisse. Forschung kann und soll nicht unterbunden werden. Sie ist Teil der menschlichen Identität, und die Aufklärung molekularer Lebensvorgänge ist ein faszinierendes und erkenntnistheoretisch wichtiges Unterfangen. Doch das willkürliche Herumbasteln an Nukleinsäuren als Herrschaftsausübung muß in unserem eigenen Interesse ein Tabu werden.

### 3. Bund-Forderungen

- **Genetische Unantastbarkeit des Menschen**
- **Öffentlicher Diskurs über die Gentechnologie auf allen Ebenen, besonders unter Einbeziehung der Schulen und Medien**
- **Entflechtung von Forschung und Anwendung.**

## VII. Zusammenfassung

Die traditionellen Methoden der Pflanzen- und Tierzucht, aber auch die Nutzung von Mikroorganismen bei Gärungs- und Fermentationsprozessen erfahren durch die gezielte Neukombination von Erbmaterial einen tiefgreifenden Wandel. Der Genaustausch über alle von der Natur gesetzten Schranken hinweg wirkt auch bei wohlwollender Betrachtung mehr Fragen auf, als er Probleme lösen kann.

Die gentechnologische Produktion von Medikamenten, Impfstoffen, Diagnostika, Enzymen und anderen Substanzen durch Mikroorganismen ist der bisher aufs Weiteste fortgeschrittene Anwendungsbereich. Abgesehen von Sicherheitsfragen muß die Notwendigkeit solcher Verfahren im Einzelfall geprüft werden. Die mechanistischen Vorstellungen der modernen Medizin haben bei der Erklärung und Behandlung des Krebs' regelmäßig mehr versprochen als erreicht; gentechnologische Ansätze weisen in die gleiche Richtung und müssen daher von jeder menschheitsbeglückenden Überfrachtung befreit werden.

Die Anwendung manipulierter Mikroorganismen in der Landwirtschaft verbietet sich grundsätzlich. Die Freisetzung solcher Organismen schafft Präzedenzfälle, in deren Folge unvorhersehbare ökologische Störungen möglich werden, da einmal entlassene Organismen in eine nicht kontrollierbare Wechselbeziehung zur Umwelt treten.

Der Einsatz der Gentechnologie in der Nahrungsproduktion erscheint im Zusammenhang mit landwirtschaftlicher Überproduktion und einer fortschreitenden Industrialisierung des Agrarsektors ausgesprochen fragwürdig. Die ausschließliche Vorherrschaft der Quantität und die Anpassung an eine Fast-Food-Kultur muß durch verstärkte Anstrengungen zur Verbesserung der Nahrungsqualität durchbrochen werden. Dazu leisten der ökologische Landbau und die direktere Anbindung der Konsumenten an die Produzenten weitaus größere Beiträge als die Gentechnologie.

Die Möglichkeiten des Einsatzes von Mikroorganismen zu militärischen Zwecken zeigt deutliche Gefahren des geziel-

ten Mißbrauchs dieser neuen Technologie auf. Hier kann nur ein klares Verbot mit hohen Strafbewehrungen auf internationaler Ebene Abhilfe schaffen.

Die bestehenden Sicherheitsvorschriften müssen entgegen der bisherigen Praxis verschärft werden. Eine bundeseinheitliche Regelung zur Veröffentlichung aller gentechnologischen Experimente und die qualifizierte Überwachung aller hierzu notwendigen Einrichtungen auf gesetzlicher Grundlage erscheint unabdingbar. Ein ausnahmsloses Freisetzungsverbot und die Beschränkung der Produktionseinheiten auf überschaubare Größenordnungen müssen gewährleistet werden. Die Forschung an Retroviren und „Krebsgenen“ soll möglichst unterbleiben.

Auf der Schwelle zur Anwendung stehen die herbizidresistenten Pflanzen. Abgesehen von der Freisetzungsproblematik bahnen sich dadurch wirtschaftliche Konzentrationsprozesse im agrochemischen Sektor an, deren Auswirkungen die weltweite Krise der Landwirtschaft erheblich verschärfen werden. Die verstärkte Anwendung von Totalherbiziden als Folge solcher Herbizidresistenzen kann nur in die ökologische Sackgasse führen und muß daher unterbunden werden.

In der Tierzucht stehen bisher die Methoden der künstlichen Befruchtung, der In-Vitro-Fertilisation und Zellmanipulation im Vordergrund, doch die Einschleusung fremder Gene macht auch hier zweifelhafte Fortschritte. Eingriffe in die Keimbahn sind dabei keinerlei ethischen Beschränkungen unterworfen. Die Fragwürdigkeit einer Kreuzung von Schaf und Ziege, der Erzeugung identischer Mehrlinge oder der weiteren Erhöhung der Milchleistung von Kühen wird durch die Perspektive, all dies prinzipiell auch am Menschen ausprobieren zu können, ins Absurde gesteigert. Hier müssen klare Grenzen gezogen werden, um den Menschen vor sich selbst zu schützen.

Genetische Testverfahren als Reihenuntersuchungen bei Arbeitnehmern führen zu neuen Formen der Eugenik und müssen grundsätzlich verboten werden. Das Recht des Einzelnen, seine genetische Konstitution nicht zu kennen und niemandem offenlegen zu müssen ist in den Rang eines unveräußerlichen Grundrechts zu erheben.





Der gezielte Eingriff in die Erbsubstanz stellt auf jeder Ebene eine qualitativ neue Form der Naturbeherrschung dar. Die jüngsten Erfahrungen mit dem technischen Fortschritt gebieten allergrößte Zweifel, daß der Natur und dem Menschen dadurch ein positiver Zuwachs be-

schert wird. Jedes gelungene, aber auch viele mißlungene Experimente schaffen unwiderruflich neue Lebensformen; dieser Unterschied zu allen anderen technischen Natureingriffen muß zu größter Vorsicht und im Zweifelsfall zum Verzicht auf die Gentechnologie führen.

## VIII. Glossar

### Aminosäuren

Bausteine der Eiweiße.

### Antikörper

Eiweißkörper, der in den Organismus eingedrungene fremde Eiweiße unschädlich machen kann.

### Art

Freiwillige fruchtbare Fortpflanzungsgemeinschaft von Individuen.

### Artenschränke

Unterschied zwischen den Erbinformationen verschiedener Arten, der gemeinsame fruchtbare Nachkommen verhindert.

### Bakterien

Einzellige Organismen, deren Erbsubstanz keine eigene Hülle besitzt.

### Bakteriophage

Ein Bakterien angreifendes Virus.

### Biotechnologie

Technische Ausnutzung biologischer Systeme.

### Chimäre

Individuen, deren Erbanlagen aus verschiedenen Organismen stammen.

### Chlorophyll

Grüner Blattfarbstoff, maßgeblich an der Photosynthese beteiligt.

### Chromosom

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

### codieren

verschlüsseln.

### DNA (Deoxyribonucleic acid)

Träger der Erbinformation.

### Enzephalitis

Gehirnentzündung.

### Enzym

Eiweißstoff, der als Reaktionsbeschleuniger biochemischer Prozesse dient.

### Eukaryonten

Lebewesen, deren Zellen einen echten Zellkern besitzen.

### Fermentation

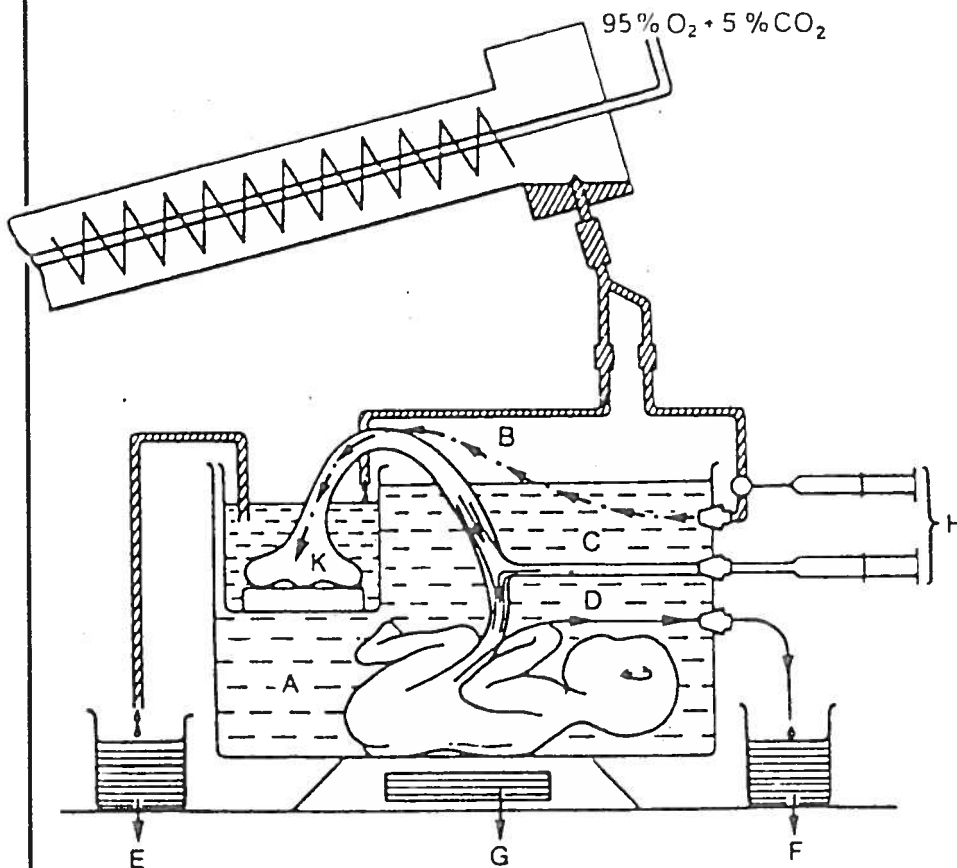
Umsetzung von Stoffen durch Organismen, bzw. Enzyme.

### Gen

Ein Informationsabschnitt der DNA zur Ausbildung eines Merkmals.

### Genetic engineering

Direkter menschlicher Eingriff in die Erbsubstanz (deutsch: Gentechnologie).



Apparatur zur Lebenderhaltung isolierter menschlicher Feten mit Plazenta. — A Gefäß mit Ringer-Milchsäure-Lösung, in der der Fetus schwimmt. — B Durchspülung der Plazenta durch eine Nabelarterie. — C T-Stück in einer Nabelvene zur Durchspülung des Feten. — D Katheter in der anderen Nabelvene zum Ableiten der Nährflüssigkeit. — E Sammelgefäß für verbrauchte Nährflüssigkeit aus dem Plazenta-Gefäß. — F Sammelgefäß für verbrauchte Nährflüssigkeit vom Fetus. — G Wärmeplatte. — H Perfusionspumpen zum Durchspülen. — I Gerät zur Sauerstoffanreicherung der Nährflüssigkeit. — K Plazenta.



### **Genetik**

Die Lehre von der Vererbung.

### **Geninsertion**

Der Einbau von fremdem Erbgut in einen Organismus.

**Haploidisierung** Eingriff an der befruchteten Eizelle zur Teilung des Chromosomensatzes. Auf diese Weise lassen sich experimentell erbgleiche Zwillinge erzeugen.

### **Hefe**

Mikroskopisch kleine Pilze, die z.B. die alkoholische Gärung bewirken.

### **Herbizid**

Chemikalie zur Abtötung von Pflanzen.

### **Kallus**

Aus Pflanzenteilen oder Zellkulturen gezogene Keimlinge.

### **Keimbahntherapie**

Eingriffe in die DNA von Ei- oder Samenzellen, deren Ergebnis vererbt wird.

### **Klone**

Aus einer Mutterzelle entstandene, in ihrem Erbgut völlig identische Individuen oder Einzelzellen.

### **Klonierung**

Das Vervielfältigen eines bestimmten Gens (bzw. einer Gengruppe) oder eines Organismus.

### **Konjugation**

Sexuelle Vermehrung von Bakterien durch Austausch von Erbinformation.

### **Kryokonservierung**

Tiefgefrieren von Embryonen, Sperma oder Eizellen.

### **Ligasen**

Enzyme, die die Verbindung bestimmter Moleküle bewirken.

### **Lipoprotein**

Aus Eiweißen und Fetten zusammengesetzte Substanz, die in Organismen häufig als Transporter für Stoffe dient.

### **Metabolite**

Chemische Zwischenprodukte.

### **Monoklonale Antikörper**

Bestandteile des Immunsystems, die aus einer Zelle gebildet werden.

### **Mycotoxine**

Von Pilzen erzeugte Gifte.

### **Nucleinsäuren**

= DNA oder RNA (eine weitere Träger-substanz der Erbinformation).

### **Operator**

Steuerabschnitt der DNA = Bindestelle für Eiweiß, das die Umsetzung der DNA-Information abschaltet.

### **Parthenogenese** Jungfernzeugung

**Pathogen** Krankheitserregend

**Persistenz** Überlebensdauer

### **Pestizid**

Gift zur Bekämpfung von Pflanzenschädlingen.

### **Phenylketonurie**

Vererbare Stoffwechselerkrankung.

### **Photosynthese**

Aufbau von organischen Molekülen aus Kohlendioxid unter Ausnutzung der Energie des Sonnenlichts.

### **Plasmide**

Kleine ringförmige DNA-Moleküle, die sich unabhängig vom Chromosom ihrer Zelle vermehren.

### **Prokaryonten**

Einzellige Lebewesen, ohne abgegrenzten Zellkern.

### **Promotor**

Bindestelle auf der DNA für bestimmte Eiweißkörper, der die Umsetzung der DNA-Information bewirkt.

### **Restriktionsenzyme**

Enzyme, die in der Lage sind, DNA zu zerschneiden.

### **Somatische Gentherapie**

Reparatureingriffe in die DNA, die nicht vererbt werden.

### **Superovulation**

Gleichzeitige Reifung vieler Eizellen durch Hormonstimulation.

### **Symbiose**

Lebensgemeinschaft zum gegenseitigen Nutzen.

**Thalassämie** Erbkrankheit.

**Toxine** Gifte.

**Vakzine** Impfstoffe.

### **Varietät**

Natürliche Streuung bei der Ausprägung eines Merkmals.

### **Vektoren**

„Transportvehikel“ zur Genübertragung (Plasmide, Viren, Phagen)

### **Vererbung**

Weitergabe von Merkmalen (sowohl morphologisch als auch physiologisch).

### **Virus**

Erreger von Infektionskrankheiten bei Menschen, Tieren, Pflanzen und Bakterien. Sie besitzen keinen eigenen Stoffwechsel, sondern sind auf Wirtszellen angewiesen.

### **Zellkultur**

Züchtung von bestimmten Zellen.

## **IX. Literatur**

*Bernhard, Jörg*

Gen-Technologie, Zukunft aus dem Reagenzglas, BUND Dokumentation, BUND Landesverband Hamburg, 1986

*BMELF (Hrsg.)*

„Biotechnologie und Agrarwirtschaft“, Reihe A: Angewandte Wissenschaft“, Sonderheft Landwirtschaftsverlag GmbH Münster-Hiltrup, 1985

*BMFT (Hrsg.)*

Forschung Aktuell, Biotechnologie, Umschau Verlag, Frankfurt, 1978

*DFG (Hrsg.)*

Datensammlung zur Toxikologie der Herbizide, 3. Lieferung, 1985

*Freimut Duve (Hrsg.)*

Gentechnik als Waffe, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek 1985

*Fehilly, G.B. et al.*

Nature 307: 634-636 (1984)

*Friedrich-Naumann Stiftung*

Genforschung und Genmanipulation J. Schweitzer Verlag, München, 1985

*Gassen et al.*

„Der Stoff, aus dem die Gene sind.“ J. Schweitzer Verlag München: 79-82, 1986

*Genetic Technology News 4 (4), 6, 1984*

*Gehrmann, Wolfgang*

Gen-Technik. Das Geschäft des Lebens Goldmann Verlag, München, 1984

*Gießl und Hurrle*

Pflanzenschutzmittel und Grundwasser, Agrar- und Umweltforschung in Baden-Württemberg, Bd. 8, 1984, S. 26-29

*Guerzoni, M.E. et al.*

Activita mutagenica degli antiparassitari riv. Sci. Tecnol. Alimenti. Nutr. Um. 6, 1976, S. 161-65

*Hauptli, H. et al.*

Genetically Engineered Plants. Environ. Issue, Biotechnology 3, 1985, S. 437-442

*Herbig, Jost (Hrsg.)*

Biotechnik, rororo aktuell 4724 Reinbek, 1981

*Herzfeld, F. et al.*

Gentechnologie in der Landwirtschaft, Naturwissenschaften 72, 1985, S. 582-590



Heyndrickx, A.  
Biological and Chemical Warfare. First world congress, 1984, Ghent, Belgien

Klingmüller, Walter  
Genmanipulation und Gentherapie, Springer Verlag, Berlin, 1976

Kollek, Regine et al. (Hrsg.)  
Die ungeklärten Gefahrenpotentiale der Gentechnologie, J. Schweitzer Verlag, München, 1986

Lewin, R.  
Parkinson's Disease: An Environmental Cause? Science, 19.7.1985, S. 257-58

Lind, V. et al.  
Resistenzzüchtung – ein Beitrag zum integrierten Pflanzenschutz, „Reihe A: Angew. Wissensch.“, Heft 325, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 1986

Lohmann, Michael (Hrsg.)  
Wohin führt die Biologie?  
dtv wiss. Reihe, München, 1977

Murnik, M., R. et al.  
J.Toxicol.Environm. Health 3, 1977, S. 691

Netzer, W.J.  
Engineering Herbicide Tolerance, Biotechnology, 2, 11/1984, S.940-44

Eugene P. Odum  
Biotechnology and the Biosphere, Leserbrief an die Zeitschrift Science, Vol 229, Nr. 4720, 27. 9. 1985

H. J. Obert und P. H.  
„Interferon bei chronischer Polyarthritits“ in Dtsch. med. Wschr. 110 (1985) 1766-1769, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.

Presseseminar Bayer  
9. – 11. 9. 1985 in Große Ledder

Rogers, Michael  
Genmanipulation – Das größte Risiko seit der Atombombe.  
Hallwag Verlag, Bern u. Stuttgart., 1977

Rifkin, J.  
„Genesis zwei“. Rowohlt Hamburg 1986

Scheller, Ruben  
Das Gen-Geschäft,  
Weltkreis Verlag, Dortmund, 1985

Shoemaker, J.P. et al.  
Direct injection of experimental mammary adenocarcinoma with Picloram. Am.J.Med.Sci. 268, 1974, S. 333-335

SIPRI (Hrsg.)  
Gentechnik als Waffe,  
rororo aktuell 5636  
Reinbek, 1985

Spickschen, Ingolf  
Abschlußliste für Pestizide  
ICU 5/1985, S.14-15

Steger, Ulrich  
Die Herstellung der Natur,  
Verlag Neue Gesellschaft, Bonn, 1985

## *In der Reihe BUND-positionen sind bisher erschienen:*

- Nr. 1: **Positionspapier zur finanziellen Lage der Deutschen Bundesbahn und zur zukünftigen Verkehrspolitik im Bereich Schienenverkehr**
- Nr. 2: **Pflanzenschutzrecht. Forderungen des BUND an eine Neufassung**
- Nr. 3: **Verkehrspolitisches Grundsatzprogramm**
- Nr. 4: **Stellungnahme des BUND zu der Regierungserklärung „Unsere Verantwortung für die Umwelt“ von Bundesinnenminister Friedrich Zimmermann**
- Nr. 5: **Bodenschutzprogramm**
- Nr. 6: **Chemikalien in Lebensmitteln und Verbraucherschutz**
- Nr. 7: **Wasserprogramm**
- Nr. 8: **Zur Lage der Landwirtschaft (Agrarpolitisches Grundsatzprogramm)**
- Nr. 9: **Vergraben? Verbrennen? Vergessen? Abfallwirtschaftliches Grundsatzprogramm**
- Nr. 10: **Chemiepolitik**
- Nr. 11: **Ökologischer Pflanzenschutz. Forderungen des BUND nach einer gesundheits-, arten- und umweltverträglichen Reform des Pflanzenschutzgesetzes**
- Nr. 12: **Tempolimit – Weshalb? Argumente zum Tempolimit 100 auf Autobahnen, 80 auf Landstraßen**
- Nr. 13: **Angriff auf ein Fossil. Forderungen des BUND an eine Neugestaltung des Energiewirtschaftsgesetzes**
- Nr. 14: **Wirtschaftsfragen**
- Nr. 15: **Neue Wege in der Flurbereinigung. BUND Forderungen zur Ökologisierung und Demokratisierung des Flurbereinigungsgesetzes**
- Nr. 16: **Gentechnologie – Gedeih oder Verderb?**

„Es ist ein angenehmes Geschäft,  
die Natur zugleich  
und sich selbst zu erforschen,  
weder ihr noch seinem Geiste  
Gewalt anzutun, sondern beide  
durch gelinden Wechsel  
miteinander ins Gleichgewicht  
zu setzen.“

A large, elegant handwritten signature in black ink, which reads 'Goethe'. The signature is written in a cursive style with long, sweeping lines.

(J. W. v. GOETHE)