

# Gentechnologie:

*Ein ebenso heißes wie schwieriges Thema hat unsere neue Serie. Gentechnologie: Ureigene Gesetze des Lebens – nicht nur des menschlichen Lebens – wurden und werden durchbrochen. Erbanlagen sind nicht mehr unabdingbar, sondern werden verfügbar. Leben läßt sich beeinflussen, zum Guten wie zum Bösen. So manche Errungenschaften sind umstritten. Schlagzeilen der letzten Monate sprechen für sich: Schafft Gentechnologie den Hunger ab? – Gentechnologie kaum tauglich im Kampf gegen Hunger. – Erster Freilandversuch mit gentechnisch veränderten Organismen in Deutschland gebilligt. – Genexperiment macht Bakterium hochinfektios. – Manipulation am menschlichen Erbgut kann Segen bringen. – Wissenschaftler warnen vor „konstruierten“ Men-*

## Der Mensch als Ingenieur des Lebens?

NEUE SERIE

*schen. Viele Möglichkeiten faszinieren und machen doch Angst zugleich. Der Autor unserer Serie, Dr. theol. Konrad Hilpert, lehrt zur Zeit als Privat-Dozent Christliche Gesellschaftslehre an der Universität Freiburg. Nach einem grundsätzlichen Aufriß der Problematik in der ersten Folge beantwortet er in einem zweiten Beitrag die Frage: Darf der Mensch alles, was er kann? Ein dritter Artikel zeigt abschließend konkrete Anwendungsmöglichkeiten der Gentechnologie auf.*



# 1. FASZINATION UND ÄNGSTE

KONRAD HILPERT

**J**ene Entwicklung in Naturwissenschaft, Technik und Industrie, die mit dem Stichwort „Gentechnologie“ bezeichnet wird, hat in den letzten Jahren nicht bloß die Biologen, Mediziner und Pharmazeuten beschäftigt, sondern auch die Öffentlichkeit. Das breite Interesse ist sicher auch (aber nicht nur) das Ergebnis der Neugier an dem, was den Menschen bisher verborgen war und worüber sie nicht zu verfügen vermochten. Mehr indes dürfte die Erklärung in zwei anderen Punkten zu suchen sein:

- Einerseits in den Hoffnungen, die durch die neuen Entwicklungen der Forschung geweckt wurden. Sie betreffen ja unter anderem die Heilung von Krankheiten, die Herstellung aufwendiger und teurer Medikamente, vielleicht auch die Aufklärung so bedrohlicher Krankheiten wie Krebs und Aids.
- Der andere Pol, der die öffentliche

Diskussion in Gang hält, sind Sorgen und Ängste, daß der Mensch, wenn er alle technischen Möglichkeiten, die sich ihm hier eröffnen, in die Wirklichkeit umsetzt, sich selbst die Grundlage für ein menschliches Dasein entziehen könnte.

Es geht bei den neuen biologisch-technischen Möglichkeiten keineswegs um Nebensächliches, Zweitrangiges. Vielmehr geht es um das Elementarste, um die Basis des menschlichen Daseins, nämlich das Leben. Und dieses

Leben ist nicht bloß betroffen in der Art und Weise, wie es in den einzelnen Personen jeweils zur Entfaltung gebracht wird, sondern auch in seinem Fortbestand und in der Wahrung seiner bisherigen Gestalten.

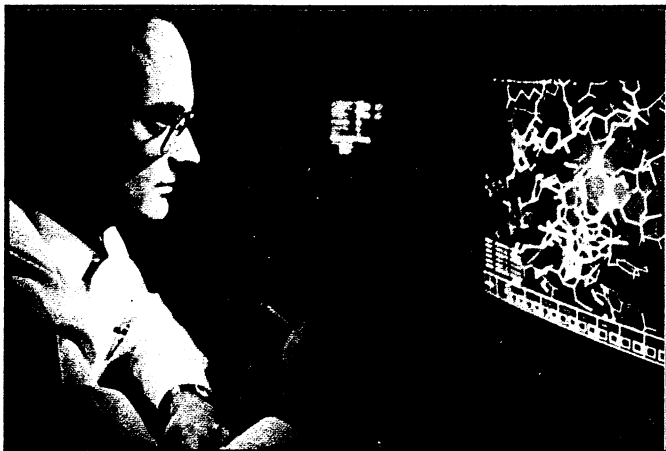
Vieles von dem, was in der Menschheitsgeschichte bis heute als unverrückbare Gegebenheit galt und allenfalls durch eigenes Verhalten und durch Erziehung in bescheidenem Umfang beeinflußt werden konnte, ist nun plötzlich steuerbar geworden oder gibt we-



## Experimente mit Bakterien: Haben die Ingenieure des Lebens alles in der Hand?

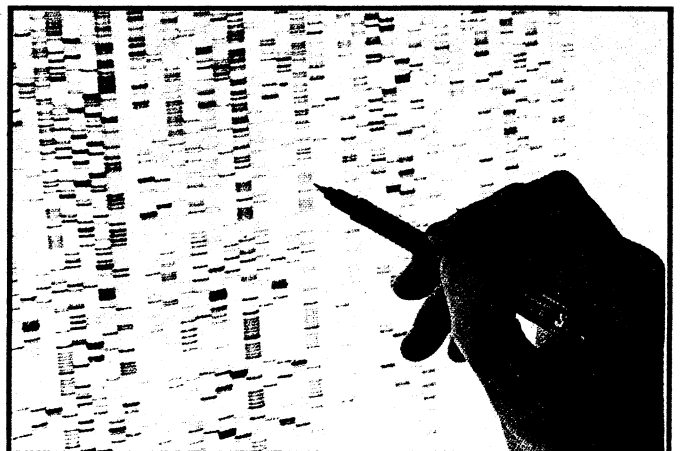
keiten geht, und weil diese Möglichkeiten – vielversprechend die einen, beängstigend die anderen – so Grundlegendes betreffen, eben das menschliche Leben, aber auch das Leben in seinem Fortgang im gesamten, deshalb haben sich in vielen Ländern nicht bloß einige Experten und Journalisten dieses Themas angenommen, sondern auch die Politiker. Regierungen haben eigene Fachkommissionen ins Leben gerufen und sie beauftragt, die Chancen und Risiken zu sichten, die mit den neuen biotechnischen Verfahren verbunden sind, und Vorschläge für staatliche Richtlinien und Gesetze zu erarbeiten. In der Bundesrepublik wurde 1984 eine entsprechende Arbeitsgruppe beim Bundesforschungs- und beim Justizministerium eingerichtet, die vom ehemaligen Präsidenten des Bundesverfassungsgerichts, Ernst Benda, geleitet wurde. Im selben Jahr berief der Bun-

**Ob die Übertragung einer Erbsubstanz gelungen ist, läßt sich an solcher »Tabelle« ablesen; die Striche stellen jeweils einzelne Bausteine eines Gens dar**



### Der Computer macht genetische Informationen im grafischen Bild sichtbar

nigstens Anlaß zur Erwartung, binnen weniger Jahre steuerbar zu sein. Deshalb werden einzelne Gentechniken ähnlich wie die neuen Möglichkeiten der Reproduktionsmedizin, bei der es zum Beispiel um künstliche Befruchtung außerhalb des Mutterleibs geht und die oft mit der Gentechnologie in



einen Topf geworfen wird, fast immer als Sensation empfunden. Mag sein, daß es Gedanken und vielleicht auch Wunschvorstellungen in dieser Richtung da und dort auch schon früher gegeben hat. Mit ihrer Verwirklichung allerdings konnte niemand ernsthaft rechnen.

### Herausforderung für Politik und Gesellschaft

Weil es bei den biologisch-medizinischen Techniken um so neue Möglich-

destag eine Kommission, die 1987 das viel beachtete und sehr reichhaltige Ergebnis ihrer Arbeit vorgelegt hat; der Bericht an den Bundestag „Chancen und Grenzen der Gentechnologie“ ist ein dickes Buch mit über 400 doppel-spaltigen Seiten! Daneben haben auch die einzelnen Bundesländer im Rahmen ihrer Zuständigkeiten Ausschüsse eingerichtet und Anhörungen veranstaltet, welche die Fragen der Nutzung und Förderung der neuen Techniken erörtern sollten. Auch die Standesorganisa-

tionen von Ärzten, Rechtsanwälten und Richtern haben sich intensiv um die Klärung dieser Fragen bemüht. Ebenso haben sich Parteien und Gewerkschaften mit dem Gesamtproblem und mit einzelnen Gesichtspunkten befaßt.

In den öffentlichen Diskussionsprozeß schalteten sich auch die Kirchen ein. Auf theologischer Ebene haben sich einzelne Theologen und Amtsträger schon frühzeitig am Gespräch beteiligt. 1986 erschien dann eine offizielle Handreichung der Evangelischen Kirche Deutschlands zur ethischen Urteilsbildung über „Extrakorporale Befruchtung, Fremdschwangerschaft und genetische Beratung“. Katholischerseits erschien im Jahr darauf eine Verlautbarung der Vatikanischen Glaubenskongregation „Über die Achtung vor dem beginnenden menschlichen Leben und die Würde der Fortpflanzung“.

Bei all diesen offiziellen Bemühungen und Stellungnahmen geht es über die forschungspolitischen, gesellschaftlichen und rechtlichen Einzelfragen hinaus vor allem um zwei Grundprobleme:

● Das erste ist die Frage, wieviel von dem, was technisch machbar ist, auch angewendet werden dürfe und was als unerlaubt zu gelten habe. Woran sich „dürfen“ und „nicht dürfen“ letztlich entscheiden, soll weder Machbarkeit noch auch wirtschaftliche Attraktivität sein, sondern jenes Menschenbild, das auf der Überzeugung vom Eigenwert

## Bauplan des Lebens

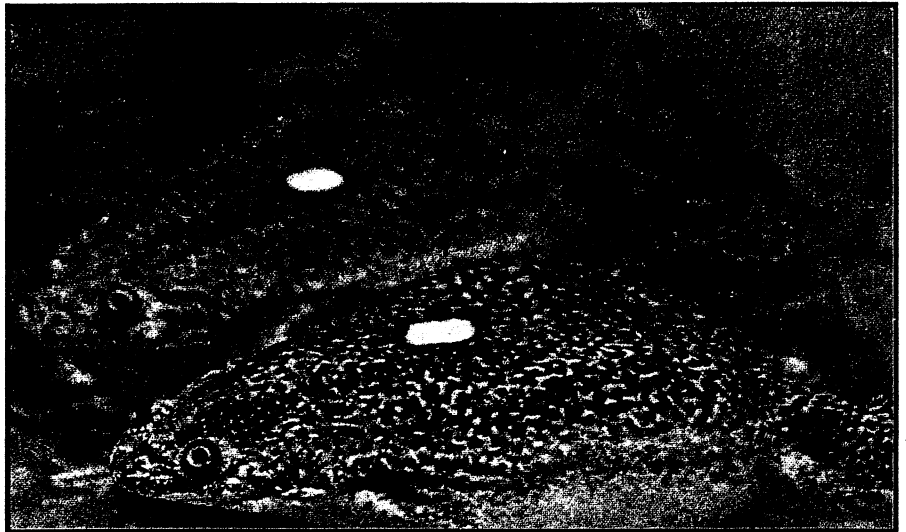
Der „Bauplan“, nach dem ein bestimmtes Lebewesen immer wieder neu entstehen kann, wird von Generation zu Generation vererbt. Er sorgt auch dafür, daß alle Stoffe hergestellt werden, die das betreffende Lebewesen braucht, und daß für die Dauer seines Lebens alle Funktionen innerhalb des Gesamtorganismus aufeinander abgestimmt sind. Dabei enthalten alle Zellen eines Lebewesens, auch wenn sie je nach Organ ganz spezielle Aufgaben haben, dieselbe Erbinformation.

Träger dieses Bauplans ist die Desoxyribonukleinsäure, kurz DNS genannt. Sie findet sich in den Zellkernen als langfädiges, sehr kompliziertes Gebilde mit spiralförmiger Windung. Auf dieser DNS ist die Erbinformation aufgebracht („kodiert“). Die einzelnen Abschnitte,

entscheidenden Durchbruch kam. Die Entwicklung der wissenschaftlichen Erforschung der Gene („Genetik“) seither hat eine wahrhaft atemberaubende Geschwindigkeit angenommen.

Die Sachverhalte verlieren den Charakter des Nüchtern-Sachhaften freilich auch, wenn wir versuchen, uns die Ausmaße, die hier erschlossen wurden, irgendwie vorstellbar zu machen. Dies kann man etwa an Hand folgender Zahlen für den Menschen, die in populären Darstellungen der Genetik zu finden sind: Das vollständige Erbgut eines

**Die hellen Flecken auf den Fröschen markieren Stellen, an denen Gentransplantationen vorgenommen wurden**



## FASZINATION UND ÄNGSTE

jedes Individuums beruht und das Achtung und Schutz dieser Selbstwertigkeit auch zur zentralen Aufgabe von Staat und Recht macht.

● Die zweite Grundfrage, um die es in den offiziellen Erörterungen und Antwortversuchen geht, hängt unmittelbar mit der ersten zusammen und lautet: Wo müssen die Grenzen des Erlaubten auch rechtlich gezogen und gesetzlich befestigt werden, weil sonst grundlegende Rechtsgüter wie Leib und Leben, die Achtung der Selbstbestimmung der Betroffenen bedroht sind oder das Gemeinwohl Schaden nehmen könnte? Der Staat muß ja nicht automatisch überall Verbote erlassen, wo etwas moralisch fragwürdig ist; aber sehr wohl muß er dort tätig werden, wo mit staatlichen Verboten sozial schädliche Mißbräuche verhindert werden können.

die jeweils eine Erbinformation, zum Beispiel Augenfarbe oder Körpergröße, enthalten, nennt man Gene. Ähnlich wie ein Schriftsystem nur aus wenigen Zeichen besteht, die sich dann aber zu unendlich vielen verschiedenen Wörtern und Sätzen kombinieren lassen, wird die Erbinformation in den Genen durch die Kombination von nur vier Bausteinen festgelegt.

Das alles liest sich nüchtern und sachlich. Die tatsächliche Aufklärung dieser Zusammenhänge indes war eine aufregende Geschichte von Beobachtungen, zahllosen Experimenten, Rückschlägen, Zufällen und Schlußfolgerungen, die vor rund 100 Jahren mit den Erbsen-Kreuzungen des Augustiner-Abts Gregor Mendel begann, aber erst durch die Entschlüsselung der DNS durch Watson und Crick 1953 zum

Menschen, das in jeder seiner etwa 60 Milliarden Zellen kodiert ist (!), besteht aus rund 50tausend verschiedenen Genen, die jeweils in doppelter Ausführung vorliegen. Die DNS wird erst bei 200tausenfacher elektronenmikroskopischer Vergrößerung erkennbar und selbst dann erst als feines Fadengewirr. Die DNS einer einzigen menschlichen Zelle ergäbe, auseinandergefaltet, eine Länge von eineinhalb Metern; die Fäden aller Zellen eines Menschen wären aneinandergesetzt immerhin so lang wie die Strecke von der Erde zum Mond!

### »Verpflanzung« von Genen

Die Entdeckung der Gene bedeutete nicht bloß eine Bereicherung des menschlichen Wissens über die Gesetzmäßigkeiten und das Funktionieren des Lebens, wie es Menschen zuvor niemals gehabt haben. Vielmehr gab sie seit den 70er Jahren auch den Anstoß zur Anwendung dieser Erkenntnisse. Diese Anwendung befindet sich

gegenwärtig in einer geradezu stürmischen Entwicklung.

Daß die Erkenntnis förmlich zu Anwendungen herausforderte, liegt wesentlich an folgenden zwei Sachverhalten:

- Die Struktur der DNS ist bei allen Organismen, die es gibt, den Menschen eingeschlossen, dieselbe. Die Information, die das Gen des einen Lebewesens enthält, kann also von den Zellen eines x-beliebigen anderen „verstanden“ und „befolgt“ werden.

- Einzelne Gene lassen sich nicht bloß als Träger einer bestimmten Erbeigenschaft erkennen, sondern auch gegenüber der Rest-DNS isolieren und in die DNS einer fremden Zelle einbringen.

Diese Möglichkeit kann mit Hilfe der sogenannten Restriktionsenzyme verwirklicht werden. Das sind Eiweißstoffe, die wie Scheren ein Gen aus seinem bisherigen DNS-Verband an

Freilich ist auch der umgekehrte Weg denkbar: Ein Virus, das bestimmte Gene in die DNS menschlicher Zellen einbringen kann, vermag diese dann zu zwingen, nach seinem „Programm“ neue Viren herzustellen (glücklicherweise nur unter Überwindung erheblicher Hindernisse).

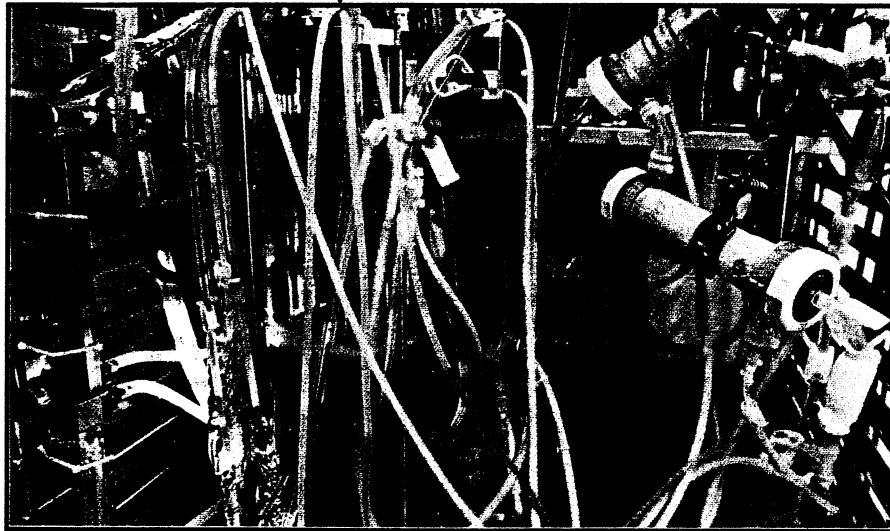
Das Verfahren, die DNS aufzuschneiden und mit isolierten anderen Genen wieder zusammenzukleben, ist das Grundprinzip dessen, was man Gentechnik oder Gentechnologie nennt. (Die Bezeichnung Gentechnologie ist deshalb vorzuziehen, weil sie zum Ausdruck bringt, daß es sich um ein ganzes Bündel von Techniken handelt.)

Diese Technologie der Rekombination ist heute so weit entwickelt, daß sie nicht nur bei relativ einfachen Bakterienzellen gebraucht werden kann, sondern auch bei komplizierten Organis-

tungen und Hoffnungen auf jene Anwendungen, die der Erhaltung und Wiedergewinnung von Gesundheit dienen. Aber auch die Sicherstellung der Ernährung, konkret also die ausreichende Versorgung mit pflanzlichen und tierischen Produkten, ist ein Feld vielversprechender Nutzungen der Gentechnologie. Weitere Bereiche, wo gentechnische Verfahren in Aussicht stellen, schwierige und bedrückende Probleme zu lösen, sind die Erhaltung der natürlichen Umwelt auf einem lebensförderlichen Stand und die Gewinnung beziehungsweise Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe. (Einige solcher Anwendungsmöglichkeiten kommen im dritten Teil dieser Serie näher zur Sprache.)

Es sind allerdings nicht nur die Nutzungsmöglichkeiten, die die Gentechnologie zu einem so wichtigen und weit über den Kreis derer, die unmittelbar damit befaßt sind, interessanten Thema werden ließen. Etwas Weiteres, Generelles kommt hinzu. Mit der Gentechnologie ist innerhalb kürzester Zeit im Bereich des Lebendigen möglich geworden, was im Bereich der unbelebten Natur und in dem der natürlichen Stoffe schon Jahrhunderte früher und verteilt über einen ungleich längeren Zeitraum stattgefunden hat, nämlich: Vorgänge nach menschlichen Zielen und Plänen zu steuern, herbeizuführen, auch zu „erfinden“. Zum ersten Mal in der Geschichte tritt der Mensch nun auch im Bereich selbständigen Lebens als Ingenieur auf.

Es hängt wohl vor allem mit der Neuheit und dem raschen Voranschreiten dieser Entwicklung zusammen, daß sie eine Fülle von Visionen hervorruft. Manche von diesen sind zynisch; andere mögen völlig wirklichkeitsfremd oder – hinsichtlich der Verantwortung der Wissenschaftler, der Kontrollmöglichkeit durch ihre Landesorganisationen und der Leistungsfähigkeit des Rechts – unbegründet pessimistisch sein. Das ändert freilich nichts daran, daß die Entwicklung der Gentechnologie unter völlig anderen Bedingungen als jede bisherige Technik vor sich geht, was die Reichweite der Folgen und Nebenfolgen, die Wahrnehmbarkeit, die Geschwindigkeit und die Rückzugsmöglichkeiten betrifft. Diese wertmäßige Andersartigkeit verbietet nicht schon Gentechnologie, wohl aber den naiven unbefangenen Umgang mit ihr. Jedenfalls müssen hier grundsätzliche Fragen gestellt und beantwortet werden.



ganz bestimmten Stellen herausschneiden können. Dieses herausgeschnittene Gen kann dann durch ein anderes Enzym mit einer ihrerseits aufgeschnittenen DNS fremder Herkunft „zusammengeklebt“ oder, wie man in der Fachsprache sagt, „rekombiniert“ werden.

Wird nun eine solche neukombinierte DNS in eine Zelle zurückgebracht, dann wird das Gen dort im Sinne seines Programms aktiv. Ein bestimmtes Gen vom Menschen, welches das „Rezept“ für die Herstellung eines lebenswichtigen Stoffes enthält, kann also, wenn es in die DNS eines Bakteriums verpflanzt wird, auch von diesem produziert werden. Das erste gentechnische Produkt, das industriell nach diesem Prinzip hergestellt wurde, war Humaninsulin, ein Hormon, das bei Zuckerkrankheit künstlich zugeführt werden muß. Korrekter müßte man statt „hergestellt wurde“ eigentlich sagen: Man läßt durch Escherichia-coli-Bakterien, die von Wissenschaftlern zu Insulinproduzenten „umgebaut“ wurden, Insulin herstellen.

### **Sichtbare Ergebnisse von gentechnischen Experimenten: Zellkulturen im Labor**

men. So hat man beispielsweise das Gen, das bei der Ratte das Wachstumshormon produziert, in die befruchtete Eizelle von Mäusen eingeschleust; auf diese Weise entstanden Riesenmäuse, deren Bilder erst vor wenigen Jahren um die ganze Welt gingen.

### **Neues Können**

Die wenigen Beispiele lassen schon ahnen, was die Gentechnologie so interessant und aufregend macht. Es sind zunächst einmal die Lösungsmöglichkeiten, die sich im Hinblick auf viele dringliche Probleme, die bisher keine befriedigende Lösung fanden, plötzlich eröffnen oder zu denen wenigstens der sichere Lösungsweg erkennbar wird. Dabei richten sich die stärksten Erwar-

Im nächsten Heft:

**Freiheit und Grenzen**