



Bundesanstalt für
Bergbauernfragen

Das Prinzip Verantwortungslosigkeit

Die Folgen der Gen- und Biotechnologie
für die Landwirtschaft

Forschungsbericht

30

BUNDESANSTALT FÜR BERGBAUERNFRAGEN
A-1196 WIEN, GRINZINGER ALLEE 74

**DAS PRINZIP
VERANTWORTUNGSLOSIGKEIT**

**Die Folgen der Gen- und Biotechnologie für die
Landwirtschaft**

Forschungsbericht Nr. 30

Josef Hoppichler

Wien

Juni 1994

unveränderte 2. Auflage

VORWORT

Die Gentechnologie und ihre breite Anwendung in der "modernen" Biotechnologie hat die Landwirtschaft als Zielobjekt anvisiert. Noch nie wurde eine Technologie vom Wissenschafts-, Wirtschafts-, und Politikapparat derart gezielt für die agrarische Anwendung konzipiert, denn die bisher bekannte Mechanisierung und Chemisierung der Landwirtschaft waren zum Großteil nur Nebenprodukte der allgemeinen industriellen Entwicklung, und noch nie waren die Lebensprozesse der Pflanzen und Tiere und die der Lebewesen auf der molekularen Ebene derart mechanisch verfügbar, um sie im Detail menschlichen Nutzkriterien zu unterwerfen und um ihnen neue Eigenschaften, gleichsam am Reißbrett oder im Computer entworfen, zuzufügen. Gen- und moderne Biotechnologie sind von ihrem Potential her eine Großtechnologie mit einer umfassenden ökologischen und sozialen Wirkung.

Direkte landwirtschaftliche Hauptanwendungsbereiche der Gentechnologie sind Tier- und Pflanzenzucht. Doch sind vor allem auch in einem neuen und veränderten Betriebsmitteleinsatz große Veränderungen zu erwarten und es ergeben sich dadurch auch neue Schwerpunktsetzungen und Gewichtsverlagerungen innerhalb und zwischen den Bereichen der Landwirtschaft und der Industrie. In sämtlichen Bereichen, in denen die Industrie auf die moderne Biotechnologie setzt und mit Großanlagen zu produzieren beginnt, läßt sich direkt oder indirekt - selbst auf oft verschlungenen Wegen - eine ökonomisch und ökologisch bedeutende Verbindung mit dem land- und forstwirtschaftlichen Urproduktionssektor im umfassenden Sinne (z.B. inklusive der Bewirtschaftung der Wälder und der natürlichen Gewässer) herstellen, da die Biotechnologie immer mit organischen Substanzen als Roh- und Nährstoffe arbeiten muß, und diese nur aus der Bewirtschaftung natürlicher Ökosysteme stammen können.

Damit wird die Land- und Forstwirtschaft zu einem Schlüsselsektor für eine breite industrielle Anwendung der Gen- und Biotechnologie.

Lebensmittel- und Futtermittelindustrie haben bereits eine lange Tradition in der industriellen Verarbeitung und das Möglichkeitsfeld dafür wird durch die neuen Technologien enorm erweitert. Nachwachsende Rohstoffe sind ein beliebtes Vokabel der agrarpolitischen Diskussion seit der Energiekrise, und dieser Begriff hat durch das Potential der Gentechnologie und der neuen Biotechnologie eine zusätzliche Bedeutung erhalten.

Die Thematik der Auswirkungen der Gen- und Biotechnologie auf die Landwirtschaft wird im Rahmen dieser Arbeit in einem sehr breiten Kontext gesehen, denn neben der Lebensmittelbiotechnologie haben Anwendungsgebiete, wie Umweltbiotechnologie, neue Chemikalien, Werk-, Naturstoffe, Pharmazeutika usw. die Land- und Forstwirtschaft fast immer als Rohstofflieferant (und/oder als Abnehmer), und die Agrarökosysteme sind vom allgemeinen Industriesystem und dessen Problemen nicht zu trennen. Auch die medizinische Anwendung hat die "Tiermodelle" als Experimentierfeld und die "Erfolge" der Humanmedizin lassen sich bei den anderen Lebewesen, teilweise unmittelbar, in ökonomische Gewinne umwandeln.

Es ist auch kaum möglich, wenn man eine so weitreichende Technologie wie die Gentechnologie als Untersuchungsgegenstand vor sich liegen hat, sich der Frage zu entziehen, welche menschlichen Werte diese enorme Eingriffstiefe in unsere Mitlebewesen und in uns selbst begründen könnten, oder welche menschlichen Werte uns davon abhalten

könnten, das Leben nur mehr als "wertfreies" wissenschaftliches Objekt zu sehen. Erkenntnistheoretische und ethische Aspekte sind nicht nur Inhalte der dafür vorgesehenen Spezialwissenschaften, sondern verlangen auch im Konkreten nach einer Anwendung und werden eben durch das Denkbare der Gentechnologie neu gewichtet.

In der vorliegenden Studie werden schwerpunktmäßig die agrarischen Anwendungsmöglichkeiten der Gen- und modernen Biotechnologie in der Tier- und Pflanzenzucht, in der Ernährungswirtschaft und in der Umweltbiotechnologie aufgezeigt und in bezug auf die ökologischen und wirtschaftlichen Implikationen diskutiert. Auch die Politikstrategie der "nachwachsenden Rohstoffe" für die Industrie und zur Energiegewinnung wird einer kritischen Analyse zugeführt.

Ein besonderer Schwerpunkt wird auf die Risikodimensionen der Gentechnologie gelegt. Dargestellt werden der gesellschaftspolitische Kontext und die dabei offensichtliche Kontroverse der Natursichten und der evolutionstheoretischen Ansätze. Auch auf die konkrete Risikodebatte in bezug auf die Gentechnologie wird eingegangen und der Systemzusammenhang mit der Komplexität und der möglichen Instabilität der Agrarökosysteme hergestellt.

Neben Fragen der Patentierung und Lizenzierung "höherer Lebensformen" nimmt vor allem die Diskussion der sozialen Auswirkungen der Gen- und modernen Biotechnologie, insbesondere in bezug auf die Agrarstruktur und auf das besondere Sozialgefüge, das darin herrscht, breiten Raum ein. Ansätze für eine Theoriebildung der Sozialwirkung von Technologien werden entwickelt und die zukünftigen "neuen Werkzeuge" im Spiegel der historischen Zusammenhänge der Sozialwirkungen vergangener und gegenwärtiger angewandter Agrartechnologien gesehen. Es erfolgt eine Diskussion der verschiedenen Konzepte, die neuen Technologien in die Landwirtschaft einzubringen, und es werden die möglichen Transformationen innerhalb des Agrarkomplexes inklusive einer weiteren Integration in das Industriesystem abgebildet. Die Darstellung der möglichen Auswirkungen der Gen- und modernen Biotechnologie auf die nach wie vor zum Großteil bäuerlich strukturierte Landwirtschaft erhält dadurch besondere Konturen, denn die Hypothesen in den Vorhersagen möglicher Entwicklungen werden in eine mehrdimensionale Kausalität gebracht. Der Frage, ob die Landwirtschaft die Gentechnologie braucht oder umgekehrt, wird ein eigenes Kapitel gewidmet.

Die vorliegende Arbeit erhebt in keiner Weise Anspruch auf Vollständigkeit, denn allein die Dynamik in den modernen "Technologieapparaturen" würde dem widersprechen. Diese Arbeit ist ein Zwischenergebnis, um auf dem Weg der Menschen in die Zukunft mitzuhelfen, eine Grenze zu finden, damit die "Überlegenheit" der menschlichen Intelligenz nicht zum alleinigen Kriterium einer weiteren Evolution wird und damit die Menschen ein "natürliches" Maß für ihre Werkzeuge finden.

Eine begleitende kritische Untersuchung der neuen Technologien - sie sollte auch Verbindlichkeit erlangen - muß andauern, es sind auch die Perspektiven vieler anderer Wissensgebiete abzufragen, und man sollte sich auch der Grenzen einer kausalanalytischen, und nach menschlichen Nutzenkriterien sich orientierenden, Interpretation der Naturvorgänge bewußt sein.

Stellungnahme des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft zum vorliegenden Forschungsbericht:

Bio- und Gentechnologie im Widerstreit der Meinungen

Seit der Hominide sich zum Homo erectus aufrichtete, sich in Jahrzehntausenden zum Homo faber und schließlich zum Homo sapiens entwickelte, begleitet ihn auf diesem Weg ein mächtiger Urtrieb: die Neugierde. Wissenschaft und Forschung heißen die Zauberwörter.

"Die neue Biotechnologie hat in Teilbereichen einen Entwicklungsstand erreicht, der eine verantwortliche Bewertung des technisch Machbaren erfordert", heißt es im Bericht "Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft" (Berlin, 1989), der von zahlreichen Wissenschaftlern verfaßt wurde, die sich eingehend sowie umfassend mit diesem wirtschafts- wie auch gesellschaftspolitisch widersprüchlichen, oft auch sehr emotional diskutiertem Thema befassen.

Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft hat im Arbeitsprogramm 1990 die Bundesanstalt für Bergbauernfragen beauftragt, sich mit möglichen Auswirkungen der Gen- und Biotechnologie auf die Landwirtschaft zu befassen. Der Autor ist mit der vorgelegten Studie diesem Auftrag umfassend nachgekommen, was im Ressort zu unterschiedlichen Beurteilungen führte, wobei grundsätzliche Auffassungsdifferenzen auch im Rahmen einer eingehenden Beratung des Berichtsentwurfes mit dem Verfasser Dipl.Ing. Hoppichler nicht konsensfähig bereinigt werden konnten.

Die Stellungnahmen der befaßten Abteilungen im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft sowie verschiedener Bundesanstalten wurden der Bundesanstalt für Bergbauernfragen mit der Auflage um Berücksichtigung zur Verfügung gestellt.

Im Sinne einer breiten Meinungsbildung sowie Sachverhaltsdarstellung wurde die Studie zur Publikation freigegeben, obwohl sie hinsichtlich der Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenproduktion, Fragen des Sortenschutzes betreffend sowie in Bezug auf Probleme nachwachsender Rohstoffe nicht in jedem Fall jenen Meinungsstand wiedergibt, den das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft in Realisierung einer zukunftsorientierten Agrarpolitik zur Sicherung einer flächendeckenden bäuerlichen Landwirtschaft vertritt.

Verantwortungsbewußt handeln

Verständnis und Nutzung der Natur im Dienst des Menschen sind nur auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse möglich. Unsere Gesellschaft kann auch in Zukunft auf einen verantwortungsbewußten technischen Fortschritt nicht verzichten. Die Gentechnologie ist als zentrales wissenschaftliches Instrument zum Verständnis der Natur und die darauf aufbauende Biotechnologie als zukunftsweisende Schlüsseltechnologie zu bewerten.

Angesichts dieser Situation wurde vor zwei Jahren von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften eine Kommission für "Rekombinante Gentechnik" gegründet. In dieser Kommission wurden Vertreter verschiedener Fachgebiete - Biochemie, Molekularbiologie, Virologie, Botanik, Immunologie - berufen, außerdem Juristen, zwei Philosophen und Vertreter der pharmazeutischen Industrie. Diese Kommission sollte vor allem erheben, wo und in welchem Ausmaß in Österreich gentechnische Methoden verwendet werden.

Daß dieser Forschungszweig auch Gefahren durch menschliches Fehlverhalten sowie durch Mißbrauch in sich birgt, ist allerdings ein Argument für gesetzliche Regelungen auf diesem Gebiet. Scharlatane gibt es immer und überall.

Gentechnologie gibt aber auch Hoffnung. Interferon beispielsweise, ein Stoff, der das Immunsystem stärkt, ist von einer so hohen Komplexität, daß es mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand in keinem Labor synthetisch hergestellt werden kann. Mit Hilfe der Gentechnik ist die Erzeugung in der medizinisch notwendigen Menge aber möglich. Wenn es je gelingen soll, einen Impfstoff gegen AIDS zu entwickeln, dann nur durch die Gentechnik. Die Massenkrankheit Krebs kann wahrscheinlich nur mit gentechnologischen Methoden wirksam bekämpft werden. Diese Beispiele sollten nur dazu dienen, die forschungspolitische Dimension der Gentechnik zu dokumentieren.

"In fast zwanzig Jahren gentechnischer Forschung in Hunderten von Laboratorien hat es weltweit nicht einen Zwischenfall gegeben, bei dem Menschen oder die Umwelt zu Schaden gekommen wären. Alle diesbezüglichen Verdächtigungen von fundamentalistischen Kritikern haben sich letztlich als haltlos erwiesen." schreibt Univ. Prof.Dr. Günther Kreil (Salzburger Nachrichten, 25.April 1992).

Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft geht bei seiner forschungspolitischen Orientierung auf diesem Gebiet von folgenden Grundüberlegungen aus:

- Wissenschaftliche Leistungen sollen auf breiter Ebene weitergefördert und ermöglicht werden;
- die Innovationsvoraussetzungen für die gesamte Land- und Forstwirtschaft sind zu verbessern;
- Chancen und Risiken moderner Technologien sind verantwortungsbewußt zu bewerten, gesellschaftliche, ökonomische und ökologische Auswirkungen auf die Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft darzulegen;
- Forschungs- und Entwicklungsvorhaben auf besonderen Gebieten staatlicher Daseins- und Zukunftsvorsorge sind insgesamt zu unterstützen.

Die notwendige Technologiefolgenabschätzung der Gen- und Biotechnologie ist aber von der jeweiligen Ausgangsbasis, von der die Menschen Natur, Gesellschaft und sich selbst als Teil des Ganzen sehen, zu beurteilen.

Die Betrachtung ist daher vielfältig und weit gestreut. Interpretieren einer neuen Ethik, wie z.B. Erich Fromm (Haben oder Sein), stellen unsere derzeitigen Positionen gegenüber der Natur folgendermaßen dar: "Das Verhältnis des Menschen zur Natur wurde zutiefst feindselig. Wir Menschen sind eine Laune der Natur, denn aufgrund unserer Existenzbedingungen sind wir Teil der Natur, doch aufgrund unserer Vernunftbegabung transzendieren wir sie. Wir haben versucht, dieses Problem unserer Existenz dadurch zu lösen, daß wir die messianische Vision der Harmonie zwischen Menschheit und Natur aufgaben, indem wir uns die Natur untertan machten und für unsere eigenen Zwecke umgestalteten, bis aus der Unterjochung der Natur mehr und mehr deren Zerstörung wurde. Unser Eroberungsdrang und unsere Feindseligkeit haben uns blind gemacht für die Tatsache, daß die Naturschätze begrenzt sind und eines Tages zur Neige gehen können und daß sich die Natur gegen die Raubgier der Menschen zur Wehr setzen wird".

Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft unterstützte die Herausgabe dieses umfassenden Forschungsberichtes, der vor allem die Meinung des Autors wiedergibt, wohl

wissend, daß es vielfältige und widersprüchliche Ansichten gibt, die auch in den verschiedenen Stellungnahmen einschlägiger Fachabteilungen und Bundesanstalten im Ressortbereich zum Ausdruck kommen. Den umfassenden Beurteilungen der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft in Gumpenstein und für Milchwirtschaft im Wolfpassing ist zu entnehmen, daß es sich bei der vorliegenden Arbeit insgesamt aber um ein interessantes und kritisches Nachschlagwerk handelt und "ein wertvoller Beitrag zur öffentlich nachgefragten Meinungsvielfalt" zu diesem Thema geleistet werden kann.

Min.Rat Dip.Ing. Dr.G.Poschacher
Abteilung II A 5

WARNUNG an den LESER

**"... Es handelt sich nicht
um eine wissenschaftliche
Studie, sondern um ein
politisches Pamphlet..."**

Aus einer Stellungnahme zu dieser Studie

1. PROBLEMDEFINITION UND GRUNDTHESEN

Die Gentechnologie als die Gesamtheit der Methoden zur Charakterisierung und Isolierung von genetischem Material zur Bildung neuer Kombinationen genetischen Materials sowie zur Wiedereinführung und Vermehrung des neukombinierten Erbmaterials in andere biologische Umgebung¹ ist ein menschliches Werkzeug und weist einerseits jene Allgemeinheit mit menschlichen Tätigkeiten auf, daß man sie z.B. mit dem Holzhacken oder mit der Elektrotechnik vergleichen kann und andererseits bringt sie wie jede andere Technologie ganz neue Qualitäten mit sich, die die Einzigartigkeit ihrer Entdeckung begründen.² Das 20. Jahrhundert hat sich im Hervorbringen neuer Technologien geradezu überboten und man könnte sie auf hunderten von Seiten kaum aufzählen. Doch die Meilensteine sind zweifellos die Entdeckung der Atomtechnologie, die Mikroelektronik und seit Anfang der 70er Jahre die Gentechnologie. Man sprach bereits vom Atomzeitalter. Wir leben anscheinend an der Kippe von Industriegesellschaft zur Informationsgesellschaft, und wir beginnen seit 20 Jahren die Mechanik oder die Physik und die Chemie des Lebens anscheinend zu verstehen und mit dem Verstehen sie zu ändern.

Technologien dieser Größenordnung haben eines gemeinsam. Sie setzen bei den kleinsten für Menschen erkennbaren und zumindest teilweise manipulierbaren Teilchen von Materie an - bei den Atomen, Elektronen und bei den Molekülen - und versetzen im übertragenen und im wörtlichen Sinne Berge. Die Macht und die Wirkung dieser Technologie wären für einen Menschen vor über hundert Jahren vollkommen unverständlich gewesen, und für einen Menschen im Mittelalter hätte unsere Realität eine absolute Wahnvorstellung bedeutet.

Technologien dieser Art haben neben der Gemeinsamkeit der Größe durch die kleinsten Teilchen aber auch das Potential, die Menschheit als Ganzes zu vernichten. Bei der Atomtechnologie wäre der Beweis für diese Behauptung leicht zu erbringen. Bei der Mikroelektronik erscheint er am schwierigsten. Es läßt sich aber letztlich auch eine menschliche Vorstellung darüber gewinnen, sofern es gelingt echte künstliche Intelligenz hervorzubringen, die sich selber gedanklich und materiell reproduziert und der man dann den Gedanken und die Macht zutrauen muß, daß sie zum Menschen als Träger von natürlicher Intelligenz "nein" sagt. Man vergleiche nur den Streit über die Möglichkeit von künstlicher Intelligenz im Spektrum der Wissenschaften 3/90³. Bei der Gentechnologie wiederum läßt sich ein für die Menschheit katastrophaler Fall relativ leicht hypothetisch herleiten. Natürlich sind dies immer nur Hypothesen über die negativste weitreichende Wirkung dieser Technologien, weil ein experimenteller Beweis dafür nicht führbar ist. Aber die Auswirkungen müssen nicht nur - selbstverständlich vom "subjektiven menschlichen" Standpunkt aus betrachtet - in negativer Hinsicht sein. Jede andere Wirkungsrichtung, ohne hier eine Bewertung anzusetzen, ist genauso mächtig. Daraus folgt die erste Grundthese dieser Arbeit:

¹ Definition aus "Chancen und Risiken der Gentechnologie" Bericht der Enquete-Kommission des 10. Dt. Bundestages, Bonn 1987, S.7.

² Man vergleiche dazu: DESSAUER, Friedrich: Streit um die Technik. Freiburg im Breisgau 1959.; Auch Versuche Technik und Technologie zu definieren finden sich darin.

³ SEARLE, John R.: Künstliche Intelligenz I: Ist der menschliche Geist ein Computerprogramm? In: Spektrum der Wissenschaften 3/90, Heidelberg 1990.

CHURCHLAND, Paul M. u. CHURCHLAND Patricia Smith : Künstliche Intelligenz II: Ist eine denkende Maschine möglich? In: Spektrum der Wissenschaften 3/90, Heidelberg 1990.

1. Eine Großtechnologie, wie sie die Gentechnologie ist, hat große Auswirkungen auf das "Raumschiff" Erde.

Das betrifft die Natur, die Kultur, die menschliche Gesellschaft und den Menschen als Individuum; und das betrifft jeden von uns, egal ob wir uns als Objekte oder mitdenkende und mithandelnde Subjekte sehen.

Die weitere grundsätzliche Überlegung geht davon aus, daß der Mensch als Sucher, wenn er etwas findet, es auch bearbeitet und anwendet. Im Prinzip ist dies ebenfalls ein Allgemeines jeder Technologie und das Gegenteil davon bzw. ein Verzicht auf eine Technologie ist noch nie eingetreten. Man hätte ja nicht danach gesucht, wenn es kein Ziel einer Problemlösung gegeben hätte, und man würde es nicht anwenden, wenn das Gefundene keinen Zweck erfüllen würde, selbst wenn er noch so schnöde oder dummlich sei.

Im Prozess der sozialen Einbettung der Technologien - und jede Technologie existiert innerhalb von gesellschaftlichen Prozessen - hat man es immer mit einem Problem der Grenzfindung zu tun, und selbst wenn diese Grenzen über das für die Menschheit und für die Natur erträgliche Maß bei weitem hinausgehen (vgl. z.B. das Auto), so sind immer Grenzen gegeben:

Auch die Industrialisierung kennt Grenzen bzw. wäre es für die Menschen wünschenswert, daß sie annehmbarere Grenzen findet. Auch die Atomtechnologie kennt Grenzen bzw. wäre die zumindest zig-tausendfache Verengung der Grenzen für die Menschheit wünschenswert. Auch die Computerwelt verlangt nach Grenzen usw. Im übertragenen Sinn gleicht der Vorgang der Grenzfindung einem steten Kampf zwischen einer grenzenlosen Ausdehnung von Technologien und ihren Gegenkräften, sie auf ein menschliches und natürliches Maß zurückzuführen. Technologie ist das andauernde Überschreiten von Grenzen.

Dies ist vielleicht auch eine der grundlegenden Entdeckungen der Industriegesellschaften der letzten 20 bis 30 Jahren gewesen, daß Technologien im Bezug auf unsere Umwelt Grenzen finden müssen. Am offensichtlichsten manifestiert sich diese Neuheit eben im Begriff des Umweltschutzes, der mit den modereren Technologien 1 zu 1 verbunden ist und der als politische und gesellschaftliche Kategorie erst entdeckt wurde, wobei er auf das Individuum und lokal, als auch auf die Gesamtgesellschaft und global zutrifft. Technologien, da sie von den gesellschaftlichen Prozessen nicht getrennt werden können, sind somit eine immanent politische Kategorie.

Die Frage, ob die Technologien die Gesellschaft steuern oder umgekehrt, ähnelt einem Henne-Ei-Problem, jedoch erscheint die Umkehrung für die Menschheit vorteilhafter bzw. ist dies zur Lösung von Umweltproblemen - seien sie globaler oder lokaler Art - die Voraussetzung. Darin wurzelt das große Fragezeichen der "postindustriellen" Gesellschaft, und es ist die primäre kulturelle Herausforderung an die "Postmoderne", wie sie mit den "unerwünschten" Nebenprodukten ihrer Werkzeuge verfährt, und es ist eine Antwort auf die Frage zu geben, was sie mit ihren Werkzeugen überhaupt vor hat.

Ein grundsätzliches Phänomen jeder Technologie scheint zu sein, daß die Grenzfindung im gesellschaftlichen Adaptionsprozess immer nach der Versuchs-Irrtumsmethode stattfindet. Der Mißbrauch der Technologie ist immer mit eingeplant oder besser gar nicht davon zu trennen. Anders verhält sich diese Methodik aber bei den modernen Großtechnologien,

denn der Irrtum kann verheerende Ausmaße annehmen. (Vielleicht war es ein Segen für die Menschen, daß der erste Atombombenabwurf zu einem so frühen Zeitpunkt erfolgte, oder daß Tschernobyl entgegen den Wahrscheinlichkeitsprognosen so schnell passierte.) Ein weiteres Kennzeichen moderner Großtechnologien ist, daß sie sich einer Rückholbarkeit in weiten Bereichen entziehen. Mit dem Atommüll müssen die Menschen leben. Einmal freigesetzte manipulierte Mikroorganismen kann man nicht wieder zurückholen. Am besten können die Menschen sich noch der Mikroelektronik entschlagen - dies erklärt auch teilweise ihre hohe gesellschaftliche Akzeptanz (vgl. später Kapitel 2). Das heißt, bei der Anwendung von modernen Großtechnologien, insbesondere bei der Atom- und Gentechnologie, benötigen die Menschen eine andere Methodik, als die "Korrektur nach Irrtum" zur Grenzziehung heranzuziehen. Damit sei die zweite Grundthese für diese Arbeit gegeben:

2. Die Gentechnologie, nachdem sie einmal gefunden worden ist, wird auch angewendet, weil sie auch einen bestimmten Nutzen für die Menschen verspricht.

(Man kann sich zwar dem hohen idealistischen Ziel verschreiben, zu verhindern, daß sie auch nur irgendwo überhaupt angewendet wird. Jedoch besitzt ein solches Ziel keine realistische Perspektive mehr.) Es geht aber darum, möglichst früh sehr enge Grenzen zu ziehen, um einen katastrophalen Irrtum auszuschließen und prospektiv möglichst umfassend ihr Risikopotential auszuloten. Selbstverständlich kann diese Prospektion - man befindet sich ja auf dem Gebiet der Zukunftsforschung - nur hypothetisch sein. Die gesellschaftliche Akzeptanz einer solchen Vorgangsweise, sie anstatt der Versuchs-Irrtumsmethode zur Grenzziehung für die Anwendung der Gentechnologie heranzuziehen, wäre eine soziale und politische Innovation.

Die Zielsetzung und Problemsicht für diese Arbeit ist damit insofern abgesteckt, als es darum geht, einen Beitrag auf dem Gebiet der agrarischen Anwendung der Gentechnologie zu leisten, um an der Grenzziehung bei der Anwendung der Gentechnologie mitzuwirken, und um einen gesellschaftlichen Prozess der Grenzfindung bei Einführung dieser neuen Großtechnologie möglichst frühzeitig einzuleiten oder dazu anzuregen. Es kann nur ein kleiner Beitrag sein, da einerseits auf vielen anderen gesellschaftlich relevanten Wissensgebieten Arbeiten dazu notwendig sind, und auch innerhalb der Agrarwissenschaften noch sehr viele Zusammenhänge über das hier Vorzustellende hinaus aufgezeigt werden müßten, und da andererseits ein gesellschaftlicher Diskussionsprozeß - Günther ALTNER 1990⁴ spricht von einem "breiten gesellschaftlichen Diskurs" - letztlich notwendig ist, um vor einem großen Fehler eine Grenze zu finden oder um eben der prospektiven - hypothetischen Methode als verbindliches Instrument dafür zur Akzeptanz zu verhelfen.⁵

⁴ ALTNER, G.: Die nachgebesserte Schöpfung - Philosophische und ethische Aspekte der Gentechnologie. Vortrag an der Univ. für Bodenkultur, Wien 2. März 1990.

⁵ Es ist in diesem Sinne ein Versuch nach Hans JONAS (1979), der in seinem Buch "Das Prinzip Verantwortung" (S 62) schreibt: Dieses (immer noch theoretische) Real- und Eventualwissen bezüglich der Tatsachensphäre schiebt sich also zwischen das Idealwissen der ethischen Prinzipienlehre und das praktische Wissen bezüglich der politischen Anwendung, das erst mit diesen hypothetischen Befunden über das zu Erwartende - und entweder zu Befördernde oder zu Vermeidende - operieren kann. Es muß also eine Wissenschaft hypothetischer Vorhersagen, eine "vergleichende Futurologie" ausgebildet werden." (Zitatende)

2. DIE UNTERSCHIEDLICHEN QUALITÄTEN DER MODERNEN GROSS- TECHNOLOGIEN: ATOM-, INFORMATIONS- UND GENTECHNOLOGIE

Auf die Gemeinsamkeit dieser drei Technologien wurde schon hingewiesen und ihr allgemeines hypothetisch herleitbares Risikopotential einleitend angesprochen. Trotzdem lassen sich diese drei Technologien nicht in ihren Eigenschaften und Wirkungen gleichsetzen, sondern weisen äußerst unterschiedliche Qualitäten auf. In Übersicht 1 wurde versucht die bedeutendsten Qualitäten vergleichend - sofern dies überhaupt möglich ist - gegenüberzustellen.

Die Elektronik als Träger der modernen Informationstechnologie ist insofern von besonderer Bedeutung, als sie in den modernen Industriegesellschaften eine relativ hohe Akzeptanz aufweist und eine sehr geringe gesellschaftliche Gegenwehr gegen ihre Einführung bestanden hat und besteht, während die Atomtechnologie auch in ihrer friedlichen Anwendung zweifellos umstritten ist.

Die Gentechnologie ähnelt der Elektronik in folgenden Kriterien mehr als der Atomtechnologie: Sie ist relativ dezentral machbar, wenn auch nur Spezialisten mit ihr aktiv umgehen können. Sie gleicht darin der traditionellen Chemie und ist an Labors gebunden. Die Informationstechnologie dagegen ist vollkommen dezentral und ermöglicht es fast jedem Benutzer aktiv tätig zu werden. Die Gentechnologie ist nicht wie die Atomtechnologie an wenige Produkte gebunden, sondern ist eine Innovation in vielen Bereichen (Chemie, Pharmazie, Medizin), bringt neue Produkte und bietet sich als Hilfsmittel zur Effizienzsteigerung in traditionellen Sparten der Biotechnologie und der Agrartechnologien an. Ihre industrielle Anwendungsmöglichkeit ist technisch und ökonomisch gegeben und sie kann sogar zum Großteil auf die vorhandene Infrastrukturen der Chemie und traditionellen Biotechnologie aufbauen. Dies ermöglichte aber auch die beschleunigte Überführung der naturwissenschaftlichen Grundlagenerkenntnisse in den industriellen Prozess. Die weitere Entwicklung, Erprobung und Kontrolle unterliegt in weiten Bereichen dem ökonomischen Kalkül und den Interessen daraus, ohne daß ein dialektischer Reifeprozess die Technologie begleitet.

Mit der Atomtechnologie verbindet die Gentechnologie die geringe Fehlertoleranz oder - anders ausgedrückt - ihr hohes Schadenspotential bei Fehlern. Deshalb benötigt sie auch verschiedene Sicherheitsvorkehrungen bei ihrer Anwendung wie physikalische und biologische "Containments" (Sicherheitslabors oder eingebaute Selbstzerstörungsmechanismen bei freigesetzten Organismen). Sie ist ähnlich wie die Atomtechnologie absolut nicht zum Spielzeug geeignet, und es ist kaum vorzustellen, daß eine neue Kunstrichtung wie die "Ars-electronica" aus ihr hervorgeht.

Auch wirft sie zutiefst die Existenz des Menschen betreffende ethische Fragen auf. Die Frage nach der Verantwortbarkeit, das Sein eines großen Teils der Menschheit oder die Menschheit überhaupt in ihrer Existenz zu gefährden, oder die Verantwortbarkeit dafür, daß die Möglichkeit besteht, die evolutionär entstandene genetische Vielfalt nach menschlichen Nutzenkriterien vollkommen umzubauen, - die existentielle Wette also, daß nichts passiert - steht im Zusammenhang mit der Gentechnologie im Raum und verlangt zweifellos nach einer Antwort oder zumindest nach Grenzen, die von den Menschen rational und emotional akzeptiert werden können.

Übersicht 1: Die Qualitäten der Großtechnologien: Atomtechnologie, Mikroelektronik, Gentechnologie

ATOMTECHNOLOGIE	ELEKTRONIK	GENTECHNOLOGIE
	Raum	
Benötigt einzelne begrenzbare Großindustrieanlagen, die räumlich relativ begrenzt sind. Raumwirkung: absolut zentral	Benötigt im Prinzip kaum einen Raum; ersetzt Dateikästen, Büroordner; ist klein und leicht transportierbar; ist primär in Büros, Fabrikhallen und Maschinen lokalisiert "; ist überall und doch fast nicht sichtbar". Raumwirkung: dezentral überall und dort, wo die Industriegesellschaft ist.	Benötigt unbegrenzten Raum bei absichtlicher Freisetzung. Ist aber auch in Gen-labors und Bioreaktoren lokalisiert, wobei Kleingruppen von high-tech-Ingenieuren genügen. Ist auch unter bestimmten Bedingungen überall Raumwirkung: halbzentral bis dezentral
	Zeit	
Verlangt nach einer Zeitstabilität von mehr als 1000 Jahren bei Endlagerung, obwohl nur 20 bis 30 Jahre Nutzung eines Atomkraftwerkes Zukunftsbezug: Was ist, ist und dies mit einem sehr langen Zeithorizont. Problemgehalt ist zukunftsbezogen. Weiterentwicklung stockt (Zellfusion wäre nächstes Ziel). "Belastet viele Generationen nach uns".	Ist kurzlebig, flexibel, paßt sich andauernd an, verkürzt sich selbst die Abschreibungsperioden; Problemgehalt nur teilweise zukunftsbezogen (Entsorgungsprobleme noch nicht voll präsent). Noch lange nicht an seinen Grenzen angelangt; Information in Form von Symbolen und deren Kombination praktisch bis ins Unendliche weiterverarbeitbar.	Ist ein direkter Eingriff in die Evolution der Lebewesen. Verlangt nach evolutionären Zeiträumen und korrigiert sich erst wieder in evolutionären Zeiträumen. Entwicklung der Anwendungsmöglichkeiten erfolgt sehr schnell; überall wo Leben ist, fast unbegrenzte Veränderungsmöglichkeit; Ihre schnelle explosionsartige Entwicklung und Anwendung steht im Widerspruch zu ihrer Wirkung in evolutionären Zeiträumen, Problemgehalt ist zukunftsbezogen, "Wir belasten alle Generationen nach uns".
	Kontrollierbarkeit	
Ein Ausstieg wäre mit relativ abschätzbaren Folgen verbunden. Der Atom Müll muß aber kontrolliert werden. "Die Gefahren sind immer für jedermann präsent".	Erscheint dem Menschen in seinem Umfang kontrollierbar. "Jeder kann sich der Elektronik zumindest subjektiv entziehen" - "Computerfreie Zonen".	Ein Ausstieg ist bei einmal begonnener großtechnischer Anwendung durch Freisetzungen nicht mehr möglich; "Auch dem Risiko der Gentechnologie kann sich niemand entziehen"; "Wir nehmen unsere Evolution in die eigene Hand und verlieren sie gleichzeitig".
	Reproduktionseigenschaften	
Atomkraftwerke oder Brennstäbe oder Atom- bomben reproduzieren sich nicht selber .	Technische Selbstreproduktion hypothetisch vorstellbar; an der künstlichen Intelligenz wird gearbeitet; erst dann scheint die Elektronik wirklich gefährlich zu werden.	Ergebnis reproduziert sich selber und ist bei Freisetzung unkontrollierbar. An "Selbstmord"- Genen wird gearbeitet, aber auch diese erscheinen sehr gefährlich, da Gene mutieren und auch auf natürliche Populationen übergehen könnten usw.; "Man stelle sich nur vor, daß natürliche Gene sich plötzlich selbst zu eliminieren lernen".

Fortsetzung: Übersicht 1

ATOMTECHNOLOGIE	ELEKTRONIK	GENTECHNOLOGIE
	Wirkung auf organisches Leben	
Radioaktive Strahlen wirken schädigend.	indifferent; eventuell elektromagnetische Wellen können schädigend wirken; Probleme der Abfallbeseitigung.	Nicht abschätzbar. Was ist, wenn z.B. Bodenlebewesen wie Regenwürmer Allergien bekommen?
	Entsorgung	
Entsorgung großtechnologisch möglich; Atommüll wird weggesperrt; Kontrolle des Atommülls muß aber bestehen bleiben.	Entsorgung mikroelektronischer Geräte ist noch ein Zukunftsproblem.	Entsorgung von Fehlkonstruktionen oder ausgedienter Organismen wird der "Natur" überlassen, oder aber gentechnologisch neue Strategien sind notwendig (z.B. allergische Regenwürmer mit Gentechnologie heilen). In abgeschlossenen Systemen mit Einbeziehung der menschlichen Fehlertoleranz entsorgbar.
	Vielfalt der Anwendung	
Bei relativ wenigen Produkten; Schlüsselprodukt ist Energie.	Fast überall, wo es um Information geht.	In sehr vielen Bereichen auch mit neuen Produkten einsetzbar; agrarische Anwendung, neue Rohstoffe, Chemikalien, medizinische Anwendung, Bergbau usw.
	Kombination mit anderen Technologien	
Ist eine dominierende Haupttechnologie.	Ist reines Hilfsmittel für andere Technologien und für Informationsverarbeitung.	Ist einerseits nur ein effizienzsteigerndes Werkzeug; bezieht sich immer auf Lebewesen, kann aber auch durch das Hervorbringen neuer Produkte eine Haupttechnologie werden.
	Fehlertoleranz	
Absolut nicht Fehlerfreundlich Fehler haben zumeist verheerende Folgen.	Absolut Fehlerfreundlich bzw. bei Fehlern relativ begrenzte Auswirkungen. Man kann sogar Lügen logisch weiterverarbeiten.	Fehlerfreundlichkeit nicht gegeben. Sehr hohes Schadensausmaß bei Fehlern möglich.
	Beziehung zwischen Fehler und Schaden	
Die Ursache-Wirkungsbeziehung, z.B. bei einem Großunglück, ist sofort feststellbar, wenn auch das Schadensausmaß nicht quantifizierbar ist. (Anders verhält es sich beim Austritt von geringfügigeren Mengen radioaktiver Stoffe oder bei der Geheimhaltung von Störfällen). "Der verseuchte Mensch"	Umweltschäden bei der Produktion von Elektronikbauteilen sind bekannt. Weitere Schäden können bei falscher Entsorgung auftreten. Ansonsten ermöglicht die Mikroelektronik "lediglich" den Mißbrauch von Informationen, was unter politisch - repressiven Verhältnissen verheerend sein könnte. "Der gelesene Mensch".	Fehler und Schaden sind zeitlich kaum oder nicht zuordenbar. Schäden lassen sich zwar hypothetisch teilweise abschätzen, aber die Natur kennt oft ganz andere Beziehungen als man sich prospektiv denken kann (FCKW-Sprays seit 30 Jahren - heute Ozonloch am Südpol), z.B. könnte ein Fehler mit katastrophalen Folgen schon längst passiert sein, und wir wissen noch gar nichts davon. "Der gläserne (und zerbrochene) Mensch".

Fortsetzung: Übersicht 1

ATOMTECHNOLOGIE	ELEKTRONIK	GENTECHNOLOGIE
	Schadensabwehr	
Mechanisch-physikalische Sicherheitseinrichtungen, jedoch immer mit Restrisiken.	Umweltschutz- und Abfallbeseitigungsmaßnahmen; Datenschutz.	Sicherheitsrichtlinien, Sicherheitslabors, physikalische und biologische Containments; Einbau von Selbstzerstörungsmechanismen, Restrisiken bleiben (z.B. Mutationen, unvorhersehbare biologische Interaktionen); Wegsperrungen von schädlichen Mikroorganismen nicht mehr möglich.
	Politische und soziale Wirkung	
Politische Voraussetzungen und gesellschaftliche Nebenwirkungen, verlangt nach einer über lange Zeiträume notwendigen politischen Stabilität. Zentralistische Tendenzen, Kontrollapparat bis zur Fiktion des "Atomstaates".	Politische Stabilität kaum erforderlich, in jeder Situation positiv und negativ einsetzbar; erfordert andauerndes Lernen und Umdenken; verändert Arbeits- und Lebenswelt grundlegend (z.B. Roboterisierung). Bringt den Trend vom "Blaukittel" zum "Weißkittel", d.h. bürokratisiert die Gesellschaft; Mißbrauch zur Unterdrückung von Menschen denkbar.	Politische Stabilität z.B. beim Vorhandensein von B-Waffen oder von vielen Labors, die mit hochpathogenen Organismen arbeiten notwendig. Gesellschaftliche Auswirkungen vor allem durch das Vorhandensein einer Medizin mit stärkerer Manipulationsfähigkeit; eine auf marktwirtschaftlichen Konkurrenz- und Wettbewerbsprinzipien beruhende "neue Eugenik" könnte sich durchsetzen; eine absolute Kontrolle der Menschen und neue Einteilungen und Ausgrenzungen aufgrund der erfaßten genetischen Veranlagungen sind denkbar (z.B. Arbeitnehmergenomanalyse); Feststellung und Schaffung einer zunehmenden Anzahl an "genetischen Minderheiten" wird möglich; Durchsetzung eines neuen antidemokratischen genetischen Determinismus könnte die Folge sein; zusätzlich starke sozio-ökonomische Effekte: weltweite Umverteilung von Arbeit durch Substitution von Rohstoffen aus der 3. Welt. Arbeitsplatzeffekte in der Landwirtschaft durch Produktsubstitution und durch Produktivitätssteigerung.
	Kulturwirkung	
Die Atomkultur ist absolut und streng; verlangt strikte Rechtsformen; die Atomtechnologie ist nicht zum Spielzeug geeignet.	Mikroelektronik ist kultivierbar; ist ganz der rechtlichen Normierung zugänglich; sie kann ein verführerisches Spielzeug sein und steht der Phantasie und dem Kunstsinn des Menschen offen (ars electronica); weist auch anarchistische und chaotische Eigenschaften auf.	Die Gentechnologie scheint sich ebenso wenig wie die Atomtechnologie als Spielzeug zu eignen; sie verlangt nach einer rechtlichen Normierung, doch ist diese Normierung aufgrund ihrer halbzentralen bis dezentralen Rahmenwirkung und ihrer Vielfältigkeit weniger greifbar und durchsetzbar als bei der Atomtechnologie.

Die Gentechnologie bringt aber auch ganz neue Qualitäten mit sich. Lebewesen sind zum Erstenmal in ihrer Erbsubstanz relativ gezielt manipulierbar, sofern die Wirkungskette Merkmal - zugrundeliegende Enzymwirkung (oder Enzymwirkungen) - und Gen (bzw. Gene) bekannt ist oder für eine Exaktwissenschaft in ausreichendem Ausmaß als erkennbar erachtet wird. Dies gilt für alle Lebewesen und ihre Wirkungseinheiten - und zu den Lebewesen gehört der Mensch. Beim Menschen wird die Problematik einer notwendigen Grenzfindung am offensichtlichsten.

Wenn z.B. ein Physiker wie Gerd BINNING 1989⁶ schreibt: "Und diese Codes (gemeint ist der genetische Code; Anm. des Autors) sind tauglich als Bauplan z.B. für die Herstellung des Herrn Meier. Wenn ich diesen Code, der in unseren Erbanlagen vorhanden ist, lesen kann, kann ich also Herrn Meier bauen."

Gerd BINNING ist dabei nicht irgend ein anonymer Wissenschaftler, sondern vor den Augen der Welt ("scientific community") mit dem Physiknobelpreis 1986 ausgestattet. Es geht hier jedoch nicht darum, einen Wissenschaftler durch ein Kurzzitat in ein moralisch zweifelhaftes Licht zu rücken, sondern aufzuzeigen, wie logisch klar eine Naturwissenschaft wie die Physik die Problemlage der Anwendung der Gentechnologie auf den Menschen sehen kann. Es ist Gerd BINNING sogar zu danken, daß er diese Aussage so eindeutig ohne Umschweife und Verdrängung tätigte, wobei dies nicht als ein Beweis für eine bereits angestrebte Tatsache gewertet werden kann, sondern dies lediglich als eine denkbare, wissenschaftliche, "absolut wertfreie" Ausgangshypothese für eine mögliche Weiterentwicklung der Gentechnologie zu sehen ist. Bei der Gentechnologie wird somit die Kategorie der Wertfreiheit einer Wissenschaft radikal zur Fiktion.

Die Möglichkeit der Manipulation von Leben, geht den Menschen zu nahe, als daß sie sich eines Werturteiles entschlagen könnten. Es handelt sich nicht nur um Werte und Grenzen, die den Menschen direkt betreffen, sondern auch darum, ob, wie und welche Werte man gegenüber der übrigen Natur gesellschaftlich verbindlich erklären und durchsetzen kann.

Weitere qualitativ eigenständige Aspekte der Gentechnologie sind die Reproduktionsfähigkeit der gentechnologisch veränderten Organismen (GVO's), die hohe Intensität des Raumanpruches bei Freisetzung in die Umwelt - die veränderten Lebewesen können letztlich überall zu finden sein - und die Schwierigkeit einen einmal begangenen Fehler mit dem Schaden kausal in Verbindung zu bringen, da Schäden im Ökosystem mit komplexen Wechselwirkungen verbunden und zeitlich zumeist erst lange nach dem Auslösungsmoment erkennbar sind. Eine exakte naturwissenschaftliche Bewertung wäre erst nach langen (extrem erst in evolutionären) Zeiträumen möglich. Ein Negativausgang des Experiments bei Nicht-Rückholbarkeit des Produktes ist ein Widerspruch in sich. Teilweise ähnelt die Gentechnologie in der Beanspruchung des Zeithorizontes und in der experimentellen Unzugänglichkeit der Atomtechnologie; teilweise weist sie sogar über jene hinaus, indem man bei erfolgter Freisetzung Abfallprodukte oder nicht mehr nützliche Organismen oder Fehlprodukte nicht wie Atommüll tief in die Erde wegsperren kann, sondern sie der "Natur" überläßt. Beim Wahrnehmen ökologischer Gefahren wird man ihnen eben wegen ihrer Reproduktionsfähigkeit mit biozidisch wirkenden Instrumenten begegnen oder man wird eben Gentechnologie als Mittel gegen Gentechnologie anwenden wird "müssen" (vgl. dazu später das Kapitel über ökologische Risiken der Gentechnologie).

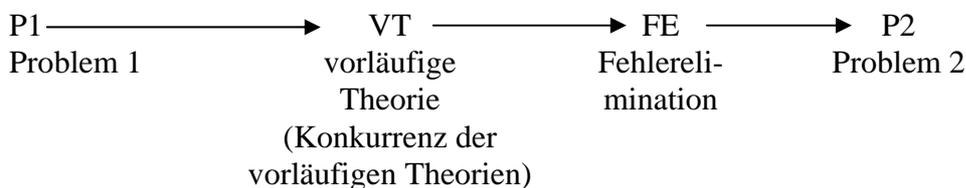
⁶ BINNING, Gerd : Aus dem Nichts über die Kreativität von Natur und Mensch. R. Piper, München 1989, S.48-50.

3. DAS ERKENNTNISTHEORETISCHE PROBLEM EINER KRITIK ODER EINER BEFÜRWORDUNG DER ANWENDUNG DER GENTECHNOLOGIE

Unser naturwissenschaftliches Weltbild ist von der Vorstellung geprägt, daß sich Theorien durch Experimente beweisen oder widerlegen lassen. Karl R. POPPER⁷, einer der wirkungsvollsten Erkenntnistheoretiker der modernen Naturwissenschaften unterscheidet zwischen einer Welt 1 - die Welt der physikalischen Zustände -, der Welt 2 - die geistige Welt oder die Welt der psychischen Erlebnisse - und der Welt 3 - die Welt der Ideen im objektiven Sein oder die der menschlichen Theorien.

Er hat es uns sehr leicht gemacht, die Unzulänglichkeit unserer menschlichen Erkenntnis über die Natur zu erklären, indem er den Theorien nur eine vorläufige Gültigkeit - d.h. Gültigkeit nur solange sie nicht widerlegbar sind und solange sie überprüfbar sind - zur Lösung von Problemen zukommen läßt. Kann eine Theorie die Fehler, die sie zweifellos besitzt und die auf sie zutreffen, nicht mehr eliminieren, so wird sie durch eine neue Theorie ersetzt. Es besteht eine Selektion konkurrierender Theorien in Richtung eines umfassenderen Erklärungsinhaltes. Doch wenn sich eine Theorie nicht mehr widerlegen oder überprüfen läßt, kommt das Erkenntniswerk zum Stillstand. Man kann in der Folge sagen, es darf keine solche Theorien geben, oder solche Theorien sind keine objektiven Theorien, und wir verlassen die objektive Welt und gelangen zu Aussagen basierend auf psychischen Erlebnissen oder zu metaphysischen Aussagen.

Aber genau dort liegt auch das Dilemma beim Umgang mit so mächtigen Technologien wie Gentechnologie oder auch Atomtechnologie. POPPER hat folgendes simples Schema des wissenschaftlich-objektiven Erkenntnisvorganges vorgezeichnet:



Es ergeben sich daraus folgende Konsequenzen und Widersprüche für die Naturwissenschaften:

- Die Existenz des "homo sapiens" ist Grundvoraussetzung für die Welt 3. Der Mensch als Träger der Welt 2 muß aber gleichzeitig aus den Naturwissenschaften ausgeklammert werden, ansonsten ergibt sich eine schizophrene Situation. Doch eben dies erzeugt wieder die zwiespältige Situation zwischen naturwissenschaftlichen Ergebnissen und deren Anwendung auf der einen Seite und dem Menschen als psychisches und soziales Wesen auf der anderen Seite.
- Naturwissenschaftliche Theorien sind fehlerhaft und nie vollständig. Es gibt kein sicheres Wissen. Daraus ergibt sich die Frage, welchen Grad an Fehlern können wir unserem Handeln als verantwortbar zumuten, insbesondere da menschliches Handeln auf der Grundlage objektiver Wissenschaft theoriegebunden ist. Theorien, die kein Handeln nach

⁷ POPPER Karl R. : Objektive Erkenntnis; Ein evolutionärer Entwurf. Hoffmann und Campe, 4., verb. u. erg. Auflage 1984, S.158, (1. Auflage 1973).

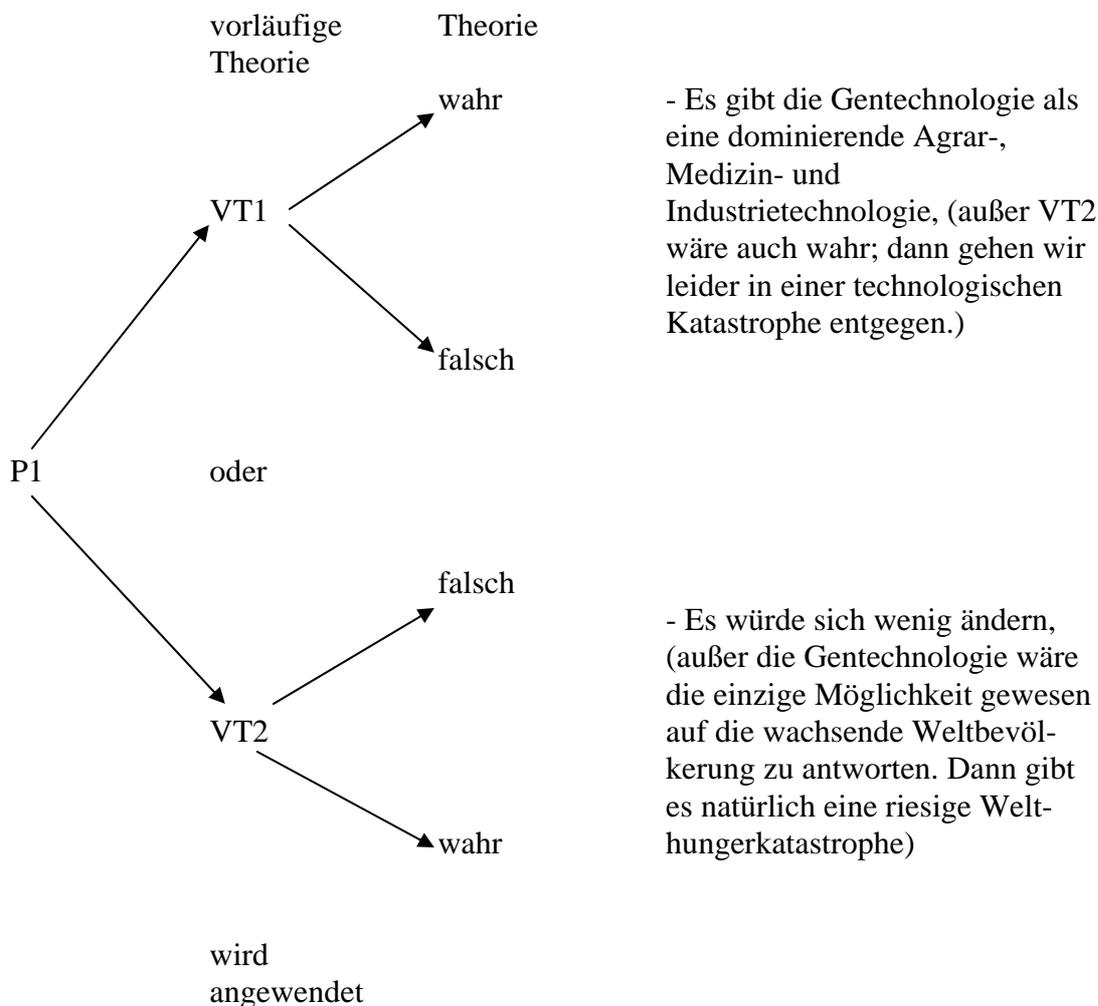
sich ziehen, sind nicht einmal ein luftleerer Raum, sie sind ein Nichts und wertlos. Es ist deshalb auch eine Fiktion, daß, "die kritische oder rationale Methode darin besteht, daß wir unsere Hypothesen anstelle von uns selbst sterben lassen:"(a.a.O., S.258) Die Theorien lassen die Menschen mit sehr ungleicher Verteilung sterben (vergleiche z.B. das Welthungerproblem), und der Trost von der Vorläufigkeit der Theorien kann einem nicht das Gewissen ersetzen.

- Wenn auf das Problem des Risikos von Gentechnologie folgende zwei Theorien Anwendung finden:

VT1: Wir wenden die erkannte Gesetzmäßigkeit an, weil sie dem Menschen nützlich erscheinen, um z.B. das Überleben der wachsenden Weltbevölkerung zu sichern oder verheerende Katastrophen abzuwenden.

VT2: Wir wenden die erkannten Gesetzmäßigkeiten nicht an bzw. die Anwendung wird streng begrenzt, weil wir sonst Gefahr laufen, daß die Natur als die Existenzgrundlage menschlichen Lebens eben diese Eigenschaft verlieren könnte.

So ergibt sich folgende Konstellation:



Sobald die Existenz der Menschheit, gefährdet durch Wissenschaft, Technologie oder große Katastrophen daraus, auf der Waagschale der Entscheidung zur Problemlösung liegt - und daß dies einen objektiven Gehalt haben kann, wissen wir eben objektiv seit der großtechnischen Anwendung der Atomtechnologie, selbst wenn der Wahrheitsgehalt nicht durch Experimente

bestimmt werden kann, es sei denn man definiert die ganze Welt zum Experimentierfeld - greifen die Popper'schen Kategorien nicht mehr.

Das Ergebnis lautet damit relativ simpel:

Naturwissenschaft läßt sich nicht durch Naturwissenschaft in der letzten Konsequenz rechtfertigen.

Hans JONAS⁸ hat im Zusammenhang mit dem "Versuch, eine Ethik für die technologische Zivilisation" zu entwickeln, die Neuheit der Problemsituation herausgearbeitet und dabei der Unheilprognose den Vorrang vor der Heilprognose durch Technologie eingeräumt. Er spricht dem Menschen das Recht ab, durch Technologie die Existenz der Menschheit "auf-Spiel-zu-setzen", was letztlich die einzige Möglichkeit zu sein scheint, um aus dem logischen Dilemma moderner Großtechnologien herauszufinden. Doch argumentieren die Betreiber der Gentechnologie auch mit der Gefährdung des Menschen durch Hungerkatastrophen usw., wobei ihnen JONAS entgegenhält, daß die Natur nicht so schlecht sein kann, nachdem sie den Menschen mit all seinen Fähigkeiten hervorgebracht hat, daß sie wiederum die Existenz des Menschen ins Nichts aufzulösen unterwegs ist. Die vom Menschen unabhängige Evolution, die uns sogar zu so weitreichenden Technologien wie der Gentechnologie qualifiziert hat, zu gefährden, muß uns disqualifizieren. Und es ist beim Menschen nicht anzunehmen, daß eine absichtliche Selektion zur menschlichen Intelligenz stattgefunden hat, denn dies wäre ein "am eigenen Schopf-aus-dem-Sumpf-ziehen" gewesen.

Abgekürzt lautet der rationale Zusammenhang: Die Menschheit in und aus einer evolutionären Natur soll sein, und all das ist gut.

Eine Verneinung auch nur eines Teiles dieser Aussage ist nicht zulässig bzw. führt zum Nihilismus, dem wir uns nicht anvertrauen sollten. Verbieten kann man das natürlich niemandem. Es verhält sich ähnlich, wie der Physiker Gerd BINNING, vorausgesetzt wir geben ihm oder seinem Werk das Adjektiv wertneutral, der eine einheitliche fraktale Evolutionstheorie über Naturgesetze, Raum, Materie, Biologie und über den menschlichen Geist entwickelt hat, zur Diskussion stellt und der sein Buch darüber "Aus dem Nichts" titulierte hat, letztlich die Evolution auch wieder "ins Nichts" denken muß, sodaß uns anscheinend unsere ganze Kreativität nichts nützt, oder wir letztlich wieder bei der Magie landen müssen⁹: "Was kommt nach der Intelligenz? Dazu fällt einem vieles ein. Ich schreibe einmal hin, was sich mir aufdrängt: die künstliche Intelligenz. Wobei wir künstlich nicht als Gegensatz zu natürlich, sondern als Spezialfall davon sehen wollen. "Künstlich" bedeutet, es ist vom Menschen gemacht. Damit spekuliere ich, daß mit der künstlichen Intelligenz noch etwas Wichtiges in der Zukunft passieren wird. Möglicherweise entsteht künstliches Leben. Also sagen wir: "Mit der Reproduktion von künstlicher Intelligenz wird künstliches Leben entstehen." Damit haben wir Menschen eigentlich ganz schlechte Karten. Vielleicht werden wir überflüssig. Sollten wir etwas dagegen tun? Und wie wird es dann weitergehen? Wir haben hier die erste bis sechste Evolution. Es muß noch eine siebte geben, denn sieben ist eine magische Zahl". Und als Handlungsanleitung oder als Erkenntnisgrundlage für die moderne "Risikogesellschaft" in der "der Ausnahmezustand zum Normalzustand zu werden

⁸ JONAS Hans 1979: Das Prinzip Verantwortung. Suhrkamp Taschenbuch (1085), erste Auflage, Frankfurt 1984.

⁹ Zitat aus dem Buch: "Aus dem Nichts - über die Kreativität von Natur und Mensch" von BINNING Gerd 1989, S.77.

droht"¹⁰, scheinen solche Theorien auch nicht geeignet, außer als Anleitung zum möglichst aktiven Fatalismus. Vielleicht sollen uns solche Theorien aber lediglich wachrütteln? Denn wenn eine Logik so logisch ist, daß sie zum Überleben der Menschheit nichts beiträgt, so müßte sie doch unlogisch sein.¹¹ Unsere theoretischen, wissenschaftlichen Gebäude haben keine Moral mehr, und das macht sie genauso gefährlich, wie alles der Moral einer Institution auszuliefern.

Zweifellos ist die Suche nach und das Akzeptieren von Werten der entscheidende Punkt.

Diese Werte könnten zwar nur durch einen weltweiten gesellschaftlich-politisch (und auch religiösen?) Prozeß Verbindlichkeit erlangen, was angesichts der weltumfassenden Anwendung und Wirkung moderner Großtechnologien notwendig ist. Dies scheint aber auch das schwierigste jemals angestrebte Unterfangen der menschlichen Zivilisation zu sein.¹²

Indem wir zuerst menschliche Werte, den Wert der kollektiven menschlichen Existenz, den Wert der unabhängigen Wesenheit in der Natur, die eben die Menschheit mit ihren derzeitigen Fähigkeiten hervorgebracht hat, anerkennen, sie also apriori setzen, das ist auch die einzige Möglichkeit, um an die Thematik der Auswirkungen der Gentechnologie heranzugehen. Auch für die naturwissenschaftliche Forschung und deren Anwendung wäre dadurch ein besserer Ansatz gegeben, sodaß man erst dann von verantwortungsvoller Wissenschaft sprechen kann.

Weiterführende Wertvorstellungen, die darauf aufbauen, müssen nicht, wahrscheinlich können sie gar nicht, widerspruchsfrei sein. Wohl aber ist das Aufzeigen von deren Grundlage immer notwendig. Dies relativiert die Wissenschaft, macht sie aber interessanter, und den Erkenntnisvorgang und die daraus folgenden Schlüsse und Handlungen transparenter. Vielleicht entstehen daraus ganz neue und andere Wissenschaften. Dies nimmt uns auch nicht die Freiheit und Pflicht zur Entscheidung und zum Handeln, sondern gibt sie uns, weil wir schon beim Erkenntnisvorgang auswählen dürfen (sollten), vor allem wenn die Voraussetzung gilt, daß Erkenntnis und Handeln nicht voneinander trennbar sind.

Um noch zu zeigen, wie real Werte sind, und welche Grenzen und Abstufungen sie uns bieten, sei noch ein Zitat von Konrad LORENZ¹³ angeführt: "Wer einen Salatkopf, einen Regenwurm und einen Schimpansen mit der gleichen Regungslosigkeit durchschneidet, der gehört in eine geschlossene Anstalt". Naturwissenschaftlich läßt sich diese Aussage nicht beweisen, doch eines dürfte klar sein: Wir sind als Menschen immer auch mit der Popper'schen Welt 2 mit dabei.

¹⁰ BECK, Ulrich: Risikogesellschaft auf dem Weg in eine andere Moderne. Suhrkamp (1365), Frankfurt am Main 1986.

¹¹ "Das Gesagte möge als Warnung vor einer zu engen Auffassung dessen genommen werden, was ich über die Methode der Vermutung und Widerlegung und das Überleben der tüchtigsten Hypothesen gesagt habe; aber es steht dazu in keinem Widerspruch. Denn ich habe nicht behauptet, die tüchtigste Hypothese sei immer auch die, die zu unserem eigenen Überleben beiträgt; vielmehr sagte ich, die tüchtigste sei diejenige, die das Problem, das sie lösen soll, am besten löst und der Kritik besser standhält als andere konkurrierende Hypothesen" (POPPER, K. 1973: a.a.O. S. 276).

¹² vgl. dazu auch BECK Ulrich 1986: a.a.O., "Risikogesellschaft auf dem Weg in eine andere Moderne" (S.63): "Während Klassengesellschaften national-staatlich organisierbar sind, lassen Risikogesellschaften objektive "Gefährdungsgemeinsamkeiten entstehen, die letztlich nur im Rahmen der Weltgesellschaft aufgefangen werden können".

¹³ ALTNER, G.: Resumée zum Symposium "Die Rolle der Biotechnologie für den ökologischen Landbau". In: Gentechnik und Landwirtschaft; Alternative Konzepte Stiftung ökologischer Landbau, Karlsruhe 1988, S.185.

4. GRUNDLAGEN DER GENTECHNOLOGIE

4.1. Die Entwicklung der genetischen Wissenschaften und ihre Anwendung in der Landwirtschaft - eine kurze Skizze¹⁴

Die entscheidenden Entdeckungen über die Gesetzmäßigkeit der Vererbung wurden von Gregor MENDEL (1822-1884) um die Mitte des 19. Jahrhunderts gemacht. Er erkannte, daß die Erbanlagen für die Merkmale der Individuen - in seinem Fall waren es Erbsen - in zwei Sätzen als väterliche und mütterliche vorliegen und nach Zufallsgesetzen weitervererbt werden. Die genetischen Verhältnisse der Merkmale von Lebewesen sind demnach keine individuell vorherbestimmten, sondern weisen eine statistische Determination auf. Mendel beschrieb die Determination mathematisch für einige wenige qualitative Merkmale bei der Erbsen und zusätzlich nahm er vorstellungsmäßig bereits die Trennung zwischen Genotyp, als der genetischen Ursache der Merkmale und Phänotyp, als der sichtbaren Ausprägung der Merkmale vorweg. Er erkannte auch, daß es einen dominanten (überdeckenden) und rezessiven (zurücktretenden) Erbgang von Merkmalen gibt. Die großen Leistungen MENDELS wurden aber zu seinen Lebzeiten nicht erkannt, sondern seine Gesetzmäßigkeiten sind erst um 1900 wiederentdeckt bzw. wiederbestätigt worden. Daraus entwickelten sich in der Folge zwei Grundrichtungen der genetischen Wissenschaften:

1. Die statistischen Gesetzmäßigkeiten ermöglichten, aus den Merkmalen - also vom sichtbaren Phänotyp - auf den Genotyp eines Individuums unter Einschluß seiner Verwandtschaftsbeziehungen zu schließen und daraus die Wahrscheinlichkeit der Vererbbarkeit von Eigenschaften oder Merkmalen abzuschätzen. Mit der Weiterentwicklung statistischer Verfahren und der weiteren Entdeckung biologischer Zusammenhänge innerhalb der Vererbung von Individuen und ihrer Beziehungen in Gemeinschaften, zusammen mit der Beeinflussungsmöglichkeiten dieser Beziehungen und dem weiteren Wissen über die Zusammenhänge von Merkmalen untereinander entstand, basierend auf der statistischen Methodik, die Populationsgenetik. Sie wurde zur bestimmenden Methode der modernen Pflanzen- und Tierzucht, da man die Konsequenzen eines spezifischen Zuchtplanes vorausschätzen kann. Die Methode angewandt auf eine natürliche Selektion dient aber auch als Basis für das Verständnis der evolutionären Entwicklung.

Die Ausnützung dieser Erkenntnisse für die praktische Anwendung in der Landwirtschaft fußt auf drei Prinzipien:

- 1) Die Notwendigkeit des Vorhandenseins hoher genetischer Variabilität (Vielfalt)
- 2) Die möglichst gezielte Kreuzung von Individuen
- 3) Die Selektion der vorteilhaften Individuen

Die Optimierung dieser Schritte kombiniert, mit den modernen Züchtungstechnologien (z.B. künstliche Befruchtung und Besamung, Hybridzüchtung, statistische Verfahren und Informationstechnologie, neuerdings auch bereits Embryotransfers bei Haustieren) bildeten

¹⁴ Literatur: COMBER, Gustav (Hrsg.): Tierzüchtungslehre. Stuttgart 1971.

FALCONER, Douglas S.: Einführung in die quantitative Genetik. Stuttgart 1984.

die Grundvoraussetzungen zur enormen genetischen Leistungssteigerung der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen und Haustiere in den letzten Jahrzehnten. Das Kriterium für die Anwendung dieser Prinzipien und der damit verbundenen Technologien war und ist der zusätzliche Geldwert der Merkmals- bzw. der Merkmalskombinationsveränderung, die in einer ganzen Pflanze oder in einem ganzen Tier zum Ausdruck kommt.

2. Die gedankliche Trennung zwischen Erbanlagen einerseits und sichtbaren Merkmalen auf der anderen Seite und die gedankliche Aufteilung der Erbanlagen in Erbfaktoren führten in der Folge der Mendel'schen Entdeckungen zu der Frage nach den stofflichen Trägern der Erbanlagen.

1904 erkannte BOVERI die Chromosomen als Trägersubstanz, 1906 wurde das Wort Genetik für die neuen Forschungsrichtungen eingeführt, 1909 ersetzte JOHANNSSON den Ausdruck Erbfaktor mit dem kleineren und leichter verwendbaren Wort Gen, ohne sich über die biochemische Struktur im Klaren zu sein, und 1910 erbrachte MORGAN und seine Mitarbeiter den Nachweis der Beziehungen dieser Gene und ihrer Verteilung im Zellgeschehen zum Chromosomenmechanismus. Aufbauend darauf konnten 1944 AVERY und seine Mitarbeiter die Moleküle der Desoxyribonukleinsäure (DNS oder engl. DNA) als Träger der genetischen Information identifizieren, und WATSON und CRICK 1953 deren Struktur aufklären. Damit war die Basis für den direkten Eingriff in die Genetik der Lebewesen bereitet. Im Nachhinein betrachtet, ist diese Entwicklung absolut logisch gewesen:

1. Es gibt eine Erbsubstanz.
2. Die Erbsubstanz ist chemisch einheitlich aufgebaut. Es gibt einen Code.
3. Man kann diesen Code bis zu einem bestimmten Punkt lesen.
4. Also kann man den Code bis zu einem bestimmten Punkt umschreiben und neue Organismen kreieren.

Letztere Forschungsrichtung - man kann sie als Molekulargenetik bezeichnen - hatte auf die praktische Anwendung der Pflanzen- und Tierzucht bisher keinen direkten Einfluß, außer daß sie primär als Erklärungsmuster für die Phänomene aus der quantitativen Genetik herangezogen wurde. Erst durch die Entdeckung der Gentechnologie 1972/73 wurde das Tor für die praktische Anwendung der Molekulargenetik für die direkte Anwendung in der Züchtung aber auch für die bewußte Veränderung der biologischen Umgebung der Pflanzen und Tiere auf der Ebene der Gene geöffnet. Kleinste Einheit oder Objekt der Züchtung ist nicht primär ein ganzer Organismus, sondern das in seine Gene und Genwirkungen aufgespaltene Lebewesen.

Die Gegenüberstellung dieser beiden Forschungsrichtungen ist für die Landwirtschaft insofern von Bedeutung, als die quantitative Genetik immer vom Phänotyp, d.h. unter Einschluß der Umweltbeziehungen, auf den Genotyp schließt. Sie muß immer eine Pflanze oder ein Tier als Ganzes nehmen und deren Grenzen als Einheit akzeptieren, und die Umweltpassung ist die Grundvoraussetzung; d.h. die Umweltprüfung erfolgt vor der relativ gezielten genetischen Veränderung durch Kreuzung und Selektion. Das Grundprinzip kann folgendermaßen skizziert werden:

- | | | |
|---|---|--|
| ↓ | 1. Phänotyp:
Schluß auf | Genotyp eines ganzen Organismus in einer vorhandenen Umwelt |
| | 2. Genotyp: | Vorteilhafte Kombination auf der Ebene ganzer Organismen mit vorher geprüften phänotypischen Eigenschaften |
| | 3. Phänotypprüfung des Zuchtergebnisses | |

Durch die Molekulargenetik bzw. deren Anwendung in der Gentechnologie wird diese Vorgangsweise umgekehrt. Man schließt vom Genotyp auf den Phänotyp¹⁵. Wenn man das Gen und die zugehörige Enzymwirkung kennt, dann kann man die theoretisch vorteilhafte Kombination herstellen. Die Adaption an die Umwelt und das Abtesten der Umweltwirkung ist erst der zweite Schritt. Die phänotypische Prüfung des gesamten neuen Organismus erfolgt teilweise mit dem Instrumentarium der traditionellen Züchtungstechnologie, teilweise besteht aber auch ein hoher Anreiz, die dem neuen Organismus zugedachte Umwelt optimal an diesen anzupassen und nicht umgekehrt. Die Stabilisierung der Organismus-Umwelt-Beziehung verschiebt sich verstärkt in Richtung der Abhängigkeit vom Menschen und dessen Technologien.

Das Grundprinzip ist:

- | | | |
|---|---------------------------|--|
| ↓ | 1. Genotyp:
Schluß auf | standardisierte Umweltwirkung von einzelnen Genen oder Genkombinationen - Isolierung dieser Gene und theoretisch vorteilhafte Kombination mit irgend einem Organismus (auch über Artgrenzen hinweg) |
| | 2. Phänotyp: | Umweltwirkung und Adaption an die Umwelt des neuen Organismus wird nachher festgelegt. Oft geht es gar nicht mehr um die Umweltwirkung, sondern nur mehr um spezifische Funktionseigenschaften von Organismen und um die Anpassung der Umwelt daran. |
| | 3. neuer Genotyp: | nur vorteilhafte Gene und Genkombinationen |

Die Umkehrung der Ursache-Wirkungsbeziehung in der Züchtung und die Gewichtsverlagerung des Züchtungsgeschehens von der relativ gezielten Kombination von ganzen stabilen Organismen einer Art auf die molekulare Ebene der Gene - und das von allen Lebewesen - ist für die Landwirtschaft ein absolut revolutionärer Schritt.

¹⁵ Ähnliches sagte SCHELLANDER, K. 1990: "Wir schließen von dem Genotyp auf die Leistung". Sehr deutlich drückt das auch Regine KOLLEK 1988 - wenn auch in anderem Zusammenhang - aus: "...Dagegen geht es der heutigen molekularen Genetik kaum noch um die Erklärung komplexer Eigenschaften, die den äußeren Phänotyp, also die Gestalt und das Interaktionsvermögen eines Organismus bedingen. Ihr Ziel ist vielmehr die Bestimmung der primären Genfunktionen, die in Form von Proteinen oder Regulationssignalen als direkte Funktion der Nukleinsäuresequenz realisiert werden. Ziel der neuen, konstruierenden, produktionsorientierten molekulargenetischen Forschung ist also nicht die theoretische Klärung der Entwicklungsbedingungen von Phänotypen, sondern die Realisation spezifischer Funktionseigenschaften von Organismen".

SCHELLANDER, K.: Gentechnik in der Tierzucht. Vortrag bei der Tagung Gentechnik in Biotechnologie, Land- und Forstwirtschaft, Univ. für Bodenkultur, Wien März 1990.

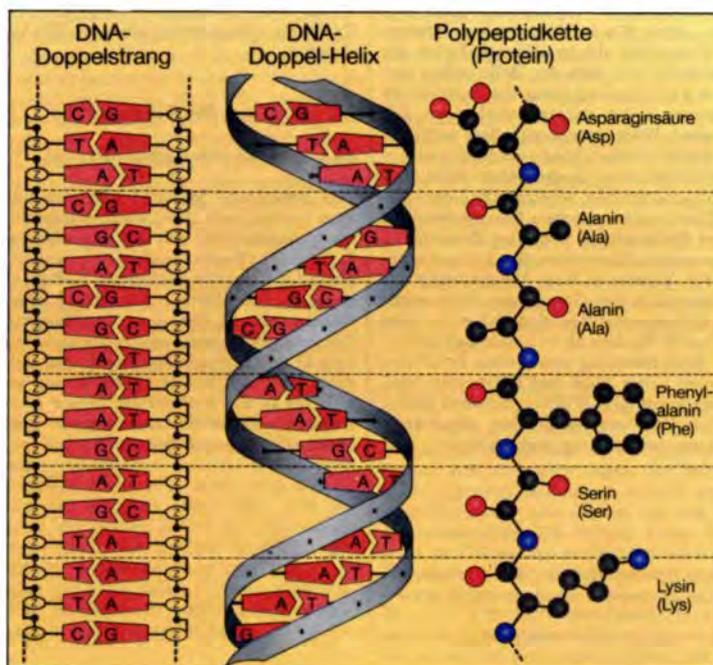
KOLLEK, R.: Verrückte Gene. Die inhärenten Risiken der Gentechnologie und die Defizite der Risikodebatte. In: Ästhetik und Kommunikation, Heft 69, Berlin 1988, S.30.

4.2. Die molekularbiologischen Grundlagen¹⁶

Im Zentrum der Gentechnologie steht die biologisch aktive chemische Substanz der Desoxyribonukleinsäure oder kurz DNS (im Englischen DNA genannt). Nach deren Entdeckung durch Oswald AVERY als transformierende Erbsubstanz und der Klärung ihrer biochemischen Struktur durch WATSON und CRICK hat man im Laufe der 50iger und 60iger Jahre erkannt, daß die Erbanlagen aller Organismen und Lebewesen eine sehr ähnliche Struktur aus immer den gleichen Bausteinen aufweisen.

Die chemische Ausformung ist ein langes Doppelstrangmolekül, vergleichbar mit zwei parallelen Perlschnüren. Die Perlen bestehen aus Zuckereinheiten, die untereinander über Phosphatbrücken verbunden sind und nach innen in Richtung der anderen Perlschnur Basen haben, sodaß die Basen paarweise wie Leitersprossen einander gegenüberliegen (Basenpaare). Es gibt vier unterschiedliche Basen: Adenin (=A), Thymin (=T), Cytosin (=C) und Guanin (=G), wobei das Adenin immer dem Thymin (A-T) und das Cytosin immer dem Guanin (C-G) gegenübersteht (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: Die Struktur der DNS



Die riesigen DNA-Moleküle sind fadenförmige Einzelstränge, die sich zu Doppelsträngen anordnen. Die vier verschiedenen Bausteine, die Desoxyribonukleotide, bestehen jeweils aus einer Base (A = Adenin; T = Thymin; C = Cytosin; G = Guanin) und einer Zucker-Einheit (Z). Sie sind über saure Phosphatbrücken (*) miteinander verknüpft (im Bild oben links). Die beiden parallel verlaufenden DNA-Einzelstränge verhalten sich zueinander gewissermaßen wie ein Negativ zu dessen Positivabzug. In der Doppelhelix winden sich beide Stränge schraubenförmig um eine gedachte Achse. Die Zucker-Einheiten bilden gewissermaßen das Rückgrat der beiden Einzelstränge, die sauren Phosphatbrücken zeigen nach außen, und die Basen sind in das Innere der Doppelhelix gerichtet; sie liegen paarweise übereinander (Basenpaarung). Dabei bilden stets Adenin (A) und Thymin (T) sowie Cytosin (C) und Guanin (G) jeweils ein Basenpaar. Die DNA enthält die genetische Information (Erbinformation) für die dreidimensionale Struktur (→ Funktion) der Proteine, die aus der Art und der Anordnung (Sequenz) ihrer Bausteine (Aminosäuren) folgt. Für die Verschlüsselung (genetischer Code) der genetischen Information in der DNA stehen vier „Buchstaben“, nämlich die vier Nukleotid-Bausteine, zur Verfügung, von denen jeweils drei ein „Wort“ (Codon) bilden, das in eine Aminosäure „übersetzt“ wird (z. B. GAT = Asparaginsäure oder AAG = Lysin). Je drei Nukleotide in einem DNA-Einzelstrang bilden eine Informationseinheit. Dieser genetische (Triplet-) Code ist universell. Er gilt für primitive Einzeller ebenso wie für den Menschen und ist quasi das genetische Alphabet.

Quelle: Chancen und Risiken der Gentechnologie, Bonn 1987

¹⁶ Siehe auch Einleitung zu "Chancen und Risiken der Gentechnologie" Bericht der Enquete-Kommission des 10. Dt. Bundestages, S.1-40

Dieser einheitliche und relativ einfache Aufbau der Erbsubstanz eignet sich hervorragend um komplexe Informationen zu speichern, denn die Anzahl der Wiederholungen der Basenpaare spiegelt im Großen und Ganzen die Komplexität eines Organismus wider. Der Herpesvirus z.B. besteht aus ca. 200.000 Basenpaaren, das Escherichia Coli Bakterium aus ca. 5 Mio. und der Mensch hat ca. 3,5 Milliarden Untereinheiten in jeder seiner Körperzelle; d.h. bei konstantem Durchmesser der DNA von 2 Millionstel Millimeter hat sie eine Variation in der Länge von einem Tausendstel Millimeter bis zu über einem Meter in der menschlichen Zelle.

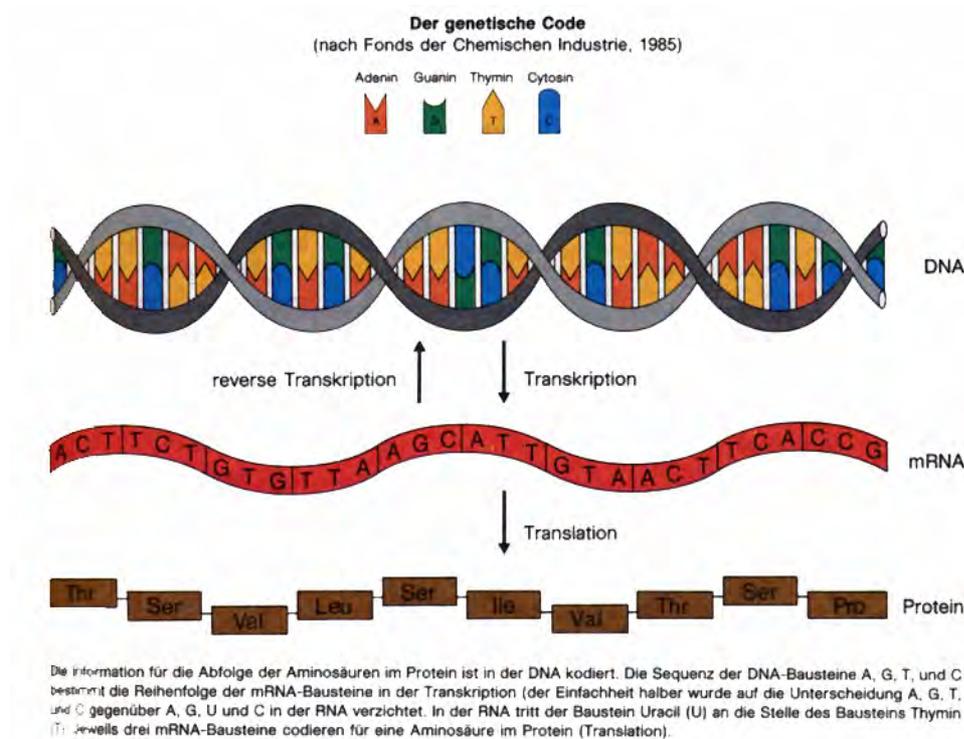
Die gesamte genetische Information eines Organismus, die sich im Erbmaterial befindet, wird als Genom bezeichnet, wobei dieses aber aus einem oder mehreren Chromosomen zusammengesetzt ist (beim Menschen z.B. 46 Chromosomen). Die Chromosomen sind bei Eukaryoten - also Lebewesen die einen Zellkern besitzen - fast immer paarweise angeordnet; mit Ausnahme der Keimzellen (Sperma- und Eizellen), die nur den halben (haploiden) Chromosomensatz besitzen. Weiters bestehen die Chromosomen nicht nur aus DNA, sondern diese ist auch von Eiweißstoffen, den sogenannten Histonen umgeben. Die räumliche Länge z.B. der menschlichen DNA zusammengepackt auf den Zellkern läßt sich nicht nur durch die Doppelhelixstruktur der Moleküle erklären, sondern diese weist noch eine weitere starke Verquirrelung auf.

Das Grundprinzip der Funktionsweise der DNA ist, daß ihre Information in Eiweißstoffe übersetzt wird: In einem ersten Schritt wird die Sequenz auf ein RNA-Molekül übertragen. Man bezeichnet diese Substanz auch messenger RNA (mRNA) oder Boten-RNA und sie unterscheidet sich von der DNA nur darin, daß anstatt der Desoxyribose eine Ribose und anstatt dem Thymin die Base Uracil (=U) tritt. Dieser Vorgang wird als Transskription bezeichnet. Die RNA wird durch geeignete Eiweißstoffe, der sogenannten RNA-Polymerase, erzeugt und kann auch durch ein anderes Enzym, der sogenannten reversen Transskriptase, in DNA (cDNA) zurückgewandelt werden. Im folgenden zweiten Schritt wird die mRNA, nachdem sie vom Zellkern oder der DNA weg zu den Zellkernorganellen der Ribosomen gelangt ist, über den Funktionsmechanismus des genetischen Codes in die Eiweißstoffe oder Proteine überführt (Translation). An die mRNA lagert sich eine weitere sogenannte transfer-RNA (t-RNA), welche an ihrem Ende mit einer speziellen dem genetischen Code entsprechenden Aminosäure verbunden ist. Dieser Anlagerungsmechanismus läßt die Aminosäuren wiederum fadenförmig aneinanderknüpfen, wodurch die Eiweißstoffe oder Proteine synthetisiert werden (siehe Abbildung 2).

Nachdem es 21 unterschiedliche Aminosäuren gibt und diese den 4 Basen gegenüberstehen, sind zumindest 3 Basen notwendig, um jede Aminosäure codieren zu können, da 4^2 nur 16 Möglichkeiten eröffnen würde. 4^3 ergibt aber bereits 64 Möglichkeiten, sodaß manche Aminosäuren durch mehrere 3er Gruppen (Codons oder Triplets) angesprochen werden. Die Entsprechung zwischen jeweils 3 Basenpaaren und der zugehörigen Aminosäure wird als genetischer Code bezeichnet, mit Ausnahme daß es 3 Stoppcodons gibt, die der Transskription und Translation das Ende anzeigen. Jener Abschnitt auf der DNA, der für einen Eiweißstoff verantwortlich zeichnet, wird als Gen bezeichnet, wobei sich zwischen Prokaryoten (Bakterien und Viren) und Eukaryoten noch folgender Unterschied ergibt: Bei ersteren befindet sich die DNA, die codiert geordnet ist, in einem ununterbrochenen Strang, während bei letzteren die codierenden Bereiche (sogenannte Exons) durch nicht codierende Bereiche (Introns) unterbrochen sind. Die mRNA, die also bei Eukaryoten nach der Transskription in Teilen vorliegt, wird später enzymatisch gespleißt. Eiweißstoffe können Hormone (z.B. Insulin, Somatotropin), Enzyme (Stoffwechselfaktoren), Antikörper (zur Krankheitsabwehr), Transport- und Speicherproteine (z.B. Hämoglobin), Rezeptoren (z.B. an

der Zelloberfläche), Stützproteine (z.B. Collagen, Keratin) oder Neurotransmitter (z.B. Endorphine) sein.

Abbildung 2: Der genetische Code

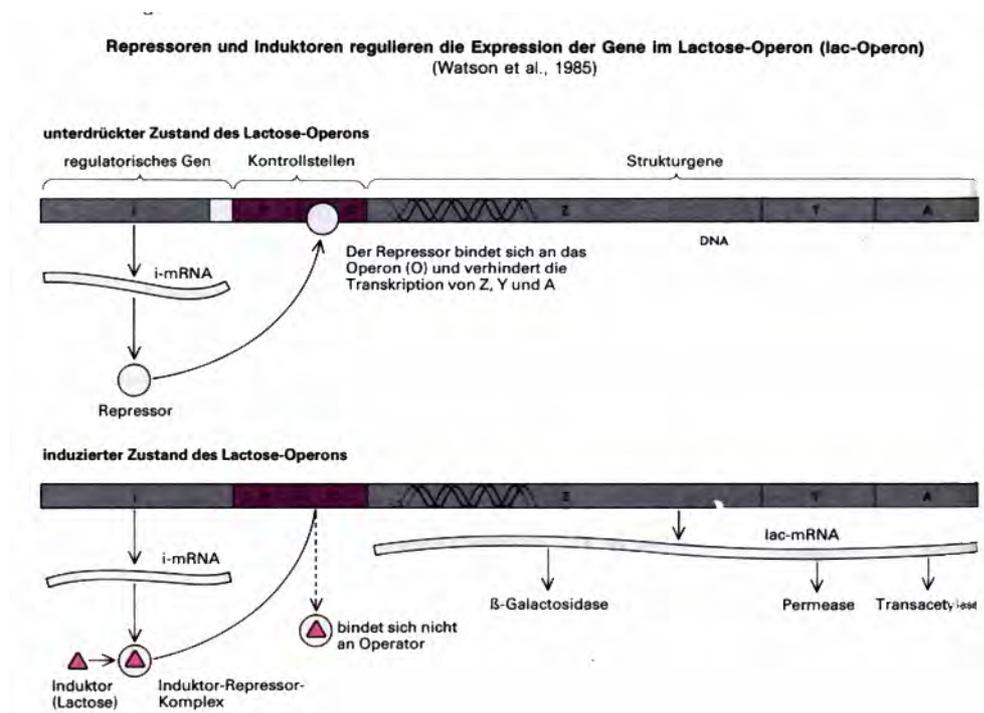


Quelle: Chancen und Risiken der Gentechnologie, Bonn 1987

Das Wichtigste an den genannten Vorgängen ist aber, daß der genetische Code für alle Lebewesen gültig ist, d.h. daß die Entsprechung von Basentriplett-Aminosäure universell ist und deshalb theoretisch auch zwischen allen Lebewesen übertragbar ist.

Nun können in einer Zelle nicht immer zur gleichen Zeit oder in den verschiedensten Zellen immer alle Gene aktiviert sein, sondern die sogenannte Genexpression wird durch eine vorgeschaltete Basensequenz, dem Promotor, gesteuert, wobei auch andere regulatorische Gene mitwirken können (vgl. Abbildung 3). Diese Vorgänge insbesondere bei höheren Lebewesen mit ihrer starken Differenzierung der Zellen sind äußerst komplexer Natur - vergleichbar einem äußerst komplizierten Schaltplan für die Zelleigenschaften und für deren Kommunikation - und in weiten Bereichen (noch?) nicht verstanden.

Abbildung 3: Die Expression der Gene



Quelle: Chancen und Risiken der Gentechnologie, Bonn 1987

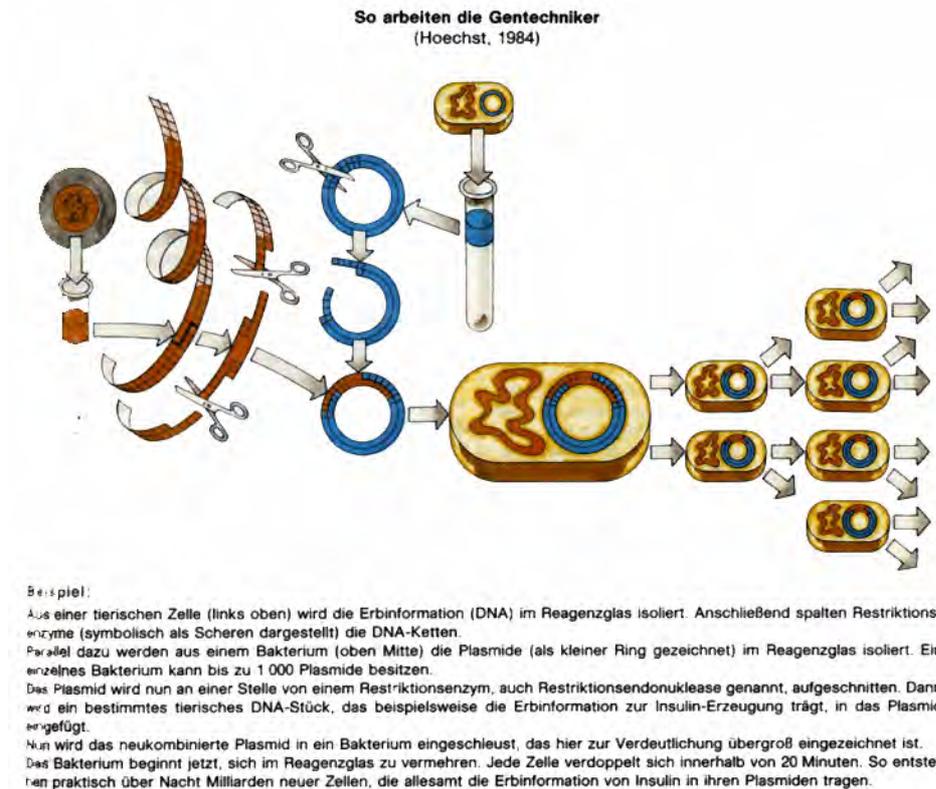
4.3 Die Methoden der Gentechnologie

4.3.1 Identifikation, Herstellung und Isolierung von DNA

Mit Hilfe von Restriktionsenzymen (z.B. verwenden diese Proteine Retroviren, um sich in das Genom anderer Lebewesen einzuschleusen) lässt sich die DNA an spezifischen Stellen, die bestimmten Basensequenzen entsprechen, aufschneiden. Mit einem anderen Enzym der DNA-Ligase lässt sich die DNA wieder rekombinieren (rDNA). Das sind die Grundwerkzeuge der Gentechnologie (siehe Abbildung 4).

Heute stehen mehr als 200 verschiedene solcher Restriktionsenzyme zur Verfügung. Dadurch kann das Genom in Abschnitte bestehend aus ca. 100 bis zu ca. 5000 Basenpaaren aufgespalten werden und je nach der Größe mittels der Technik der Gelelektrophorese abgetrennt werden. Hat man eine DNA-Sonde oder Probe die sich an bestimmten gesuchten Teilen der DNA anlagert - (man spricht von DNA-Hybridisierung) -, so lässt sich mit Hilfe einer radioaktiven Markierung über eine Filmschwärzung relativ leicht ein Gen isolieren oder ein Nachweis führen.

Abbildung 4: Das Prinzip der Gentechnologie



Quelle: Chancen und Risiken der Gentechnologie, Bonn 1987

Hat man aber keine Gen-Sonde, so ist man gezwungen, über die Aufklärung der Proteinstruktur, was noch immer ein äußerst schwieriges Unterfangen ist, einen entsprechenden DNA-Abschnitt über chemische Synthese zu erzeugen. In sogenannten Synthesepartnern (Genmaschinen) können aktive Basensequenzen bis zu 60 oder gar 80 Einheiten - längere Sequenzen sind noch nicht stabil - aufgebaut werden. Mit Hilfe dieser Methode kann man hoffen, eine entsprechende Sonde für das gewünschte Gen entwickelt zu haben. Ein weiterer Weg bietet sich dadurch an, indem man mRNA isoliert, was bei spezialisierten Zellen relativ einfach gelingen kann, und diese dann über die reverse Transkriptase in die gewünschte cDNA rückführt. Eine dritte Möglichkeit eröffnet sich durch das sequenzieren der DNA, wozu es heute schon relativ leistungsfähige Apparate gibt, die das Ablesen bis zu einigen tausend Basenpaaren pro Tag schaffen sollen. Ein Vergleich mit der Proteinstruktur ermöglicht die Identifikation der Gene.

Die Geschwindigkeit der Sequenzierung, deren Genauigkeit und vor allem die Grenzen in der Verarbeitungskapazität der Informationsfülle sind die restriktiven Komponenten dieser Vorgangsweisen. Aber die Entwicklungen auf diesen Gebieten sind äußerst dynamisch, sowohl was die Synthetisierung als auch die Sequenzierung betrifft.

4.3.2. Die Übertragung der DNA

Läßt sich ein DNA-Strang nicht mehr durch Restriktionsenzyme aufteilen bzw. die Fragmente voneinander trennen, so werden sie in Vektoren kloniert, da die DNA sich alleine nicht vermehren kann. Die verwendeten Vektoren sind entweder Plasmide oder Viren.

Plasmide sind extrachromosomale DNA-Elemente, die ringförmig angeordnet sind, und in vielen Bakterien und Hefen aber auch in Säugerzellen vorkommen. Auf ihnen befinden sich oft charakteristische Sequenzen wie z.B. Antibiotikaresistenzen, sodaß sie je nachdem, inwieweit der gelungene Einbau einer Gensequenz mit der Störung einer Antibiotikaresistenz zusammenhängt, auch zur effizienten Selektion einer gelungenen Klonierung herangezogen werden können. Klone in diesem Sinne sind nicht mehr die aus einer einzigen somatischen Zelle hervorgegangenen Individuen mit identischer DNA oder identischem Genotyp, sondern die Verbindung eines Klons mit neuen individuellen DNA-Fragmenten.

Die in Plasmide überbrachte rDNA kann folglich wieder in einen Trägerorganismus rückversetzt werden. Dort können sie sich in der Zelle bis zur 1000 fachen Anzahl replizieren und mit dieser Zelle (primär nur bei Bakterien) vermehren.

Nun gibt es Plasmide in Bakterienzellen, die durch sogenannte Transferelemente die gegenseitige Verbindung von Bakterienzellen einleiten, sodaß sie von einer Bakterienzelle zur anderen wandern können (Konjugation). Dies erklärt auch die natürliche, relativ schnelle Übertragung und Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen in Bakterienpopulationen in Spitälern und Laboratorien; vorausgesetzt, daß es zu einem physischen Kontakt der Individuen kommt. Andere Plasmide haben diese Fähigkeit nicht, werden aber aus Gründen der biologischen Sicherheit vornehmlich in der Gentechnologie verwendet. Um aber diese Plasmide in die Bakterienzelle einzubringen, werden die Zellwände entfernt - es entsteht ein sogenannter Protoplast, und mit Hilfe bestimmter Metallionen kann die Zellenmembran für die Plasmid-DNA durchlässig gemacht werden (Transfektion). Dabei gelangt aber nur ein Tausendstel der rekombinanten DNA in die Zelle bzw. die Bakterien überleben sehr oft die Protoplastierung nicht. Dann bleibt nur die Konjugation, wie sie z.B. bei den Rhizobien (stickstofffixierende Bakterien bei Leguminosen) notwendig ist. Weiters gibt es noch Schaukelvektoren, die sowohl in Bakterien als auch in Eukaryoten (Hefen, Säugerzellen) exprimieren bzw. denen für beide Spezies Startsequenzen hinzugefügt werden können.

Viren als Vektoren (zumeist Phagen oder Bakterienviren) haben dagegen den Vorteil, daß sie leicht in ihren Wirt verbracht werden können. Man kann ihnen jenen Teil der DNA wegnehmen, den sie nicht zur Vermehrung brauchen, und das oder die gewünschten Gene hinzufügen, sie anschließend in die Proteinhülle in-vitro wieder einkleiden und dann übertragen. Ein ganzes Genom kann relativ leicht mit Restriktionsenzymen aufgespalten werden und in die Viren kloniert werden, wobei diese auch längere DNA- Stücke als Plasmide übernehmen können. Auf einen Bakterienrasen einer Petrischachtel gebracht, ergibt sich, daß das jeweilige befallene Bakterium, das nach 20 bis 30 Minuten abstirbt, ca. 1000 neue Viren freisetzt. Es entstehen Löcher am Bakterienrasen, sogenannte Plaques, wobei jedes eine spezifische rDNA-Sequenz hat. Das menschliche Genom kann z.B. bei einer Aufspaltung auf durchschnittlich ca. 20.000 Basenpaare große Fragmente bei ca. 20.000 Plaques am Bakterienrasen auf ca. 50 bis 100 Petrischalen ausgebreitet und vereinzelt werden. Das auf einen Phagenvektor rekombinierte Gemisch eines ganzen Genoms bezeichnet man auch als genomische Genbank.

4.3.3. Anwendung der Techniken bei höheren Zellen (pflanzliche und tierische Zellen)

Die Methode, Viren als Vektoren zu benutzen, hat vor allem bzw. verspricht vor allem bei höheren Zellen Erfolg. So ist der Affenvirus SV 40 sowohl bei Affenzellkulturen als auch bei menschlichen Zellkulturen (bei letzteren ist er aber nicht über Generationen vermehrungsfähig) umsetzbar. Durch die Entfernung der Hüllproteinsequenzen, als auch mit Hilfe einer DNA-Startsequenz und einer Sequenz für Tumor-Antigen-Protein kann er sich in

Zellkulturen vermehren, ohne daß er später freigesetzt wird. Er besitzt somit Plasmideigenschaften. Weiters finden mit ähnlichen Eigenschaften das Rinderpapillomvirus, vor allem in Mäusezellen, als auch das Vaccinia-Virus (Pockenvirus) Verwendung.

Wichtige virale Vektorsysteme für Zellen höherer Lebewesen sind aber vor allem Retroviren, da sie ihre RNA über die reverse Transkriptase in das Genom der Wirtszelle einbauen. Sie sind in ihrer Wirtsspezifität auch leichter zu verändern und ermöglichen eigentlich erst die Rekombination mit der Wirts-DNA. Diese können auch oder sie werden auch dazu verwendet, um in Zellen Tumore zu induzieren, sodaß die Zellen in Zellkultur gehalten werden können.

Andere häufig angewandte Methoden bei höheren Zellen, da die bisher erwähnten Vorgangsweisen (noch) nicht den entsprechenden Erfolg zeitigen, insbesondere da sich keine ganzen lebensfähigen Individuen regenerieren ließen, sind die Einschleusung von nackter DNA in Zellen mit Hilfe von Chemikalien, oder die DNA wird mit einer künstlichen Lipidmembran versehen. Auch durch Elektrostromimpulsen (Elektroporation) können Zellmembranen durchlässig gemacht werden.

Das bisher effizienteste Verfahren bei zweikeimblättrigen Pflanzen ist das Agrobacterium tumefaciens System. Dieses Bakterium hat ein tumorinduzierendes Plasmid (Ti-Plasmid) und verursacht Wurzelhalsgallentumor durch Integration der Plasmid-DNA in die Pflanzen-DNA. Es läßt sich relativ leicht in die Tumorsequenz-DNA eine gewünschte DNA einschleusen, und die Codierung für die Tumorbildung entfernen, sodaß die Infektion einer pflanzlichen Zelle zu rekombinanter DNA führt, wobei durch Zellkulturtechnik auf vegetativem Weg ein neues Individuum gewonnen werden kann. Die häufigste Anwendung erfolgt bei Tabak, Tomate, Kartoffel; aber auch bei Raps hat das System schon funktioniert. Für die einkeimblättrigen Pflanzen wie die Getreidearten ist man noch auf der Suche nach einem wirksamen Vektorsystem. Auch tierische Eizellen haben sich den bisherigen Methoden widersetzt. Bei ihnen funktioniert bis jetzt primär nur die Mikroinjektion, indem nackte DNA in den Vorkern der Zygote mit einer feinen Hohlnadel eingespritzt wird. Dies ist bei Mäusen bereits Routine, bei den landwirtschaftlichen Nutztieren aber noch relativ selten von Erfolg gekennzeichnet. Unter anderem wurde auch eine weitere Methode versucht, indem man auf kleinen Trägersubstanzen DNA einfach in die Zelle hineinschießt.

Die Vielfalt der Techniken, um DNA zu identifizieren, sie zu trennen, und zu vermehren, sie zu rekombinieren und in lebende vermehrungsfähige Zellen rückzutransformieren, ist damit zwar nur überblicksmäßig und auszugsweise dargestellt worden, doch aufgrund der großen Dynamik der technologischen Entwicklungen ist es schwierig in der notwendigen Kürze ein abgeschlossenes Bild im Einzelnen zu zeigen. Soweit es möglich ist, wird aber bei der Beschreibung der Anwendung der Gentechnologie auf die zugrundeliegende Methodik eingegangen.

4.4. Beispiele für die Komplexität und den Ordnungsgehalt der molekulargenetischen Strukturen

COLLINS, J. 1986¹⁷ führte folgenden Vergleich bezüglich der Kombinationsmöglichkeiten von Aminosäuren an: Man stelle sich ein durchschnittliches Gen von ca. 2100 Basenpaaren vor, das einem Eiweißstoff von 700 Aminosäuren entspricht. Das bedeutet, daß theoretisch nach den Regeln der Kombinatorik bei 21 möglichen Aminosäuren, 21^{700} unterschiedliche Proteine gebildet werden können. Dies ist eine Zahl, die einer 1 mit 925 Nullen gleicht; also $21^{700} = \text{rd. } 10^{925}$. Diese Zahl stellt COLLINS der Jordan-Zahl gegenüber, die nach der kosmologischen Theorie JORDANS besagt, daß unser gesamter Kosmos nur aus 10^{80} Elementar- oder Protonenmassen besteht, wobei 99,8 % der Atome Wasserstoff (84 %) oder Helium (16 %) sind, was ungefähr wiederum die Masse unseres Universums ist:

10^{925} Aminosäurekombinationen stehen damit 10^{80} (ca. 9mal hintereinander eine Milliarde mit einer Milliarde multipliziert) real vorhandenen Atomen gegenüber. Und wenn wir letztere Zahl noch auf die auf der Erde vorhandenen Atome, die geeignet sind Aminosäuren aufzubauen, reduzieren, so erkennt man, daß das, was wir als Lebendiges erfassen können, nur ein winziger Teilausschnitt aus dem theoretisch Möglichen ist. Der Ordnungsgehalt von lebender Materie ist somit fast unendlich groß. (Aber vielleicht ist er auch nur ein strukturiertes Chaos).

Selbst wenn jeder derzeit auf der Erde lebende Mensch täglich ein neues Protein erzeugen möchte und könnte, so würde die ganze Menschheit fast in einer "Ewigkeit" nicht fertig, alles auszuprobieren bzw. die Wirkungen dieser Proteine, die es noch nicht (oder nicht mehr) gibt, kennen zu lernen. Ganz zu schweigen davon, daß Proteine bei Eukaryoten nach der Synthese der Peptidkette zumeist noch modifiziert werden, um biologisch aktiv zu sein (z.B. Glykosylierung), und schon gar nicht daran denken kann man, die Wechselwirkungen der "neuen" Proteine untereinander und zusammen mit den "alten" zu erforschen.

Daß auf dem Weg "dieser Reise ins Unbekannte" riesige ökonomische Chancen liegen könnten, z.B. daß es organische Materialien härter, elastischer und zugfester als Stahl geben könnte, daran dürfte nicht zu zweifeln sein. Daß es aber auch Stoffe geben könnte, die uns Menschen oder einfach der uns umgebenden Natur absolut unerträglich sind, dem dürfte auch eine ebensolche Gültigkeit zukommen.

Ein anderes Beispiel von Rupert RIEDL 1975¹⁸ soll uns ein Bild über die Stabilität von so manchen genetischen Strukturen im Rahmen evolutionärer Zeiträume vor Augen führen:

"Das Säugetierhaar z.B. besitzt jede rezente Art seit $1,8 \times 10^8$ Jahren. Nehmen wir auch nur einen einzigen Reproduktionsschritt pro Individuum und nach 4 Jahren sowie nur 10^6 Individuen pro Art, dann standen einer jeden Art ($1,8 \times 10^8 / 4 = 4,5 \times 10^7$) Generationen mal 10^6 Individuen, also ($4,5 \times 10^7 \times 10^6 = 4,5 \times 10^{13}$) Reproduktionsschritte zur Verfügung. Das Merkmal "Haar" hätte jedes millionste Mal, also bereits ($4,5 \times 10^{13} \times 10^{-6} = 4,5 \times 10^7$) fünfundvierzig Millionen mal erfolgreich geändert werden können; und das ist in seinem Grundprinzip nicht geschehen. - Ja, alle rezenten Säuger zusammengenommen ($3,7 \times 10^3$)

¹⁷ COLLINS, John: Gentechnologie - Was ist das, und welche Anwendung könnte sie haben? In: Gen-Technik oder Gen-Manipulation - Kritische Anmerkungen zur Zurichtung von Mensch und Natur, Erika Hickel u. Bernd Klees (Hrsg.) Steinweg, Braunschweig 1986, S.26.

¹⁸ RIEDL, Rupert: Die Ordnung der lebendigen Systembedingungen der Evolution, Piper, München 1975, S.174.

Arten) brachten das nicht zuwege. Für sie beträgt die Überdetermination ($4,5 \times 10^7 \times 3,7 \times 10^3$) über hundert Milliarden (10^{11})..." Und weiters: "Man denke vergleichsweise an die Halbwertszeiten radioaktiver Atome (Uran $4,5 \times 10^9$, Radium 1.580, Mesothorium 6,7 Jahre) oder an die "Lebensdauer" der Elementarteilchen".

Zufall und Notwendigkeit scheinen also ein vom Menschen unabhängiges Spiel gespielt zu haben, ohne daß wir mit all unserem Wissen die Grenze dazwischen eruieren könnten. Wir erkennen aber aus den Beispielen, angewandt auf die Möglichkeiten der Gentechnologie, auch,

- daß eine große Faszination und Anziehungskraft von der Gentechnologie, insbesondere für einen mathematisch analysierenden Geist ausgeht. Allein die These, daß außer dem genetischen Code noch ganz andere Gesetzmäßigkeiten von relativ einfachen logischen Zusammenhängen, die Leben auf der Erde determinieren, d.h. die eine Notwendigkeit in den zufällig oder chaotisch erscheinenden kosmischen Größen bestimmen, gäbe, wäre z.B. eine verführerische These.
- daß das große "schwarze Loch" des Nichtwissens und Nichtkönnens viel, viel größer ist, als unsere Augen zumeist zu sehen vermögen und die Grenzen, auch nur einen geringen Teil der uns umgebenden Natur zu erfassen, sehr eng sind.
- daß die Frage, ob nun der "Liebe Gott würfelt oder nicht" doch vorher beantwortet werden sollte, bevor wir uns die DNA als Schachbrett aussuchen, ohne vorher auch nur den Hauch einer Regel für alle Figuren zu kennen.

5. ZUR UNTERSCHIEDLICHEN DEFINITION VON GENTECHNOLOGIE UND BIOTECHNOLOGIE UND IHR VERHÄLTNIS ZUR LANDWIRTSCHAFT

Der Begriff der Biotechnologie ist ein sehr weitläufiger und durch seinen anwendungsorientierten und interdisziplinären Charakter ähnlich schwer zu fassen wie der Begriff der Landwirtschaft.

Eine sehr einfache Definition der Biotechnologie findet sich im "Handbuch der Biotechnologie" (PRÄVE u.a. 1984 zit. nach NEUBERT 1989)¹⁹: "Biotechnologie behandelt den Einsatz biologischer Prozesse im Rahmen technischer Verfahren und industrieller Produktionen." Dagegen lautet die Definition der Europäischen Föderation für Biotechnologie: "Biotechnologie ist die integrierte Anwendung von Biochemie, Mikrobiologie und Verfahrenstechnik mit dem Ziel, eine technische Anwendung des Potentials von Mikroorganismen, Zell- und Gewebekulturen zu erreichen."

Die Studie "Biotechnologie in Österreich" (1988)²⁰ folgert daraus: "Die früher häufig vorgenommene **isolierte Betrachtung** der Gentechnologie ist aus heutiger Sicht nicht mehr aufrecht zu erhalten" (Hervorhebung original). In der Folge wird in dieser Studie der Begriff der Gentechnologie weitestgehend vermieden.

Gentechnologie wäre nach dem Enquete-Bericht des 10. Deutschen Bundestages "Chancen und Risiken der Gentechnologie", wie bereits einleitend festgehalten wurde, dagegen folgendes: "Gentechnologie ist die Gesamtheit der Methoden zur Charakterisierung und Isolierung von genetischen Material zur Bildung neuer Kombinationen genetischen Materials sowie zur Wiedereinführung und Vermehrung des neukombinierten Erbmaterials in andere biologische Umgebung."

Der Grund warum man eine so "neue" Technologie ein paar Jahre nach ihrer ersten experimentellen Entdeckung bereits wieder begrifflich verstecken möchte, dürfte u.a. darin liegen, daß Begriffsdefinitionen aus der Wissenschaft nicht nur dazu dienen, daß sich Insider möglichst unmißverständlich untereinander unterhalten können, sondern sie haben in der modernen Informationsgesellschaft, deren prägnantestes Charakteristikum die Massenmedien sind, auch die Funktion, den definierten Begriff zum allgemeinen Sprachgebrauch werden zu lassen. Es kommt also ganz besonders auf das "Image" eines Begriffes an, das er im mehrdimensionalen Werteraum der Informationsempfänger erzeugt. (Man stelle sich z.B. nur das semantische Gegenteil der Biotechnologie in den Medien vor: Nekrotechnologie).

Die Definition und die Verwendung des Begriffes Biotechnologie ist interessensgebunden, denn mit der Einbeziehung der Mikromanipulation des genetischen Materials von Organismen in die Biotechnologie ist die Erwartung verbunden, daß lebende Organismen erstmals für den industriellen Prozeß möglichst schnell normgerecht zugeschnitten und damit

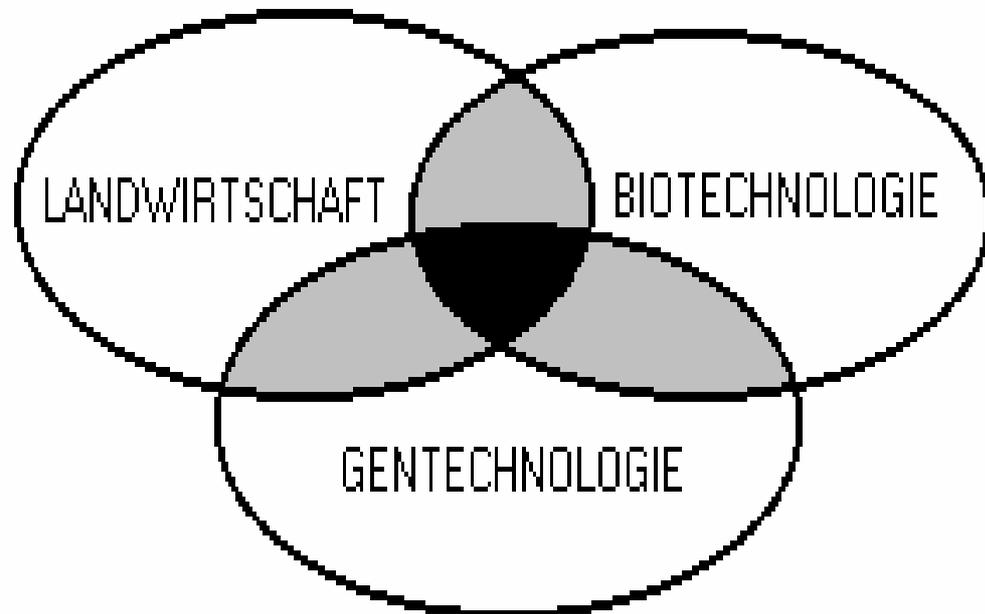
¹⁹ PRÄVE, D.; FAUST, U.; SITTIG, W.: Handbuch der Biotechnologie. 2.-Auflage, München/Wien 1984. NEUBERT, Karola: Die Entwicklung biotechnischer Verfahren in der Land- und Ernährungswirtschaft (historischer Abriss). In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.12.

²⁰ Biotechnologie in Österreich: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung (Hrsg. und Verlag). Wien 1988, (von UNI CONSULT GesmbH, Wien, Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, Prognos AG, Basel), S.14.

durch Kapitaleinsatz für die Industrie besser verfügbar gemacht werden können, ohne daß man sich gegenüber der Gesellschaft in Bezug auf die letztlich gegebenen Konsequenzen (z.B. Risiken) differenziert rechtfertigen muß.

Aufgrund dieser Hintergründe sollten die Begriffe Biotechnologie und Gentechnologie getrennt dargestellt werden²¹, selbst wenn die Gentechnologie auf die Entwicklung der Biotechnologie einen enormen Einfluß ausübt oder auszuüben im Stande ist. Es gibt aber auch eine Biotechnologie ohne Gentechnologie und eine Gentechnologie ohne Biotechnologie, insbesondere dann, wenn es um die direkte Anwendung der Gentechnologie in der Pflanzen- und Tierzucht und in der Medizin geht (vgl. Abbildung 5).

Abbildung 5: Definitionsbereiche für Landwirtschaft, Biotechnologie, Gentechnologie



Nimmt man diese Differenzierung nicht vor, so kommt man relativ schnell in die Lage, auch die Landwirtschaft in die "moderne" Biotechnologie zu integrieren. Dies passiert besonders dann sehr leicht, wenn man Landwirtschaft als technologischen, arbeitsteiligen und industriellen Prozess sieht, der primär durch die Bereitstellung von technischen Vorleistungen charakterisiert ist und bei dem die Produktionsfaktoren Boden und natürliche Umwelt durch Produktionsfaktoren wie Nährstofflösungen und klimatisierte Glashäuser als substituierbar betrachtet werden, oder bei dem die Tiere nur kleine individuelle Bioreaktoren sind. Landwirtschaft ist bestimmt mehr als das und bestimmt mehr als die optimale Kombination von ein paar Genen (vgl. später Kapitel 10), ansonsten gelangt man eben zu Aussagen wie

²¹ Im Englischen Sprachgebrauch hat sich bereits der Begriff "Biotechnology" sowohl bei den Kritikern, als auch bei den Befürwortern durchgesetzt. Der Grund dafür dürfte u.a. darin liegen, daß das englische Wort für Gentechnologie "gene-engineering" oder "gene-splicing" nicht gerade vertrauenserweckend klingt. Auch der Begriff "recombinant DNA-technology" ist nicht gerade ohne Erklärungsaufwand in den Medien verwendbar.

REHM 1985²²: "Besonders im Hinblick auf Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau wird auch die Landwirtschaft immer mehr in die "echte" Biotechnologie einbezogen". Und es gibt mehrere solche Aussagen, die in die gleiche Richtung tendieren.

Die Zwiespältigkeit der allumfassenden Definition von Biotechnologie wird auch ersichtlich, wenn z.B. SMIDT

- 1988²³ versuchte, die moderne Tierhaltung folgendermaßen zu beschreiben: "Biotechnische Maßnahmen dienen der Kontrolle und Steuerung produktionsbezogener Körperfunktionen bei Nutztieren mit dem Ziel, Planung und Durchführung der Tierproduktion in den Bereichen Züchtung, Management, Haltung, Ernährung und Hygiene biologisch und ökonomisch zu optimieren".

Daß die klare Forderung nach einer Trennung der Begriffe und deren präzise Verwendung keine Außenseiterposition ist, zeigt z.B. auch die Studie der OECD "Biotechnology, Economic and wider Impacts"²⁴. Obwohl die OECD eine möglichst friktionslose Implementierung der Gentechnologie zum Ziel hat, empfiehlt sie der Industrie und den öffentlichen Verantwortungsträgern, um die Bedenken der Bevölkerung bezüglich der Sicherheit zu zerstreuen, neben einer klaren Informationskampagne, einer Teilnahmeerlaubnis der Öffentlichkeit bei den Risikoabschätzungen, einer gezielteren Information und neben dem Mut zu risikoreiche Projekte abzulehnen, auch den Überbegriff der Biotechnologie preiszugeben: "To abandon the general term biotechnology, and to replace it with the precise term of each individual technique or application which may be discussed. "Biotechnology" covers too diverse a range of apparently unconnected activities, some of which have been safely in use for centuries. Precision would spare the activities of the latter category from being dragged into the safety debate".

²² REHM, Hans-Jürgen: Biotechnologie - eine "neue" Wissenschaft. In: Zukunftschance Biotechnologie-Tagungsband der Österreichischen Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik und der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), Wien 1985, S.12.

²³ SMIDT, D.: Forschungskonzepte in der Biotechnologie der Tierproduktion. In: BST-Symposium der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig-Völkenrode 1988, S.12.

²⁴ OECD: Biotechnology - Economic and wider Impacts. OECD, Paris 1989, S.62.

6. DIE GESCHICHTE DER BIOTECHNOLOGIE

Sehr viele Fachvorträge und wissenschaftliche Artikel über Biotechnologie und insbesondere auch über Gentechnologie leiten mit der Geschichte der Gärungs- und Lebensmitteltechnologie ein. Zumeist wird mit der Bierbraukunst der Sumerer und Ägypter begonnen. Man könnte fast meinen, es ist die am meisten traditionsbewußte naturwissenschaftliche Sparte, insbesondere wenn man sie mit anderen Fachgebieten wie z.B. den Agrarwissenschaften, die sich der eigenen Geschichte kaum oder nicht erinnern wollen, vergleicht (z.B. gibt es in Österreich kein Institut für Agrargeschichte an der einzigen Fachuniversität). Gilt also für manche Wissenschaften die eigene Geschichte als etwas Verdrängungswürdiges oder Nebensächliches, so erscheint in der modernen Biotechnologie, und auch in der Gentechnologie, der historische Moment als geradezu etwas Notwendiges, ja sogar als etwas Beruhigendes, vielleicht um sich über die Neuheit und über das Revolutionäre hinwegzutäuschen. Die Ungewißheit der Zukunft wird mit der Gewißheit des Vergangenen kompensiert.

Soweit zu einer einleitenden kritischen Analyse; trotzdem ermöglicht uns der "Blick zurück", die Geschichte nicht nur als Kontinuum zu sehen, sondern führt uns auch die qualitativen Sprünge vor Augen. NEUBERT 1989²⁵ unterscheidet 4 Phasen in der Entwicklung der Gen- und Biotechnologie:

Phase 1: Unbewußte Herstellung von Nahrungsmitteln und Getränken mit Hilfe von Mikroorganismen (Bier und milchsäure Nahrungsmittel 3000 v.Chr., Wein 1500 v.Chr., Weinessig, Flachsrotte (im Mittelalter); künstliche Champignonzucht in Frankreich um 1650).

Phase 2: PASTEURE; Mikrobiologen und Chemiker ermöglichten Ende des 19. Jahrhunderts die bewußte Entwicklung von Produkten aus Mikroorganismen (Essigsäure, Citronensäure, Milchsäure (org. Säuren); Aceton, Glycerin, Butanol (Lösungsmittel); letztere verloren durch die Ausbreitung der Erdölchemie nach dem 2. Weltkrieg ihre Bedeutung.)

Phase 3: 1928/29 entdeckt Alexander FLEMING das Antibiotikum Penicillin. Penicillinerzeugung mit steriler Prozessführung ab 1943/44. Weiters folgen andere Antibiotika, Vitamine, Gibbereline (Pflanzenwirkstoffe), Aminosäuren, Vaccine, Steroidhormone und Enzyme.

Phase 4: 1953 - das Postulat der DNA-Doppelhelix durch WATSON und CRICK; 1973 das erste gentechnologische Experiment. Die weitere Innovation der Biotechnologie ist in der Folge fast ausschließlich von der Entwicklung der Gentechnologie und ihren Anwendungen determiniert. Der dominierende Charakterzug dieser Epoche geht auch nicht mehr von der Biotechnologie als solcher sondern von der Gentechnologie aus. Produkte sind:

- Eine Vielzahl pharmazeutischer Stoffe, die mit den humanen biochemischen Strukturen relativ ident sind (Insulin, Blutgerinnungsfaktoren, Immunstoffe, Vaccine, Wachstumshormone, monoklonale Antikörper), werden erzeugt.
- Ähnliche physiologisch wirksame Stoffe sind auch für Pflanzen und Tiere verfügbar.
- Ganz spezifische Organismen und Enzyme für die organische Rohstoffumwandlung und für die Lebensmittel- und Futtermitteltechnologie können schneller und effizienter bereitgestellt werden.

²⁵ NEUBERT, Karola 1989: a.a.O., S.14

- Die Eigenschaften und Funktionen aller Lebewesen, sofern sie auf molekulargenetischer Ebene identifizierbar sind, stehen zur Verfügung.

Die letzte Phase ist somit durch einen besonderen Quantensprung in der Qualität der Biotechnologie gekennzeichnet. (In dieser Arbeit wird sie auch als "moderne" oder "neue" Biotechnologie bezeichnet.) Die Manipulationsfähigkeit des Menschen wurde enorm erweitert. Und dies ist zweifellos etwas Neues, wobei folgende Charakteristika anzuführen sind:

- Reduktion der Lebensprozesse von Organismen auf die biochemische Struktur der DNS und ihre Kombination. (Im Mittelpunkt steht nicht mehr der Organismus als Ganzes sondern die einzelnen Gene und die darauf beruhenden biochemischen Reaktionen.)
- Direkte und relativ gezielte Manipulation des genetischen Materials mit dem Potential für alle Lebewesen.
- Überschreitung von Artgrenzen
- Schnellere Veränderung von Einzelfunktionen eines Organismus und Beschleunigung traditioneller Zuchtverfahren bzw. deren Ablöse
- Einfügen synthetischer Gene in das Genom von Lebewesen bzw. bei punktuellen Veränderungen Erzeugung neuer Eiweißstoffe (Protein-engineering)
- schnelle Anpassung von Organismen an die technischen Gegebenheiten (z.B. Herbizidresistenzen oder Fische, die an belastete Gewässer angepaßt werden)
- jeder biologisch aktive Stoff und die damit verbundenen Organismen werden für den linearen industriellen Prozess, unabhängig von seiner Einbettung und Einbeziehung in ein komplexes Ökosystem, verfügbar.

Es ergeben sich auch aus diesen "Neuheiten" andere Verhältnisse des "Menschen zur Natur", von "Technologie zur Natur" und von "Industrie zur Natur". John COLLINS 1986²⁶, ein darin involvierter Wissenschaftler sagt selber: "Die Entdeckungen haben in philosophischer Bedeutung ungefähr so eingeschlagen, wie die Entdeckung Galilei's, daß die Erde nicht mehr im Zentrum des Sonnensystems steht".

²⁶ COLLINS, J. 1986: a.a.O., S. 26

7. ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN DER GENTECHNOLOGIE - ANWENDUNGEN OHNE DIREKTEN BEZUG ZUM AGRARSEKTOR

In diesem Zusammenhang soll nur überblicksmäßig der Anwendungsbereich der Gentechnologie außerhalb des direkten Bezuges zum Agrarsektor bzw. jener Bereich, wo kein nennenswerter Produktaustausch mit der Landwirtschaft erfolgt, dargestellt werden. Prinzipiell erfolgt immer dann, wenn größere Mengen an Organismen zum Wachsen gebracht werden, ein Produktaustausch mit der Landwirtschaft (oder Forstwirtschaft), jedoch ist er z.B. bei vielen Pharmazeutika relativ marginal. Es geht hier auch darum, die Vielfältigkeit der Gentechnologie und ihr Potential allgemein darzustellen.

Tabelle 1 soll lediglich einige Umsatzschätzungen für die "neue" Biotechnologie - gemeint ist dabei die Anwendung der Gentechnologie - charakterisieren. Diese Schätzungen sind bzw. müssen "Daumen mal Pi" Rechnungen sein, da kausalanalytische oder ökonomische Modelle ohne Informationen aus der Vergangenheit, was selbstverständlich für die Gentechnologie im Verhältnis zu dem ihr zugeordneten Potential gilt, nicht vorhanden sind. Auch Analogieschlüsse oder einfache Potentialschätzungen sind nicht geeignet, da wie bereits in Kapitel 2 aufgeführt, die Qualitäten von Großtechnologien ganz neue Dimensionen haben. Daneben dürften auch unterschiedliche Begriffsauffassungen für die Variation der Ergebnisse verantwortlich sein.

Noch eine andere Kennzahl soll die wirtschaftliche Dynamik der Gentechnologie charakterisieren. 400 amerikanische Biotechnologie-Firmen, die bisher neu angefangen haben, d.h. Gentechnologie betreiben, machten 1988 einen Umsatz von 1 Milliarde Dollar, wobei aber bereits 10 Milliarden Dollar in sie investiert worden waren.²⁷ Teilweise wäre dies bei traditioneller wirtschaftlicher Beurteilung ein konkursverdächtiges Mißverhältnis, teilweise spiegelt es aber lediglich die Umsatz- und Gewinnerwartungen für die Zukunft wider. Doch dieses Mißverhältnis dürfte auch ein Grund sein, daß es um Prognosen für die Umsatzentwicklung - sie dienten ja dazu, um Investitionskapital anzulocken - ruhig geworden ist, da, wenn sie zu niedrig angesetzt werden, ein Verlust als vorprogrammiert erachtet werden muß, oder wenn sie eben sehr hoch angesetzt werden, die Zahlen zunehmend zur Pflicht werden.

Die wirtschaftliche Dynamik hinter der Gentechnologie ist somit enorm, und dies hat seinen Grund darin, daß sie in Kombination mit der Biotechnologie ein Anwendungspotential in den unterschiedlichsten Industriezweigen und Wirtschaftssektoren hat (vgl. Abbildung 6).

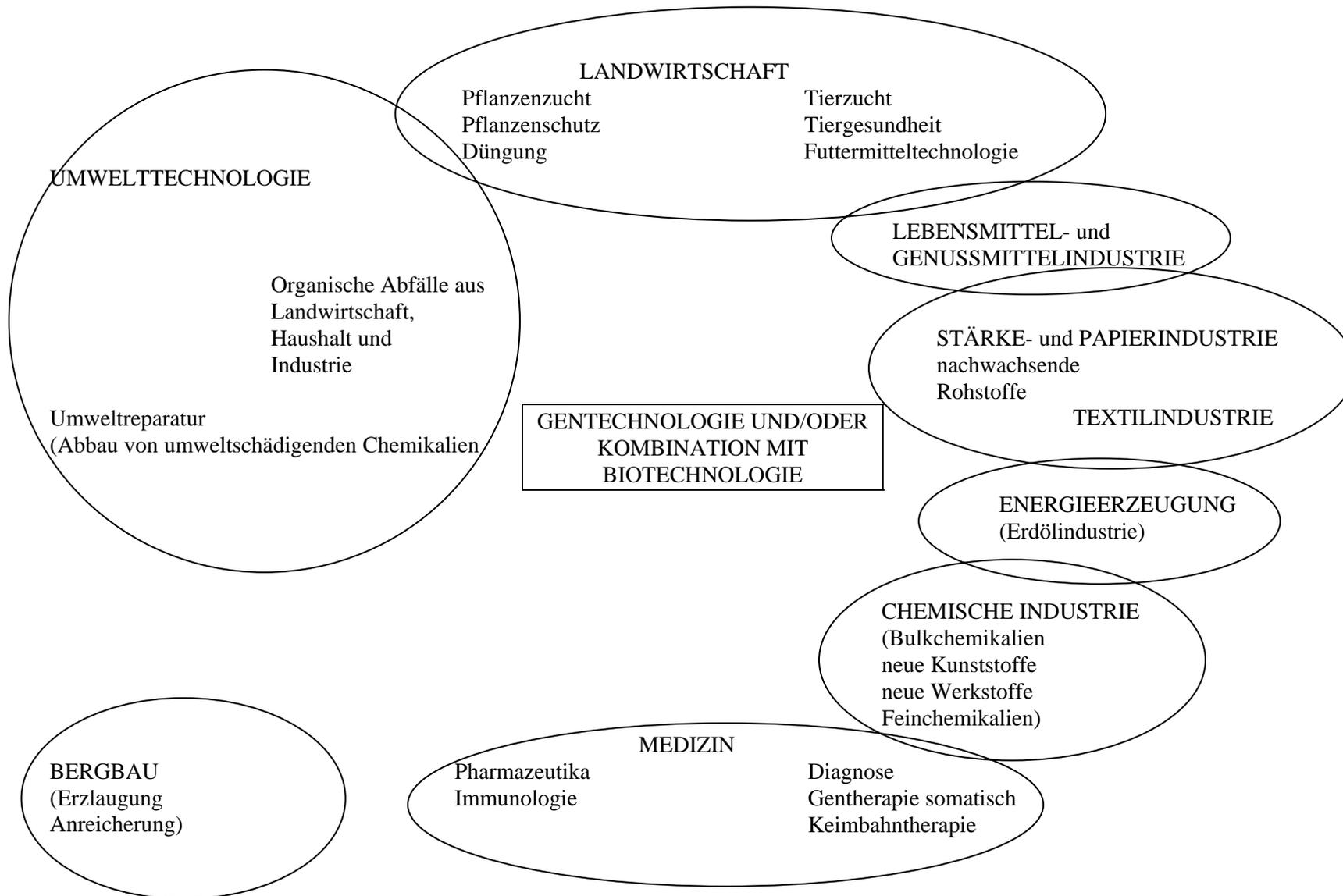
²⁷ The Economist, 13 May 1989

Tabelle 1: Voraussagen für die Größe des weltweiten
"Biotechnologie"-Marktes in Mio. US Dollar

	Jahr	Gesamt	Pharmazeutika Medizin	Chemikalien	Landwirtschaft	Energie	Umwelt	Bioprozeßtechnik
Business Communicatins Co.	1982	59	26					
	1990	13.000	12.600	270	430			
Robert S. First Co.	1985	1.400	250					
	2000	43.000	8.200					
Genex Corporation	1990	10.000						
International Resources Development	1985	520						
	1990	3.000						
International Planning Information (UK)	1990	4.500						
	2000	9.000						
Arthur D. Little	1990							
	2000		23.000		2 - 4.000			
Policy Research Corp.	2000		5 - 10.000		50 - 100.000			
Predicats, Inc.	1985		1.120		6.200			
	1995		18.600		101.000			
T.A. Sheets an Company	1980	25						
	1990	27.000	2.900	5.100		9.400		
	2000	64.000	9.100	10 - 600	21.300	16.400		
Strategie, Inc.	1990		5.000		4.500			
	2000				9.500			
U.S. Congress, Office of Technology Assessment/Genex Corporation	1990							
	2000	14.600						
Stanford Research Institut 1986 (Zit. nach "Biotechnologie in Österreich" 1988)	1985	2.500	500		1.500		0	500
	1990	7.100	3.400		2.200		500	1.000
	1995	20.200	10.600		5.600		1.000	3.000
	2000	51.100	30.000		14.100		2.000	5.000

Quelle: OECD 1989, Biotechnologie in Österreich 1988

Abbildung 6: Das Anwendungspotential der Gentechnologie



7.1. Humanmedizin - Pharmazie - Genomanalyse und Gentherapie

Die medizinische Anwendung, insbesondere neue und spezifische Pharmazeutika, bildeten in den Anfangsphasen der Gentechnologie das Hauptzielgebiet eines raschen Praxiseinsatzes. Dieser Bereich ist auch bis heute, was den Geldeinsatz betrifft, die wichtigste Sparte und dürfte es auch mittelfristig bleiben.

Das erste große Medikament aus der neuen Technologie war das in Bakterien rekombinierte menschliche Insulin, bei dem keine allergischen Reaktionen, wie sie bei Schweineinsulin manchmal vorkommen, auftreten sollten. Dagegen wurde in der Anwendung festgestellt und folglich auch diskutiert, daß es bei Überdosierung die vorher üblichen Unterzuckerungssymptome unterdrückt. Durch letztere Feststellung soll lediglich aufgezeigt werden, daß auch die neuen Medikamente und Pharmazeutika nicht ohne Probleme und Nebenwirkungen sind und daß zwischen Werbetexten der Hersteller und Vertreiber und der tatsächlichen Wirkung das in dieser Branche übliche Realitätsdefizit besteht. Dies gilt auch für alle folgenden angeführten Produkte.

Weiters konnte durch Gentechnologie die Produktion der ursprünglichen über Zellkulturtechnik erzeugten Interferone optimiert und verbilligt werden, und das Wissen über die antiviralen, das Zellwachstum hemmenden Stoffe erweitert werden. Interferone waren erfolgreich bei viralen Gehirnhautentzündungen, bei Gürtelrose und teilweise bei der Hepatitis Behandlung. Große Hoffnung wurde in die zellwachstumshemmende Wirkung bei Tumoren gelegt, doch gelang es bis jetzt nur bei wenigen Krebsarten eine Reaktion hervorzurufen. Gamma-Interferon wird weiters auch gegen die chronische Polyarthritits eingesetzt.

Andere wichtige Medikamente aus der Gentechnologie waren der Gewebsplasminogen-Aktivator (tPA engl.), der Blutgerinnsel auflösen kann (z.B. Einsatz nach einem Herzinfarkt), oder Blutgerinnungsfaktoren (Faktor VIII für Bluterkrankte), das menschliche Wachstumshormon und das Erythropoetin, das durch die Reifungswirkung bei roten Blutkörperchen bei Dialysepatienten oder nach der Nierentransplantation Verwendung findet. Letzteres soll aber auch als Dopingmittel im Hochleistungssport mit tödlichem Ausgang eingesetzt worden sein. Aber auch eine Vielzahl körpereigener anderer Eiweißstoffe und Peptide wie Interleukine und der Tumornekrosefaktor, welche ebenfalls in der Krebstherapie eingesetzt werden. Spezifische Wachstumsfaktoren und Neuropeptide konnten bis jetzt ebenfalls über die neue Technologie effizient erzeugt werden. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Herstellung neuer Impfstoffe. Neue medizinische Diagnoseinstrumente (Immunotest, DNA-proben, Biosensoren) stehen zur Verfügung. Monokonale Antikörper versprechen die Diagnose und Therapie, auch was die Krebsbekämpfung betrifft, effizienter und gezielter zu gestalten.

Nachdem sich aber teilweise aus dem Studium der möglichst identen natürlich wirksamen Eiweißstoffe ergeben hat, daß sie im zu behandelnden Körper oft nicht administrierbar sind oder daß sie unerwünschte Reaktionen und Nebenwirkungen hervorrufen, geht man zunehmend dazu über, durch Gentechnologie die Proteine absichtlich zu modifizieren, sei es durch Punktmutation oder durch Kombination verschiedener Peptidteile. Der Trend in der dritten und vierten Generation dieser Pharmazeutika soll sich dahingehend ausrichten, daß man wieder einfach strukturierte Moleküle (auch chemisch erzeugte) verwendet, die aber durch Gentechnologie in ihrer Wirkung optimiert werden. Man erwartet sich dabei

spezifischere Medikamentenübertragung, geringere Abbauraten, und eine höhere spezifische Aktivität.

Das in der Öffentlichkeit (neben den Versuchen in der Krebstherapie) wohl am häufigsten angesprochene Thema mit Hoffungscharakter in der Anwendung der medizinischen Gentechnologie ist die AIDS-Forschung (Acquired Immunity Deficiency Syndrome). Die Aufklärung der Struktur des Aids-Virus und die Entwicklung von über 200 Testmethoden versprachen anfänglich einen raschen Erfolg. Derzeit erwartet man sich aber erst bis zum Ende des Jahrhunderts einen wirksamen Impfstoff und wirksame Therapeutika. Gentechnologische Pharmaka, um häufige AIDS-Folgeerkrankungen besser zu kontrollieren, wurden aber bereits in den USA für AIDS-Patienten zugelassen.

Das am kontroversiellsten diskutierte Thema bei der medizinischen Anwendung ist die Genomanalyse und die Gentherapie. Durch die Genomanalyse kann die Funktionsfähigkeit des Genoms untersucht werden und die Struktur bekannter Gene aufgeklärt werden, wobei sich Rückschlüsse auf Erbkrankheiten, die Disposition zu anderen Krankheiten und Neigungen, auf schädigende Umwelteinflüsse sensitiv zu reagieren, ablesen lassen. DNA-"fingerprinting", gemeint ist die Identifikation einer Person aufgrund der DNA, hat in der Kriminologie und bei Gericht bereits bei mehr als 200 Fällen Entscheidungen beeinflusst. Die Genomanalyse hat aber auch vor allem im Zusammenhang mit der möglichen Reihenuntersuchung von Arbeitnehmern öffentliche Diskussionen hervorgerufen.

Bei der Gentherapie unterscheidet man zwischen der somatischen Gentherapie und der Keimbahntherapie. Die somatische Gentherapie, bei welcher nur die defekten Körperzellen eines lebenden Organismus ausgewechselt werden sollen, befindet sich im Versuchsstadium. Es gibt aber bis jetzt noch keine vorzeigbaren Erfolge. Ihre Konsequenz ist auf die Lebenszeit des jeweiligen Organismus beschränkt und sie gleicht mehr oder weniger bezüglich der Folgen einer Organtransplantation. Die Keimbahntherapie - fraglich ist ob das noch eine Therapie ist - hingegen greift direkt in das gesamte Genom eines Lebewesens ein, indem auf embryonaler Ebene die genetische Information verändert werden soll, d.h. daß die Veränderungen auch für alle zukünftigen Generationen gültig sind. Sie befindet sich, soweit es den Menschen betrifft, erst im theoretischen Modellstadium, da ja die sogenannten "Tiermodelle" noch nicht ausreichend funktionieren. Durch den beabsichtigten Eingriff in die menschliche Keimbahn werden aber Möglichkeiten menschlicher Manipulationsfähigkeiten angesprochen, deren ethische, soziale, politische usw. Dimension uns erschauern lassen. Selbst die Anwendung begrifflicher Ausdrücke wie "Gefahren und Risiken der Keimbahntherapie" erscheint in diesem Zusammenhang als Verharmlosung, weil sie bereits die Realität einer Akzeptanz dieser Methodik unter bestimmten Umständen mit einschließen.

Daß in diese Richtungen, sowohl was das Instrumentarium der Genomanalyse als auch das Experimentieren mit Embryonen betrifft, weiter fortgeschritten wird, zeigt sich allein in dem enormen Aufwand, der in die Sequenzierung des ersten menschlichen Genoms gesteckt wird. Allein 17 Mio. US-Dollar jährlich soll die US-Regierung für ein solches Vorhaben zur Verfügung stellen, nachdem Japan bereits ein solches Projekt eingeleitet hat. Auch die EG wollte mit einem ähnlichen Projekt "Prädiktive Medizin"²⁸ nicht in Rückstand geraten, mußte dieses aber aufgrund ethisch bedenklicher Zielsetzungen vorläufig ablehnen. Mit einer geänderten Zielformulierung soll ein zweiter Versuch zur Finanzierung und Genehmigung unternommen werden. Manche der darin involvierten wirtschaftlichen Interessen in den USA

²⁸siehe auch: BILLIG, Susanne: Prädiktive Medizin in neuer Verpackung - EG-Kommission hat Genomforschungspläne aufpoliert. In: Gen-ethischer Informationsdienst Nr.52, Berlin 1990, S.27.

fordern sogar eine jährliche Investition von 200 Mio. US-Dollar, um in 10 Jahren mit der ersten vollständigen menschlichen Genomanalyse ans Ziel zu kommen.²⁹

7.1.2. Genomanalyse und Gentherapie - "Tiermodelle" wofür?

Neue Medikamente und nur der Therapieversuch von Erbkrankheiten würden diesen Aufwand allein nicht rechtfertigen, denn die Häufigkeit der wichtigsten Erbkrankheiten (Phenylketurie, Ahornsirupkrankheit, Galaktosämie, Schilddrüsenunterfunktion, zystische Fibrose, Alpha -Antitrypsinmangel, Hämophilie A und B) beträgt nur ca. 1,3 Promill(- errechnet aus Angaben in "Chancen und Risiken der Gentechnologie" Bericht der Enquetekommission des 10. deutschen Bundestages). Man vergleiche diese Zahl nur mit der Häufigkeit von Todesfällen und schweren Behinderungen aus Verkehrsunfällen und die Maßnahmen, die man dagegen ergreift. Eine andere relativ häufige monogen bedingte Erbkrankheit ist die Sichelzellenanämie, die bei der farbigen Bevölkerung Afrikas und Nordamerikas öfters auftritt als bei anderen ethnischen Gruppen. Der Grund liegt darin, daß das "defekte" Hämoglobin-S Gen bei Heterozygoten mit einer erhöhten Malariaresistenz verbunden ist, sodaß der Gewinn an Fitness daraus die Nachteile der schweren Anämie bei Homozygoten ausgleicht (siehe FALCONER 1984)³⁰. Dies ist nur ein einfaches Beispiel, wie komplex die Wirkung von Genen untereinander und auch gegenüber der Umwelt sein kann, wobei nicht nur ein Gen von einem anderen Gen abhängt, sondern jedes mit jedem korrespondiert, und die Gesamtheit in einem Umweltbezug steht. Aber das Ziel der Gentherapie ist nicht nur bekannte Erbkrankheiten zu therapieren, sondern auch genetisch bedingte Dispositionen von Menschen, auf exogene Faktoren (z.B. allergieerregende Stoffe, umweltbelastende Chemikalien) krankhaft zu reagieren, entsprechend anzupassen. Der Fachausdruck für den Vorleistungssektor dieser Forschungsrichtung lautet Öko- und Pharmakogenetik, d.h. die Erforschung der genetisch bedingten Reaktionsweisen des menschlichen Organismus auf chemische, biologische, psychologische und soziale Umweltfaktoren.

Die Entwicklung der Gentherapie, insbesondere der Keimbahntherapie geht in Richtung einer neuen Eugenik, die nicht mit staatlicher Zwangsgewalt, wie sie die deutsch-österreichische Geschichte im Extremen kennengelernt hat, gemacht werden wird, sondern die ganz auf der Welle des Zeitgeistes marktwirtschaftlich, d.h. im Wechselspiel von Angebot und Nachfrage, initiiert wird. Daß unperfekte Menschen in einer unperfekten Umwelt nach perfekten Kindern mit den perfekten Anpassungssequenzen fragen, dürfte keine unrealistische Perspektive sein, und das Marktpotential dafür wäre sehr groß. Erika HICKEL 1986 z.B. schreibt:³¹ "Auch die Tendenz in unserer Gesellschaft, die eigenen Kinder als Ware zu empfinden, die nur in bester Qualität zum niedrigsten Preis und unter langer Garantiefrist willkommen ist, wird durch die wildwüchsige Ausbreitung genetischer Analyse (Vorbestimmung der Erbanlagen) mit gentechnischen Methoden beim Ungeborenen ins Unermeßliche gefördert werden. Soziale Integration "Abweichender", Kranker, Hilfsbedürftiger kann dann kein Ziel mehr sein; Ausmerzungen "unwillkommenen" Lebens muß vermutlich, wenn wir dieser Entwicklung nicht gegensteuern, zum Ziel der Menschen-Gemeinschaft (wiederum) werden. Die Folgen für

²⁹ Diverse Nummern und Jahrgänge des Gen-Ethischen Informationsdienstes; Herausgeber, Verlag und Vertrieb: Genetisches Netzwerk, Berlin

³⁰ FALLCONER, Douglas S.: Einführung in die Quantitative Genetik, UTB-Uni-Taschenbücher (1334), Ulmer, Stuttgart 1984.

³¹ HICKEL, Erika: Das Unverständene zerstören. In: Gentechnik oder Gen-manipulation? - Kritische Anmerkungen zur Zurichtung des Menschen, Erika HICKEL und Bernd KLEES (Hsg.), Steinweg, Braunschweig 1986, S.47; zur Genanalyse siehe auch "Der gläserne Mensch im Betrieb" von Bernd KLEES 1988.

unser Menschenbild sind absehbar, wenn wir uns vor Augen halten, was möglich und von manchen angestrebt wird: die totale Erbgutkontrolle des Menschen. Besonderheiten werden "Mängel" sein, die es abzuschaffen gilt. Mütter werden vom Tag der Empfängnis an ihren Körper den Ärzten und Naturwissenschaftlern übereignen müssen, und während dies (Männer?) alle Arten von naturwissenschaftlichen bzw. gentechnischen Kontrollen anwenden, um zu garantieren, daß das neue Leben "normal" wird (was sie dann wohl selbst definieren), muß die Mutter dennoch ständig wegen der wöchentlichen neuen "Befunde" zittern. Wobei noch ganz ungeklärt ist, ob diese Verunsicherung der Mutter nicht selbst einen gesunden Fötus krank machen kann".

Diese Dimensionen der Gentechnologie bei ihrer Anwendung auf den Menschen lassen ein sehr vielschichtiges und absolut neuartiges Manipulationspotential für die zukünftige Menschheit und deren Kultur erkennen. Ganz neue Fragen theologischer, ethischer, philosophischer, sozialer und politischer Natur werden aufgeworfen und verlangen nach ganz neuen Antworten.

Ethikkommissionen genügen überhaupt nicht, sondern erwecken eher den Anschein, als würden die Probleme, ganz wie es einer Gesellschaft von Spezialisten geziemt, nur an die jeweiligen Spezialisten abgeschoben, um von ihnen "technisch" gelöst zu werden, während man so tut, als ob der einzelne Mensch von seiner Freiheit und Pflicht, sich ein Werturteil zu bilden, entbunden sei, weil er technisch auch nicht kompetent sei. Alle Menschen müssen mitreden (dürfen und sollen), denn der Mensch steht zum Menschen plötzlich in einem anderen Verhältnis oder um es im Sinne des Heidegger'schen Existenzialismus zu sagen, fällt der Mensch ganz anders in die Hände des Menschen.

Tabus wären notwendig. Hans JONAS 1984³² postuliert sogar das Recht des Menschen auf ein Nichtwissen, da anzunehmen ist, daß die Erkenntnis nicht vom Handeln zu trennen ist - doch liegen moderne Naturwissenschaften und Tabus im Widerspruch (vgl. vorher Kapitel 3). Die existenziellen Begriffe des Menschen von Leben und Tod werden radikal in Frage gestellt. Daß es auch um eine andere Bedeutung vom Tod als Teil des menschlichen Lebens geht, zeigt uns z.B. die schwärmerische Vision des Biochemikers H.G. GASSEN 1988³³, der als Zukunftsgebiete der Gentechnologie neben der agrarischen Anwendung auf "minimierten, mehr-Etagen-Flächen" auch die "Bekämpfung des Seneszenz (Alterns)" anführte. Selbst nachdem die Anwendungen dieser Technologien noch lange nicht ausgereift sind, sondern die Konsequenzen lediglich hypothetisch herleitbar sind, läßt sich der kulturelle Schock sogar für die säkularisierten Industriegesellschaften erahnen.

Zwar ist es nicht das Ziel dieser Arbeit, auf die Problematik in diesen Punkten einzugehen, darüber zu schweigen wäre aber, will man sich der Konsequenzen der agrarischen Anwendung möglichst weitreichend bewußt werden, verfehlt. Die Manipulation der Tiere und auch der Haustiere ist zweifellos eine Vorstufe zur Manipulation der Menschen, wobei sogar in der wissenschaftlichen Diktion nicht mehr von der Anwendung der Gentechnologie am Tier sondern schon von "Tiermodellen" die Rede ist (Modell wofür?).

³² JONAS, Hans 1984: a.a.O.

³³ GASSEN, H.G.: Gentechnologische Produktion von Proteinen und Hormonen am Beispiel des bST. In: BST-Symposium; Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkerode 1988, S.41

Auch bezüglich der gentechnologischen Pharmazeutika bleibt natürlich die Frage offen, wie sie Ernst Ulrich von WEIZSÄCKER 1989³⁴ sehr einfach formuliert: "Ein Ende dieser Entwicklung ist noch nicht absehbar. Es bleibt natürlich die Frage, wie der relative Beitrag ... zur Gesundheit werden wird oder wieviel man vielleicht ebensogut durch gesündere Lebensweisen und andere verhältnismäßig konventionelle Maßnahmen erreichen kann." - Ob also die Medizin lediglich die Technologie nach der Krankheit und vor dem Tod ist, oder ob sie den Menschen in seiner Vielfältigkeit, in seinen Beziehungen zur natürlichen Umwelt und in seiner Endlichkeit verstehen und anerkennen will, ist ja eine der heikelsten Kernfragen der modernen westlichen Medizin.

7.2. Umweltbiotechnologie

In diesem Anwendungsbereich geht es primär um den Einsatz von Mikroorganismen zum Abbau und zur Umwandlung umweltbelastender Chemikalien bzw. umweltbelastender organischer Stoffe aus Haushalt, Industrie und Landwirtschaft. Die Fähigkeit von natürlichen Mikroorganismen, chemische Verbindungen zu verändern bzw. organisches Material umzubauen, ist ein grundlegendes Prinzip in den Stoffkreisläufen unserer Ökosysteme und das Vorhandensein dieser Leistungen ist unabdingbar für das Leben auf dieser Erde.

7.2.1 (Exkurs:) Die Umweltproblematik aus globaler Sicht

Stoffe, die aus dem menschlichen Produktionsprozeß und Konsum kommen - also chemische und organische Stoffe -, wurden in der Vergangenheit größtenteils ohne der steuernden Absicht des Menschen der Abbauleistung der natürlichen biologischen Systeme überlassen und solange das Produktions- und Konsumniveau und deren Durchdringung mit umwelttoxischen chemischen Substanzen gering war, waren auch kaum schädigende Einflüsse daraus auf Mensch und Umwelt zu beobachten. Teilweise war aber auch das Wissen darüber relativ gering, oder die Meßbarkeit und Nachweisbarkeit nicht gegeben und teilweise war die politische und ökonomische Artikulationsfähigkeit und -möglichkeit der meisten betroffenen Menschen nicht vorhanden. Ein weiterer wichtiger Faktor war auch, daß die Konzentration der Menschen und ihrer Tätigkeiten in verbauten Ballungszentren und Industriezentren bei weitem nicht in diesem Ausmaße stattfand wie heute, sodaß die Abfälle dezentral relativ effizient von der Natur "verdaut" wurden.

Die Abbildung 7 soll die Entwicklung und Zusammenhänge im Laufe des Industrialisierungsprozesses verdeutlichen. Der vehemente Ausbau der Umwelttechnologie findet eigentlich erst beim Übergang in die reife oder späte industrielle Ökonomie statt. Sie soll die Vorteile des von den Nationalökonomien zur Kontinental- oder Globalökonomie sich wandelnden Wirtschaftsgeschehen wie z.B. die relativ pluralistische Gesellschaftsstruktur mit relativ breit gestreutem wirtschaftlichen Wohlstand erhalten, ohne gleichzeitig das hohe Produktions- und Konsumniveau und deren Wachstum und den damit verbundenen Konzentrationsprozessen zu schädigen oder zu gefährden. Umweltschutz ist dabei nicht Voraussetzung für sondern lediglich Nebenerscheinung der Ökonomie.

A) Der Glaube an die Machbarkeit und Erhaltung der natürlichen Ökosysteme durch technologische Weiterentwicklung unserer industriellen Global- und Kontinentalökonomien:

³⁴ WEIZSÄCKER, Ernst U.: Verantwortung im Widerstreit. In: Gentechnologie-Symposium- "Chancen und Grenzen der Gentechnologie", H. & L-Verlag, Wien 1989 (Sponsoring: IMMUNO AG).

Die Hypothese, die bei dieser Strategie der Lösung der Umweltprobleme vorausgesetzt wird, ist, daß nicht unser ökonomisches System, das auf Wachstum und Konzentration des Produktionsvolumens und Steigerung des Konsums aufgebaut ist, die Ursache der Umweltprobleme ist, sondern lediglich die technologische Unzulänglichkeit der Produktion, und daß sich die Stabilität und Dynamik natürlicher Ökosysteme durch einen industriellen Prozeß der Vervollkommnung der Technologie unter marktwirtschaftlichen Bedingungen simulieren lassen, während die tatsächlich noch vorhandenen natürlichen Ökosysteme reine Subsysteme mit musealem Charakter sind.

Daß hier aber ein Widerspruch besteht, zeigt allein die Tatsache, daß bei einem durchschnittlichen Wirtschaftswachstum von 4 % in einem Industrieland sich das Bruttoinlandsprodukt innerhalb von 20 Jahren mehr als verdoppelt, während die Konzentration der Wirtschaftsprozesse weiter zunimmt. Dies muß zwar nicht den gleichen quantitativen Umsatzanstieg an Gütern und Ressourcenverbrauch mit sich bringen, doch ist auch darin ein ansehnlicher Anstieg zu erwarten. Der Bezug zur Umweltproblematik, sei es der Energieverbrauch, das Müllproblem, der Bodenverbrauch, die Luft- und Gewässerverschmutzung usw., bleibt bestehen, und die Auslagerung gefährlicher Produktionen in Länder der 3. Welt oder das Anknabbern ihrer ökologischen Ressourcen (wie z.B. der tropischen Regenwälder), wie es derzeit der Fall ist, ist auch keine Problemlösungsstrategie. Dabei wollen sich auch jene benachteiligten oder negativ betroffenen Länder längerfristig am wirtschaftlichen Wohlstand der Industrieländer beteiligen, und der Ausschluß der 3. Welt kann und (sollte) keine Methode sein.

Abgekürzt würde die These lauten: Zwischen Ökonomie und Ökologie besteht kein Widerspruch. Das beobachtbare Defizit an ökologischer Vernunft ist lediglich der derzeit fehlenden Technologie begründet; d.h. durch Technologie können wir die ökologischen Voraussetzungen für die weiterwachsende Ökonomie schaffen.

B) Die Hoffnung auf eine tiefergehende Systemänderung als nachhaltige Zukunftsstrategie:

Auf der anderen Seite steht die Gegenhypothese, daß unsere politischen und ökonomischen Systeme darartig reformierungsbedürftig sind, daß bei sehr viel geringerem und anderem Güterdurchsatz zusammen mit einer Dezentralisierung der Produktion und des Konsums das Auslangen gefunden werden müßte, um bei minimaler Ressourcenentnahme aus und Rückführung der Abfälle in die natürlichen Systeme das Gleichgewicht zwischen menschlicher Notwendigkeit und Erhaltung der natürlichen Ökosysteme zu finden. Dabei müßte es mit der Anpassung mancher vorhandener Technologien gelingen, den "submaximalen" Wohlstand möglichst gleichmäßig global und lokal unter den Menschen zu verteilen.

Die Abkürzung dieser These würde lauten: Zwischen unserer industriellen Global- oder Kontinentalökonomie und der Ökologie besteht ein Widerspruch, wobei das Defizit an ökologischer Vernunft nur durch eine Veränderung der ökonomischen Systemebene zu beseitigen ist.

Die Prüfung dieser beiden Thesen ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, doch gibt es genügend kritische Studien mit systemanalytischen Ansätzen darüber. Am prägnantesten und klarsten wurden die verwobenen Zusammenhänge zwischen Bevölkerungswachstum, Industrieproduktion, Rohstoffvorräten, Nahrungsmittelproduktion und Umweltproblemen bereits Anfang der 70er Jahre von MEADOWS u.a. 1972³⁵ im sogenannten "Weltmodell" des Club of Rome ausgiebig analysiert. Im Prinzip dürften ihre Aussagen auch heute noch - selbst wenn sich die eine oder andere Voraussetzung etwas geändert hat - volle Gültigkeit haben; insbesondere auch das Aufzeigen der Notwendigkeit einer Stabilisierung von Bevölkerungswachstum und vor allem von Kapital (Ressourceneinsatz) und dies im Konnex zur Verteilungsfrage.

Wenn jemand die Gen- und moderne Biotechnologie zur Beseitigung von Umweltproblemen als Schlüsseltechnologie fordert, so sollte man den Vorschlag an den empfohlenen Kriterien für neue Technologien der Meadows'schen "Grenzen des Wachstums" prüfen.³⁶

- "1. Welche Nebenwirkungen sozialer und physikalischer Art treten bei Anwendung in großem Maßstab auf?
2. Welche sozialen Veränderungen sind notwendig, ehe diese Entwicklung angemessen angewendet werden kann, und welche Zeit werden diese erfordern?
3. Wenn die neue Entwicklung sich erfolgreich auswirkt und natürliche Wachstumsgrenzen beseitigt, welche anderen Wachstumsgrenzen treten dann in Erscheinung? Sind die dann entstehenden Lasten den Lasten vorzuziehen, welche die Neuentwicklung beseitigt?"

Zusätzlich dazu müßte in Bezug auf die Gentechnologie noch bewiesen werden, daß ihr ökologisches Gefahrenpotential zu vernachlässigen ist. Daß die Gentechnologie im Stande sein könnte, die Belastungsgrenze ökologischer Systeme mit Abfallstoffen aus dem menschlichen Wirtschaftsprozeß zu erhöhen, ist eines ihrer großen Versprechen bzw. besteht es auch darin, Abfallstoffe teilweise in Wertstoffe umzuwandeln. Doch damit schaffen wir einen weiteren "positiven Feed-back-Mechanismus", um nicht die übrigen Faktoren unseres Wirtschaftssystems ändern zu müssen; d.h. um nicht die Ursachen der Umweltproblematik zu beseitigen.

³⁵ MEADOWS, De.; MEADOWS, Do., ZAHN, E.; MILLING, D.: Die Grenzen des Wachstums - Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1972.

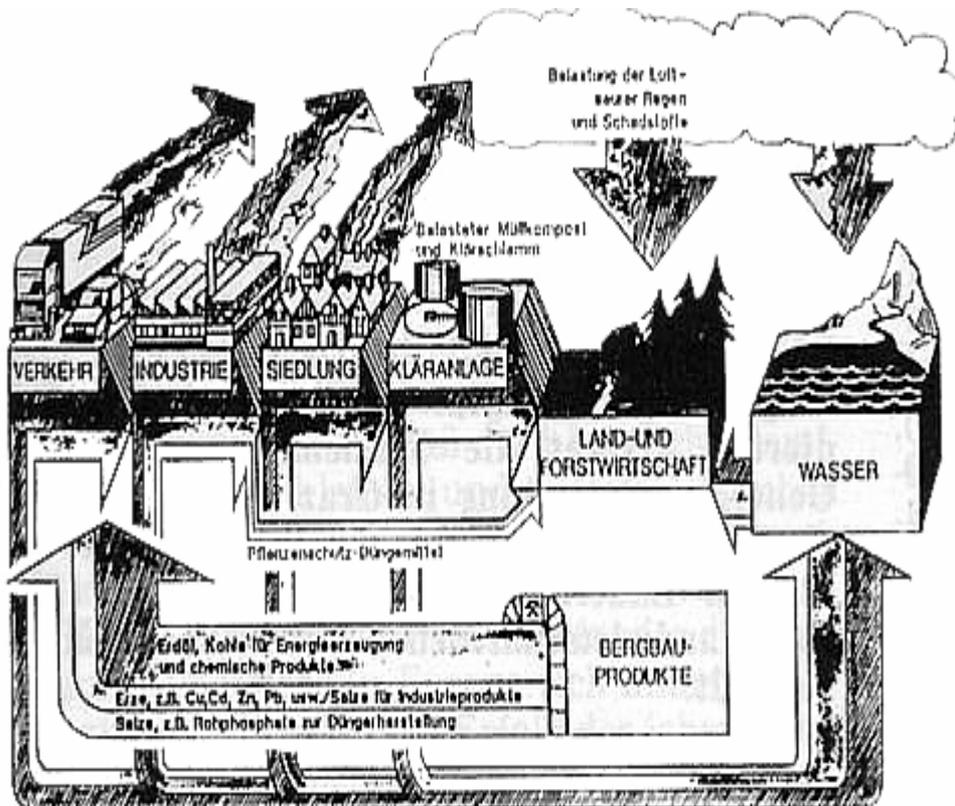
³⁶ MEADOWS u.a. 1972: a.a.O., S. 140.

Abbildung 7: Technologie im Industrialisierungsprozeß und der Konnex zum Naturhaushalt

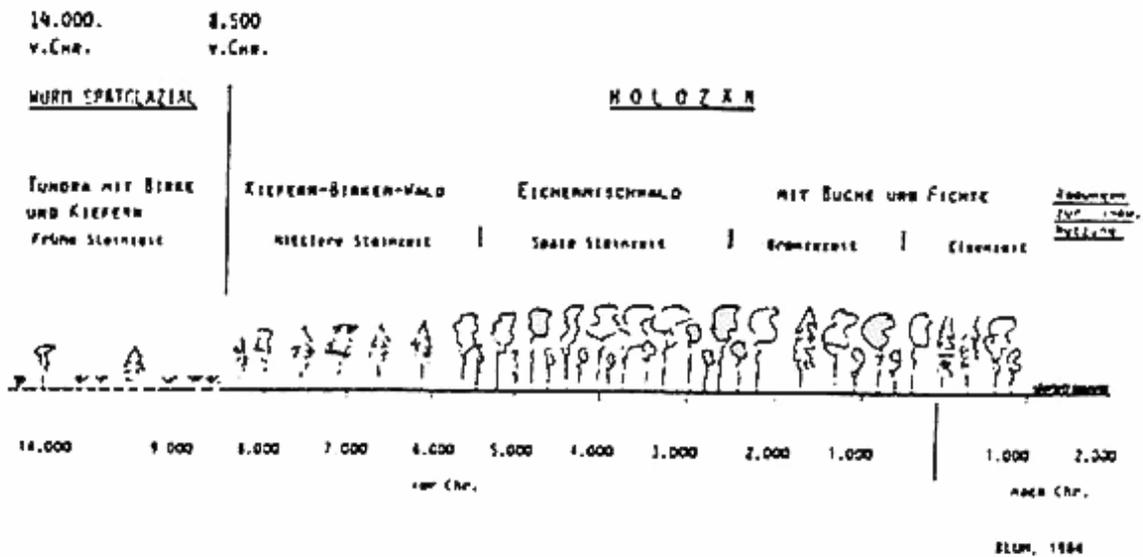
Hierarchisch-feudale Gesellschaftsstruktur	Klassengesellschaft mit Ausbeutung bestimmter Bevölkerungsschichten und das Kolonialwesen	Pluralistische Industriegesellschaft mit systematischer Naturausbeutung und ökonomischer Abhängigkeit der ehemaligen Kolonien (3.Welt)
dezentrale Ressourcen- nutzung Traditionelle Ökonomie; Regionalökonomie , Subsistenzwirtschaft dezentrale Produktion und direkter Konsum	Ressourcenv erschwend- ung frühe industrielle Ökonomien, (Nationalökonomien), Marktanschluß breiter Bevölkerungsschichten; Beginn der arbeitsteiligen Wirtschaft sich zentralisierende Produktion und Beginn der räumlichen Konsumvernetzung; Transporte und Energie werden entscheidend	Entdeckung der Begrenzung von Ressourcen späte industrielle Ökonomien, (Global- und Kontinentalökonomien) zentrale Produktion und weltweite Vernetzung des Konsums; weltumspannende Transportsysteme und Energiesysteme; Kommunikation wird entscheidend
Dezentrale Abfallbeseitigung durch natürlichen Abbau der Abfälle aus den Ökonomien.	Abfall und Umweltverschmutzung nehmen zu und werden zum Problem; Man beginnt einfach die unerwünschten Dinge zu vergraben.	schwerwiegende Abfall- und Umweltprobleme globaler und lokaler Dimension, Abfälle und Müll wachsen den Menschen über den Kopf und es gibt globale Umweltkatastrophen; "Man kann kein Loch mehr graben".
Problemlöser ist die "Natur" zunehmender Technologieinsatz		Lösungsversuche des Abfall- und Umweltproblems mit Hilfe technologischer Systeme
natürliches Ökosystem ist das Hauptsystem (Dominanz der Urproduktion); "Natur" ist Träger der Ökonomie.	"Natur" ist Parallelsystem zum Industriesystem und umgekehrt; "Natur" ist " Papierkorb " der Ökonomie.	"Natur" ist Subsystem und unterliegt zunehmend allumfassend menschlichen Nutzenkriterien; "Natur" ist nur mehr ein " schützenswertes Biotop " und wird zum Dienstleistungsgut; "Natur" erhält einen Geldwert , und das Auftreten der Natur- und Umweltschützer ist ein Zeichen dafür, daß es fast keine "Natur" mehr gibt.

Abbildung 8: Naturwissenschaftliche Erklärungsmuster der Umweltwirkung der Menschen

Belastung der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft durch die Nutzung fossiler Energie und Rohstoffe



Bodenentwicklung und Bodennutzung in der Spät- und Nacheiszeit in Mitteleuropa



Quelle: BLUM 1987 und 1988

Ein sehr fundamentales analytisches Erklärungsmuster vom naturwissenschaftlichen Standpunkt bietet uns BLUM 1987³⁷ an, indem er einerseits die Unterschiede zwischen menschlicher Landnutzung und phylogenetischer Entstehung und Funktion der Ökosysteme aufzeigt, wobei erstere durch die Tendenz zu Monokulturen und annuellen Systemen gegen ökologische Grundprinzipien verstößt, und indem andererseits die gesamten biologischen Systeme durch die Verwendung fossiler Energie und Rohstoffe direkt oder indirekt negativ beeinflusst werden (vgl. Abbildung 8). Die aus diesen naturwissenschaftlichen Vorstellungen sich entwickelnden theoretischen Konsequenzen für die Ökologisierung der Wirtschaftssysteme wären radikal: Keine fossilen Energien und Rohstoffe zu verwenden und die biologischen Systeme der Land- und Wassernutzung und die dann notwendige Biotechnologie als Hauptindustriestrom optimal (oder maximal) an das Prinzip Vielfältigkeit und Mehrjährigkeit anzupassen. Welchen Platz dann die Gentechnologie einnimmt, ist nicht von vornherein klar, doch läßt sich eine Vorstellung darüber gewinnen, daß Gentechnologie und Effizienzsteigerung in einem solchen System ein unabkömmliches Mittel werden könnten. Wenn man Risiken und Unwägbarkeiten der Gentechnologie bedenkt, wie sie im Kapitel 4.4. und später im Kapitel 10. angeschnitten werden, dann dürfte die These nicht von der Hand zu weisen sein, daß es dem Menschen auch ohne fossile Stoffe und Mineralien gelingen könnte, umweltschädigend und umweltzerstörend zu handeln. Die Umweltproblematik ist somit nicht nur darin begründet, welche Rohstoffe und Güter verwendet werden, sondern auch darin, wie und in welchem Verhältnis der Mensch und seine gesellschaftlichen Organisationsstrukturen zu den natürlichen Ökosystemen stehen. Das Umweltproblem ist somit nicht allein ein naturwissenschaftlich-technisches, sondern vor allem auch ein politisches und soziales.

Ein anderer wirtschaftlich-technischer Systemansatz würde sich darin ergeben, daß theoretisch die industriellen Gesellschaften neben der Produktionsleistung zum Hervorbringen von Güterströmen die gleiche Intelligenz und Energie aufbringen müßten, um diese Güter nach dem Verbrauch oder Konsum wieder den natürlichen Ökosystemen zuzuführen, oder möglichst ungefährlich zu verwahren, oder die Produktion möglichst umweltverträglich zu gestalten. Der Produktions-, Zentralisierungs-, Konsum- und sonstigen "Wertschöpfungsleistung" des Menschen müßte eine gleichwertige "Destruktions-Dezentralisierungs-, Stofftrennungs-, Müllverwertungs- und Abbauleistung" gegenüberstehen, deren Ziel nicht die primäre menschliche Bedürfnisbefriedigung ist, sondern auch die Bedürfnisbefriedigung zur Erhaltung der natürlichen Ökosysteme. Das bedeutet extrem formuliert, daß jener Industriesektor, der die Güter aus Rohstoffen - seien sie erneuerbar oder nicht - produziert und bereitstellt, nur so groß und effizient sein kann als jener Industriesektor, der diese Güter nach Verbrauch und Konsum wieder entsprechend den Naturanforderungen aufarbeitet. Diese Industriesektoren dürften dabei keine umweltbelastende unkontrollierbaren Nebeneffekte erzeugen, und zwischen diesen beiden Sektoren müßte zusätzlich ein Maximum an Recycling stattfinden bzw. müßten möglichst langlebige Wirtschaftsgüter erzeugt werden. Im Fachjargon der Biotechnologie ausgedrückt hieße das, daß die "Down-stream"-Prozesse der Güterverwertung die gleiche Komplexizität aufweisen müßten, als die "Up-stream"-Prozesse der Gütererzeugung. Die ökonomische Implikation solcher Vorstellungen wären u.a., daß durch eine steuerliche oder preisliche - eigentlich könnte man von einer Verdoppelung der Güterpreise ausgehen - Belastung der

³⁷ BLUM, Winfried: Erkenntnis und Entscheidung - die Wertproblematik in Wissenschaft und Praxis. In: Europäisches Forum Alpbach 1987, Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst", Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft, Wien 1987.
und BLUM, W.: Umweltrettung durch integrierte Forschungsorganisation. In: Agrarforschungsenquête 1988, Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst", Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft, Wien 1988.

verwendeten Rohstoffe der Verwertungs- und Aufarbeitungsprozess finanziert wird. Gleichzeitig werden Recycling und Rohstoff- und Energieeinsparungsstrategien an relativer Vorzüglichkeit gewinnen bzw. die Langfristerzeugung der Wirtschaftsgüter interessanter werden. Dies ist aber nur für einen unabhängigen, einheitlich steuerbaren begrenzten Wirtschaftsraum denkbar und nicht unter den Bedingungen der Erhaltung der internationalen Konkurrenzfähigkeit bei extremem Wettbewerb der großen kontinentalen Wirtschaftsblöcke. Ganz kleine Fortschritte in Richtung eines solchen nachhaltigen Systems erreicht man derzeit nur, wenn die durch Auflagen oder Preisanstiege provozierten Effizienzsteigerungen und Technologieentwicklungen eine Kostenersparnis bringen oder wo die negativen Effekte unseres Wirtschaftens zu politisch notwendigen Kurskorrekturen zwingen, sodaß auf eine vordergründige "wohlstandsmehrende Produktion" verzichtet werden oder sie abgeändert werden muß. Leichte Besserungen ergeben sich auch dann, wenn es sich die öffentliche Hand leisten kann, als Nachfrager bestimmter Umweltleistungen aufzutreten; doch dies setzt wieder eine hochproduktive wachstumsorientierte Wirtschaft voraus. Zweifellos sind aber der Großteil der derzeitigen Umweltpolitikmaßnahmen keine aktiven Ansätze zur Systemänderung, sondern lediglich defensive Korrektur- und Reaktionsmuster.

7.2.2 Die Anwendung der Gentechnologie im Rahmen der Umweltbiotechnologie³⁸

Der bedeutendste Beitrag der traditionellen Biotechnologie zur Lösung von Umweltproblemen liegt in der mikrobiellen Reinigung der Brauchwässer aus Haushalt und Industrie. Auch zur Beseitigung von unerwünschten chemischen Verbindungen aus der Umwelt (z.B. Roherdöl und manche andere Produkte aus der Erdölchemie) wurden bereits natürliche Mikroorganismen - ausselektiert und angereichert unter Streßbedingungen durch die jeweilige Substanz bei gleichzeitig relativ optimalen Wachstumsbedingungen - eingesetzt.

Durch die zusätzliche Anwendung der Gentechnologie bei solchen Mikroorganismen erwartet man sich Konstruktionen, die effizienter als natürliche Organismen die benötigte Abbauleistung erbringen können, aber auch solche, wo der dazupassende abbauende Organismus zur jeweiligen Chemikalie neu konstruiert wird. Dabei zielt man nicht nur auf die Anwendung der neuen Mikroorganismen in speziellen Bioreaktoren oder halboffenen Kläranlagen ab, sondern versucht sie auch bei kontaminierten Böden und Grundwässern oder zur Reinigung von belasteter Luft oder von Klärschlämmen "in-situ" einzusetzen.

Die Umweltwirkung eines großen Teils der weltweit gebrauchten synthetischen organischen Chemikalien - ihre Anzahl wird auf 60.000 bis 70.000 geschätzt - ist in bezug auf die Gesundheit, das Wachstum und die Entwicklung der Lebewesen nicht bekannt. Ein Teil von ihnen wird von den natürlichen Lebewesen zwar anscheinend problemlos aufgearbeitet, doch weiß man mittlerweile, daß Verbindungen, die Halogene (Chlor, Fluor usw.) enthalten, eine erhöhte Resistenz gegen mikrobielle Angriffe aufweisen. Zu dieser Gruppe gehören viele Pestizide, Kunststoffe und Lösungsmittel. Weiters können vor allem flüssige Erdölprodukte, wenn sie unkontrolliert in die Umwelt gelangen zu schwerwiegenden ökologischen und gesundheitlichen Problemen führen. Schwermetalle in Verbrennungsrückständen und Klärschlämmen, Schwefeldioxide, aber auch Stickstoffverbindungen sind weitere Zielprodukte der Umweltbio- und -gentechnologie.

Das technologische Problem des Einsatzes von Mikroorganismen in der Umwelt liegt dabei nicht nur in der notwendigen Enzymausstattung oder in der Struktur der jeweiligen Zielsubstanz, sondern vor allem auch in den chemischen, physikalischen und biologischen

³⁸ vgl. dazu vor allem auch "Chancen und Risiken der Gentechnologie" 1987: a.a.O., S 91 ff

Voraussetzungen beim Abbauprozess (Temperatur, Sauerstoff, Konzentration, Salzgehalt, Konkurrenz anderer Organismen, andere Nahrungsquellen, Vorhandensein toxischer Stoffe für den Abbauorganismus usw.). Die Abbauprozesse sind aber vielfach nicht nur das Ergebnis der Leistung eines Organismus, sondern es erfolgt sehr oft eine sequentielle arbeitsteilige Aufarbeitung, wobei das Endprodukt des einen das Anfangsprodukt des anderen Mikroorganismus ist, oder wo Nebenprodukte eines Lebewesens erst den abbauenden Organismus zu aktivieren im Stande sind. Die mikrobielle Verwertung vieler organischer synthetischer Chemikalien ist zumeist von großer Komplexität, sowohl was die Chemie des Abbauweges als auch die dafür notwendige genetische Organisation und Regulation betrifft; z.B. können allein beim Abbau vom Pestizid Lindan über 80 verschiedene Zwischen- und Nebenprodukte entstehen.³⁹

Die Gentechnologie versucht durch die Konstruktion von bestimmten Plasmiden oder Vektor-Wirtssystemen die Abbauleistung der Mikroorganismen, die auch in der Natur am Aufarbeitungsprozess der jeweiligen Substanz beteiligt sind und die im Boden oder Wasser gut überleben können, zu verbessern. Man verwendet dabei primär transferierbare Plasmide - im Gegensatz zur normalen Laborclonierung -, da die Erweiterung der Wirtsspezifität und eben die Stabilisierung der neuen oder verbesserten Abbauleistungen in der Umwelt das Ziel ist. Diese Vorgangsweise impliziert dadurch von vornherein ein erhöhtes ökologisches Risikopotential. Teilweise versucht man nur die Syntheserate des einzusetzenden natürlichen Organismus zu erhöhen, teilweise diese Eigenschaften auf andere besser angepasste Mikroorganismen zu übertragen und teilweise versucht man auch Organismen zu konstruieren, die sämtliche vorher arbeitsteiligen Abbauschritte in sich vereinigen. Auch die Nutzung von Genen höherer Lebewesen - z.B. gibt es viele hochspezifische Spaltenzyme in der Säugetierleber - steht zur Diskussion.

Weiters ist das Vorhandensein von Schwermetallen in Abwässern und Klärschlämmen eines der schwerwiegendsten Hindernisse, diese wieder schadlos in die Natur rückzuführen. Dabei erwartet man sich ebenfalls durch Mikroorganismen, da manche in der Zelle die Schwermetalle akkumulieren können und manche diese an der Zelloberfläche sorbieren, eine Hilfestellung. Auch eine Änderung der Löslichkeit der Schwermetalle durch Mikroorganismen sei es durch reduktive Prozesse, um sie auszufällen, sei es durch oxidative Prozesse, um sie herauszulösen, wäre eine Vorstufe zu weiterer technologischer Aufarbeitung der Abfälle (siehe auch nächstes Kapitel).

7.2.3 Ökologische Konsequenzen der Anwendung der Gentechnologie im Umweltbereich

Die biochemischen Möglichkeiten der gentechnisch veränderten Mikroorganismen in der Umwelttechnologie erscheinen natürlich vielversprechend. Deren ökologisches Gefahrenpotential ist jedoch ebenfalls nicht von der Hand zu weisen. Der Bericht des 10. Deutschen Bundestages "Chancen und Risiken der Gentechnologie" (1987; S. 106-107) stellt z.B. fest:

"Neben diesen angestrebten Auswirkungen des Einsatzes gentechnisch veränderter Abbaustämme kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, daß sie im Zusammenspiel mit der Umwelt und den dort lebenden Organismen unvorhergesehene Wirkungen zeigen. Dieses ist prinzipiell dadurch möglich,

³⁹ Chancen und Risiken der Gentechnologie 1987; a.a.O.

- daß die Bakterien sich oder ihr Erbmateriale verbreiten und ihre Stoffwechsellleistungen an anderen als den vorgesehenen Orten und/oder in anderen Organismen zum Tragen kommen oder
- daß entweder sie selber oder neue Wirtsbakterien aufgrund von Veränderungen und/oder Übertragungen des Erbmaterials zu veränderten, neuen oder heute noch unbekanntem Stoffwechsellleistungen in der Lage sind."

So kann es passieren, daß das Hinzufügen eines Gens eine andere Stoffwechsellleistung des Organismus komplettiert. ENSLEY et al. 1983⁴⁰ z.B. ist es gelungen durch das Hinzufügen des Naphtalen-Oxidations-Gens zu Escherichia Coli, die Biosynthese des Farbstoffes Indigo zu aktivieren. Dies ist zwar eine harmlose Nebenerscheinung, läßt aber den Schluß zu, daß gentechnisch veränderte Organismen plötzlich in der Lage sein können, nicht gewollte Enzyme mit umwelttoxischer oder biozider Wirkung abzuscheiden, ohne daß vor einer eventuellen Freisetzung die Wirkung erkannt wird. Aber es besteht auch die Möglichkeit, daß die einem Organismus zugefügte Abbauleistung außerplanmäßig noch nützliche Kunststoffe und Substanzen, d.h. auch Stoffe, die eben wegen ihrer guten Beständigkeit eingesetzt wurden, angreift.

Zusätzlich wäre noch zu fordern, daß die vielfältigen Neben- und Zwischenprodukte des Abbauweges in ihren Wirkungen auf Mensch und Natur bekannt sind, was eine sehr weitreichende Forderung ist, bedenkt man, daß nicht einmal die Umweltwirkungen der bisher eingesetzten synthetischen Chemikalien bekannt sind. Dabei handelt es sich bei der beabsichtigten gentechnologischen Umweltbiotechnologie primär nicht nur um einen Labor- und Bioreaktoreinsatz sondern um Freisetzungen in Kläranlagen, Deponien oder Freiland, sodaß

- die veränderten physikalischen, chemischen und biologischen Umstände, die Abbauleistung abändern können, wobei unerwartete Neben- und Zwischenprodukte entstehen,
- nicht anvisierte andere ungiftige Abfallstoffe plötzlich zu giftigen aktiviert werden können (wie z.B. die Nitrosylierung sekundärer Amine zu kanzerogenen Stoffen)
- neue unbekannte Stoffwechsellleistungen bei anderen Nährstoffquellen induziert werden, wobei die Wechselwirkung mit der genetischen Veränderung nicht bekannt ist,
- ein Teil sich z.B. durch Bindung an Ton-Humuskomplexe dem beabsichtigten Abbauvorgang entzieht.

Ein Großteil der im vorigen Absatz getroffenen Aussagen hat vom Prinzip der Zusammenhänge und Wirkungen her auch für die absichtliche Freisetzung von genetisch veränderten Organismen in die Umwelt in Bezug auf die agrarische Anwendung Gültigkeit (vgl. später Kapitel 9).

Die moderne biotechnologische Verarbeitung organischer Stoffe und Abfälle aus der Landwirtschaft und die Anwendung der Gentechnologie bei Mikroorganismen mit dem Ziel, neue Pflanzenschutzinstrumente zu kreieren, wird nicht im Rahmen dieses Kapitels diskutiert, sondern der agrarischen Anwendung zugerechnet.

7.2.4 Beispiele aus der Umweltbiotechnologie und das Aufzeigen ihrer Systemimmanenz

Großtechnologisch wird die Umweltbiotechnologie derzeit neben ihrem möglichen erweiterten Einsatz in konventionellen Kläranlagen vor allem in Form von anaeroben und aeroben Bioreaktoren und entsprechenden Pump-, Filter- und Abtrennsystemen geplant und

⁴⁰ Aus Chancen und Risiken der Gentechnologie 1987: a.a.O.

realisiert. Die häufigste derzeit angestrebte neue Methodik bei der Reinigung von organisch belasteten Industrieabwässern ist das Hintereinanderschalten eines anaeroben Bioreaktors (Methan- oder Biogasgärung mit zusätzlicher Energiegewinnung) und einer anschließenden aeroben Restvergärung. Diese Methodik wird aber auch bei der Aufarbeitung organischer Abfallstoffe aus der industriellen Agrarproduktion (z.B. nicht mehr verwertbare Schlachtabfälle, Nebenprodukte und Abfälle aus der Zucker- und Stärkeindustrie ...) angewandt.⁴¹

Weiters wird die Umweltbiotechnologie zur Reinigung von mit chlorierten organischen Verbindungen belasteten Abwässern aus der Zellstoffbleiche einzusetzen versucht, da dies eines der größten, bislang ungelösten Umweltprobleme ist. Dabei sollen u.a. neben anaeroben Verfahren Weißfäulepilze zum Einsatz kommen, die auf offenporigen Schaumstoffen immobilisiert sind (MESSNER et al. 1988)⁴². Weißfäulepilze können aber auch als Stroh-Pilzsubstrat zum Abbau von Aromaten im Boden eingesetzt werden. Dabei besteht aber die Gefahr, daß toxische chlorierte Phenole in stabile Humusstoffe integriert und umgewandelt werden und damit im Boden stabilisiert werden (HÜTTERMANN et al. 1988).⁴³

Auch die Verwendung des Stroh-Pilzsubstrates als Biofilter zur Ausfilterung von Styrolen, Pyrolysedämpfen und Ligninen, Holzstäuben oder von Ammoniakdämpfen wurde diskutiert. Letzteres erscheint u.a. deshalb eine interessante Anwendung, weil die aus der Intensivtierhaltung und aus Großstallungen entweichenden Ammoniakemissionen als hauptsächliche Säurebildner im Nordseeküstenbereich angesehen und dort für das Waldsterben verantwortlich gemacht werden. Durch das Rückhalten dieser Ammoniakdämpfe bei der Stallentlüftung könnten anscheinend 100.000 Tonnen Stickstoffdünger erzeugt werden (vgl. ebenso HÜTTERMANN, et al. 1988).⁴⁴ Diese Technologie wäre aber bezüglich ihrer Systemwirkung am Agrarsektor ein positives feed-back und würde nichts an der gesamten Ökologieproblematik und der Nicht-Tiergerechtigkeit der Massentierhaltung ändern, sondern würde sogar deren offensichtliche Grenzen weiter nach vorne schieben.

Bioreaktoren können u.a. auch zur Reinigung der Grundwässer von Nitraten eingesetzt werden (siehe Abbildung 9). Diese Technikanwendung erfolgt bereits in den Niederlanden mit Hilfe von Großanlagen. Dabei wird die Zwiespältigkeit der Technologieanwendung ebenfalls offensichtlich, da sie letztlich den Anreiz, die Ursachen der Grundwasserbelastung zu beseitigen, ausschalten könnte. Die Notwendigkeit einer solchen Technologie wird aber erst dadurch gesetzt, daß z.B. in den Niederlanden mehr als 230 kg mineralischer Stickstoff pro Hektar in der Landwirtschaft zum Einsatz kommt - also ohne den zusätzlichen Stickstoff aus dem Wirtschaftsdünger aus der dort üblichen teilweise äußerst konzentrierten intensiven Tierhaltung (vgl. Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltprobleme der Landwirtschaft; BRD 1985). Ähnliches gilt im Prinzip natürlich auch für die Abbauprobe von Pestiziden und anderen umweltbelastenden Chemikalien durch bodenbürtige oder ebengentechnologisch veränderte Organismen.

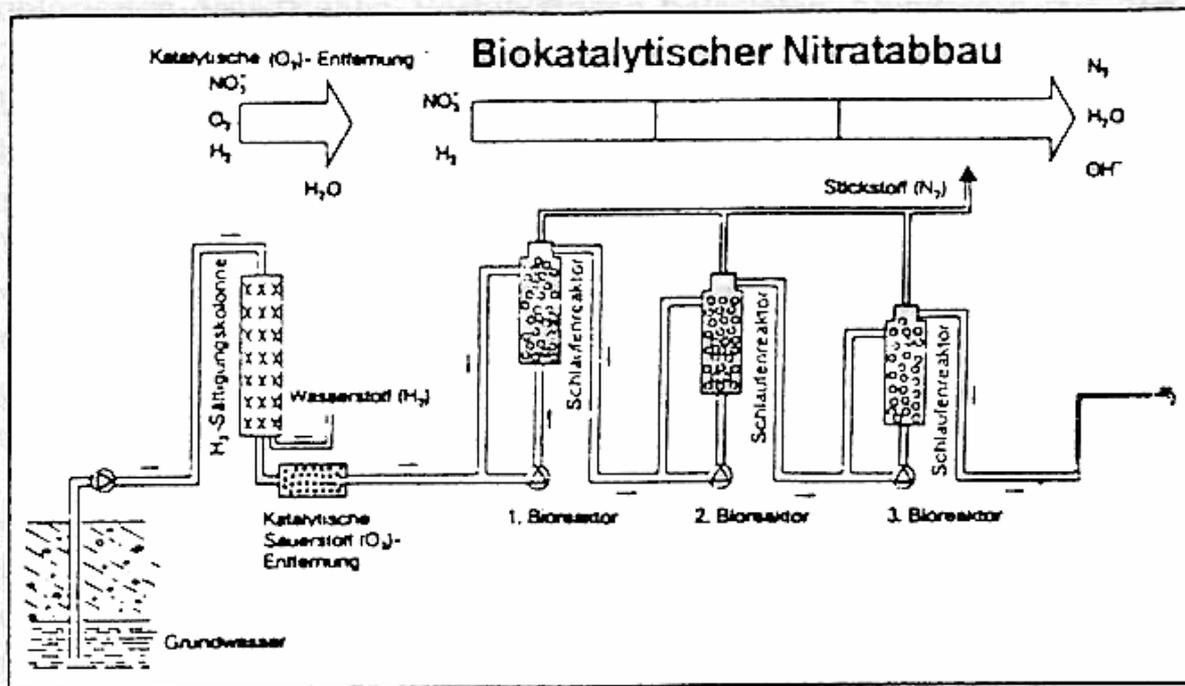
⁴¹ JANNSEN, Sigrid, et al.: Abwasserreinigung durch anaerobe mikrobielle Prozesse, In: Bio-Engineering 3/88, Braunschweig, München 1988, S.214 ff.

⁴² MESSNER, K.; ERTLER, G.; JAKLIN-FARCHER, S.; BAHÄ, A.: Reinigung von Abwässern aus der Zellstoffbleiche durch das Mycopor-Verfahren. In: Biotechnologie in Österreich - Stand, Chancen, Initiativen, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Wien 1988.

⁴³ HÜTTERMANN; Aloys, et al.: Der Einsatz von Weißfäulepilzen bei der Sanierung kontaminierter Böden und als Biofilter, In: Bio Engineering 3/88, Braunschweig, München 1988, S 156 ff.

⁴⁴ HÜTTERMANN, et al. 1988: a.a.O.

Abbildung 9: Biotechnologische Nitrifizierung



Verfahrensablauf der Denitrifikation von Trinkwasser mit immobilisierten Zellen

Quelle: VERLOP 1988⁴⁵: S.86.

Die hier angeführten Beispiele ließen sich fast beliebig fortführen, und es wird damit auch kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, sondern lediglich ein Kurzüberblick vermittelt. Die weitere Entwicklung der Umweltbiotechnologie wird neben dem bereits erwähnten Möglichkeiten der Gentechnologie vor allem auch vom speziellen und optimalen Design der Bioprozeßtechnik bestimmt.

7.3 Der Einsatz der Gentechnologie und Biotechnologie zur Anreicherung und Laugung von Metallen aus Erzen

Die Fähigkeit von Mikroorganismen bestimmte Elemente, insbesondere Metalle aus dem Gestein und sonstigen Substraten, herauszulösen, sie zu transformieren und sie in ihren Zellen zu akkumulieren oder sie an ihre Zelloberfläche zu binden (sorbieren), ist im Prinzip ebenfalls eine in der Natur vorgesehene Leistung. Die entsprechende Fachdisziplin wird als Biohydrometallurgie bezeichnet, und es wurden auch bereits natürliche Mikroorganismen zur Laugung von Armerzen, zur Vorreinigung, zur Entschwefelung von fossilen Brennstoffen oder zur Gewinnung von Metallen aus Komplexerzen, Rückständen der Erzgewinnung, Schlämmen und Stäuben im großtechnischen Maßstab eingesetzt. Primär erfolgt diese Technologie - zur Diskussion stehen Halden- oder Haufenlaugung, die untertägige in-situ-Laugung, sowie die Laugung in Bioreaktoren - derzeit beim Kupfer- und Uranerzbergbau, kann aber auch auf Gold, Silber, Zink, Arsen, Vanadium, Chrom, Nickel u.a. Metalle angewandt werden. Zum Einsatz kommen laugungsaktive Bakterien (z.B. der Gattung Thiobacillus - sie benötigen Schwefel) oder heterotrophe Bakterien und Pilze (z.B.

⁴⁵VERLOP, K.P.: Zell- und Enzymimmobilisierung. In: BioEngineering 3/88, Braunschweig, München 1988, S.86

Zitronensäurebildner), die in natürlichen Erzlagerstätten vorkommen und/oder auf den entsprechenden Zielsubstraten im Labor oder im Bioreaktor selektiert und angereichert werden. Weiters zielt man auch darauf ab, Schadwirkungen von Mikroorganismen bei der Gewinnung von Metallen oder in der Erdölförderung zu beseitigen.

Die Methode hätte insofern weitere Zukunftsaussichten, weil geringe Anlagen- und Betriebskosten mit der hohen Selektivität einiger Laugungs- und Akkumulationsmechanismen zusammenfällt, und weiters die Möglichkeit gegeben ist, sie in erwähnten vielfältigen Substraten einzusetzen (SCHINNER 1988).⁴⁶

Die Gentechnologie würde ähnlich wie bei der Umweltbiotechnologie die Zusatzleistung erbringen, die Prozesse noch effizienter und noch spezifischer gestalten zu können. Die ökologischen Folgeimplikationen der Gentechnologie bei der Anwendung in der Biohydrometallurgie wären ähnlich denen, wie sie im vorigen Kapitel diskutiert wurden.

7.4. Vorleistungsbereich der Gen- und Biotechnologie, Bioprozeßtechnik, Geräte- und Anlagenbau

In der gentechnologischen Forschung werden heute angefangen von der Laborphase bis hin zur industriellen Überleitung eine Vielzahl von speziellen high-tech Geräten und Materialien eingesetzt: Sequenzierungsautomaten, Geräte zur DNA-Synthese (Gene-machines), Chromatographen, Elektrophorese-Instrumente zur Zellmanipulation, monoklonale Antikörper und andere Biochemikalien, Restriktionsenzyme, Plasmide und Viren, spezielle Laborchemikalien, Zentrifugen, Membrantrennvorrichtungen, Gefrier-, Kühl- und Autoklavengeräte, Kleinfärmenter, Isotopenmarkierungsausrüstung und anderes werden angeboten und nachgefragt. Dazu gehört aber auch die entsprechende Soft- und Hardware mit weltweiten Informationssystemen (Datenbanken, Mail-box-Systeme). Die "American Association of Advancement of Science" gibt jährlich einen Katalog für biotechnische Produkte und Instrumente zur Anwendung in der Wissenschaft heraus, wobei diese bereits in mehr als 230 Kategorien eingeteilt werden (DEMBO, D. und MOREHOUSE, W. 1987)⁴⁷. Allein der Forschungs- und Entwicklungssektor in den Universitäten, Spezialinstituten und Industrieforschungszentren hat zu einem derzeit zwar noch relativ kleinen, aber dafür stark wachsenden Spezialindustriezweig mit weltumspannenden Kommunikationsverknüpfungen und Aktivitäten geführt, wobei bereits der Umsatz in diesem Sektor in den USA Anfang der 80er Jahre auf 200 Mio. Dollar geschätzt wurde und sich mittlerweile mehr als vervierfacht haben dürfte. Allein das Marktpotential der DNA-Synthese-Geräte - sie kosten zwischen 20.000 und 50.000 Dollar - wird mittelfristig auf mehr als 7.000 Stück weltweit geschätzt, wobei aber die zukünftigen Entwicklungen auf diesem Gebiet in Kombination mit der EDV-Aufarbeitung der Ergebnisse noch nicht abzusehen sind.

Soweit zum Vorleistungsbereich der Grundlagen- und Entwicklungsforschung. Um einiges noch kapitalintensiver ist die Überleitung der Forschungsergebnisse in den industriellen Maßstab durch Technikums- und Pilotanlagen und das Design und die Konstruktion der letztlich notwendigen industriellen Fermentations- und Produktionsanlagen.

⁴⁶ SCHINNER, F.: Biohydrometallurgie in Österreich. In: Biotechnologie in Österreich - Stand, Initiativen, Chancen, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Wien 1988.

⁴⁷ DEMBO, David; MOREHOUSE, Ward: Trends in Biotechnology Development and Transfer, Technology Trends Series No. 6, UN - Industrial Development Organisation, New York, June 1987.

In diesem Zusammenhang wurde auf das Wissen aus der traditionellen biotechnologischen Verfahrenstechnik aufgebaut, und die Erfahrungen aus der Fermentertechnologie der Brauereien, Brennereien, Fructosesiruperzeugung, Antibiotika-, Enzym-, Vitamin- und Hefeproduktion wurden genützt. Gerade dadurch ist es aber in der Folge schwieriger geworden, zwischen traditioneller Biotechnologie und deren Weiterentwicklungen und der Anwendung der Gentechnologie innerhalb der Biotechnologie zu unterscheiden, da letztere in der Verfahrenstechnik lediglich eine bessere Steriltechnik, bessere Sicherheitsvorkehrungen und eventuell spezielleres Design und speziellere Trennvorrichtungen in der industriellen großtechnologischen Phase benötigt.

Bereits 1984 wurden in den USA Projekte für fast 1 Milliarde Dollar in der biotechnologischen Verfahrenstechnik registriert, wobei 45 Mio. Dollar für Pilot-Anlagen und 467 Mio. Dollar für Produktionsanlagen aufgewendet wurden, während der Rest (457 Mio. Dollar) auf die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit auf diesem Gebiet entfiel (DEMBO, D. und MOREHOUSE, W. 1987)⁴⁸. Die Kapitalintensität der industriellen Anwendung ist auf österreichischer Ebene auch aus dem Vergleich ersichtlich, daß jährlich seit 1985 ca. 25 Mio. Schilling durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung direkt in zusätzliche Forschungsaufträge und Geräte im Rahmen des österreichischen Biotechnologieprogrammes gingen, während durch den Fonds für Wissenschaft und Forschung, Forschungsförderungsfonds und den Innovations- und Technologiefonds jährlich ca. 110 Mio. Schilling als Zuschüsse und Darlehen für die Gen- und Biotechnologie (ca. 50% Biotechnologie und 50 % Gentechnologie) gewährt wurden.⁴⁹ Die industrielle Überleitung und Anwendung im Zusammenhang mit der Bioprozeßtechnologie ist somit sehr viel kostspieliger als die unmittelbare Grundlagenforschung.

7.4.1 Ein Überblick über die biotechnologische Verfahrenstechnik

Abbildung 10 charakterisiert den Ablauf eines beispielhaften biotechnologischen Prozesses. Jene Vorgänge, die vor der Fermentation erfolgen werden als "Up-Stream"-Prozeß bezeichnet, während man beim Reinigungs- und Trennvorgang nach der Fermentation vom "Down-Stream"-Prozess spricht.

Bei der Bioprozeßtechnologie geht es darum, die optimale Produktionsleistung durch eine den jeweiligen Organismen oder Zellen und/oder den Substraten angepaßte integrierte Konstruktion mit Hilfe entsprechender anlagenbaulicher Ausformungen sowie mit Hilfe von Mischungs-, Detektions-, Steuerungs- und Regelungstechniken sowie entsprechender Trennverfahren zu erreichen. Die Fermentation kann unter sterilen Bedingungen (z.B. gentechnologisch veränderte Organismen) oder nicht sterilen Bedingungen (z.B. Ethanol), einstufig oder mehrstufig, in speziellen Fermentern, kontinuierlich oder diskontinuierlich, mit und ohne immobilisierter Organismen, Zellen oder Enzymen oder in Fermentern mit speziellen Rühr-, Förder- und Belüftungs- oder Begasungseinrichtungen stattfinden. Größte Vielfalt gibt es ebenfalls beim Trenn- und Aufarbeitungsverfahren, sei es mit Hilfe von Zentrifugen, speziellen Filtersystemen oder Membransystemen oder (und) mit Hilfe biochemischer Reaktionen. Abbildung 11 soll ein Konstruktionsbeispiel - in diesem Fall für das rekombinante Rinderwachstumshormon - wiedergeben.

⁴⁸ DEMBO, D.; MOREHOUSE, W. 1987: a.a.O.

⁴⁹ telefonische Mitteilungen des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung, Wien 1990.

Neben der Laborforschung und dem genauen Wissen über den Wachstumsverlauf und die biochemischen Reaktionsbedingungen ist es zumeist notwendig in kleineren Technikums- oder Pilotanlagen die notwendigen Optimierungs- und Fehlereliminations- und Alternativensuchungsschritte vorwegzunehmen, um dann in einer dritten Phase eine Anlage in industriellem Maßstab zu planen und zu konstruieren. Bei der Adaption dieser Vorgänge an entsprechende Prozeßleitsysteme geht es in Zukunft auch darum, über sogenannte Biosensoren, die die entsprechenden Wachstums-, Kultur- und biochemischen Reaktionsbedingungen überwachen, eine entsprechende Regelungstechnik weiterzuentwickeln.

Abbildung 10: Ein Beispiel für "moderne" biotechnologische Verfahrenstechnik

Von der Pflanze zum Bioreaktor

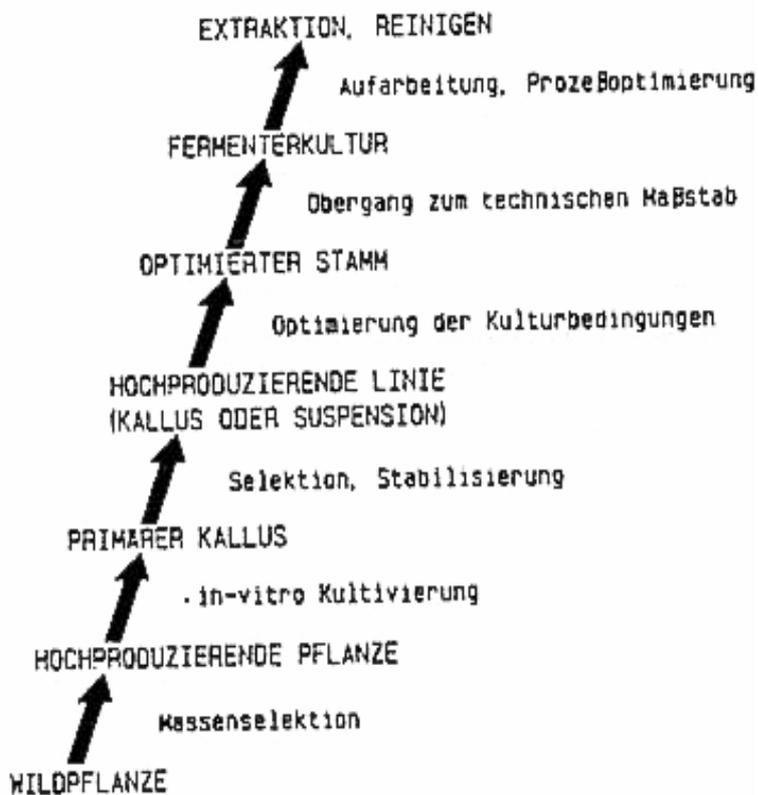


Abb. 1: Entwicklung von pflanzlichen Zellkulturen bis zur Fermenterreife

(Fortsetzung der Abbildung 10)

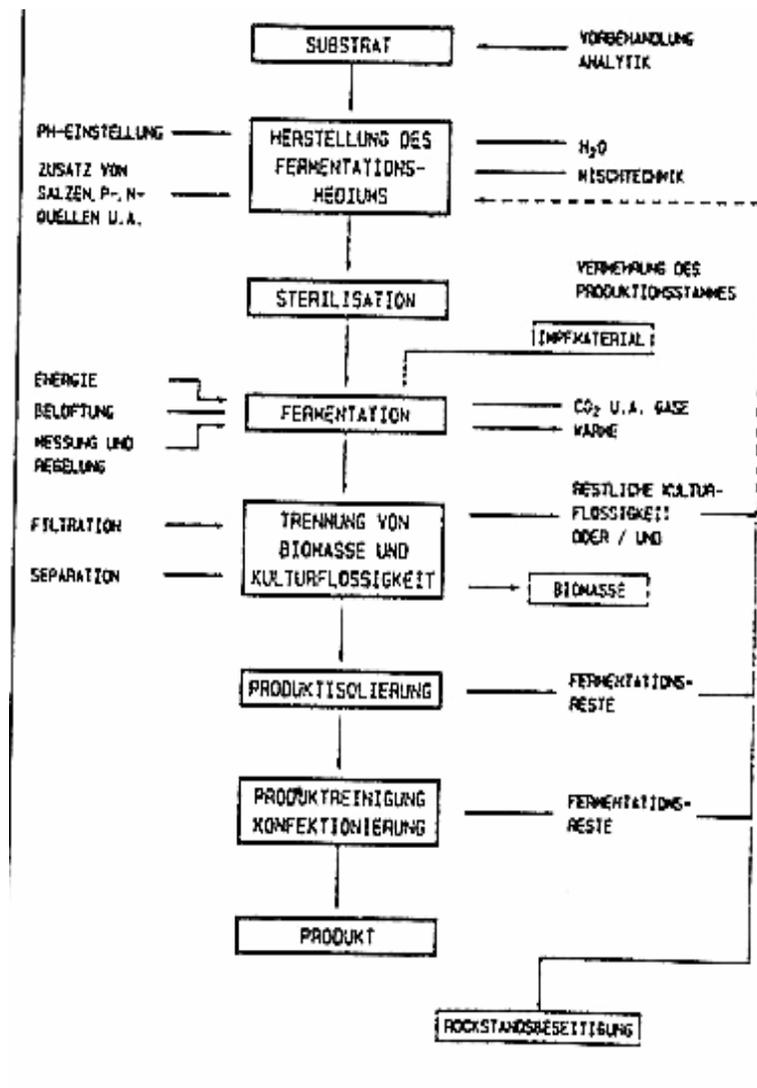


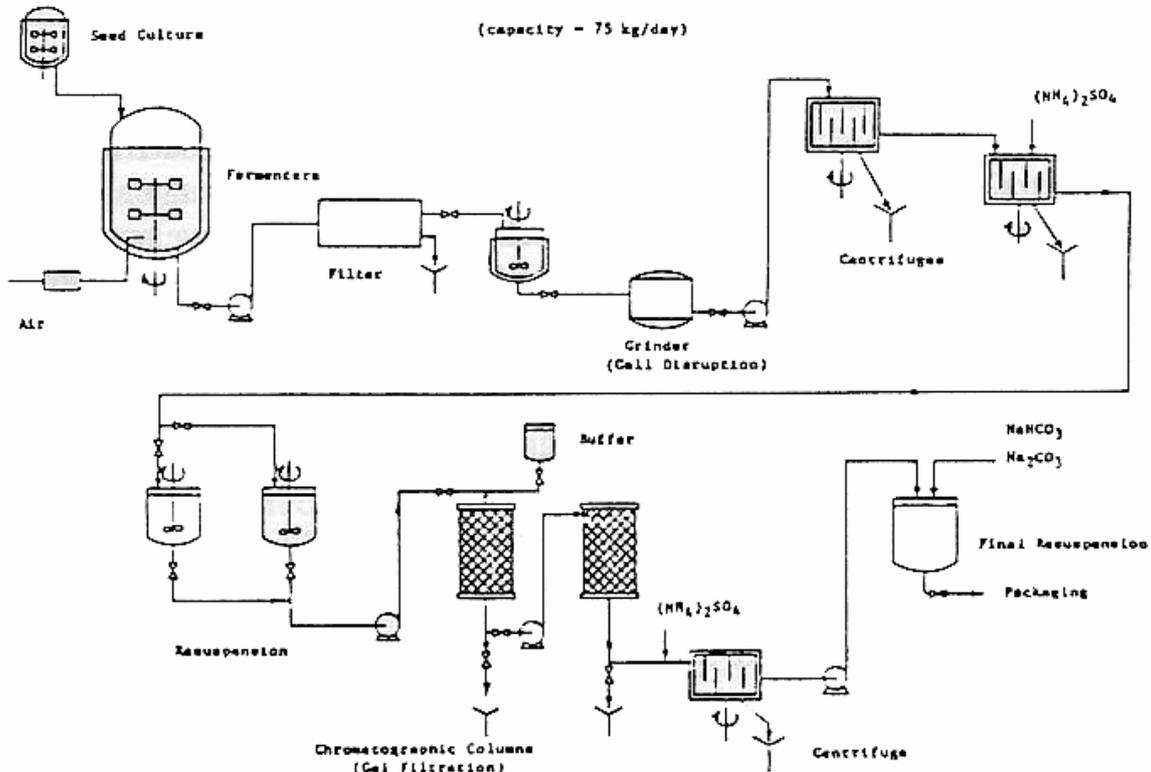
Abb. 2: Schematische Darstellung des Ablaufs eines biotechnologischen Verfahrens

Quelle: RITTERSHAUSE et al. 1989⁵⁰

⁵⁰RITTERSHAUSE, E. et al.:⁵⁰ Großtechnologische Fermentation von pflanzlichen Zellkulturen. In: BioEngineering 3+4/89, Braunschweig, München, 1989, S.56.

Abbildung 11: Gentechnologische Wachstumshormonproduktion - Anlagenschema

Aufbau einer industriellen anlage zur rBST-Herstellung (Kapazität: 75 kg/Tag)



Quelle: KALTER et al., 1984

Quelle: ISERMEYER, F. et al. 1988: a.a.O.

7.4.2 Die ökologische Dimension von Großanlagen in der Bioprozeßtechnik

Die ökologische Dimension der modernen Fermentationsindustrie zeigt sich einerseits darin, daß versprochen wird, mit Hilfe der Gentechnologie längerfristig energieintensive chemische Prozesse zu ersetzen bzw. toxische und umweltbelastende Chemikalien zu eliminieren, andererseits stehen hinter der versprochenen Umweltverträglichkeit und den "der Natur abgeschauten ökologischen Kreisläufen" große Fragezeichen. So benötigt die Biotechnologie große Mengen an reinem Wasser - einen Teil davon in höchster Trinkwasserqualität. Sie benötigt in den meisten Fällen ebenfalls eine Vielzahl von Chemikalien oft mit biozidischer und umwelttoxischer Wirkung (z.B. Lösungsmittel) und hinterläßt riesengroße Mengen an organisch belasteten Abwässern und organischen Abfällen - entsprechend ihrem Wasser- und Nährsubstratverbrauch. Durch die industrielle Konzentration der Produktion ist die Abfallproblematik der Biotechnologie eine ähnliche wie die der industriell organisierten Massentierhaltung:

Zwischen dem Gülleproblem einer bodenunabhängigen Tierhaltung und dem Abfall aus der Biotechnologie besteht vom Grundsätzlichen her betrachtet kaum ein Unterschied, weil die Ausscheidungen von Haustieren den Ausscheidungen von Mikroorganismen teilweise, d.h. in ihrem ökologischen Gefahrenpotential, wenn sie konzentriert sind, gleichen. Die moderne Biotechnologie aber arbeitet zusätzlich noch mit Chemikalien und Lösungsmitteln.

Als Beispiel für die Problematik der großindustriellen Biotechnologie seien die bedeutendsten Umweltprobleme der Biochemie Kundl Ges.m.b.H. (Kundl-Tirol), so wie sie in den Medien in den Jahren 1986/87 diskutiert wurden, angeführt:

- o "Wie sicher ist die Bio"; Wasserverbrauch wie die Stadt Innsbruck - 1 % davon in Trinkwasserqualität, 8.000 Tonnen jährlicher Zuckerverbrauch (Rundschau Reportage 26.11.1986)
- o Lagerung giftiger und wassergefährdender Chemikalien: Formamid (48 to), Phosphorpentachlorid (1,1 to), Perchlorethylen (3 to), Tetrachlorkohlenstoff (20 kg), Merceptoethanol (200 l); (ebenda)
- o "Tiroler Sandoz-Tochter: Chemiekranke im Labor": Gesundheitsprobleme der Arbeiter in Biochemie Ges.m.b.H.- Werk Schafotenau: Penicillinallergie, Haarausfall, Hauterkrankungen (Kurier-Tirol, Chronik 13.11.1986)
- o "Biochemie ließ "ölähnliche" Flüssigkeit in den Inn fließen": Abfluß von "ölähnlichen" Aromaten in den Inn - Ölalarm in Kirchbichl (Kurier 20.11.1987)
- o "Dauerduftwolke aus Kundl" - Geruchsbelästigung bei der Trommeltrocknung des Pilzmyzels (Rundschau 20.11.1986)
- o "Biochemie kämpft mit zuviel Dreck": "Am meisten stinkt die "Biozym"-Analyse" (zur Herstellung von Waschmittelenzymen und "Ein kleiner Teil stark belasteter Abwässer wird gereinigt. Doch die Riesenmenge an schwach belastetem Abwasser geht ungereinigt in den Inn!" (Kurier 3.8.1987)

Die erwähnte Firma ist einer der größten Penicillinerzeuger der Welt (33% der Weltproduktion von oralem Penicillin). Sie erzeugt u.a. auch biotechnologische Enzyme für die Waschmittelindustrie und ist bekannt auch als Produzent des rekombinanten bovinen Somatotropins (Rinderwachstumshormons), mit mehr als 2.000 Beschäftigten (Trend 12/86). Nach persönlicher Mitteilung der Direktion wurden in der Zwischenzeit die Abwasserprobleme durch eine Milliardeninvestition in Kläranlagen gelöst, was auch von den, diese Vorgänge aufdeckenden, Umweltschutz - Bürgerinitiativen mit Wohlwollen registriert wurde.

Allein wenn man bedenkt, daß neben 20.000 Tonnen Zucker (persönliche Mitteilung der Direktion, November 1991) noch Sojamehl, Molke und Öle von der Biochemie Kundl fermentiert werden, so entspricht der Umsatz an organischer Trockensubstanz im Vergleich zum durchschnittlichen täglichen Trockenmasseumsatz einer Kuh von 11 kg einem Viehbestand von ca. 5000 Großvieheinheiten (GVE) an einem Ort. Damit wäre die Biochemie Kundl der bei weitem größte Massentierhalter Österreichs. Das "Gülleproblem" daraus könnte man sich ausrechnen.

7.5. Biosensoren

Zur Überwachung und Kontrolle biotechnologischer Prozesse, insbesondere wenn höchste Spezifität gefragt ist, sind Biosensoren eines der wichtigsten Hilfsmittel, um die relevanten Parameter zu überwachen. Biosensoren können aber auch bei anderen biologischen, chemischen, physikalischen und physiologischen Prozessen und Reaktionen zum Einsatz kommen. Man erwartet sich von einer weiteren Entwicklung der Biosensoren eine erhöhte Sensitivität und eine höhere Geschwindigkeit in der Analytik, vor allem bei komplexeren biologischen Substratgemischen.

Das Prinzip des Biosensors ist, daß erstens eine biologische Reaktion (z.B. Enzymaktivität), um eine Substanz zu erfassen, vorhanden ist, und daß zweitens eine Übertragung des Reaktionsergebnisses in ein elektrisches Signal stattfindet.

Die gängigsten Biosensoren nützen immobilisierte - d.h. auf ein Trägermaterial (Matrix) stabil angebundene Enzyme mit hoher Substratspezifität, deren Reaktionsergebnisse elektrochemisch dedektiert werden. Weiters wurden unter anderem auch die Fluoreszenzeigenschaften von Zellen und Organismen genützt, oder Zellen können über die Lasartechnik vermessen werden (Lasardurchflußcytometrie). Lebende Mikroben können auch durch ihre oft speziellen Reaktionseigenschaften zur Prozeßkontrolle oder zur Umweltüberwachung eingesetzt werden.

Zukünftig erwartet man sich neben der Verwendung in der Biotechnologie auch den verstärkten Einsatz in der medizinischen Analytik - bzw. findet dieser schon statt (z.B. Blutproben, Detektion von Körper- und Organfunktionen) - und das verbesserte Erfassen von umweltbelastenden Chemikalien und Rückständen (z.B. Pestiziden) in der Wasser-, Boden- und Lebensmittelanalytik. Innovationen in der Biosensortechnik, die derzeit primär auf elektrochemischen Prinzipien beruhen, werden aber auch durch die Fortschritte in der Halbleitertechnologie erwartet, sodaß biochemische und biologische Veränderungen direkt in digitalisierte Information umgewandelt werden könnten. Kleinste Elektrodenelemente könnten mit immobilisierten Enzymen verbunden, werden und diese Bio-Mikroelektroden oder - Transistoren könnten in einen Mikroprozessor integriert werden. Die Massenproduktion dieser leicht handhabbaren Mikrobiosensoren würde ganz neue Dimensionen in der ambulanten und außerambulanten Gesundheitskontrolle eröffnen. Sogar an die verstärkte Anwendung von in den Körper implantierten Biosensoren zur Überwachung verschiedener Organfunktionen wird gedacht. Alles, was zur medizinischen Anwendung am Mensch entwickelt wird, könnte natürlich bei entsprechender Kostengünstigkeit auch für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung Verwendung finden und selbstverständlich auch in anderen lebenden Systemen wie z.B. Pflanzen und Böden.

Mit der Weiterentwicklung der Gentechnologie und einer damit verbundenen Erhöhung der Spezifität von biologischen Reaktion bei Organismen und Enzymsubstraten gewinnt die Entwicklung geeigneter Überwachungs- und Kontrollinstrumentarien, was Biosensoren vor allem sind, an Bedeutung bzw. werden diese zur Notwendigkeit.

Im Zusammenhang mit der Integration von biologischen Funktionen in die Mikroelektronik und vice versa wurden selbstverständlich auch die Möglichkeiten der Entwicklung neuer auf biologischer Basis beruhender Computersysteme diskutiert. "Bioelektronik" und "Biochips" im Zusammenhang mit neuen Proteinen, organometallischen Verbindungen und leitenden Biopolymeren aber auch im Konnex mit Immunologie und Neurochemie werden von manchen Vordenkern der Gentechnologie als Megazukunftstechnologie vorausgesehen.

DIE ANWENDUNG DER GENTECHNOLOGIE IN AGRAR- UND ERNÄHRUNGSWIRTSCHAFT

Direkte Hauptanwendungsbereiche der Gentechnologie in der Landwirtschaft sind Tierzucht und Pflanzenzucht. Doch sind vor allem auch in einem neuen und veränderten Betriebsmitteleinsatz große Veränderungen zu erwarten. Es ergeben sich durch die moderne Gen- und Biotechnologie auch neue Schwerpunktsetzungen und Gewichtsverlagerungen innerhalb und zwischen den Bereichen der Landwirtschaft und der Industrie. Lebensmittel- und Futtermittelindustrie haben bereits eine lange Tradition in der industriellen Verarbeitung und das Möglichkeitsfeld dafür wird durch die neuen Technologien enorm erweitert. Nachwachsende Rohstoffe sind ein beliebtes Vokabel der agrarpolitischen Diskussion seit der Energiekrise (1973), und dieser Begriff hat durch das Potential der Gentechnologie und neuen Biotechnologie eine zusätzliche Bedeutung erhalten.

In sämtlichen Bereichen, in denen die Industrie auf die moderne Biotechnologie setzt und mit Großanlagen zu produzieren beginnt, läßt sich direkt oder indirekt - selbst auf oft verschlungenen Wegen - eine ökonomisch und ökologisch bedeutende Verbindung mit dem land- und forstwirtschaftlichen Urproduktionssektor im umfassenden Sinne (z.B. inklusive der Bewirtschaftung von natürlichen Gewässern) herstellen, da die Biotechnologie immer mit organischen Substanzen als Roh- und Nährstoffe arbeiten muß, und diese nur aus der Bewirtschaftung natürlicher Ökosysteme stammen können. Damit wird die Land- und Forstwirtschaft zu einem Schlüsselsektor für eine breite industrielle Anwendung der Gen- und Biotechnologie. Und diese sind für sich kein unabhängiges Industriesystem - auch im technischen Sinne nicht - sondern die Biotechnologie ist lediglich ein dem natürlichen Ökosystem Erde direkt aufgesetztes technisches System. Prinzipiell gilt dies natürlich für jedes industrielle Produktionssystem, doch ist der Direktbezug der Biotechnologie zur Ökologie eindeutig und äußerst eng, inklusive aller seiner potentiellen Vor- und Nachteile.

8 Tierzucht und Tierhaltung

8.1 Moderne Tierzuchttechnologien bei Haustieren

Der methodische Sprung zwischen traditioneller Populationsgenetik und molekularbiologischer Genetik wurde bereits im Kapitel 4 behandelt. Die Entwicklung der praktischen Tierzucht war in den letzten 50 Jahren primär durch die Anwendung der künstlichen Besamung in Kombination mit der populationsgenetischen Zuchtwertschätzung gekennzeichnet. Doch halten seit ca. 10 Jahren auch zunehmend die Methoden des Embryotransfers vor allem in der Elitezucht ihren Einzug ins Tierzuchtgeschehen. Die Feststellung des Enqueteberichtes des 10. Dt. Bundestages⁵¹, daß "die zell- und entwicklungsbiologischen Techniken und Methoden - dazu gehören künstliche Besamung, Embryo-Transfer und-Tiefkühlkonservierung, In-vitro-Fertilisierung, Bestimmung des Geschlechtstypus vor dem Transfer ("sexing") sowie die "präimplantive" Mikrochirurgie von Embryonen, wie z.B. zur Herstellung von eineiigen Mehrlingen durch Embryosplitting - eine Form des Klonierens - oder die Herstellung von Chimären oder somatischen Hybriden aus Embryonalzellen unterschiedlicher Abstammung-,... kombiniert mit der Rationalisierung der Tierhaltung und Umstellung auf energie- und proteinreiche Fütterung, die moderne Tierproduktion bestimmen, wobei sie die traditionelle Tierhaltung abgelöst haben" stimmt nur

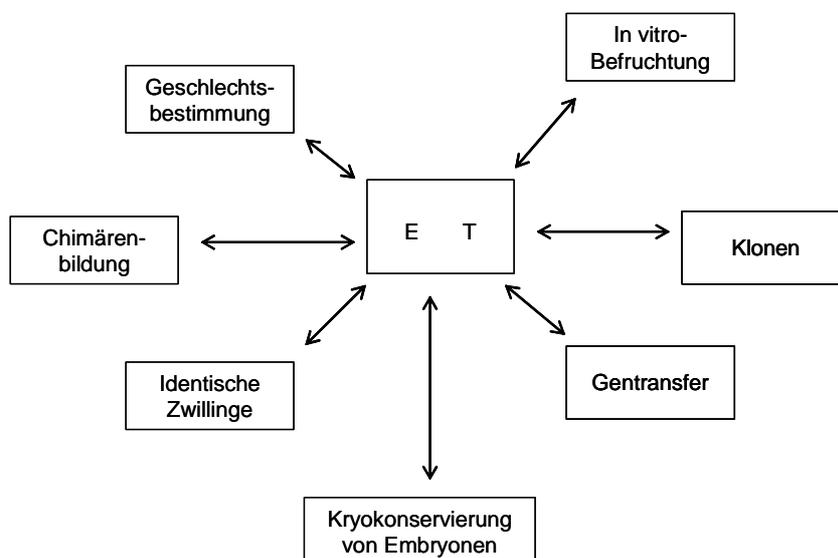
⁵¹ Chancen und Risiken der Gentechnologie, 1987: a.a.O.; S. 84-85

bedingt. "Sexing" und Embryonensplitting werden derzeit nur vereinzelt angewandt oder versucht, und die regelmäßige Chimärenbildung in der Tierzucht hat sich auch noch nicht durchgesetzt. D.h. nicht, daß diese Technologien nicht angewandt werden können, sondern lediglich, daß sie derzeit erst in der Überleitungsphase zwischen Versuchsstadium und Praxis sind.

Der Embryotransfer (ET) hingegen ist bereits seit mehr als 10 Jahren Routine, doch selbst dabei werden z.B. in den USA erst ca. 40% der Spitzenvererber der Braunviehtiere von dem privatwirtschaftlichen Züchtungskonzern World-Wide-Sires Inc. aus der ET-Methode angeboten.⁵²

Durch den ET wird der Zuchtfortschritt beschleunigt, aber auch die weibliche Reproduktionskapazität über die evolutionären Grenzen hinaus ausgeweitet, wodurch auch intensiver selektiert werden kann. Der Embryotransfer steht darüber hinaus im Zentrum einer weiteren Technisierung der Reproduktionsleistung der Haustiere, wobei SMIDT 1988⁵³ und NIEMANN et al. 1989⁵⁴ vom Embryotransfer und den assoziierten Biotechniken sprechen (vgl. Abbildung 12). Als Vorläufertechnologie gehören auch die Brunstauslösung und -synchronisation dazu, welche durch Hormonbehandlungen (Gestagene, Prostaglandine) bewerkstelligt werden. Diese bieten über die Geburtensteuerung und neben ihrer tiermedizinischen Bedeutung vor allem die Möglichkeit einer arbeitswirtschaftlichen betriebsorganisatorischen Optimierung.

Abbildung 12: Embryotransfer und assoziierte Biotechniken



Embryontransfer und assoziierte Biotechniken

SMIDT 1988 und NIEMANN et al. 1989

⁵² Angebotskataloge von World-Wide-Sires Inc., USA

⁵³ SMIDT, D.: Forschungskonzepte in der Biotechnologie der Tierproduktion. In: BST-Symposium, wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Sonderheft 88, Braunschweig-Völkenrode 1988, S.12.

⁵⁴ NIEMANN, H.; RATH, D.; SMIDT, D.: Biotechnologische Verfahren bei der Reproduktion landwirtschaftlicher Nutztiere. In: Biotechnologie in der Agrar und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft, 201, Parey, Hainburg, Berlin 1989.

Abbildung 13 skizziert die einzelnen Schritte des Embryonentransfers in seiner klassischen Form. Superovulation, künstliche Besamung, Embryonenspülung, Isolation und Klassifizierung der Embryonen, Auswahl und Synchronisation der Empfängertiere und der Transfer der Embryonen sind die einzelnen Schritte. Der Einsatz der In-vitro-Befruchtung bei Haustieren weist dagegen noch zu geringe Erfolgsquoten auf, da die Kultivierung der Embryonen in den frühen Entwicklungsstadien schwierig ist.

Begrenzend für den Embryonentransfer wirken vor allem die Stimulationsrate bei der Superovulation und die Graviditäts- oder Trächtigkeitsrate bei den Empfängertieren (BREM 1980⁵⁵). Werden bezüglich der Trächtigkeit mit ca. 50 bis 60% pro implantierten Embryo relativ befriedigende Ergebnisse erzielt, so ist die Quote bei der Ovulationsauslösung noch immer auf 5 bis 7 lebensfähige Embryonen limitiert, sodaß einerseits an einer Verfeinerung der Hormonsteuerung bei den Spendertieren gearbeitet wird und andererseits die Methode des Embryonensplittings zu verbessern versucht wird. Letztere Technik hat bis jetzt lediglich einen 50%igen Erfolg bei einer Teilung, sodaß die Anzahl der transferierbaren Embryonen gleich bleibt. Sie wird aber vereinzelt angewandt, um einige identische Zwillinge zu erhalten. Identische Zwillinge eignen sich vor allem für eine verbesserte Nachkommensprüfung in Zuchtprogrammen und zur exakteren Ermittlung von Umwelteinflüssen auf Tiere. Beim Klonieren, welches im Prinzip auch bereits die Embryonenteilung ist, werden die Kerne aus einem Kernspendergewebe, was derzeit noch Blastomeren im 8-16 Zellstadium sind, in eine entkernte totipotente Zelle (Eizelle, Zygote) übertragen. Damit können eine ganze Reihe identischer Individuen geschaffen werden. Die ersten Schafe und Rinder aus dieser Technologie wurden bereits geboren.

Der ET wird derzeit hauptsächlich beim Rind angewandt. 200.000 Transfers mit ca. 100.000 Trächtigkeiten werden schätzungsweise in den USA jährlich durchgeführt, wovon ca. 10.000 nordamerikanische Embryonen exportiert werden. Der Markt für Rinderembryonen wird derzeit auf ca. 50 Mio. US-Dollar geschätzt (DEVELOPEMENT DIALOGUE 1988)⁵⁶. In der BRD gibt es ca. 8000 Transfers jährlich und in Österreich dürften es ein paar hundert bis ca. 1000 Übertragungen sein. Der bisherige Zuchtfortschritt, dessen programmatische Konzeption auf einer breiten Herdebuchzucht, der künstlichen Besamung und der Leistungsprüfung aufgebaut war, erhält dadurch wie erwähnt, einen zusätzlichen Beschleunigungseffekt, ermöglicht es aber auch teilweise auf die breitgestreute Basiszucht zu verzichten. Unter standardisierten Bedingungen mit relativ wenigen Hochleistungstieren können sogenannte Nucleuszuchtprogramme durchgeführt werden. Solche Programme werden auch zunehmend notwendig, da durch immer raffiniertere Leistungsförderer (z.B. rekombinantes Rinderwachstumshormon) die Ergebnisse der traditionellen Leistungsprüfung verfälscht werden können (vgl. KRÄUSSELICH 1986⁵⁷). (Als Beispiele für solche Zuchtprogramme seien angeführt: Privatzüchtungsfirmen in den USA und in Großbritannien zum Export der Embryonen, Nucleuszuchtprogramm in Osnabrück BRD oder das Konzept des Zuchtprogrammes für die Rasse Pinzgauer in Salzburg-Österreich)⁵⁸.

⁵⁵ BREM, G.: Kosten des Embryotransfers in Abhängigkeit von der Erfolgsquote. In: Der Tierzüchter, BRD 1980, S. 52-53.

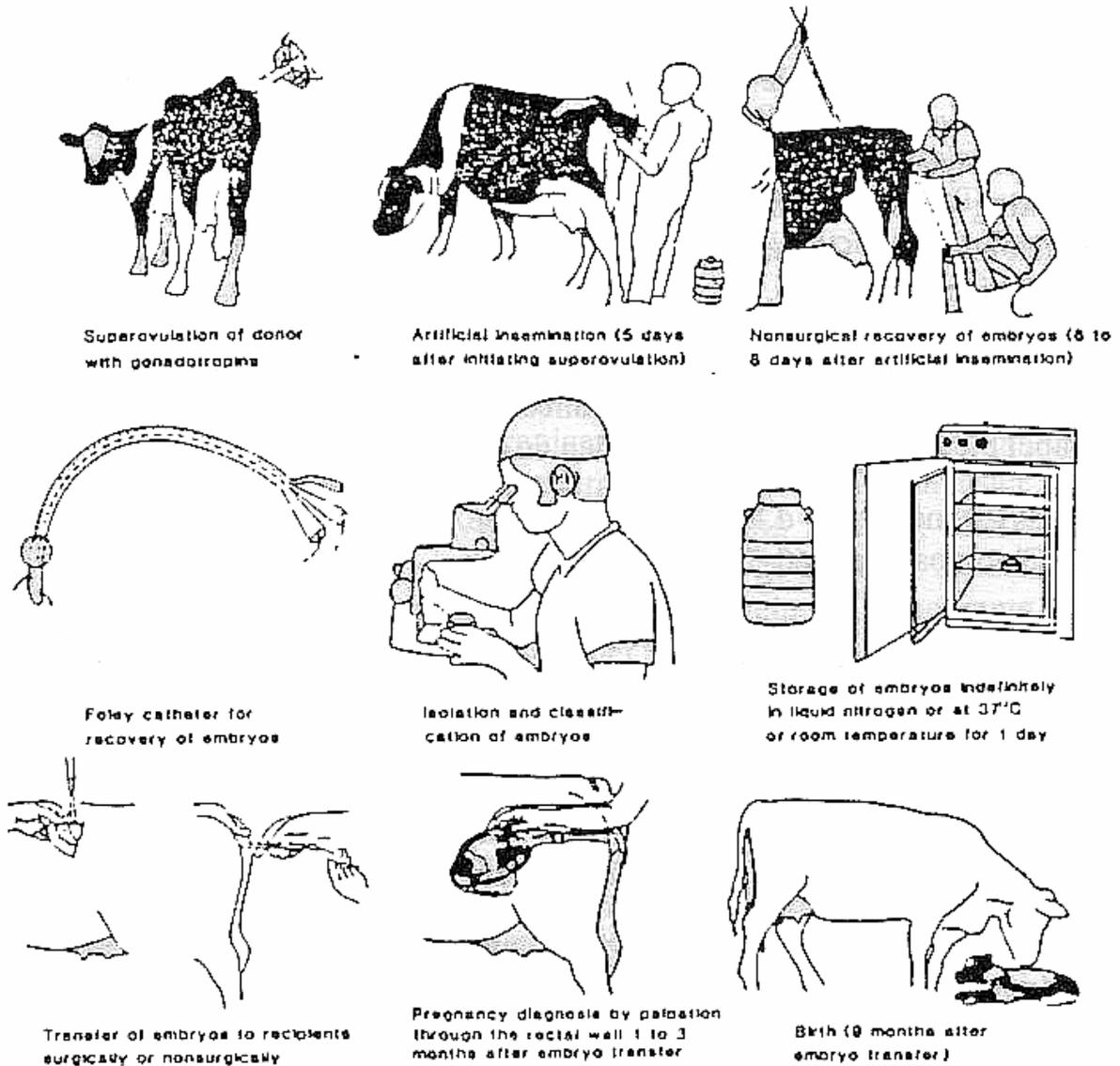
⁵⁶ DEVELOPMENT DIALOGUE 1-2: The Laws of Life. Swedish Development Authority (SIDA) published by the Dag Hammarskjöld Foundation, Upsala 1988, S. 41.

⁵⁷ KRÄUSSELICH, H.: Zuchtziele in der Rinderproduktion. In: Agrartagung 1985 - Zukunft des Agrarmarktes - Europäische Rinderproduktion im Überschuß, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 1986.

⁵⁸ LEDERER, J.A.: Pinzgauer 2.000, Konzept eines Zuchtprogrammes für die Rasse Pinzgauer. Rinderzuchtverband Maishofen, Salzburg 1987.

Abbildung 13: Embryotransfer bei der Kuh

Schematic Presentation of Cow Embryo Transfer Procedures



SOURCE: Adapted from G.E. Seidel, Jr., "Super Ovulation and Embryo Transfer in Cattle," *Science*, vol. 211, Jan. 23, 1981, p. 353.

Quelle: DEVELOPMENT DIALOGUE 1988

Um die zeitliche und räumliche Nähe zwischen Spendertieren und Empfängertieren zu überwinden, sind die Tiefgefrieretechniken von Embryonen bedeutend, welche bei Rinder- und Schafembryonen schon praxisreif sind (vgl. die US-amerikanische Exportquote von ca. 10.000 Stück), obwohl die Trächtigkeitsraten niedriger sind als bei den normalen Übertragungen (NIEMANN et al. 1989⁵⁹).

Ein Ziel ist auch die Langzeitkonservierung von genetischem Material, um u.a. eine sehr günstige Möglichkeit für die Konservierung wertvoller genetischer Ressourcen aussterbender Haustierrassen zu konzipieren. Gleichzeitig mit dem Klonieren und Embryonensplitting könnte man durch die Möglichkeit einer zeitlichen Verschiebung der Geburt identischer Zwillinge neue tierzüchterische Strategien entwickeln.

Den größten Zuchtfortschritt von den erwähnten assoziierten Technologien erwartet man von der Geschlechtsbestimmung an Embryonen. Dabei bieten sich folgend Methoden an (NIEMANN et al. 1989):

1. Zytogenetisch, d.h. mikroskopische Bestimmung der X-Y Chromosomen; 60-70%ige Genauigkeit
2. Darstellung des HY-Antigens männlicher Embryonen mit Hilfe fluoreszierender Substanzen, gekoppelt an monoklonale Antikörper; 80-85% Genauigkeit
3. Verwendung von DNA-Sonden am Y-Chromosom; 95% bis 100% Genauigkeit, jedoch mit 8 bis 10 Tagen Untersuchungszeit sehr zeitaufwendig, sodaß das Einfrieren der Embryonen notwendig ist.
4. Nachweis von spezifischen X-chromosonalkodierenden Enzymen (noch nicht bei landwirtschaftlichen Nutztieren); 60 bis 70% Genauigkeit bei Mäusen
5. Fruchtwasserbestimmung beim 6 bis 8 Wochen alten Embryo; fast 100% Genauigkeit, jedoch bei nicht erwünschtem Geschlecht mit einem Abortus verbunden.

Als eigenes Kapitel wird die gentechnologische Manipulation der Haustiere behandelt, welche ebenfalls den Embryotransfer und sein technologisches Umfeld als Schlüsselmethode benötigt.

Das phänomenale an den neuen Tierzüchtungstechnologien - dazu gehört selbstverständlich auch die schon lange übliche künstliche Besamung - ist, daß durch sie die wichtigsten evolutionären Grenzen von Raum und Zeit, die dem Tier als Lebewesen von der Natur vorgegeben sind, gesprengt werden und weiter ausgedehnt werden (HOPPICHLER 1988)⁶⁰. Die Genetik eines Stieres z.B. hätte sich niemals ohne künstliche Besamung über fünf Kontinente gleichzeitig und über seinen Tod hinaus ausbreiten können. Durch den ET und die damit verbundenen Techniken gelangen auch die weiblichen Tiere in den Genuß dieses Evolutionssprunges.

Die gleichzeitige Kommerzialisierung dieser Methoden mit weltweiten Verkaufnetzen für Embryos und Sperma birgt die Gefahr in sich, daß viele auf den ersten Blick weniger leistungsfähige Haustierpopulationen, insbesondere in den Ländern in der 3. Welt, in kürzester Zeit und, ohne daß wir den Verlust vordergründig merken, aussterben könnten. Damit gingen äußerst wertvolle genetische Ressourcen verloren bzw. würde dies auch zu einer weiteren Einengung der genetischen Variabilität innerhalb der hochleistenden Haustierrassen führen -

⁵⁹ NIEMANN et al. 1989: a.a.O.

⁶⁰ HOPPICHLER, Josef: Rinderrassen im Wirtschaftlichkeitsvergleich. Forschungsbericht der Bundesanstalt für Bergbauernfragen Nr. 18, Wien 1988.

mit der Gefahr, an Vitalität und Fitness zu verlieren. Z.B. könnte durch die starke genetische Uniformität der Fall eintreten, daß - ähnlich wie man vom Menschen die genetische Determination von Krankheitsanfälligkeiten und Reaktionen auf veränderte oder schädigende Umwelteinflüsse kennt - bei Haustieren eine massive Krankheitsreaktion über eine ganze Population plötzlich auftritt, da die Umwelt sich verändert hat (z.B. durch neue mutierte Viren oder neue biotoxische Umweltchemikalien oder Proteine).

8.2. Ethische Dimensionen der modernen Tierzuchttechnologien

Ein anderes Kennzeichen der modernen Tierzuchttechnik ist, daß die Akteure darin die Tiere nicht als leidensfähige Wesen und in ihrem semantischen Gegenteil als lust- und freudensfähige Wesen, die dem Menschen als Mitgeschöpfe anvertraut sind, sehen und sehen können, sondern daß den Tieren nur ein Objekt- und Warencharakter zugesprochen wird, deren Wert ausschließlich in der ökonomischen Leistungsfähigkeit besteht.

Das wissenschaftliche, - d.h. das veterinärmedizinische und agrarwirtschaftliche Modellbild und Vorstellungsvermögen über die Tiere reduziert sich auf die materielle mechanische Erscheinung des Organismus, welche zweckgebunden, d.h. nach den Kriterien der jeweiligen Ökonomie beurteilt wird. Tierschützerische und ethologische Aspekte werden vollkommen ausgeklammert. Das bedeutet, "daß die ethisch fundierte Einsicht, daß jedes tierische Individuum das uneingeschränkte Recht hat, sich Zeit seines Lebens so zu entfalten, wie es seinem angeborenen, artspezifischen Trieben und Bedürfnissen entspricht, um sein ganz spezielles und einzigartiges Wesen zu verwirklichen und darzuleben" (BARTUSSEK 1974)⁶¹, ignoriert wird.

Die Loslösung der Vorstellung über die Tiere von ihren natürlichen Verhaltensweisen und ihren umfassenden arteigenen Bedürfnissen und die damit einhergehende immer stärkere Technisierung des Fortpflanzungsgeschehens ist vom ethischen Standpunkt aus betrachtet, da man die Mitgeschöpflichkeit und damit das Mitleid und die Mitfreude mit den Tieren leugnet, äußerst verantwortungslos - selbst wenn die daran Beteiligten dies auf den ersten Blick nicht so erleben.

Zu fragen ist dabei auch, ob eine komplexe Technisierung längerfristig die ökologische Stabilität der Symbiose Mensch-Tier innerhalb einer solchen revolutionären Dynamik garantieren kann oder ob diese notwendige Symbiose nicht auf das Schwerste gestört wird.

Dabei ist durch die neuesten technologischen Entwicklungen zweifellos ein qualitativer Sprung in negativer Hinsicht in der erforderlichen Werthaltung den Tieren gegenüber eingetreten: Ist es bereits - wenn auch mit so manchen Abstrichen (z.B. Versuchstierhaltung) - zur eher allgemeingültigen gesellschaftlichen Maxime geworden, dem einzelnen Tier keine absichtlichen Schäden, Schmerzen und Leiden zuzufügen, und ist z.B. individuelle Tierquälerei äußerst verpönt, so ist das Verantwortungsbewußtsein gegenüber dem Gesamtsystem der Tierzucht und Tierhaltung sehr schwach entwickelt.

Für den einzelnen darin forschenden und arbeitenden Menschen wird aufgrund der hochspezialisierten arbeitsteiligen Vorgangsweise die Gesamtheit der Realität kaum noch wahr genommen. So braucht z.B. jemand, der Embryonensplitting betreibt, eigentlich nichts

⁶¹ BARTUSSEK, Helmut: Untersuchungen für die Planung und den Bau von Hühnerställen - Versuch eines ganzheitlichen Ansatzes. Dissertation Technische Hochschule, Graz, Druck BA für alpenländische Landwirtschaft, Irnding, 1975, S. 133

von den jeweiligen Tieren zu wissen und vielleicht hat sich jener auch kaum 24 Stunden in seinem Leben mit dem jeweiligen Tier auseinandergesetzt; für ihn sind die vorgenommenen Manipulationen zwischen Mikrobe, Pflanze und Tier (und Mensch) im Prinzip nicht mehr unterscheidbar. Seine Verantwortung besteht lediglich darin, gewissenhaft seine Arbeit zu erledigen. (Dies ist kein individueller Vorwurf oder eine direkte Schuldzuweisung an die derzeitigen Anwender, sondern lediglich eine Aufforderung an uns alle, daß es gelte, das Gewissen und die Verantwortung für das Ganze zu entwickeln.)

Zum Abschluß dieses Kapitels wird noch eine von NIEMANN et al. 1989 übernommene Tabelle über den Stand der modernen Tierzüchtungstechnologien wiedergegeben. Die Trends zur Anwendungspfektionierung und Verbreitung der einzelnen Praktiken haben in den letzten Jahren weiterbestanden.

Tabelle 2: Stand des Embryotransfers

. Gegenwärtiger Stand von Embryotransfer und assoziierten Biotechniken bei landwirtschaftlichen Nutztieren

	Rind	Schaf/Ziege	Schwein
Embryotransfer	+++	++	++
Kryokonservierung	+++	++	-
Identische Zwillinge	+++	++	+
Chimären	+	+	-
Geschlechtsbestimmung	++	-	-
In-vitro-Befruchtung	+	+	+
Klonen	+	+	-
Gentransfer	+	+	+
-	: experimentelles Stadium, keine Nachkommen		
+	: experimentelles Stadium, erste Nachkommen		
++	: praktische Anwendung möglich, jedoch nicht verbreitet		
+++	: praktische Anwendung bereits verbreitet.		

Quelle: NIEMANN et al. 1989

8.3. Der Gentransfer und seine Anwendung in der Tierhaltung

Die Gentechnologie wird bei ihrem Einsatz in der landwirtschaftlichen Tierhaltung vor allem auf drei Ebenen vorangetrieben:

- Die direkte Veränderung des Genotyps der Tiere durch Genübertragung von in-vitro rekombinierten Genkonstrukten in die Keimbahn der Tier (Definition des Gentransfers nach BREM 1989⁶²). Die so veränderten Tiere werden als transgene Nutztiere bezeichnet.
- Die indirekte Veränderung durch Verabreichung von aus der Gentechnologie gewonnenen physiologisch hochwirksamen Stoffen, wie Hormone und Impfstoffe, oder die Veränderung der Pansensymbionten durch Gentechnologie .
- Als drittes Anwendungsgebiet ergibt sich eine neue molekulargenetische Diagnostik bei der Untersuchungen von physiologischen Zusammenhängen und von Immunreaktionen, die Geschlechtsdiagnostik, die Diagnose auf Erbkrankheiten und die Anwendung in der markenunterstützten Züchtung.

Das Ziel dieser Vorgangsweisen ist vom Prinzip her das gleiche wie in der klassischen Tierzucht oder Tierernährung: Steigerung der Leistung und Produktivität der Tiere in möglichst kurzer Zeit unter einem betriebswirtschaftlichen Optimierungskalkül. Zusätzlich erwartet man sich durch artüberschreitenden Gentransfer, die Tiere zu Produktionsleistungen anzuregen, zu denen sie von Natur aus nicht fähig waren.

8.3.1. Transgene Nutztiere

Der Gentransfer bei Nutztieren ist methodisch eng mit den Möglichkeiten der Embryomanipulationstechnik und damit mit dem Embryotransfer verbunden. Man spricht deshalb vom Transgen, weil ein Genkonstrukt, bestehend aus einem Strukturgen und einem regulatorischen Element (Promotor), in das Genom bzw. in die Keimbahn eines Tieres transferiert wird.

Begonnen hat dieser Anwendungszweig der Gentechnologie im Jahre 1980, indem GORDON und Mitarbeiter (1980) die genetische Manipulation durch Mikroinjektionen in Mausembryonen gelungen war. Bereits 1979 war aber eine gelungene Manipulation beim Krallenfrosch (*Xenopus*) vorangegangen. Fünf Jahre später wurden schon die ersten Ergebnisse über die erfolgreiche Anwendung dieser neuen Technologie auf Nutzsäugetiere berichtet (HAMMER et al. 1985, BREM et al. 1985).⁶³

In der Fachliteratur spricht man teilweise von den sogenannten Tiermodellen. Einerseits meint man damit, daß die Tierversuche an Fröschen, Mäusen und Kaninchen Modelle für die ökonomisch relevantere Manipulationen an den wirtschaftlich interessanteren Haustieren sind, und andererseits ist offensichtlich, daß Tierversuche nur die Vorstufe für die Keimbahntherapie beim Menschen sind. In dem Enquetebericht "Chancen und Risiken der Gentechnologie" des 10. Dt. Bundestages wird z.B. festgestellt: "Die "transgene" Maus ist in erster Linie ein Werkzeug der Forschung." Auch darin wird ersichtlich, daß auf der ethischen Ebene durch die Gentechnologie ein anderer wertmäßiger Zugang zu den Tieren als "Mitlebewesen" vermittelt wird.

⁶² BREM, Gottfried: Gentransfer in der Tierzüchtung. In: Biotechnologie in Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über die Landwirtschaft; Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.159.

⁶³ nach Beschreibungen von BREM, G.1989: a.a.O.

8.3.2. Methoden des Gentransfers bei Nutztieren

Nachdem es das Ziel ist, den Gentransfer auf das ganze Tier, d.h. in allen Körperzellen inklusive der Keimbahn wirksam durchzuführen, erfolgt die Prozedur an befruchteten Eizellen im Vorkernstadium oder an möglichst totipotenten frühen Teilungsstadien der Embryonen. Für den Transfer stehen derzeit folgende Methoden zur Verfügung bzw. werden versucht:

- Mikroinjektion von DNA in die Vorkerne der Zygote.
- Retroviren als Vektoren, d.h. gentechnologisch manipulierte Viren, die ihre RNA-Erbinformation durch reverse Transkriptase in die Wirtszellenchromosomen einbringen.
- Verschmelzung totipotenter gentechnologisch transformierter Stammzelllinien mit frühen embryonalen Teilungsstadien.
- Verpackung von nackter DNA in Liposomen und Integration in die Zellen oder in frühen Teilungsstadien.
- Elektroporation von nackter DNA und Integration in das Genom.

Erfolgreich beim Nutztier eingesetzt wurde bislang nur die Mikroinjektion. Die retrovirale Manipulation zeitigte bislang nur an der Maus Ergebnisse bzw. ist ihre Effizienz geringer, da ein erhöhter Chimärismus (oder Mosaikbildung, d.h. nur ein Teil der Zellen, sind transformiert) auftritt und die virale Methodik doppelte Promotoren (für den Virus und das Tier) benötigt. Für die Verschmelzung von embryonalen Teilungsstadien mit transformierten Stammzellen stehen derzeit noch keine geeigneten Zelllinien zur Verfügung bzw. wäre die Methodik ähnlich der Verschmelzung von Zellverbänden früher embryonaler Teilungsstadien bei Tierarten mit einem bestimmten Verwandtschaftsverhältnis anwendbar (z.B. erfolgreich bei der Chimäre Schaf-Ziege).

Einige andere Methoden werden derzeit noch als Formen von Versuchsansätzen diskutiert bzw. als Zielsetzungen für eine erweiterte Grundlagenforschung gesehen. Auf eine genaue Beschreibung der Methoden wird verzichtet. Sie findet sich u.a. bei BREM 1989.⁶⁵

Es sollen aber auch die technischen Probleme aufgezeigt werden, die mit diesen Methoden verbunden sind, da "noch große Unwägbarkeiten" (zit. nach BREM 1989) gegeben sind. Folgende Aufzählung soll den Stand der technischen Schwierigkeiten beim Gentransfer an den Nutztieren verdeutlichen:

1. Die Suche nach einem geeigneten Strukturgen ("Gene-hunting")
2. Die Suche nach einem geeigneten Promotor (bisher fast nur Metallothionin-, Maus-Brustdrüsen-Tumorvirus-, Alphafetoprotein-Promotoren erfolgreich). Es geht dabei darum, das gewünschte Gen im gewünschten Gewebe zum richtigen Zeitpunkt auf die gewünschte Dauer ohne Störung anderer physiologischer Vorgänge zur Expression zu bringen.
3. Gewinnung geeigneter Embryonen, Zygoten oder Zellverbände
4. Embryonenverlust durch Manipulation
5. Es erfolgt kein Einbau des Transgens in die Zelle oder der einfache Einbau in ein Chromosom ist bereits letal, wenn die

⁶⁵ BREM, Gottfried 1989: a.a.O.

Integration die Fötusentwicklung stört. Der Einbau des Transgens innerhalb des Genoms erfolgt zufällig und könnte auch spätere Entwicklungsstadien der Tiere stören.

6. Die Mosaikbildung bei transgenen Tieren ist relativ häufig (30% bei Mikroinjektion, 80 bis 90 % bei retroviraler oder Stammzellenmethode)
7. Da die Transformation nach Aussagen der beteiligten Wissenschaftler zumeist nur an einem Chromosom erfolgt - man spricht von hemizygoten-transgenen Tieren -, haben deren Nachkommen bei der Paarung mit einem nicht transgenen Tier nur zu 50% das Transgen. Sind aber in den Gonaden der transgenen Tiere ebenfalls Mosaikbildungen vorhanden, so kann dieser Anteil zwischen Null und 50% schwanken.
8. Die Integration des Gens muß nicht über mehrere Generationen hinweg stabil sein. Die Expression, obwohl die Integration erfolgt ist, kann in weiten Bereichen schwanken; sogar bei Vollgeschwistern, was u.a. auch auf die Selbstkorrektur des Genoms zurückgeführt werden könnte ("genomic - imprinting")
9. Bei gegenseitiger Anpaarung hemizygot transgener Tiere untereinander entstehen nach den Mendel'schen Gesetzen 25% homozygote Nachkommen (50% hemizygot, 25% normal). Homozygote müssen gewonnen werden, um zu zeigen, daß der Einbau kein lebenswichtiges Gen im Zielorganismus gestört hat, sonst würde die Letalbürde der Population zunehmen.
10. Wenn aber der Einbau an mehr als einer Stelle erfolgt ist bzw. andere genomische Störungen auftreten, so kann der zweite oder öftere Einbau andere Organfunktionen stören. Wenn dieser Zweit- oder Dritteinbau rezessiv ist und nicht bemerkt wurde, so nimmt der Anteil rezessiver Erbträger in einer Population zu. Es muß sich dabei nicht um letale rezessive Störungen handeln, sondern viel gefährlicher wären Veränderungen in der Fitness unserer Nutztierpopulationen, die erst nach mehreren Generationen feststellbar sind.

Die "großen Unwägbarkeiten" sind auch vom technologisch-methodischen Standpunkt "noch" (?)⁶⁶ riesengroß, und die breite Anwendung der Methodik in der Praxis hätte, soweit man derzeit das Gebiet überblicken kann, das Potential, schwerwiegende genetische Schäden in den Nutztierpopulationen zu hinterlassen, unabhängig von der momentanen wirtschaftlichen Bedeutung des Transgens.

Im Folgenden sei noch eine Tabelle von BREM 1989 angeführt, um den Stand des Gentransfers beim Nutztier bis 1989 zu dokumentieren:

Tabelle 3: Gentransferprojekte bei Nutztieren

Genkonstrukt	Iniizierte Embryonen	Transgene Tiere	Effizienz %	Land	Autor
Schwein					
MT-hGH	2035	20	(1,0)	USA	HAMMER et al. 1985; 1986
MT-hGH	268	1	(0,4)	FRG	BREM et al. 1985
mMTI-hGHRH	1041	6	(0,6)	FRG	BREM et al. 1988
MT-hIGF-1,MT-hGRF	1516	11	(0,7)	USA	PURSEL et al. 1988
MT-bST	2198	11	(0,5)	USA	PURSEL et al. 1987
MT-pGH	327	3	(0,9)	AUSTR.	MICHALSKA et al. 1986
MT (IIA)-pGH	423	6	(1,4)	AUSTR.	VIZE et al. 1987
MT-MX	1083	6	(0,6)	FRG	BREM et al. 1988
MLV-rGH	170	1	(0,6)	USA	EBERT et al. 1988
Schaf					
MT-hGH	1032	1	(0,1)	USA	HAMMER et al. 1985
MT-oGH	436	1	(0,2)	AUSTR.	NANCARROW et al. 1987
MT-oGH 5	1862		(0,2)	AUSTR.	NANCARROW et al. 1988
MT-oGH 9	687	3	(0,4)	AUSTR.	NANCARROW et al. 1988
MT-bGH	842	2	(0,2)	USA	REXROAD et al. 1988
MT-hGRF	435	9	(2,1)	USA	REXROAD et al. 1988
Rind					
Alphafetoprotein	852	4	(0,5)	CAN	CHURCH et al. 1986
MMTV-bGH	201	1	(0,5)	GDR	ROSCHLAU et al. 1988

Quelle: BREM 1989

⁶⁶ Es handelt sich bei diesem "noch" um eine zukunftsbezogene und vorherseherische Aussage bzw. gibt dieses "noch" eine Erwartungshaltung oder ein Wunschdenken wieder, das in einem sogenannten exaktwissenschaftlichem Artikel theoretisch nicht ohne Kommentar vorkommen dürfte. Trotzdem ist dieses "noch" in sehr vielen wissenschaftlichen Publikationen über die Gentechnologie häufig zu finden.

8.3.3. Anwendungsgebiete des Gentransfers bei Nutztieren

Anfänglich hatte man sich durch die Gentechnologie eine absolute Revolution der Nutztierzucht erwartet. Die Euphorie wurde mittlerweile sehr stark eingebremst, da nur Merkmale, die auf einem oder auf wenigen Genen in ihrer Primärwirkung aufgebaut sind, den Methoden zugänglich sind, und da andererseits auch die traditionellen populationsgenetischen Zuchtmethoden in den wirtschaftlich bedeutsamen Merkmalen, sofern die genetische Disposition innerhalb der Art vorhanden ist, auch relativ schnell den gewünschten Zuchtfortschritt realisieren kann. Die dabei auftretenden Probleme, wie Verlust an Fitness, Qualitätsminderungen der Produkte und unerwünschte Veränderungen im Körperbau können bei beiden Methoden auftreten bzw. sind bei einem Verzicht auf längerfristige phänotypische Prüfung sogar wahrscheinlich. Der Status quo bei den landwirtschaftlichen Hochleistungstieren wurde ja nicht durch punktuelle züchterische Merkmalsveränderung erreicht, sondern durch eine sehr vielseitige oft auch zufällige Weiterentwicklung eines Gesamtorganismus, in dem die Einzelmerkmale in einer komplexen Korrelation stehen.

Die Gentechnologie müßte also einen großen Sprung in den Leistungsmerkmalen bringen, sodaß der bisherige Zuchtfortschritt übertroffen wird. Als Mindeststeigerung, die zu realisieren wäre, führt BREM 1989 für die BRD folgende Kennzahlen an:

- beim Rind: 5,5% im Fleischanteil und 16% in der Milchleistung und in den täglichen Zunahmen innerhalb von 11 Jahren - solange dauert die Etablierung einer neuen transgenen Linie beim Rind mindestens,
- beim Schwein: 6% im Fleischanteil und 10% in den täglichen Zunahmen innerhalb von 4 Jahren zur Etablierung einer transgenen Schweinelinie.

Aufgrund dieser starken Konkurrenzsituation zur traditionellen Züchtungsorganisation - obwohl auch diese zunehmend an Leistungsgrenzen stößt und die qualitativen Veränderungen der tierischen Produkte, die zweifellos mit der Leistungszucht verbunden sind, vom Konsumenten zunehmend weniger akzeptiert werden - wird mit der Gentechnologie nicht auf klassische Zuchtziele spekuliert, sondern vor allem auf artüberschreitende Kombinationen von Merkmalen oder auf ein beschleunigtes Wachstum von Wildformen, die qualitativ an sich wertvoll, jedoch in der Wirtschaftlichkeit zu ineffizient sind, abgezielt. Auch an eine Veränderung der physiologischen Grundbedingungen in den Stoffwechselwegen wird gedacht.

Als Anwendungsgebiete ergeben sich deshalb primär:

- **neue Krankheitsresistenzen:** z.B. das MX-Gen der Maus, das intranukleäre Gripperesistenz vermittelt, wurde an der veterinärmedizinischen Universität München in das Schwein kloniert. Dieser Vorgang wäre durch bisherige Zuchtmethoden nicht möglich gewesen, es sei denn, es gibt irgendwo auf der Welt influenzaresistente Schweinepopulationen.
- **Veränderung der Produktzusammensetzung** (in der Literatur wird vielfach auch von Qualität gesprochen): Als Beispiel wird hier u.a. die Konzeption angeführt, Lactose aus der Milch zu eliminieren, um einerseits das Milchtrinken für jene Bevölkerungskreise, die eine Lactoseunverträglichkeit aufweisen (Europa 5 bis 20%, SO-Asien 80 bis 90% der Bevölkerung), zu ermöglichen und um andererseits gleich bei der Urproduktion zu einem differenzierten Produkt zu gelangen. (Lactose hält aber den osmotischen Druck bei der Absonderung der Milch aufrecht und müßte durch einen Elektrolyt ersetzt werden). Ein anderes Beispiel ist, zusätzlich Wachstumshormongene in das Wildschwein einzubringen, um deren Fleischqualität und deren Streß- und Krankheitsresistenz wirtschaftlich zu nützen (vgl. IDEL 1988⁶⁷ und DER SPIEGEL 22/1986⁶⁸). Eine

⁶⁷ IDEL, A.: Gentechnik an landwirtschaftlichen Nutztieren. In: Gentechnik und Landwirtschaft-Alternative Konzepte, C.F. Müller, Karlsruhe 1988.

andere Überlegung zielt beim Schaf darauf ab, Stützproteine der Wolle (Keratine) in der Aminosäurezusammensetzung zu ändern, um zu neuen Wollqualitäten zu gelangen oder über die Eigen-erzeugung essentieller Aminosäuren das Wollwachstum anzuregen.

- **Gene-farming:** Dabei wird der Vorgang der Milchsekretion der Tiere in Kombination mit dem Tier als idealem Bioreaktor genutzt, indem ein Gen, das für ein wertvolles Protein kodiert und das einen euterspezifischen Promotor besitzt, anstatt der Sequenz für ein natürliches Milchprotein eingebracht wird. Das Genprodukt wird dann über die Milchdrüse exprimiert und das Protein kann relativ leicht aus der Milch herausgereinigt werden. Bisher ist es gelungen, bei der Maus die Expression von aktiven humanen t-PA (Tissue-Plasminogen-Activator) oder von β -Lactoglobulin zu erreichen. Auch ein Schaf, das zwar noch sehr wenig t-PA produziert, lebt. Wenn die Genmanipulation beim Rind problemlos gelänge bzw. Routine wäre, würde - vorausgesetzt, daß das Produkt die Kuh nicht selbst intoxiniert - die Produktion hochmolekularer Eiweißstoffe eine relativ billige Angelegenheit. (Man denke z.B. nur welches "technisch einfache" System ein Haustier im Vergleich zu einem industriellen Bioreaktor ist.) Die Folge wäre aber auch, daß relativ wenige Kühe genügen würden, um den weltweiten Bedarf für ein Arzneimittel sicher zu stellen. Beim Erythropoetin schätzt man z.B., daß 10 Kühe den Europabedarf decken könnten.
- **Beeinflussung des Wachstums:** Die meisten bisherigen Versuche zur Erstellung transgener Haustiere beziehen sich auf die Manipulation der Wachstumshormonsequenz (vgl. Tabelle 3). Einerseits handelt es sich dabei um ein monogen bestimmtes Merkmal und andererseits ist die Wachstumskapazität nach wie vor eines der wirtschaftlich entscheidenden Kriterien in der Tierhaltung. Zudem beeinflußt Wachstumshormon oder Somatotropin die Milchbildung; auch der neurohumorale Regelkreis ist relativ gut untersucht, obwohl auch hier noch große Fragezeichen im Verstehen des Wachstums gegeben sind (vgl. Abbildung 16). Insbesondere das Wissen

⁶⁸ Man sieht daraus u.a. auch die Bedeutung der Erhaltung genetischer Ressourcen oder aussterbender Haustierrassen bzw. von deren Wildforen. (z.B. wäre es theoretisch durchaus möglich, daß es ein gripperesistente Schweinepopulation schon einmal gegeben hat.)

darüber, welchen Wachstumsfaktoren die entscheidende Position im Wechselspiel mit den übrigen Hormonen und dem Stoffwechsel zukommt und wo welche Rezeptoren mit welcher Wirkung liegen, ist relativ gering; von einem Verstehen des Gesamtphänomens Wachstum ganz zu schweigen. Die Veränderung des Wachstumshormonspiegels bringt aber nicht nur veränderte Quantitäten im Produkt, sondern verändert diese auch qualitativ. So zeigte sich, daß beim Schwein mit menschlichem Somatotropin die Wachstumsleistung geringer war, der antilipolytische Effekt des Protein hormons aber die Rückenspeckdicke halbierte. Zudem hatten die Schweine Knochendeformationen (Arthritissymptome) und rheumatische Erscheinungen und gehäuftes Schielen wurde registriert (IDEL 1988⁶⁹). Von der Manipulation von Mäusen durch artfremde Wachstumshormone weiß man durch den histologischen Befund auch, daß Gewebsveränderungen in Leber und Niere eintreten (BREM 1988)⁷⁰.

- **Die Veränderungen der Reproduktionsleistung:** Bedeutend für die Wirtschaftlichkeit der Tierhaltung ist selbstverständlich auch die Reproduktionsleistung. Zwillinge oder Mehrlinge, sofern ein Organismus eines Haustieres es längerfristig aushalten könnte, oder ein Zurückdrängen der Saisonalität bei Schafen werden als Ziele ebenfalls genannt. Diskutiert wurde die Übertragung des sogenannten Booroola-F Gens der Merino-Schafe auf andere Populationen oder Tierarten, da das Gen in homozygoter Form durch Induktionen eines erhöhten Spiegels an follikelstimulierendem Hormon (FSH) zu häufigen Mehrlingsgeburten führt. Arbeiten dazu sind weltweit im Gange. Ein anderes Konzept wurde vom SMIDT 1988⁷¹ für das Einschleusen der sogenannten "Major Genes" einer hochfertilen chinesischen Schweinerasse vorgestellt, wobei gleichzeitig nach

⁶⁹ IDEL, Anita: Hormone für die Milchleistung; in Achtung Turbokuh - Sanfte Chemie und die Milchproduktion. Österreichische Kulturverlag, Thaur/Tirol 1988.

⁷⁰ BREM, Gottfried: Gentechnologie und Tierzucht. Vortrag am Biozentrum der Universität, Wien 1988

⁷¹ SMIDT, D.: Forschungskonzepte in den Biotechnologie der Tierproduktion. In: BST-Symposium, wissenschaftliche Mitteilungen der

Angaben des Autors die Fleischqualität durch Elimination des Halothan-plus-Gens gehoben werden müßte (siehe Abbildung 14).

8.3.4. Einführung neuer Stoffwechselwege

Wenn man mit den traditionellen Züchtungsmethoden bei Haustieren schon an Leistungsgrenzen stößt, deren Erweiterung mit so schwerwiegenden Stoffwechselstörungen und ihren Folgeerscheinungen verbunden ist, daß ein wertvoller Zuchtfortschritt durch den Verlust an Fitness zu Nichte gemacht wird, so kann eine zusätzliche Leistungssteigerung durch Gentechnologie ebenfalls kein sinnvolles Ergebnis zeitigen; es sei denn, man würde die begrenzenden Faktoren in der Physiologie eben durch Gentechnologie beseitigen.

Ein Beispiel, wo in diese Richtung geforscht wird, ist die Verkürzung des Zitronensäurezyklus über den Glyoxalatweg und die Resynthese von Glukose aus der aktivierten Essigsäure. Diese "Effizienzsteigerung" erscheint z.B. beim Wiederkäuer deshalb äußerst interessant, weil dadurch mehr Energiekraftfutter und selbstverständlich auch bedarfsgerecht Eiweißkraftfutter dem Tier verabreicht werden könnte, ohne daß sich die Essigsäure in der Leber anreichert und damit zur Acetonämie, da zu wenig Oxalacetat zur Verfügung steht, führt (Acetonämie=Aufspaltung der Essigsäure in Ketokörper, Acetessigsäure, Aceton, β -Hydroxybuttersäure und Ausscheidung dieser im Harn - deshalb auch Ketose genannt; vergleiche dazu Abbildung 15).

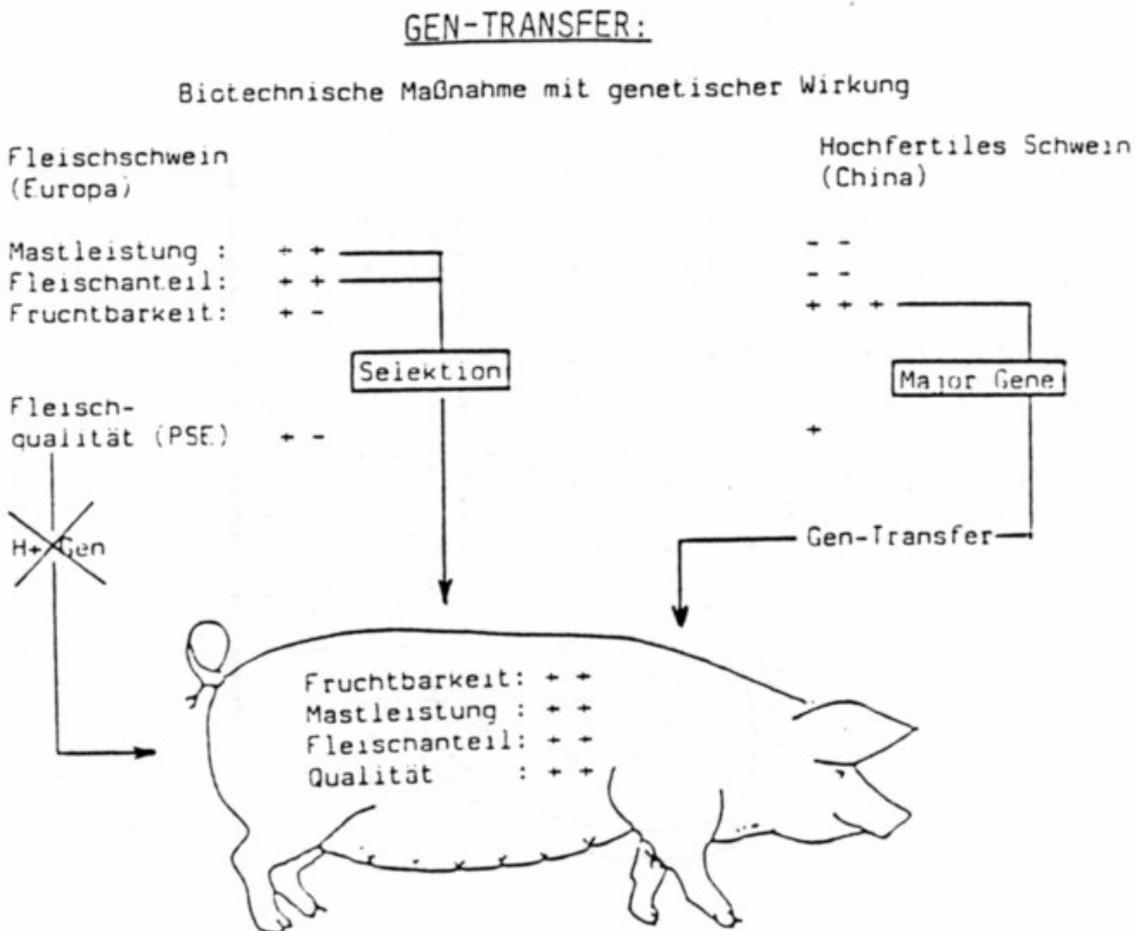
Wenn es also gelänge - so die Überlegungen -, die aktivierte Essigsäure schneller über die Oxalessigsäure zu führen und daraus wieder Glukose zu erzeugen, die wiederum ein zentrales Stoffwechselprodukt (z.B. für die Milchsynthese) ist, so ließe sich die obere Leistungsgrenze der Tiere eventuell (enorm) erweitern.

Andere Überlegungen zielen in die Richtung der speziellen Eigensynthese oder verstärkten Synthese einzelner Aminosäuren. So läßt sich z.B. das Wollwachstum beim Schaf um bis zu ca. 50% beschleunigen,

wenn die Aminosäure Cystein gespritzt wird. Würde diese essentielle Aminosäure durch das Schaf synthetisiert werden, dann hätte man eine entsprechende selbstinduzierte Leistungssteigerung.

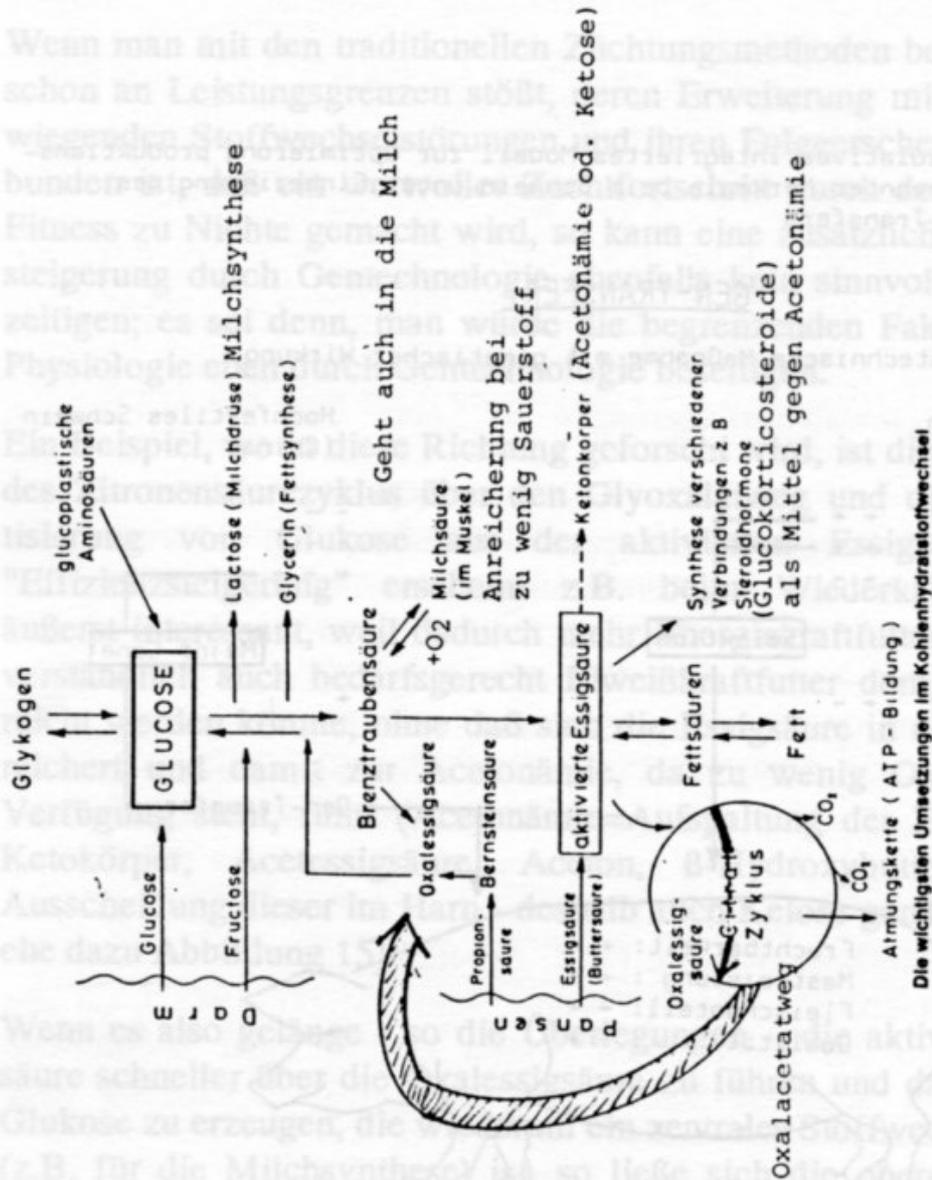
Abbildung 14: Beispiel für spekulativen Gentransfer beim Schwein

Schema 9: Speklatives integriertes Modell zur Optimierung produktionsrelevanter Merkmale beim Schwein unter Einbeziehung des Gen-Transfers



Quelle: Smith, D. 1988:

Abbildung 15: Kohlenhydratstoffwechsel beim Wiederkäuer



Quelle: KIRCHGESSNER 1978; eigene Anmerkungen

8.4. Einsatz von gentechnologischen Produkten am Tier und manipulierte Pansenbakterien

8.4.1. Impfstoffe:

Es lassen sich prinzipiell - dies gilt auch für die Humanmedizin - mehrere Arten von Impfstoffen unterscheiden:

- Lebendvakzine: abgeschwächte und veränderte Varianten des Krankheitserregers; oft auch wurde in der Vergangenheit durch lange Passagen in Gewebekulturen oder in natürlichen Wirten die Virulenz entzogen (attenuierte Viren)
- inaktivierte Krankheitserreger: vermehrungsunfähige Erreger
- die "Untereinheiten - Vakzine": Teile des Krankheitserregers, die zur Antikörperbildung führen; zumeist Oberflächenproteine des Erregers
- die "Vaccinia-Virus-Strategie": Untereinheiten-Vakzine werden in den Vaccinia-Virus kloniert, und dieser wird geimpft.

Die ersten drei Arten von Impfstoffen können durch Gentechnologie neu konzipiert werden, und die Vaccinia-Virus-Strategie wurde erst durch die Gentechnologie ermöglicht.

Als Beispiel für die Anwendung der Gentechnologie sei die Impfung gegen Maul- und Klauenseuche (MKS) angeführt:

MKS ist eine der gefährlichsten Rinderkrankheiten, und sie brach in Nordeuropa, Italien und in der BRD in den letzten Jahren immer wieder sporadisch aus. Weitere Problemgebiete sind Brasilien und Argentinien, während Nordamerika, Neuseeland, Australien und Japan seuchenfrei sind. Ihre Bekämpfung nach Ausbruch kann fast nur durch Ausmerzungen und hygienische Maßnahmen vorgenommen werden. In einigen Ländern, wie BRD und Großbritannien, wurde bis vor kurzem regelmäßig mit Hilfe chemisch inaktivierter Viren geimpft. In manchen Ländern, wie Österreich, die MKS-frei sind, wird keine Impfung vorgenommen, da das Risiko eines Neuausbruches dadurch

größer ist, als eine nochmalige Entstehung der Seuche. KIPER 1988⁷² erklärte anlässlich eines Vortrages an der Universität Wien, daß es in der BRD trotz ihrer vorbeugenden Impfung innerhalb der letzten 10 Jahre sechs Maul- und Klauenseuche-Ausbrüche gab, wobei bei zwei Ausbrüchen Unachtsamkeit bei der Impfstoffherstellung und bei zwei Ausbrüchen sogar offen eingestandene Unklarheiten bei der Impfstoffkontrolle aufgetreten sind. Ohne hier einen eventuellen Zusammenhang zu unterstellen, ist jedoch auch der Umstand zu berücksichtigen, daß so großangelegte regelmäßige Impfaktionen einen sehr großen wertmäßigen Umsatz bedeuten, der sich für die BRD z.B. im Milliarden-Schillingbereich bewegt. Impfungen und alternative Seuchenbekämpfungsstrategien unterliegen immer einem ökonomischen Kalkül.

Durch Gentechnologie ist es möglich, einen anscheinend "ungefährlichen" MKS-Impfstoff auf der Basis eines Untereinheiten-Vakzins zu entwickeln, dessen Wirkung aber "noch" bei gleicher Dosis um das 100 bis 1000 fache geringer ist.⁷³

Gentechnologische Impfstoffe sollten aber neben einer Prüfung auf ihre Wirkung und Sicherheit auch verstärkt auf ihre ökosystemischen Zusammenhänge untersucht werden, denn mit ihnen kommen über die Attenuierung durch Gentechnologie auch neu konstruierte Organismen - zumeist Viren - in die Umwelt, deren Verhalten mit dem allgemeinen Freisetzungsrisiko und mit dem Risiko einer neuartigen Pathogenität behaftet sind. Die Attenuierung kann vielleicht durch Gentechnologie teilweise intelligenter gelöst werden, doch sind lebende Vakzine grundsätzlich nicht unproblematisch.

Auch andere Impfstoffe als Lebendvakzine oder inaktivierte Viren werden mit Hilfe der Gentechnologie durch Manipulation oder Herausschneiden (Deletion) der krankheitserregenden Sequenzen aus dem Virus erzeugt. Diese Vorgangsweise wurde z.B. beim Impfstoff "Omivac" in den USA, der gegen den Pseudorabies-Virus eingesetzt wird - er löst die Aujeszky'sche Krankheit (auch Pseudowut - eine

⁷² KIPER, M.: Gentechnik und biologische Waffen, Vortrag am 13.12.1988 am Biozentrum der Univ. Wien, Wien 1988.

⁷³ Chancen und Risiken der Gentechnologie 1987

Störung der Nervenreizleistung) bei Schweinen aus -, angewandt. Impfstoffe mit der "Vaccinia-Virus-Strategie" wurden auch gegen Tollwut und die Rinderpest entwickelt.

Bei gentechnologischen Lebendimpfstoffen ist das Freisetzungsrisiko (siehe später) voll mit inbegriffen. Da ihr Test deshalb mit einer zusätzlichen zur normalen Impfstoffprüfung schon gegebene Unsicherheit verbunden ist und da, wenn ein neuerer "verbesserter" Impfstoff einmal zugelassen ist, eine sichere Umsatz- und Gewinnerwartung gegeben sind, werden Freisetzungsversuche bei Impfstoffen unter anderem auch in der 3. Welt oder illegal oder unter Ausnutzung fehlender Entscheidungstransparenz und gesetzlicher Regelungen in zumeist unterentwickelten Drittländern durchgeführt. Beispiel: illegaler "Omivac"-Test 1984 in den USA; Tollwutimpfstofftestung mit "Vaccinia-Virus-Strategie" in Argentinien ohne Wissen der dortigen Regierung 1986; französischer HIV-Impfstofftest in Zaire 1986; Simbis-Viren-Impfstoff auf Neuseeland freigesetzt, um US-Gesetze zu umgehen, 1986; Tollwutimpfstofftestung in Belgien 1987 (Quelle: Öko-Institut-Freiburg 1988)⁷⁴.

Bezüglich der Vaccinia-Virus-Strategie ist noch darauf zu verweisen, daß ein massenhafter Einsatz dieses Virus in der Veterinärmedizin die Gefahr in sich birgt, daß Mutationen oder Interferenzen mit anderen Humanimpfstoffen wieder zu einer Reaktivierung der Pocken führen könnten. Je mehr Manipulationen am Vaccinia-Virus vorgenommen werden und je breiter und vielfältiger seine Anwendung erfolgt, umso mehr Information und Überblick über sämtliche Vorgänge und Umweltwirkungen werden verlangt, um Interferenzen und neue Pathogenitäten auszuschließen.

⁷⁴ ÖKO-INSTITUT-FREIBURG 1988: Freisetzungorientierte Forschungsprojekte in der BRD. Gen-ethisches Netzwerk und Öko-Institut, Freiburg 1988.

8.4.2. Manipulation der Pansen-Mikroorganismen

Beim Halten von höchstleistenden Wiederkäuern bilden nicht nur die physiologischen Stoffwechselprozesse limitierende Faktoren, sondern auch die Symbiose der Tiere mit der verdauenden Pansenfauna und deren Aufarbeitungsfunktion bei den verschiedenen Futtermitteln wirkt vielfach ebenfalls begrenzend.

Wiederkäuer haben durch die Pansenmikroorganismen die Fähigkeit, Kohlenhydrate über die Stufe der Monosaccharide bis zu niederen Fettsäuren (Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure) zu zerlegen und dabei nicht nur Stärke und Zucker zu verdauen, sondern auch Cellulose, Pektine, Fructosane und Hemicellulose in verwertbare Nährstoffe überzuführen. Auch das Futterprotein wird zum Großteil durch die Symbionten zu Mikrobeneiweiß umgebaut oder als NH_3 über den ruminohepatischen Kreislauf wiederverwertet. Auch Nicht-proteinstickstoffverbindungen (NPN-Verbindungen wie z.B. Harnstoff) können zu Eiweißstoffen synthetisiert werden. D.h. insgesamt, daß die Wiederkäuer eine optimale Veranlagung haben, energie- und proteinarme Futterstoffe zu hochwertigen tierischen Nahrungsmitteln zu wandeln. Die Pansenmikroorganismen bilden ein komplexes Ökosystem aus Bakterien, Bakterienviren, Protozoen (Amöben und Ciliaten) und Pilzen. Pro Milliliter Pansensaft finden sich in der Regel 10 Milliarden Keime, und die Frischmasse der Mikroben im Kuhpansen beträgt 3 bis 7 kg. Das sind 5 bis 10% des Panseninhaltes. Mit Hilfe der Gentechnik könnte dieses mikrobielle Ökosystem optimiert werden - so die Überlegungen, um die Futtermittelnutzung zu steigern. Dabei werden primär folgende Strategien untersucht:

- 1. Steigerung der Synthese und Abbauraten der Pansenbakterien durch Gentechnologie:** Z.B. erhöhte Synthese von essentiellen Aminosäuren; Verringerung des mikrobiellen Eiweißabbaues im Pansen; schnellerer Abbau der Milchsäure im Pansen zur Verhinderung der Lactacidose bei Verabreichung größerer Mengen energiereicher Futtermittel (Kraftfutter); erhöhte Vitaminsynthese im Pansen.

- 2. Klonierung neuer Gene in Pansenbakterien, um neue Abbauleistungen zu erhalten:** z.B. Vereinigung von Genen zum Abbau von Xylan und Cellulose in einem Bakterium; Verbesserung oder Erweiterung der Anpassungsfaktoren der Pansenbakterien an limitierende Substanzen oder Substrate (z.B. erhöhte Säureverträglichkeit, hohes Wachstum auf rohfaserreichen Futterstoffen); Abbau von Lignin und stärkerer Abbau der Hemizellulosen z.B. durch Übertragung der Gene der Actinomyceten (Strahlenpilze); Antibiotikogene für Pansenbakterien, um die methanbildenden Bakterien zu hemmen (Energieverlust vermeiden; ähnliche Wirkung wie das derzeit zugesetzte Futterantibiotikum Monensin).
- 3. Einführung synthetischer Gene in Pansenbakterien:** Z.B. Erzeugung aller essentieller Aminosäuren in einem Bakterium; Klonierung kleiner Peptidhormongene in Bakterien, wie z.B. des Thyreotropin-Releasing-Faktors, um durch Veränderung des Prolaktin- und Wachstumshormonspiegels die Milchleistung zu erhöhen.

Die Manipulation der Pansenbakterien steckt noch in methodisch großen Schwierigkeiten, da die Klonierungssysteme noch nicht ausgereift sind und da andererseits die ökosystemischen Zusammenhänge im Pansen und die Interaktionen mit der Umwelt nicht verstanden werden. So wurde z.B. mit einem transferierbaren (konjugativen) Plasmid als Shuttle-Vektor experimentiert, das ein breites Wirtsspektrum sowohl bei *Escherichia Coli* als auch bei Pansenbakterien besitzt. Hier ergibt sich die Gefahr, nachdem manche Pansenbakterien auch in der normalen Darmflora der Wirbeltiere vorhanden sind, daß transgene Bakterien z.B. mit Genen für Peptidhormone oder Celluloseabbau auf andere Säuger übertragen werden.

Der Pansen ist ein offenes System und die Manipulation seiner Mikroorganismen käme einer absichtlichen Freisetzung in die Umwelt gleich. Fraglich ist vor allem auch, ob in ein derart komplexes symbiotisches Ökosystem, wie das der Wiederkäuer, überhaupt (zielgerichtet auf einen vordergründigen menschlichen Nutzen) derart manipulativ einzugreifen erlaubt werden soll, insbesondere da man weiß, daß die Kultivierung und Nutzung großer Teile unserer Erde (z.B. Alpen) auf das Funktionieren dieses "kleinen" Ökosystems an-

gewiesen ist. Eine Störung dieses Systems wäre eine sehr weitreichende Katastrophe.

8.4.3. Wachstumshormonproduktion mit Hilfe der Biotechnologie und Verabreichung dieser Hormone an die Tiere - rekombinantes bovines Somatotropin (rBST)

Das wohl bekannteste, in der Öffentlichkeit diskutierte Produkt der agrarischen Anwendung der Gentechnologie ist das sogenannte rekombinante bovine Somatotropin (Rinderwachstumshormon oder kurz rBST bezeichnet), das durch eine biotechnologische Fermentation mit Hilfe gentechnologisch manipulierter E.-Coli- Bakterien gewonnen wird. Aber auch die Wachstumshormone anderer Nutztiere - neben dem humanen Somatotropin - werden auf dieselbe Weise gewonnen. Der Einsatz von künstlich gewonnenen Wachstumshormonen bei Tieren ist nur bei ganz wenigen Produkten derzeit in der technologischen Erprobungsphase, doch ist für die Zukunft zu erwarten, daß bei sehr vielen Lebewesen in das Wachstum und in das Leistungsvermögen wesentlich tiefer mit Hilfe dieser Technologie eingzugreifen versucht wird. Künftige Konfliktfelder sind somit vorprogrammiert. Im Folgenden wird das rBST näher behandelt, da seine Wirkungen insbesondere in puncto Milchleistungssteigerung am besten untersucht sind.

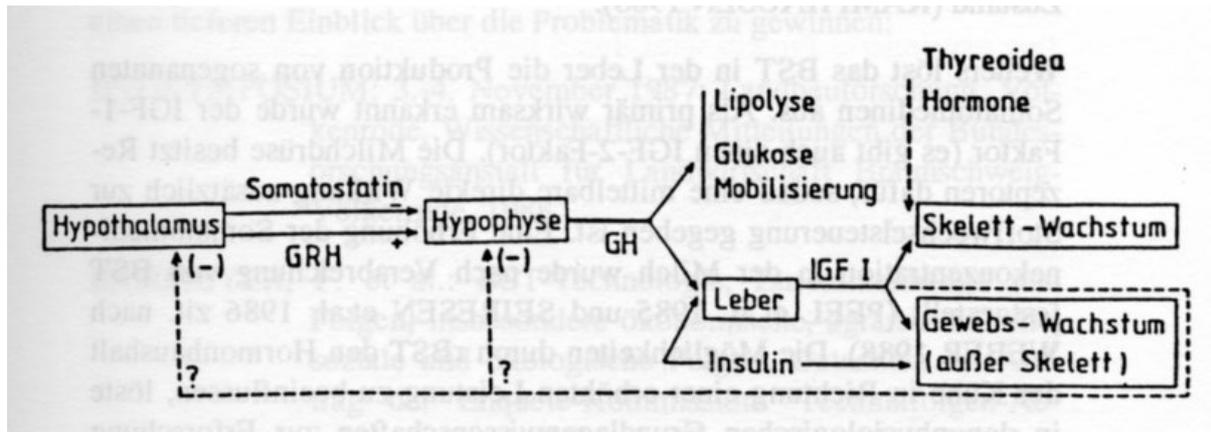
Rekombinantes bovines Somatotropin (rBST) und seine Haupt- und Nebenwirkungen beim Rind:

Das Somatotropin (ST) oder das Wachstumshormon wird als Peptid- oder Eiweißhormon in der Hypophyse (Gehirnanhangsdrüse) gebildet und ist in seiner Wirkung artspezifisch gegenüber höher entwickelten Individuen. D.h. ein Rinderwachstumshormon ist beim Menschen anscheinend nicht aktiv bzw. dessen Aktivität nicht nachgewiesen, während das humane ST bei allen anderen bisher untersuchten Säugerspezies aktiv ist. Bovines ST (BST) besteht aus einer unverzweigten Kette von 190 oder 191 Aminosäuren.

Das BST ist eigentlich nur einer von vielen Faktoren, der am Wachstums- und Leistungsprozess beteiligt ist. Daneben wirken als systemische endokrine Regelfaktoren das Insulin, Katecholamine (aus dem Nebennierenmark), Schilddrüsenhormone, Glucocorticoide und Sexualhormone (HOFFMANN 1988), die mit dem ST in Wechselwirkung stehen. Ebenso spielt die Nährstoffverfügbarkeit eine wichtige Rolle im Zusammenspiel dieser Faktoren. Zusätzlich ist das Wachstumshormon nur ein Vermittler zwischen dem neuralen Steuerungsmechanismus und einer Anzahl anderer Wachstumsfaktoren wie IGF (Insulin-Like-Growthfactor), die über Rezeptoren wiederum an die entsprechenden Körperzellen vermitteln, welche dann erst die ihnen zugeordnete Stoffwechselleistung einleiten (vgl.

Abbildung 16). Die Rückkoppelungseffekte des gesamten Regelkreises sind nicht bekannt; lediglich der Feed-back-Mechanismus auf Ebene des Hypothalamus durch den Growth-Hormon-Releasing-Factor und dem Somatostatin ist teilweise aufgeklärt. Diese Regelfaktoren zur Wachstums- oder Leistungssteigerung zu verabreichen, wäre technologisch machbar, da sie als Peptidhormone noch einfacher strukturiert sind. Dies wurde auch versucht und hätte ähnliche Hauptwirkungen wie das BST, jedoch mit ganz anderen Nebenwirkungen in der neurohumoralen Steuerung.

Abbildung 16: Die Freisetzung des Somatotropin



Quelle: nach KARG 1988

BST reguliert zum einen die Verteilung der Nährstoffe zugunsten der Milchsynthese im Euter der Kuh, und zum anderen verursacht es bei Nährstoffmangelsituation eine Mobilisierung von Fettreserven und führt die begrenzt verfügbare Glucose und Aminosäuren den Produktionszwecken zu. Es hat also im Stoffwechsel Steuerungsfunktion und u.a. lipolytische Eigenschaften und regt dadurch die Milchproduktion an. Sein Antagonist ist Insulin, das eine aufbauende Wirkung besitzt. Der Insulinspiegel ist aber zu Beginn der Laktation erniedrigt und fördert somit die Milchbildung zusätzlich. Bezüglich der Wirkung des BST auf den Insulinspiegel gibt es widersprüchliche Aussagen. Während KAMPENHAUSEN 1988 sieben wissenschaftliche Publikationen anführt, die von einer Erhöhung des Insulinspiegels sprechen, der nicht wieder absinkt, sodaß durch rBST-Verabreichung ein insulinresistenter Zustand eintritt, wird von KARG/SCHAMS/MAYER 1988 dieser Umstand ignoriert bzw. bei positiver Nährstoffbilanz als normal betrachtet. Ein anderes Phänomen sei eine fehlende Hitzetoleranz, wenn Tiere mit höheren Umgebungstemperaturen belastet werden, sodaß die normalerweise stattfindende Körpertemperaturregulation, die mit einem Absinken des BST-Spiegels und damit mit einem Absinken der Leistung einhergeht, nicht mehr stattfinden kann. r-BST, erhöhte Umgebungstemperatur, erhöhte Körpertemperatur, erhöhte Atmungsfrequenz und ein Absinken der Futtermittelaufnahme bringen das Tier in einen zunehmenden labilen physiologischen Zustand (KAMPENHAUSEN 1988).

Weiters löst das BST in der Leber die Produktion von sogenannten Somatomedinen aus. Als primär wirksam erkannt wurde der IGF-1-Faktor (es gibt auch einen IGF-2-Faktor). Die Milchdrüse besitzt Rezeptoren dafür, sodaß eine mittelbare direkte Wirkung zusätzlich zur Stoffwechselsteuerung gegeben ist. Eine Erhöhung der Somatomedinekonzentration in der Milch wurde nach Verabreichung von BST festgestellt (PEEL et.al. 1985 und SEJRESEN et.al. 1986 zit. nach WEBER 1988). Die Möglichkeiten durch rBST den Hormonhaushalt der Kühe in Richtung einer erhöhten Leistung zu beeinflussen, löste in den physiologischen

Grundlagenwissenschaften zur Erforschung der Wirkungen und Wechselwirkungen von Hormonen einen "Boom" aus, sodaß allein die Untersuchungen des IGF-1-Faktors zu einem hochspezialisierten Forschungszweig geworden ist (vgl. dazu BLUM 1990). Z.B. weiß man mittlerweile auch, daß IGF-1 mit dem menschlichen IGF-1 ident ist.(?)

Die Ergebnisse sind derzeit bei weitem nicht widerspruchsfrei oder das Verständnis von Wachstum und Leistungsabgabe als ausreichend erklärbar erkannt, und Argumentationen, daß sich die einzelnen Hormone und Hormonbestandteile beim Einspritzen von rBST innerhalb der normalen physiologischen Bandbreite bewegen, sind im Prinzip nichtssagend. Lebewesen sind nämlich in der Natur nur in einer Vielfalt und Variation ihrer Eigenschaften existent, und dieser Umstand rechtfertigt noch lange nicht die Manipulation der Einzelbestandteile dieser Lebewesen. (Man vergleiche allein z.B. die Variation der Körpergröße des Menschen. Der Mittelwert, die Streuung, die Art der Verteilung von Eigenschaften und ihre wohl ausgewogenen Wechselwirkungen bestimmen die physiologische oder ökologische Stabilität oder Dynamik, obwohl es in der Natur immer auch Extreme gibt und diese sogar im evolutionären Geschehen zum Überleben einer Spezies sehr notwendig sein können. Doch die Extreme zum normalen Zustand- also zum neuen Mittelwert - zu erklären, scheint nicht nur für ein Gesellschaftsgefüge gefährlich.)

Sämtliche Aspekte insbesondere in Bezug auf die physiologische Wirkung des rBST können im Rahmen dieses Berichtes nicht aufgezeigt werden. Zu verweisen ist dabei auf folgende Literatur, um einen tieferen Einblick über die Problematik zu gewinnen:

BST-SYMPOSIUM: 3.-4. November 1987: Landbauforschung, Völkerrode,
Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft Braunschweig-Völkerrode, 1988.

ISERMEYER, F. et al.: BST-Technologie, Zusammenhänge und Folgen, insbesondere
ökonomische, agrarstrukturelle, soziale und ökologische Folgen. Gutachten im
Auftrag der Enquete-Kommission "Technikfolgen-Abschätzung und
Bewertung" des Deutschen Bundestages, Institut der Universität Göttingen,
Göttingen Dezember 1988.

ACHTUNG-TURBOKUH! - Sanfte Chemie und die Milchproduktion. Branimir Soucek
(Hg.), Österreichischer Kulturverlag Thaur/Tirol 1988 (Gegenüberstellung der
Industrie- und Kritikerpositionen sowie sozioökonomische und politische
Implikationen).

WEBER, Th.: Wirkung von Rekombinantem Bovinen Somatotropin (BST) bei Milchkühen in
zwei aufeinanderfolgenden Laktationen. Inauguraldissertation an der
Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel,
Kiel 1988.

Das bisher gesagte bezieht sich sowohl auf die Wirkung von endogem als auch von exogenem rekombinantem BST. Durch Gentechnologie ist es gelungen Methionylbovinsomatotropin bzw. andere Abwandlungen im Bakterium Escherichia Coli über ein rekombinantes Plasmid zu erzeugen. Zur Durchführung der bakteriellen Translation muß zumindest die Codierungssequenz für die Aminosäure Methionin an den Anfang des Gens angefügt werden. Das gilt für das Produkt der Firma Monsanto. Beim rBST von Elanco sollen acht endständige Aminosäuren zusätzlich angebunden sein. Über die Zusammensetzung der Produkte der anderen beiden um Zulassung ansuchenden Unternehmen (Up John, American Cyanamid) gibt es keine exakten Informationen.

Das exprimierte Protein wird durch herkömmliche proteinchemische Verfahren gewonnen, wobei die Bakterien vorher abgetötet und aufgearbeitet werden - das BST reichert sich in den

Bakterien an -, und muß in der Folge von Bakterienbestandteilen getrennt werden. Am Schluß wird das anfallende Protein noch gefaltet, damit es die hormonelle Wirkung erlangen kann. Die Endformulierung des Produktes erfolgt entweder in flüssiger oder gefriergetrockneter Form. Die Exaktheit der Faltung des Proteins stimmt nicht hundertprozentig mit dem endogenen natürlichen BST überein, da dieses in den physiologisch biochemischen Prozessen in verschiedenen Auf-, Um-, Zwischen- und Abbaustufen und in verschiedenen Bindungsformen vorliegt und damit auch unterschiedliche Wirkungen aufweist.⁶⁴ Zudem besitzt rBST noch eine geringe Escherichia-Coli Endotoxinaktivität (WEBER 1988). ISERMEYER et al. 1988 erläuterte dieses anfänglich nicht publizierten Unterschiede folgendermaßen:

" Es fällt auf, daß im Jahr der ersten großen Veröffentlichungswelle zum Thema BST (1987) nahezu alle Berichte, die sich an die breite Öffentlichkeit wandten, den Eindruck erweckten, als würde den Kühen eine identische Kopie ihres eigenen Wachstumshormons injiziert. Ob die Forscher diese Fehlinformation in der Öffentlichkeit aus Unwissenheit, Nachlässigkeit oder als Folge von Absprachen mit den Herstellerfirmen verbreitet haben, sei dahingestellt. In jedem Fall ist es eine Fehlinformation, denn den Kühen wurde nicht das BST-Molekül mit 191 Aminosäuren, sondern ein längeres Molekül mit einer oder mehreren zusätzlichen endständigen Aminosäuren injiziert. Wie dieser Rest in den Präparaten oder verschiedenen Formen beschaffen ist, ist in der Öffentlichkeit nur teilweise bekannt"

Die Unterschiede lassen auch die Vermutung zu, daß es ähnlich wie bei Anwendung von rekombinantem menschlichen Somatotropin zur Antikörperbildung in der Größenordnung von 60% bis 70 % der behandelten Individuen kommen kann (gegenüber 5 bis 7% von endogenem Somatotropin). Zusätzlich würde die Differenz auch einen bestimmten Erklärungsbeitrag liefern, warum bei manchen Vergleichsversuchen eine erhöhte Milchleistungssteigerung durch rBST gegenüber originärem hypophysären BST festgestellt wurde.

rBST kann durch subkutane oder intramuskuläre Injektion den Kühen verabreicht werden. Neben dem täglichen Einspritzen werden vor allem auch Langzeitpräparate mit 14-tägiger oder 28-tägiger Depotwirkung verwendet. Die Trägersubstanz bei letzteren besteht aus sterilen, gelatinierten Pflanzenölen, wobei aber aus Konkurrenzgründen die genaue Zusammensetzung geheim bleibt. Die Wirkung von BST auf die Tiere bezüglich der Leistungsreaktion weist eine hohe Variabilität auf; d.h. daß manche Tiere überhaupt nicht oder sogar negativ reagieren. Die Leistungssteigerungen, wie sie zwischen den einzelnen Versuchen festgestellt wurden, sind von einer ebensolchen Variabilität (vgl. Tabelle 4) und selbstverständlich vom Verabreichungszeitpunkt und der Verabreichungsdauer, dem Fütterungsregime, der Höhe der Dosis, der genetischen Veranlagung und den übrigen Haltungsbedingungen (Herdenmanagement) abhängig.

Die Erhöhung der Milchleistung erfolgt jedoch nicht relativ zum vorherigen Leistungsniveau, sondern es ist in der Korrelation zwischen den Versuchen kein positiver Zusammenhang zwischen Milchleistungsniveau und rBST-induzierter Mehrleistung festzustellen. Wohl aber ergeben sich Zusammenhänge in Abhängigkeit von der Dosis und den anderen erwähnten entscheidenden Umweltparametern bei rBST-Verabreichung (ISERMEYER et al.1988).

⁶⁴ Dies ist auch der Grund, warum bei komplexen humanen Pharmazeutika nicht die Bakterien als Produktionssysteme verwendet werden, sondern Hefen oder noch besser Zellkulturen eingesetzt werden, da diese auch eine exaktere Proteinfaltung und die zumeist notwendige Glycosylierung durchführen.

Tabelle 4: Wirkungen von unterschiedlich dosierten BST-Injektionen auf die Milchleistung von Langzeitversuchen

Versuchsbeginn	Versuchsdauer Wochen	Dosierung mg BST/Tag	Milchleistung kg FCM/Tag		Leistungsanstieg %	Tierzahl	Autor
			Kontr.	Versuch			
5. Woche p.p.	27	13,5	27,9	34,4	22,3	30	EPPARD u. BAUMAN 1984
		27,5		38,0	36,2		
		40,5		39,4	41,2		
4. - 5. Woche p.p.	39	6,25	21,1	25,5	20,9	36	ELVINGER u. Mitarb., 1987
		12,5		26,5	25,6		
		25,0		29,3	38,9		
5. Woche p.p.	37	12,5	21,1	24,6	16,8	80	THOMAS u. Mitarb., 1987
		25,0		26,0	23,2		
		50,0		25,6	21,3		
4. - 5. Woche p.p.	bis Lakt. Ende	12,5	27,7	31,0	11,9	136	CHALUPA u. Mitarb., 1987
		25,0		32,1	15,9		
		50,0		33,5	19,5		
4. - 5. Woche p.p.	39	12,5	26,7	30,5	14,2	40	BURTONS u. Mitarb., 1987
		25,0		31,5	18,0		
		50,0		30,8	15,4		
5. Woche p.p.	37	12,5	29,8	31,6	6,0	26	ANNEXSTAD u. Mitarb., 1987a
		25,0		36,8	23,5		
		50,0		40,5	35,9		

Quelle: WEBER 1988

Im Folgenden findet sich eine Zusammenfassung der wichtigsten derzeit bekannten verändernden Wirkungen von rBST auf die Physiologie der Kuh, deren fütterungs- und züchtungstechnisches Umfeld und auf die Milchzusammensetzung und -qualität:

A.) Physiologische Reaktionen

- 1) Hemmung der körpereigenen BST-bildung und -ausschüttung; Einebnen des endogenen zyklischen Ausschüttungsrhythmus. (KAMPHAUSEN 1988 zitiert 5 Autoren)
- 2) Schwellungen an den Injektionsstellen bei fast allen Kühen. Anzahl der Schwellungen steigt mit zunehmender Häufigkeit der Injektionen an und führt teilweise sogar zu Entzündungsherden (WEBER 1988, festgestellt gegenüber einer Placebo-Kontrollgruppe mit gleicher Trägersubstanz; vgl. dazu auch Immunreaktionen auf rHST beim Menschen.)
- 3) Erhöhung der Pulsfrequenz der Kuh zwischen 4 bis 6 Schlägen pro Minute (WEBER 1988, EPPARD et.al.1987, TYRELL et.al.1982)

- 4) tendenzielle Erhöhung der Atemfrequenz um 1 bis 2 Atemzüge pro Minute (WEBER 1988)
- 5) tendenzielle erhöhte Leukozytenanzahl im Blut (WEBER 1988) und Erhöhung der freien Fettsäuren im Blut
- 6) Veränderungen des körpereigenen Hormonspiegels (ISERMEYER et.al.1988, KAMPHAUSEN 1988, BLUM 1990) und Veränderungen im Zusammenspiel der an Wachstums- und Leistungsprozessen beteiligten Hormone; erhöhter BST-Spiegel, erhöhter Insulinspiegel, Erhöhung des Insulin-Like-Growth-Factor F (IGF-1); dieser ist identisch mit dem humanen IGF-1 (BLUM 1990) und wirkt auf die Milchdrüsenentwicklung (Mammogenese). Frage: Welche Implikationen könnte dies beim Menschen haben?
- 7) BST würde über das IGF-1 auch die Milchdrüsenentwicklung bei Verabreichung während der Zeit der Geschlechtsreife stimulieren (BLUM 1990)
- 8) Ein zweites Energiedefizit zwischen Futteraufnahme und Leistungsabgabe entsteht. Das Energiedefizit ist eines der Hauptursachen für Stoffwechselerkrankungen. Erhöhte Anfälligkeit für Ketose und Leberverfettung; dies hängt auch mit der Erhöhung der freien Fettsäuren im Blut zusammen; verstärkter Abbau von Fettreserven im Körper; BST-Kühe zeigen eine andere Gewichtsentwicklung (CHALUPA et.al. 1987). Die Gewichtsveränderung wurde bei anderen Versuchen wiederum nicht festgestellt, doch steht dies auch im Zusammenhang mit der Ankurbelung des Intermediarstoffwechsels (BLUM 1990).
- 9) Der Anteil erfolgreicher Trächtigkeiten durch rBST-Verabreichung wird eindeutig negativ beeinflusst (vgl. Literaturzusammenstellung ISERMEYER et.al. 1988; S 55 ff). Die Folge ist eine Verschlechterung der Konzeptionsrate zwischen 10-20 Prozentpunkte bzw. eine Verlängerung der Zwischenkalbezeit oder Gützeit (WEBER 1988, ISERMEYER et al. 1988, GRAVERT 1988; Zusammenhang mit dem Energiedefizit ist gegeben).
- 10) Verschlechterung der Nutzungsdauer allein durch die geringere Konzeptionsrate. ISERMEYER et al. 1988 errechnet für die BRD bei derzeit durchschnittlich 3 Jahren Nutzungsdauer eine Reduktion auf fast zwei Jahre, wenn die Konzeptionsrate von 90% auf 75% absinkt. Für österreichische Verhältnisse würde bei gleicher Konzeptionsratenveränderung ein Absinken der Nutzungsdauer von 4 auf 2,5 Jahre eintreten.
- 11) Schnellere Gewichtsentwicklung der weiblichen Kälber von rBST-Kühen als jene der weiblichen Kälber von nicht behandelten Kühen (WEBER 1988)
- 12) Die Gesamtwirkung auf die Tiergesundheit kann durch einfache Vergleichsversuche mit beschränkter Tieranzahl (die größten Versuchsställe fassen nur ca. 150 Kühe) nicht festgestellt werden, sofern man sich überhaupt über den Begriff Tiergesundheit im Klaren ist. "Wenn eine Kuh Krankheitssymptome zeigt, so ist das ein Symptom dafür, daß bereits Prozesse abgelaufen sind, indem die Kompensationsfähigkeit der Kuh allmählich erschöpft wurde", so KAMPENHAUSEN 1988. Schon allein bei den bisherigen hochleistenden Tierbeständen kann man nicht mehr von gesunden Tierbeständen sprechen, wenn die durchschnittliche Nutzungsdauer in der BRD nur mehr 3 Jahre, in den USA zwischen 2 und 3 Jahren oder in Israel nur mehr 2 Jahre beträgt. In Österreich ist die durchschnittliche Haltungsdauer der Kühe in den letzten 20

Jahren um mehr als 1,5 Jahre auf den Wert von 4 abgesunken. Diese Altersangaben haben nichts mehr mit dem physiologisch möglichen Lebensalter eines gesunden Haustieres zu tun. rBST würde allein durch die zusätzliche Stoffwechselleistung den Gesundheitszustand der Tiere weiter belasten, was mit schwerwiegenden Folgeproblemen (wie z.B. erhöhter Arzneimitteleinsatz) verbunden ist.

B.) Veränderung der Milchezusammensetzung:

- 1) Erhöhter rBST-Spiegel in der Milch ist nur bei Überdosis feststellbar (SCHAMS 1988); jedoch dürfte innerhalb der Nachweisgrenze der BST-Gehalt der Milch die Verlaufskonzentration im Blut wiedergeben.
- 2) Der IGF-1-Gehalt ist bei rBST-Verabreichung "nicht oder höchstens sehr schwach in der Milch" erhöht (BLUM 1990). Diese Konzentration dürfte ebenfalls mit dem BST-Gehalt parallel verlaufen. IGF-1 ist nicht artspezifisch und deshalb mit dem humanen IGF-1 ident.
- 3) Veränderung im Milchfett - und Milcheiweißgehalt bzw. in der Milchfett- und Milcheiweißzusammensetzung. Dies wurde nicht in allen Versuchen festgestellt bzw. Veränderungen waren nicht signifikant, vgl. ISERMEYER et al. 1988, S.6 ff).
- 4) Erhöhte Anzahl somatischer Zellen in der Milch. Der Qualitätsgrenzwert von 400.000 Zellen pro ml wurde bei behandelten Tieren des öfteren überschritten (WEBER 1988).
- 5) Leicht erhöhter Aceton- und leicht erniedrigter Harnstoffgehalt in der Milch (WEBER 1988); als Ergebnis des Energiedefizites zu werten.
- 6) Erhöhter Pyruvat- und Lactatgehalt in der Milch bzw. teilweise erhebliches Überschreiten der sogenannten Basiswerte eutergesunder Kühe. Dies hängt teilweise mit erhöhter Zellzahl zusammen. Pyruvat und Lactat sind Produkte des erhöhten intermediären Stoffwechsels und führen zu einer Qualitätsänderung der Milch (WEBER 1988). Sie deuten aber auch auf eine Anfälligkeit für Ketose hin.
- 7) Wirkung der veränderten Milchezusammensetzung auf die Milchqualität und damit verbundene ernährungsphysiologische Implikationen. Dieser Umstand wird vielfach in den wissenschaftlichen Publikationen derart kommentiert, daß sich die Veränderungen innerhalb des Schwankungsbereiches der natürlichen Laktation bewegen, wie sie zwischen den verschiedenen leistenden Kühe und während des Laktationsverlaufes feststellbar sind. Das hieße, daß es nur zu einer Qualitätsverschiebung komme, doch ist das rBST eben nicht vollkommen ident mit dem endogenen BST (endständige Aminosäuren, Endotoxinaktivität, Antikörperbildung, Partikel des Depotpräparates, andere räumliche Proteinstruktur, vgl. auch ISERMEYER et al. 1988, S.51) und andererseits ist die Verdauung von Eiweißbruchstücken der veränderten Milchwormone und deren biologische Wirkung insbesondere im Säuglingsorganismus nicht bekannt . (ISERMEYER et al. 1988, KAMPHAUSEN 1988). KAMPHAUSEN 1988 weist darauf hin, daß Calcium-Komplexe des BST den Magen-Darm-Trakt passieren könnten, indem Milchlaktoglobulin das rBST vor vollkommenem Abbau schützen, und indem, wie es bei anderen Di- und Oligopeptiden bekannt ist, dieses direkt in noch wirksamer oder anders wirksamer Form (mit diabetogener oder leukämischer Wirkung) in die Blutbahn gelangen könnte. Dasselbe gilt natürlich auch für den nicht artspezifischen IGF-1-Faktor, welcher durchaus um einiges gefährlicher sein dürfte, da er in der

Frühentwicklung der Säuger und in der Mammogenese (Milchdrüsenentwicklung) eine Rolle spielt. Des weiteren läßt sich nichts über die Wirkung einer Veränderung der anderen Minorbestandteile der Milch aussagen.

C.) Wirkung von rBST auf die Futtermittelaufnahme, die Futterverwertung und die Haltungsbedingungen

- 1) Die Verbesserung der Futterverwertung erfolgt hauptsächlich durch das "fixkostendegressive" Verhalten des Erhaltungsbedarfes der Kuh; d.h. die notwendigen Nährstoffe zur Erhaltung der Organismusfunktion können auf mehr kg Milch umgelegt werden. Der direkte Einfluß von rBST auf die Effizienz der Nährstoffverdauung und die Wechselwirkung mit den verdauungssteuernden Hormonen bzw. die Ankurbelung des intermediären Stoffwechsels und deren Regelkreise werden zwar vermutet, unterliegen aber ebenfalls einer Vielzahl von Feed-back-Mechanismen. Die unterschiedlichen Versuchsanlagen bzw. die Streuung der dabei gegebenen Versuchsumweltbedingungen lassen keine exakten Aussagen über die Veränderung der Trockenmasseaufnahmen und Futterverwertung zu. So ergibt sich bei den von WEBER 1988 zitierten Versuchen eine Streuung in der Futterverwertung zwischen 3 und 23% und in der TM-Aufnahme zwischen 0,5 und 16%.
- 2) Die Futtermittelaufnahme verläuft nicht parallel zur Leistungsabgabe sondern erst mit einer Verzögerung von 4 bis 8 Wochen. Dies bedingt aber ein zweites Energiedefizit, und ein Zusammenhang mit der veränderten Gewichtsentwicklung und der Veränderung der Milchqualität ist gegeben.
- 3) Die erhöhte Leistungsabgabe erfordert eine erhöhte Energiedichte in der Ration bzw. einen der Milchleistung und dem späteren auf den Abbau der Körperreserven folgenden Aufbau und der Versorgung der Fötenentwicklung angepaßten Protein- und Energiebedarf. Ein Teil des Grundfutters muß durch Kraftfutter ersetzt werden, und die Futtermittelqualitäten und deren Mischungsverhältnis dem Bedarf angepaßt werden.
- 4) Den Zusammenhängen zwischen Leistung, Gewichtsentwicklung, genetischer Veranlagung, Gesundheitszustand und sonstigen Umweltbedingungen unter Ausnutzung der fütterungstechnischen Möglichkeiten (individuell angepaßte Mischfütterationen mit Computersteuerung) muß erhöhtes Augenmerk geschenkt werden. Das jeweilige Herdenmanagement zusammen mit High-tech-Detektionsmethoden und der Informationsverarbeitung wird zum entscheidenden Erfolgsfaktor (vgl. KALTER 1985).
- 5) Die technischen Möglichkeiten auf dem Gebiete der Rindviehernahrung voll zu nützen, wie die Verabreichung geschützter Proteine, geschützter Fettsäuren, oder Natriumbicarbonat usw., werden durch den rBST-Einsatz noch interessanter. So berichtet WEBER 1988 von einem Versuch von SCHNEIDER et.al. 1987, wo Ca-Seifen-Verfütterung eine zusätzliche Leistungssteigerung der rBST-Kühe von 13% verursachte.

Sämtliche Aspekte des rBST-Einsatzes im Rahmen dieser Arbeit zu behandeln ist nicht möglich. Jedoch werden die betriebswirtschaftlichen und sozioökonomischen Implikationen in einem späteren Kapitel noch behandelt. Das rBST bietet jedoch aufgrund seiner Marktreife und, da es als gentechnologisches Produkt wegen seiner kontroversiell geführten öffentlichen Diskussion relativ genau untersucht wurde, einen Einblick, welche komplexen

Veränderungen in der Landwirtschaft und in ihren ökosystemaren Zusammenhängen allein durch einen neuen leistungssteigernden Faktor aus der Gentechnologie ausgelöst werden. rBST ist dabei nur ein kleiner und relativ einfacher Möglichkeitsbereich der Anwendung der Gentechnologie in der Landwirtschaft, und die Thematik spannt sich bereits von der Physiologie, über die Fütterung, Züchtung und Ernährung bis zum agrarökonomischen und agrarpolitischen Diskurs. rBST ist damit nicht nur ein erstes Versuchsprodukt der Gentech-Industrie zur Produktion, Zulassung und Einführung in die Agrartechnik, sondern auch ein Testprodukt, an dem man die verschiedensten Haupt- und Nebenwirkungen und die Komplexität der Zusammenhänge auch anderer gentechnologischer Produkte für die Landwirtschaft in ihren Wirkungen auf die Agrarökosysteme und in ihren Implikationen auf die Agrarstruktur in analoger Weise vorausschätzen bzw. qualitativ voraussehen kann.

9. Pflanzenproduktion

9.1. Die Entwicklung moderner Pflanzenproduktionstechniken in der Retrospektive

Die Entwicklung des intensiven und spezialisierten Landbaues mit den in den industrialisierten Ländern geläufigen Techniken ist in seiner historischen Dimension eine relativ junge. Dasselbe gilt auch für die Organisationsentwicklung der Tierhaltung, denn die Intensivierung und Spezialisierung ist in diesen beiden Bereichen parallel verlaufen.

Der Abgang von der alten Dreifelderwirtschaft mit Flurzwang erfolgte im mitteleuropäischen Raum in der theoretischen Vorbereitung um die Wende des 18. auf das 19. Jahrhundert, konnte aber erst durch die Liberalisierung und die damit verbundene Bauernbefreiung im Laufe des 19. Jahrhunderts in die allgemeine Praxis eingeführt werden (vgl. dazu DIERCKS 1983)⁶⁵. Die Folge war eine verbesserte Dreifelderwirtschaft, bei der die Brache wegfiel, sodaß die Tierhaltung intensiviert werden konnte (siehe Abbildung 17). Zusammen mit der Nutzung des erhöhten Wirtschaftsdüngeranfalls und zusammen mit Methoden verbesserter Fruchtwechselformen mit bedeutenden Anteilen an Grünland, Futterbau und Blattfrüchten konnte die Ertragslage der Landwirtschaft im Laufe des 19. Jahrhunderts im Vergleich zum Vorher bereits beachtlich gesteigert werden. Hinzu kam das erste Einsetzen einer mineralischen Düngung von Phosphor und Kali aufgrund der Entdeckungen LIEBIG's (1803-1873). Trotzdem waren die Erträge im Verhältnis zum Jahre 1990 äußerst niedrig - z.B. 12 dt Weizen pro Hektar Durchschnittsertrag -, denn die breite Anwendung der Stickstoffdüngung (N-Düngung) und der Aufbau des chemischen Pflanzenschutzes erfolgte erst in der 2. Hälfte unseres Jahrhunderts, bzw. ergab sich erst nach dem 2. Weltkrieg das starke Wachstum dieser ertragssteigernden Techniken (siehe Abbildung 18).

Doch waren in der Agrarentwicklung zu Beginn des 20. Jahrhunderts und teilweise bis in die 50er und 60er Jahre herauf die Organisationsformen des Landbaues von einer Vielfältigkeit und von einem Nebeneinander von Tierhaltung und Ackerbau geprägt. Aber der Fortschritt in der Landwirtschaft war nicht so sehr ein mechanisch-technischer oder chemisch-technischer, sondern primär ein biologischer Fortschritt.

In der Folge kam es aber in der Landwirtschaft zu weitreichenden Entwicklungen technischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Natur:

- zunehmende Vervollkommnung der Landtechnik
- wirtschaftliche Prosperität im Gleichklang mit der allgemeinen Industrialisierung
- steigende Löhne der Industriearbeiter
- erste Erfolge der Chemisierung der Landwirtschaft (Düngung, Pflanzenschutz)
- ertragreichere Sorten durch systematische Pflanzenzucht
- steigender Einsatz mineralischer Düng- und chemischer Pflanzenschutzmittel

Dies führte zu einer Dynamisierung der Landwirtschaft, sorgte für das massive Freisetzen von Arbeitskräften aus der Landwirtschaft und brachte die Kapitalisierung derselben; d.h. das betriebswirtschaftliche Kalkül wurde zum bestimmenden Faktor. Verließen anfänglich nur die Landarbeiter den Agrarsektor, so erfolgte später das Ausscheiden der weniger konkurrenzfähigen landwirtschaftlichen Betriebe - d.h. jener zumeist kleineren Ökonomien, die an der Entwicklung nicht teilnehmen konnten. Neben diesen technologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Veränderungen und neben den ertragssteigernden

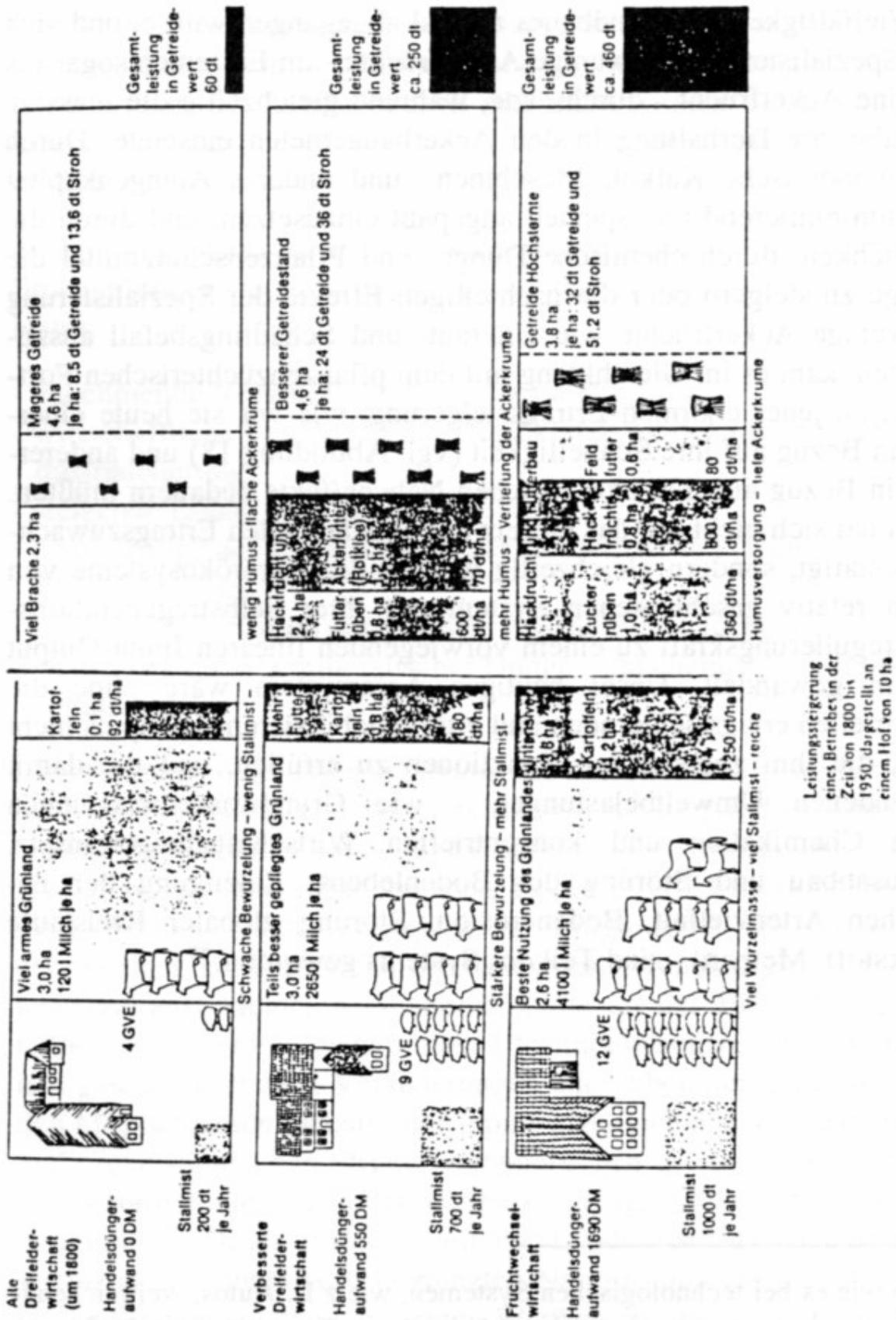
⁶⁵ DIERCKS, Ralf: Alternativen im Landbau - eine kritische Gesamtbilanz. Ulmer, Stuttgart, 1983

Möglichkeiten industrieller Inputs erzeugten auch die technischen und organisatorischen Strukturveränderungen in der industriellen Be- und Verarbeitung und in der Vermarktung agrarischer Produkte einen strukturellen Druck und Sog auf die Landwirtschaft, indem sie zunehmend den quantitativ begrenzten Nahrungsmittelsektor dominierten und indem sie den verstärkten Wettbewerbsdruck mit dem Zwang zu rationalisieren, zu intensivieren und zu spezialisieren, an die Bauern weitergaben.

Die Konsequenz dieser Entwicklungen war, daß je nach den natürlichen Ertragsbedingungen und entsprechend der Betriebsgröße von der Vielfältigkeit des Landbaues radikal abgegangen wurde, und sich eine Spezialisierung auf wenige Ackerfrüchte - im Extremen sogar bis auf eine Ackerfrucht - durchsetzte, während gleichzeitig die massive Aufgabe der Tierhaltung in den Ackerbaugebieten einsetzte. Durch das ökonomische Kalkül, Maschinen und anderes Anlagenkapital kostenminimierend und speziell angepaßt einzusetzen, und durch die Möglichkeit, durch chemische Dünge- und Pflanzenschutzmittel die Erträge zu steigern oder die nachteiligen Effekte der Spezialisierung auf wenige Ackerfrüchte wie Unkraut- und Schädlingsbefall auszuschalten, kam es im Gleichklang mit dem pflanzenzüchterischen Fortschritt zu jener enormen Ertragssteigerung, wie wir sie heute einerseits in Bezug auf ihre Schnelligkeit (vgl. Abbildung 18) und andererseits in Bezug auf ihre ökologischen Nebeneffekte bedauern müßten. Dabei hat sich nicht nur das Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses bestätigt, sondern gleichzeitig wurden die Agrarökosysteme von einem relativ geschlossenen System mit ihrer Selbstregenerations- und -regulierungskraft zu einem vorwiegenden linearen Input-Output System gewandelt. Unser heutiges Agrarsystem wäre ohne die industriellen ertagssteigernden und ertragsstabilisierenden Inputs nicht fähig, die ihm zugeordneten Funktionen zu erfüllen, und die damit verbundenen Umweltbelastungen - wie Grundwasserbelastungen durch Chemikalien und konzentrierten Wirtschaftsdüngereinsatz, Humusabbau und Störung des Bodenlebens, Einengung der natürlichen Artenvielfalt, Bodenerosion, Störung globaler Kreisläufe (Stickstoff, Methan) - sind Teil des Systems geworden.⁶⁶

⁶⁶ So wie es bei technologischen Systemen, wie z.B. Autos, weitreichende Konsequenzen gibt, wenn sie sich in ihren Quantitäten verfünf- oder verzehnfachen, so ist es auch bei den Agrarökosystemen, selbst wenn es sich hier um andere Dimensionen handelt. Erstere Konsequenzen erscheinen uns aber offensichtlicher.

Tabelle 17: Landbausystementwicklung



Quelle: DIERCKS 1983

Tabelle 18: Die langfristige Entwicklung der Erträge im Vergleich zum Handelsdüngereinsatz

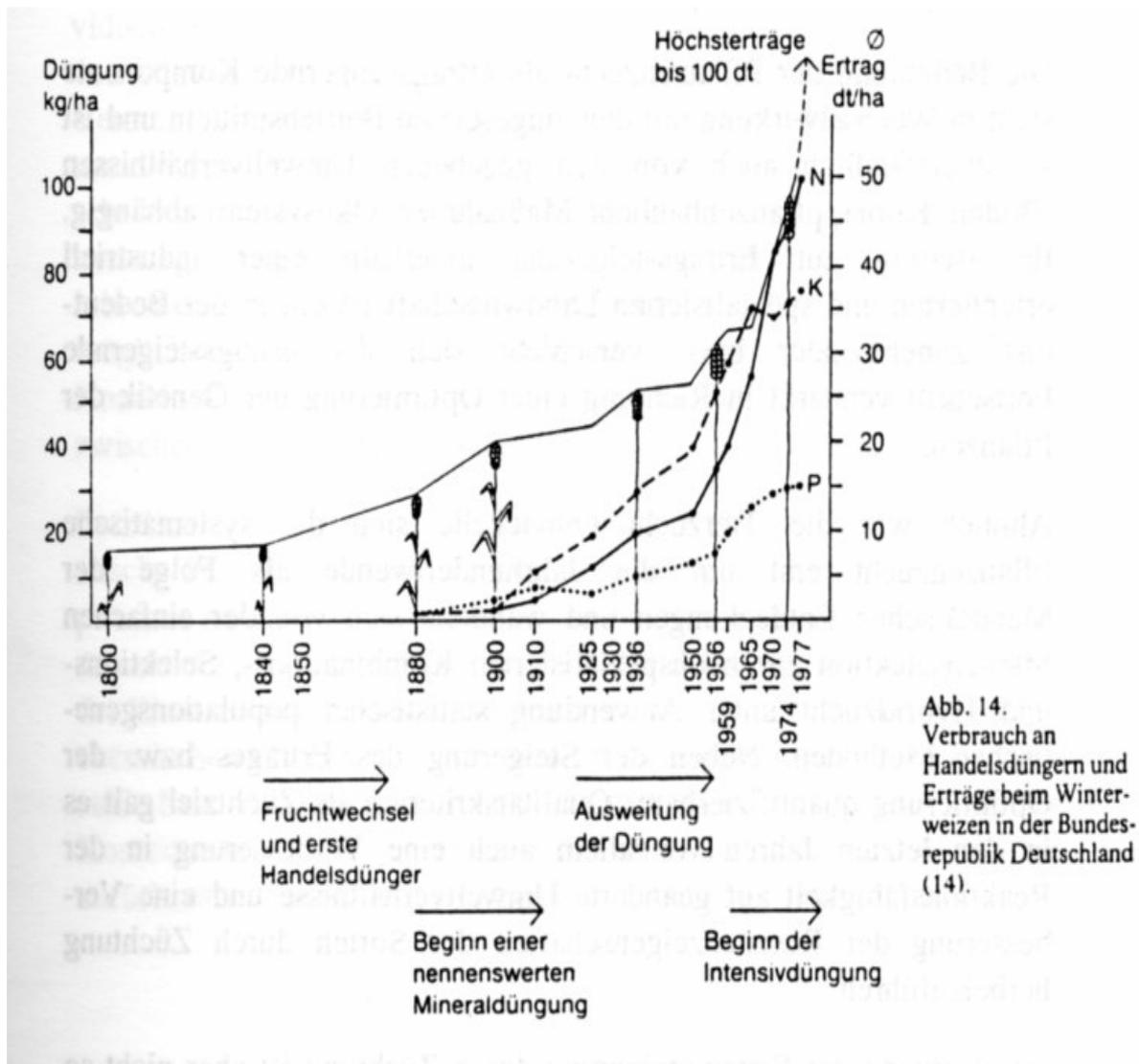


Abb. 14. Verbrauch an Handelsdüngern und Erträge beim Winterweizen in der Bundesrepublik Deutschland (14).

Quelle: DIERCKS 1983

Die Ursache - Wirkungsbeziehungen dieser Entwicklungen sind selbst retrospektiv betrachtet nicht immer klar identifizierbar, doch scheint der Zusammenhang eindeutig, daß der wirtschaftliche, soziale und technische Fortschritt außerhalb des Agrarsektors nach seinen Prinzipien die Landwirtschaft und deren ökologische Voraussetzungen verändert hat und nicht umgekehrt. Der Agrarpolitik der Vergangenheit ist dabei der Vorwurf zu machen, daß sie fast ausschließlich die Entwicklungen gefördert hat, während sie auf die Besonderheiten des Agrarsektors, d.h. auf das ökologische Beziehungsgefüge und dessen Erhaltung nicht oder zu spät Rücksicht nahm.

Die Bedeutung der Pflanzenzucht als ertragssteigernde Komponente steht in Wechselwirkung mit den eingesetzten Betriebsmitteln und ist selbstverständlich auch von den gegebenen Umweltverhältnissen (Boden, Klima, pflanzenbauliche Maßnahmen, Ökosystem) abhängig. Ihr Beitrag zur Ertragssteigerung innerhalb einer industriell orientierten und spezialisierten Landwirtschaft ist ein in der Bedeutung zunehmender bzw. verschiebt sich der

ertragssteigernde Fortschritt verstärkt in Richtung einer Optimierung der Genetik der Pflanzen.

Ähnlich wie die Tierzucht entwickelte sich die systematische Pflanzenzucht erst um die Jahrhundertwende als Folge der Mendel'schen Entdeckungen und wandelte sich von der einfachen Massenselektion zur hochspezialisierten Kombinations-, Selektions- und Hybridzucht unter Anwendung statistischer populationsgenetischer Methoden. Neben der Steigerung des Ertrages bzw. der Optimierung quantifizierbarer Qualitätskriterien als Zuchtziel galt es in den letzten Jahren vor allem auch eine Verbesserung in der Reaktionsfähigkeit auf geänderte Umweltverhältnisse und eine Verbesserung der Resistenzeigenschaften der Sorten durch Züchtung herbeizuführen.

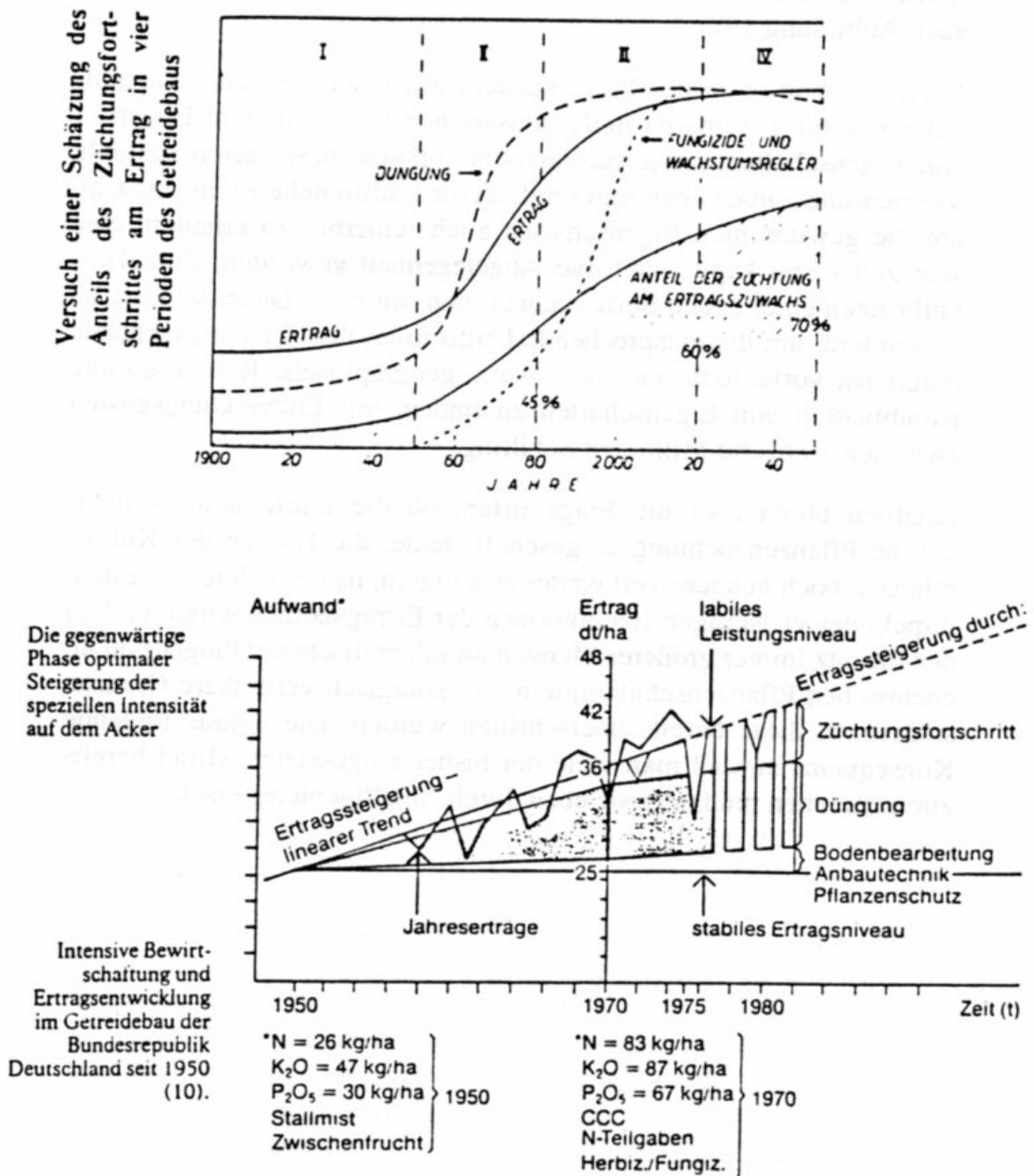
Der Vorgang der Ertragssteigerung durch Züchtung ist aber nicht so sehr durch eine Erhöhung der organischen Substanz der oberirdischen Teile der Kulturpflanzen erfolgt, sondern vielmehr durch eine Optimierung des Verhältnisses zwischen Ertragsorganen (z.B. Körner) und der nicht verwendeten Blatt- und Stengelteile oder durch eine Erhöhung der Nettoassimilationsleistung oder durch die Selektion auf erhöhte Regenerations- und Kompensationsfähigkeit auf sich ändernde Umweltfaktoren oder eben durch Resistenzzüchtung, wobei die Wechselwirkungen mit den gleichzeitig eingesetzten Betriebsmitteln entscheidend sind (vgl. HÄNSEL 1982)⁶⁷. Dabei stehen aber diese Ansatzpunkte züchterischer Ertragsbeeinflussung inklusive der Qualitätskriterien untereinander in einer vielseitigen Interaktion (siehe auch Abbildung 19).

Nachdem man es in der Pflanzenzucht mit einer Vielzahl von Individuen zu tun hat und da in der klassischen Methodik zum Erkennen von Eigenschaften die ausgewachsene Pflanze bzw. deren sexuelle Vermehrung zumeist benötigt wird, ist die traditionelle Pflanzenzucht, um die gewünschten Eigenschaften auch reinerbig zu erhalten, eine sehr zeit- und kapitalintensive Angelegenheit geworden. Zum Hervorbringen einer neuen Sorte rechnet man mit einer Dauer von ca. 12 Jahren und, um die entsprechende Uniformität und die entsprechende möglichst vorteilhafte und über weite geographische Räume gültige Kombination von Eigenschaften zu finden, mit Entwicklungskosten zwischen 10 bis 80 Millionen Schilling.

Letztlich bleibt aber die Frage offen, ob die traditionelle systematische Pflanzenzüchtung es geschafft hätte, die Erträge der Kulturpflanzen noch nennenswert weiter zu steigern, insbesondere unter dem Aspekt der vielseitigen Interaktionen der Ertragskomponenten und da der Einsatz immer größerer Mengen an mineralischem Dünger und an chemischen Pflanzenschutzmitteln an ökologisch vertretbare Grenzen stößt bzw. diese bereits überschritten wurden. Die daraus folgende Konsequenz ist, daß man viele der bisher eingesetzten Mittel bereits zurücknehmen muß oder sie eben durch "intelligere" ersetzt.

⁶⁷ HÄNSEL, H.: Getreidezüchtung - Erwartungen für das Jahr 2000. Wintertagung 1982, österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien 1982.

Abbildung 19: Die Entwicklung der Ertragsfaktoren Züchtung, Düngung und Pflanzenschutz



Quelle: HÄNSEL 1985; und DIERCKS 1983

Mittlerweile hat aber bereits die Zell- und Gewebekulturtechnik insbesondere zur Beschleunigung des Zuchtfortschrittes - z.B durch eine Verringerung der Züchtungsgenerationsintervalle - in der Pflanzenzucht Einzug gehalten. Der Gentransfer verspricht zusätzlich Ertragskomponenten und gewünschte Merkmale, losgelöst von ihrem genetischen Interaktionszusammenhang, schneller und effizienter in die Pflanzen hineinzubringen, und durch artüberschreitenden Gentransfer hofft man neue Eigenschaften in die Pflanzen zu importieren. Neuer proteinchemischer Pflanzenschutz, auf molekulargenetischer Ebene "designed", oder neue die Pflanze umgebende "Schutz"-Organismen sollen ähnlich wie bisher primär die Chemie die Ertragsstabilität gewährleisten. Diese neuen Techniken sollen garantieren, daß die Erträge weiterhin linear steigen bzw.

eventuell sogar exponentiell anwachsen und daß man weiterhin auf ein Minimum an Fruchtwechsel und Vielseitigkeit setzen kann (vgl. Abbildung 17). Am grundsätzlichen System und an der Problematik der modernen Agrarökosysteme scheint sich dabei nichts zu ändern, bzw. der Trend, daß "die Böden stärker als je zuvor zum "Durchsatzsystem" und damit zu Emissionsquellen werden, während sie bisher vor allem als "Auffang- und Fixiersysteme" dienten" (SONDERGUTACHTEN: Umweltprobleme der Landwirtschaft 1985⁶⁸), weiter fortgesetzt oder sogar verstärkt wird.

9.2. Zellbiologische Verfahren, Zell- und Gewebekulturtechnik

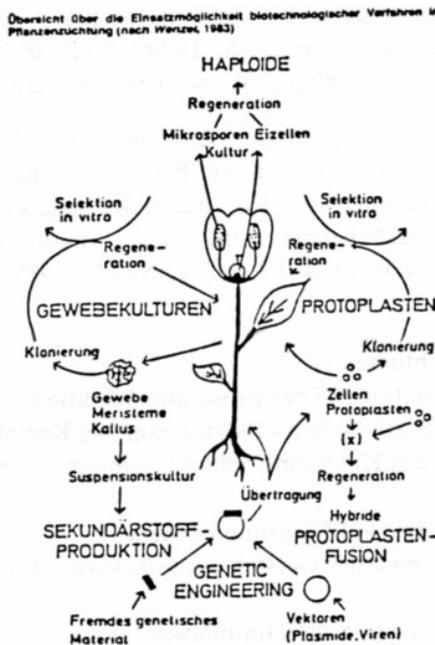
Die Regenerationsfähigkeit von Pflanzen aus ihren Einzelteilen bzw. zellbiologische Methoden zur Nutzung dieser Eigenschaften sind Grundvoraussetzung zur Anwendung der Gentechnologie bei Pflanzen. Damit nehmen diese Verfahren eine ähnlich zentrale Rolle in der Pflanzenzucht ein wie der Embryotransfer und dessen assoziierende Techniken in der Tierzucht (vgl. auch Abbildung 20).

Zell- und Gewebekulturtechniken basieren auf den Eigenschaften von pflanzlichen Geweben (Meristeme, Organe, Pflanzenteile) oder einzelnen pflanzlichen Zellen (Protoplasten und Embryonalzellen), unter bestimmten Nährstoffbedingungen und Phytohormonbehandlungen wieder zu ganzen Pflanzen zu regenerieren. Die Technik kann auch auf die haploiden Zellen (Mikrosporen, Eizellen) angewandt werden, sodaß sich durch eine folgende Verdoppelung des haploiden Genoms homozygote (reinerbige) - sogenannte doppelhaploide - Pflanzen sehr schnell gewinnen lassen, während in der klassischen Pflanzenzucht eine über mehrere Generationen notwendige Selbstung stattfinden müßte. Wenn pflanzliche Zellen in der in vitro-Kultur die De- und Redifferenzierung durchlaufen (Kallusbildung), treten nicht selten Mutationen auf, sodaß die aus einer Zelle gewonnen regenerierten Pflanzen nicht immer genetisch ident sind. Dieser Vorgang wird als somaklonale Variation bezeichnet. Deren absichtliche Anwendung ist der normalen Mutationszüchtung dann überlegen, wenn das selektive Agens (z.B. Toxinsubstanzen von Schädlingsorganismen) während der in-vitro-Phase eingesetzt werden kann. Kurze Generationszeit und hohe Populationsdichte der Kalli auf engstem Raum sind ein weiterer Vorteil, um die Anpassungsfähigkeit z.B. der Pathogene auszugleichen (vgl. WENZEL 1989 b).⁶⁹

⁶⁸ SONDERGUTACHTEN: Umweltprobleme der Landwirtschaft. Der Rat für Sachverständige für Umweltfragen, W. Kohlhammer, Stuttgart und Mainz 1985, S. 199.

⁶⁹ WENZEL, G. b: Neue Strategien in der Resistenzzüchtung. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft: Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.96.

Abbildung 20: Gentechnologie und "moderne" Pflanzenzüchtungstechnologien



Quelle: RUCKENBAUER, P. 1990⁷⁰:

Die klassische Methodik der Pflanzenzucht, die primär auf dem Prinzip der Erstellung von genetischer Variabilität durch Kreuzung, der Selektion von Pflanzen mit den gewünschten Eigenschaften und der Vermehrung derselben aufbaut, kann durch zellbiologische Verfahren in einzelnen Schritten anstatt auf dem Feld oder im Gewächshaus im Labor oder Reagenzglas (z.B. durch Resistenztests, schnelle Vermehrung einzelner Genotypen auf vegetativem Wege zu einer Vielzahl gleicher Keimlinge; frühzeitige Selektion) durchgeführt werden, sodaß eine enorme Ersparnis an Raum und vor allem an Zeit eintritt. Ziel ist es also eine hohe Vermehrungsrate einzelner Individuen mit gewünschten Eigenschaften auf engstem Raum zu erreichen, wobei der vegetative Weg um einiges schneller ist als der generative. Unter Ausnützung verschiedener Selektionsmuster ist der gewünschte Selektionserfolg bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt bei Zellen oder Gewebeteilen zu erhalten, da nicht mehr das Stadium der erwachsenen Pflanze abgewartet wird. Gleichzeitig kann auch unter bestimmten Bedingungen virus- und bakterienfreies Pflanz- und Saatgut gewonnen werden. Zudem haben diese Techniken derzeit eine hohe Forschungspriorität, da ohne sie fusionierte und gentechnologisch veränderte Zellen nicht regeneriert werden können (vgl. SCHÄFER-MENUHR et al.1989)⁷¹. Einen zusätzlichen Nutzen erwartet man sich auch davon, daß man genetische Ressourcen wie z.B. Wildarten oder seltene Genotypen von Kulturpflanzen durch Zell- und Gewebekulturen in sogenannten Genbanken ohne wiederkehrende generative Phase konservieren kann. Dabei muß aber die mutagene Phase der Kallusbildung möglichst vermieden werden.

Die gewerbliche Nutzung in der Zell- und Gewebekultur erfolgte zuerst bei hochwertigen Pflanzen wie Blumen, Gemüse und Bäumen, wird aber auch zunehmend zur Routine in der

⁷⁰RUCKENBAUER, P.: Gentechnik in der Pflanzenzüchtung. In: Gentechnik, in Biotechnologie, Land- und Forstwirtschaft, Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst", Wien 1990.

⁷¹SCHÄFER-MENUHR, A.; MIX, G.; RÜHL, G.F.; DAMBRUTH, M.: Zell- und Gewebekulturtechniken für landwirtschaftliche Pflanzenzüchtung, In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.80.

angewandten Pflanzenzucht. Anwendungsbeispiele sind u.a. (zusammengefaßt aus SCHÄFER-MENUHR et al.1989, WENZEL 1989 b, FRIEDT / NICKEL 1989)⁷²

- haploide Sonnenblumen
- somaklonale Variation bei der Erbse und Selektion auf hohen Amylose - oder Stärkegehalt - Salztoleranz bei Kartoffel
- Mangantoleranz bei Kuhbohne oder Aluminiumtoleranz bei Sojabohne
- Selektion der Gerste auf Fusariumresistenz
- schnelle Einkreuzung der Gersten-Mosaik-Virus-Resistenz durch Haploidtechnik
- Selektion des Weizens auf Helminthosporium
- Selektion des Maises auf Helminthosporium maydis
- Selektion von Kartoffelzellen auf Phytophthora
- Haploidtechnik für höheren Glucosinolat-Gehalt bei Raps
- Doppelhaploide in Kombination mit somaklonaler Variation beim braunen Senf brachte Variationen im Fettsäuremuster und Fettgehalt
- interspezifische Kreuzungen: Dies sind Kreuzungen z.B. zwischen Wild- und Kulturformen, wobei aber Inkompatibilitätsmechanismen (vielfach durch differenzierte Chromosomenzahl) die Pflanzenentwicklung hemmen. Durch Embryonenkulturen oder über in-vitro-Befruchtung können wieder ganze F1-Pflanzen regeneriert werden (Anwendung bei Lein, Sonnenblume, Brassica-Arten).

Die Bedeutung der Zell- und Gewebekulturtechnik in der Resistenzzüchtung liegt vor allem im Beschleunigungseffekt des Zuchtfortschrittes, sodaß schneller auf die Pathogensituation durch Züchtung geantwortet werden kann.

9.3. Protoplastenfusion

Die Protoplastenfusion nimmt, was ihre Eingriffsintensität in das Genom betrifft, eine Art Zwischenstellung zwischen Zell- und Gewebekulturtechnik und dem direkten Gentransfer ein. Dabei werden Pflanzenzellen, die von der Zellwand befreit sind, durch chemische (hoher pH-Wert und Polyethylenglykol) und elektrische Methoden (Stromstöße zwischen 20 und 1000 Volt) ineinander verschmolzen. Bei der Selektion der Fusionsprodukte werden komplementäre Gene oder die optische Unterscheidbarkeit oder Wüchsigkeit der neuen Individuen herangezogen. Es verschmelzen durch die Protoplastenfusion aber nicht die meiotisch reduzierten einfachen Chromosomensätze, sondern ganze elterliche Genome werden zu somatischen Hybriden addiert, sodaß neben der sexuellen Genetik auch eine somatische Genetik aufgebaut werden kann. Dadurch werden gleichzeitig die Eigenschaften unabhängig vom Erbgang kombiniert, sodaß die Ergänzungswirkung direkt erfolgt und die extrazelluläre DNA beider Partner genutzt wird. Interessant erscheint die Fusionsmöglichkeit insbesondere bei der Kombination wirtschaftlich wichtiger, polygen vererbter Eigenschaften.

Angewandt wurde die Methode bisher vor allem bei der Kartoffel (Phytophthora-Resistenz, Erwinia-Resistenz, Blattroll-Virus-Resistenz) und beim Raps (Einkreuzung von Wildarten und seltener Genotypen) oder um einfach Kreuzungsbarrieren innerhalb verwandter Kultur- und Wildformen zu überwinden (z.B. Lupine).

Die Protoplastenfusion ist aber auch insofern eine Neuheit, weil durch sie das erstmalig Artgrenzen - wenn auch nur mit verwandtschaftlichem Näheverhältnis überschritten werden

⁷² FRIEDT, W.; NICKEL, M.: Zuchtmethodische Ansätze zur Beeinflussung von Pflanzeninhalts- und Speicherstoffen unter besonderen Berücksichtigung von Ölpflanzen. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.107.

können. Bekanntestes Beispiel ist die Fusion von Tomate und Kartoffel unter dem Namen "Tomoffel" oder eine Kreuzung von Kohl und Rüpsen zum synthetischen Raps. Zusätzlich ist es möglich durch Röntgenbestrahlung Teile des Genoms eines Fusionspartners auszuschalten und sogenannte asymmetrische Hybride zu erzeugen. Diese Strategie wird vor allem zum Importieren von Streßresistenzen gegen Salz und Kälte versucht (WENZEL 1989a)⁷³. Bedeutung erlangt diese Technik aber u.a. auch, daß es durch sie gelingen könnte, die Genetik von mit unseren Gemüsen oder Obstarten verwandten tropischen Pflanzen sehr schnell und einfach in unsere angepaßten Kulturen hereinzunehmen und entsprechend zu selektieren und dadurch neue Gemüse- und Obstsorten für die hochdifferenzierten Lebensmittelmärkte der Industrieländer zu schaffen (ZELCER 1989)⁷⁴. Dies ist eine sehr nachfrageorientierte industriell organisierte Strategie, wobei das Bedürfnis nach "Exotik" in den nördlichen Industrieländern durch eigene Glashäuser und Gärtnerkulturen ohne die "Abhängigkeit" von den Ländern der tropischen Zonen, insbesondere der 3. Welt, befriedigt werden könnte. (Die Genetik der Pflanzen aus den tropischen Ländern ist nicht patentiert, sodaß wir sie uns gratis nehmen.)

9.4 Der Gentransfer bei Pflanzen

Da die klassische Pflanzenzucht primär nur über den Weg der elterlichen Genome die Eigenschaften "mehr oder weniger zufällig" - d.h. nach den populationsgenetischen Grundsätzen - kombiniert, sodaß erst nachträglich die gewünschten Merkmalkombinationen selektiert werden können, würde die Anwendung eines relativ gezielten Gentransfers, eine enorme Ersparnis an züchterischer Arbeit versprechen, ohne daß man auf die genetischen Zusammenhänge zu sehr Rücksicht nehmen muß. Damit würde man eine über die Zell- und Gewebekultur hinausgehende Beschleunigung des Zuchtfortschrittes erreichen, weil man einerseits losgelöst vom Gesamtgenom eines Individuums Gene oder Teile von Genen aus einem Genotyp in einen anderen Genotyp übertragen kann und andererseits mit molekulargenetischen Techniken auf DNA-Ebene unter den vielen möglichen Genkombinationen einer Population die gewünschten Genotypen relativ sicher selektieren kann (WENZEL 1988 a). Durch letzteres kann das berühmte "Züchterauge", dem man einen hohen Anteil an Subjektivität unterstellt, durch ein standardisiertes Verfahren ergänzt bzw. ersetzt werden. Interessant wiederum ist, daß die Umweltverhältnisse bei der unmittelbaren Anwendung der Technologie keine Rolle spielen, sondern daß die Selektion nur mehr aufgrund fixer Vorstellungen über die Genfunktionen erfolgt (vgl. Kapitel 4).

9.4.1. Methoden des Gentransfers bei Pflanzen

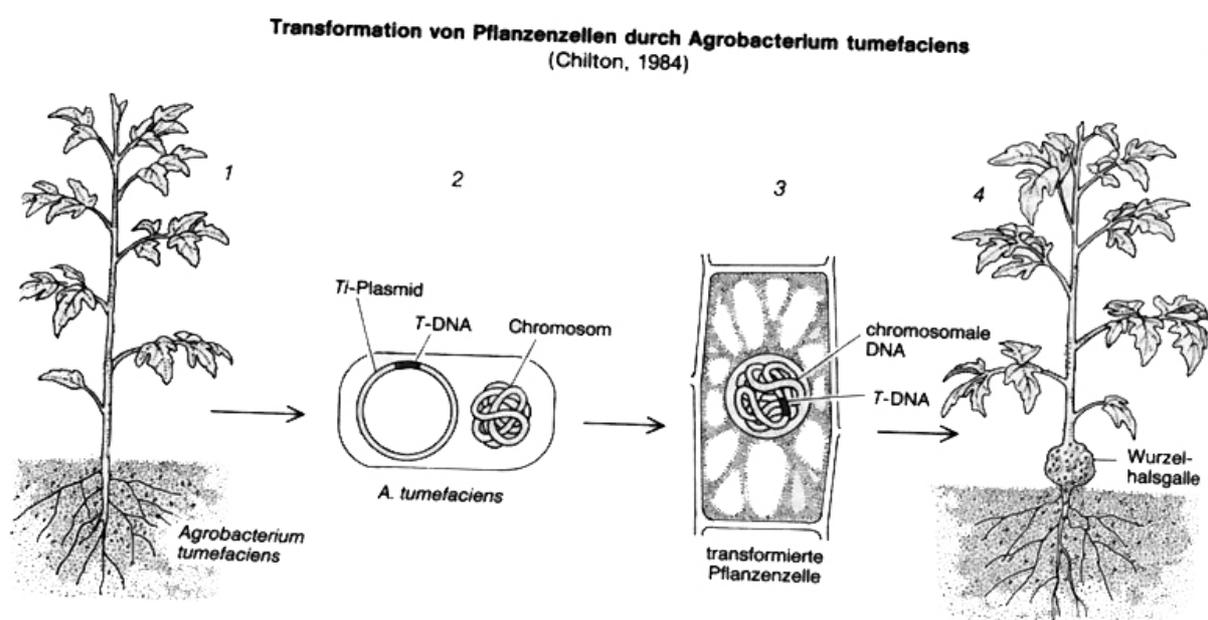
Das häufigste derzeit angewandte Verfahren bei Pflanzen ist das Infektionssystem über das gentechnologisch klonierte tumorinduzierende Plasmid des *Agrobacterium tumefaciens* (siehe Kapitel 4.3.3., Abbildung 21), welches aber nur bei zweikeimblättrigen Pflanzen angewandt werden kann. Aufgrund dieser Unzulänglichkeit und da ja die wichtigsten Kulturpflanzen wie Getreide einkeimblättrig sind, wurden in Versuchen mit den DNA-Viren, Coliflower-Mosaik-Virus und Geminiviren, experimentiert. Der enge Wirkkreis dieser Viren und die geringe Aufnahmekapazität an Fremd-DNA ließen sie aber noch nicht als geeignet erscheinen, sodaß man weiters auch zu Methoden des direkten Gentransfers überging. Hier ist

⁷³ WENZEL, G. a: Gentechnische Methoden der Pflanzenzüchtung. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.87.

⁷⁴ ZELCER, A.: Cellengineering by protoplastfusion: Implification for plant improvement. Vortrag an der Universität für Bodenkultur beim Symposium Biotechnologie, Wien am 6.10.1989.

vor allem die Elektroporation unter Zuhilfenahme des chemischen Agens Polyethylenglykol zu nennen, wobei durch Transformationsraten von 1 bis 2% technisch akzeptable Erfolgsquoten erzielt werden. Erreicht wurde bisher eine Kanamycin (Antibiotikum)-Resistenz bei Mais oder der Transfer des β -Glucoronidase-Gens in den Reis. Weiters wird auch die Methodik der Mikroinjektion, die für tierische Zellen entwickelt wurde, versucht, um Transformationen einkeimblättriger Protoplasten oder Embryonen zu erhalten. Sie ist jedoch ebenfalls derzeit noch relativ aufwendig und wenig wirkungsvoll. Es kann diese Methodik auch mit einer Mikroinjektion in mehrzellige Strukturen ergänzt werden, wobei dann eine Mosaikbildung stattfindet, welche wiederum erst nach einer Generation der sexuellen Vermehrung in ihrem genomverändernden Effekt zu überprüfen möglich ist.

Abbildung 21: Das *Agrobacterium tumefaciens* System



Ein Tumor bildet sich, wenn *A. tumefaciens*-Bakterien aus dem Boden in eine Wunde eindringen, was gewöhnlich am Wurzelhals (der Verbindung zwischen Wurzel und Sproß) geschieht, und sich an einzelne Pflanzenzellen heften (1). Ein virulentes Bakterium enthält neben seiner chromosomalen DNA ein T-Plasmid (2). Dessen T-DNA wird im Verlauf der Infektion in die Zelle eingeschleust und in deren chromosomale DNA eingebaut (3). So transformierte Zellen wuchern und bilden eine Wurzelhalsgalle (4). Kennzeichen der Tumorzellen ist, daß sie Opine synthetisieren: Verbindungen, die den in der Galle hausenden Bakterien als Nährstoffe dienen. Zwei besonders gut untersuchte Opine sind Octopin und Nopalalin. Das in einem bestimmten Bakterienstamm enthaltene Plasmid induziert nur die Synthese jeweils eines speziellen Opins.

28

Quelle: Chancen und Risiken der Gentechnologie 1987

Die Ziele des Gentransfers bei Pflanzen sind ebenso vielfältig wie in den anderen Anwendungsbereichen und, was die derzeitige Realisierbarkeit betrifft, nur dort bis jetzt erreichbar, wo nur ein Gen oder wenige Gene betroffen sind bzw. geringe negative Wechselwirkungen oder Störungen mit anderen offensichtlich (d.h. mit derzeit meßbaren und momentan relevanten) ertragsbeeinflussenden Gen-Merkmal-Kombinationen vorliegen. Manche Ziele, wie z.B. die Stickstofffixierung bei Getreidepflanzen, scheinen dagegen eher noch in weiter Ferne zu liegen, werden aber doch unabhängig von ihrem möglichen zeitlichen Erreichungsgrad hier angeführt.

9.4.2. Veränderungen der pflanzlichen Inhaltsstoffe

Schon die traditionelle Züchtung hat ein besonderes Gewicht darauf gelegt, die qualitative Eignung der Kulturpflanzen über die Veränderung der Inhaltsstoffzusammensetzung zu erreichen. Sowohl die primären Inhaltsstoffe wie Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße als auch Sekundärstoffe wie Alkaloide oder sonstige pflanzliche Wertstoffe waren das Ziel. Bei qualitativen Eigenschaften, sofern sie möglichst mono- oder oligogen verankert waren, gelang es leichter durch mehrfache Rückkreuzungen das Zuchtziel zu erreichen. Schwieriger war und ist die Angelegenheit bei polygenen quantitativen Eigenschaften und bei starker Genotyp-Umwelt-Interaktion. Aber auch die klassische Pflanzenzüchtung, wenn auch über mittel- bis langfristige Zeiträume, konnte beachtliche Erfolge in der Inhaltsstoffveränderung vorweisen. So war es z.B. bei Mais in den USA experimentell innerhalb von 70 Generation gelungen, den Proteingehalt von anfänglich durchschnittliche 11% zwischen 4% und 23% zu streuen und den Ölgehalt von 4 auf 17% zu steigern. Die ölreichen Sonnenblumensorten wurden durch russische Züchter innerhalb von 5 Jahrzehnten im Ausmaß von 30 auf 50 Prozent in ihrer Leistung im Ölgehalt gesteigert. Auch die Herstellung von erucasäure- und glucosinolatarmen, sogenanntem OO-Raps war ebenfalls durch vorwiegend klassische Züchtungsmethoden möglich (siehe FRIED / NICKEL 1989)⁷⁵. Gentechnologische Versuchsansätze gibt es derzeit primär zur Erhöhung des Proteingehaltes oder zur Veränderung der Proteinzusammensetzung. Auch erscheinen diese Ansätze deshalb kürzer- bis mittelfristig erfolgversprechend, da Proteine ein relativ direktes Produkt des genetischen Codes sind.

Wenn man bei Mais z.B. den Lysingehalt erhöhen könnte, könnte der Nährwert um bis zu 40% gesteigert werden. Man denkt auch an eine Erhöhung der essentiellen Aminosäureanteile bei pflanzlichem Eiweiß, um den ernährungsphysiologischen Wert von tierischem Eiweiß annähernd zu erreichen. Konkrete Versuche gibt es bei der Kartoffel, um mehr und besseres Patatin zu erhalten, und bei der Sonnenblume durch Integration des Bohneneiweißes Phaseolin. Über die Veränderung der Eiweißzusammensetzung ließe sich auch die Verarbeitungseignung von bestimmten Ackerfrüchten besser steuern (z.B. Backqualität beim Weizen). Forschungsansätze oder Arbeitshypothesen gibt es auch in jene Richtung, gleich tierisches Eiweiß durch die Pflanze erzeugen zu lassen. So wird z.B. in der Studie "Biotechnologie in Österreich" 1988⁷⁶ festgestellt: "Andererseits wird es durch biotechnologische Entwicklungen zu einer Substitution von (teurem) Milchprotein durch (billige) Pflanzenproteine kommen. Pflanzliche Proteine können so geändert werden, daß z.B. Kasein zur Käseproduktion durch Rapsproteine substituiert werden könnte". Dabei rechnet man in dieser Studie mit einer Realisierungszeit bis 1996.

Die Beeinflussung des Stärkegehaltes und die erfolgreiche Trennung in Amylose und Amylopektin findet man ebenfalls im Zielkatalog molekulargenetischer Züchtungsstrategien. Obwohl Stärke und ihre Komponenten in chemischer Hinsicht relativ einfache Substanzen sind, so ist ihre in-vivo-Synthese und deren Steuerung bzw. deren genetischer Zusammenhang noch nicht aufgeklärt, sodaß man von einer "gezielten" Veränderung im Stärkegehalt oder in der Stärkezusammensetzung noch relativ weit entfernt ist.

Sehr viel verspricht man sich aber von der Pflanzengentechnologie bei der Veränderung des Fettgehaltes der Pflanzen, insbesondere aber der Veränderung der Fettsäurezusammensetzung

⁷⁵ FRIED, W.; NICKEL, M. 1989: a.a.O.

⁷⁶ BIOTECHNOLOGIE IN ÖSTERREICH 1988: a.a.O., S.27

pflanzlicher Öle und Fette. Spezifische Qualitätsanforderungen, will man pflanzliche Öle als Industrierohstoffe verwenden, verlangen von der Pflanzenzucht, daß man sich möglichst schnell auf die verlangte Kurz- bis Mittelkettigkeit, auf den entsprechenden Ölsäuregehalt und auf definierte mehrfach ungesättigte Fettsäuren oder bestimmte funktionelle Gruppen einstellt. Der Gentransfer würde eine schnelle Reaktionsfähigkeit der Züchtung - so hofft man - auf die Industrieranforderungen ermöglichen.

Die erfolgversprechendsten Strategien sind dabei jene, die an der Biosynthese der beteiligten Enzyme (bei der Fettsynthese z.B. Elongasen, Hydroxylasen oder Desaturasen) ansetzen, um deren Gene zu identifizieren und um dann mit Hilfe der Gentechnologie die gewünschten StoffwechsellLeistungen in die Pflanze einzubringen. Über die Steuerung von Enzymaktivitäten ließe sich ein weites Spektrum zur Qualitätsbeeinflussung von Pflanzen realisieren. Ein anscheinend gelungenes Beispiel dafür wäre, daß es in den USA gelungen ist, bei der Tomate jenes Enzym gentechnologisch zu entfernen, das für die Auflösung der Festigkeitsstruktur beim und nach dem Reifeprozess verantwortlich ist. Dadurch lassen sich reife und doch feste Früchte gewinnen, die besondere Transport, Lagerungs- und Verarbeitungseignungen besitzen.

9.4.3. Krankheitsresistenzen durch Gentransfer

Viren bedeuten für die Landwirtschaft bei anhaltenden monokulturellen Tendenzen eine zunehmende Belastung. Primär konzentriert man sich derzeit deshalb auf die Bekämpfung von Pflanzenviren und -viroiden und verfolgt dabei den Weg der Prämunisierung, der den Impfsystemen bei Tieren nachempfunden ist (wie z.B. eine Impfung von Pflanzen mit weniger pathogenen Viren). Die Weiterentwicklung dieser Strategien in Kombination mit der Gentechnologie führt dazu, daß man versucht in Pflanzen die Erbinformation für das Erregerhüllprotein einzuschleusen oder über die Erzeugung von sogenannter anti-RNA die Vermehrung spezifischer Viren zu stören. Die ersten gelungenen Versuche dieser Art waren das gentechnologische Einbringen von Tabak-Virus-Hüllprotein-Genen in Tomate und Tabak. Weiters wurde gegen den sogenannten "beet necrotic yellow vein virus", der bei Zuckerrüben die gefürchtete Rhizomanie hervorruft, auch durch Klonierung in Tomate und Tabak ein Projekt in Angriff genommen. Dasselbe gilt für den Scharkavirus bei Zwetschke. Ähnliche Fortschritte erzielte man gegen den "Plum Pox Virus", der bei Steinobst auftritt, wobei dazu z.B. auch in Österreich die ersten virusresistenten Tabakpflanzen hergestellt wurden. (Die Forschergruppe aus dem Institut für angewandte Mikrobiologie der Universität für Bodenkultur stellte ihr Projekt 1989 öffentlich zur Diskussion. Nach Presse- und Augenzeugenberichten (1991) soll es bereits einen transgenen Marillenbaum geben).

Eine andere Methode besteht darin, von Pflanzen Antikörper bilden zu lassen, deren Protein- und damit Genstruktur von tierischen Säugerzellen, die Antikörper gegen pflanzliche Viren erzeugten, gewonnen wurde. Weiters möchte man sich sogenannter Satelliten-Viren bedienen, da diese, während sie zur Vermehrung eines Helfervirus bedürfen, die Pathogenität des Helfervirus hemmen.

Virosen sind aber derzeit nicht das Hauptproblem des Pflanzenschutzes, sondern Pilzkrankheiten, Bakterien und tierische Schädlinge. Die bisherigen Resistenzen, insbesondere gegen Pilze, sollen sie vom Pathogen nicht zu schnell überwunden werden, sind aber polygen verankert und auf verschiedene Reaktionseigenschaften der Pflanzen zurückzuführen (Phytoalexinbildung; das sind pflanzliche Antibiotika, schnelles Absterben von Pflanzenteilen oder Hemmsubstanzbildung). Als Zielvorstellung zur Nutzung des Gentransfers denkt man dabei an eine Beschleunigung mancher Reaktionsweisen, an die

Einführung von Phytoalexinen und an die Bildung anderer Abwehrsubstanzen (z.B. Chitinase zur Zerstörung der Zellwände der Erreger). Diese Vorgangsweise versucht man derzeit u.a. zur Erzeugung von Chitinasen durch die Pflanzen anzuwenden, da diese die Zellwände verschiedener pilzlicher und bakterieller Erreger zerstört und somit ein breites Wirkungsspektrum besitzt. Das Chitinase-Gen wurde aber auch bereits in das bodenbürtige und die Wurzeln der Pflanzen besiedelnde Bakterium *Pseudomonas fluorescens* kloniert, um durch Ausbringung die Pflanzenwurzeln vor Erregern zu schützen. Solche resistenzgewährende pflanzliche Inhaltsstoffe könnte man - so die Vorstellung - auch zur Produktion neuer Pflanzenschutzmittel nützen. Sehr weit im Versuchsstadium fortgeschritten ist auch die Genübertragung des insektiziden *Bacillus turingiensis*-Toxins auf Pflanzen.

9.4.4. Andere gentechnologische Strategien im Pflanzenschutz

Neue Pflanzenschutzmaßnahmen erwartet man sich auch durch direkte gentechnologische Veränderung von sogenannten biologischen Nützlingen, indem man deren Wirkungsspektrum vergrößert. Eben beim *Bacillus turingiensis* (B.t.) - er wird insbesondere im biologischen Landbau zur Schädlingsbekämpfung bereits als natürliches Insektizid eingesetzt - unternimmt man Versuche das Wirtsspektrum der verschiedenen Unterarten gentechnologisch zu erweitern oder das Toxin wirksamer gegenüber verbreiteten Schädlingen zu gestalten oder die Wirkungsdauer zu verlängern.

Ein anderes Projekt ist das B.t.-Toxin biotechnologisch unabhängig zu gewinnen und zu prozessieren oder das Toxin auf andere Bakterienarten zu übertragen. Letzteres wurde in den USA (Monsanto) durch die Übertragung auf *Pseudomonas fluorescens*, das die Pflanzenwurzeln besiedelt und deshalb bodenbürtige Würmer, Raupen und Larven befällt, durchgeführt.

Ähnliche Strategien, wie beim B.t. kann man auch mit insektiziden Viren anstreben. Das bekannteste Projekt dabei ist das Baculo-Virus-System. Diese Baculo-Viren werden von Schmetterlingsraupen aufgenommen und verursachen über die Vermehrung im Darmsystem und über die Erzeugung spezieller kristalliner Proteine darin ein Absterben der Raupen. Durch Gentechnologie sollen Baculo-Viren - sie werden in Nordamerika und China schon länger als natürliches Nützlingssystem genutzt - in ihrer Wirkung verstärkt werden bzw. ihre Wirtsspezifität erweitert werden. In Baculo-Viren lassen sich fremde Gene einschleusen, sodaß sie über ein zusätzliches Toxin eine schnellere Wirkung entfalten können, oder durch die Beseitigung von Genen, die für das Schutzprotein gegen Sonnenstrahlen codieren, kann in sie ein Selbstzerstörungsmechanismus eingebaut werden, sodaß sie nach der Ausbringung und nach dem Raupenbefall wieder absterben. BISHOP 1988).⁷⁷

Durch die relativ leichte Clonierung der Baculo-Viren lassen sich auch andere wirtschaftlich interessante Proteinsequenzen einbauen, sodaß man einerseits durch die Züchtung von Raupen und andererseits durch Zugabe der gentechnisch veränderten Viren über diese Kombination eine relativ billige Protein-Produktion ohne aufwendiges Bioreaktorsystem vornehmen könnte (siehe Werbung in Abbildung 22). Führend in der Baculo-Viren-Forschung ist die Universität Oxford (GB).

⁷⁷ BISHOP, David H.L.: The release into the environment of genetically engineered viruses, vaccines and viral pesticides. In: Trends in Biotechnology (TIETECH) April 1988 VOL. 7, NO 4 (51), Elsevier Publications, Cambridge 1988

Abbildung 22: "Bioreaktor Schmetterlingsraupe"- Werbung

Aus eventuell urheberrechtlichen Gründen nicht abgebildet; doch der Inhalt der Werbung wurde vom Autor ins Deutsche übersetzt:

Wenn es um Proteine geht, dann drängen wir Industrieanlagen⁷⁸ aus dem Geschäft

**Abbildung einer
„glücklichen“ Raupe
auf einem Blatt**

„Firma produziert rDNA-Proteine, wobei sie Raupen als Mini-Fermentationsgefäße verwendet. Raupen sind reichlich vorhanden, transportierbar und billig, anders als teure Fermentationsanlagen.

Bei Verwendung des Baculovirus-Systems exprimieren und scheiden unsere Raupen ein Protein mit hohem Ertrag aus, ohne dass ein Kulturmedium entfernt werden muss. Die Reinigungskosten sind deshalb reduziert.

Und unter Anwendung der neuesten Technologie können unsere Raupen multiple Proteine in regulierbaren Mengen exprimieren.

„Firma“ bietet nun eine neue Dienstleistung für Forschung und Industrie: Protein-Expression auf Kontraktionsbasis

Firma: Adresse, Tel., Telex, Fax

Quelle: Eigenübersetzung; aus Trends in Biotechnology (TIBTECH) April 1988 VOL. 7, NO 4 /51), Elsevier Publications, Cambridge 1988

Quelle: Trends in Biotechnology (TIBTECH) April 1988 VOL. 7, NO 4 (51), Elsevier Publications, Cambridge 1988.

⁷⁸ „plants“ kann sowohl „Pflanzen“ als auch „Anlagen“ oder „Industrieanlagen“ bedeuten

9.4.5. Herbizidresistente Pflanzen

Eines der ersten und am schnellsten entwickelten Projekte der Anwendung der Gentechnologie bei Pflanzen war die Herstellung von herbizidresistenten Pflanzen. Man muß dadurch nicht mehr die Pflanzenschutzmittel den unterschiedlichsten Pflanzen anpassen, sondern kann sehr gezielt den umgekehrten Weg gehen und sich auf Resistenzen gegen sogenannte Totalherbizide, die gegen fast sämtliche andere Pflanzen wirken, konzentrieren. Oft ist auch von sogenannten Breitbandherbiziden die Rede. Es ergeben sich dabei folgende Gründe diese Anwendungen zu verfolgen:

- Die Kosten für die Züchtung einer neuen Sorte mit klassischer Methodik beträgt im Durchschnitt ca. 20 Mio. Schilling, während die Entwicklung eines Herbizides und dessen Zulassung bis zu 700 Mio. betragen kann (vgl. WENZEL 1989a⁷⁹, HOBBELINK 1987)⁸⁰.
- Die Pflanzenzüchtung - auch auf klassischem Wege - und vor allem mit Hilfe der neuen Methodik ist schneller als die Entwicklung neuer Chemikalien, insbesondere unter den Bestimmungen einer zunehmenden umweltbezogenen Betriebsmittelgesetzgebung (vgl. HOBBELINK 1987, DEVELOPMENT DIALOGUE 1988⁸¹).
- Das gleiche Herbizid ist für mehrere Pflanzenarten einsetzbar bzw. sind auch bei Fruchtwechsel Nachwirkungen vermeidbar (z.B. Mais-Sojabohne-Fruchtfolge). Die Profitabilität eines existenten und weltweit zugelassenen Herbizides kann dadurch ausgedehnt werden (vgl. DEVELOPMENT DIALOGUE 1988).
- Der Wirkungsmechanismus des Herbizides auf die Pflanze ist bekannt, und die enzymatische Gegenstrategie läßt sich zumeist auf ein spezifisches Gen zurückführen. Resistenzgene können dabei auch von allen anderen Lebewesen (z.B. Pilze und Bakterien) genutzt werden. Solange es sich also nur um eine monogene Veränderung handelt ist die Gentechnologie relativ leicht anwendbar. (vgl. auch CHANCEN UND RISIKEN DER GENTECHNOLOGIE 1987⁸²)
- Durch die Kombination von Saatgut und Herbiziden können beide Produkte im Packet verkauft werden. Damit läßt sich auch der Produktlebenszyklus eines profitablen Herbizides verlängern. (HOBBELINK 1987)
- Herbizide sind mengen- und umsatzmäßig die bedeutendsten Pflanzenschutzmittel. Unkräuter - oder besser Beikräuter - kann man außer mit chemischen Methoden nur durch mechanisches Hacken oder Handarbeit beseitigen bzw. durch ausgeklügelten Fruchtwechsel oder Zwischenfruchtbau in ihrem Schadensausmaß kontrollieren. Direkte Resistenzen (z.B. über Wurzelausscheidungen oder Unverträglichkeits- und Konkurrenzmechanismen) vor allem gegen mehrere Unkräuter dürfte es nicht geben. (Die Monokultur ist in natürlichen Ökosystemen nicht vorgesehen).

Die folgende Tabellenzusammenstellung (Tabelle 5) aus dem DEVELOPEMENT DIALOGUE 1988 charakterisiert das wirtschaftliche Umfeld der Forschung, der Entwicklung und letztlich auch des beabsichtigten Einsatzes von Herbizidresistenzen, obwohl die tatsächliche breite praktische Anwendung erst mit der Jahrhundertwende erwartet wird. Das zusätzliche weltweite Marktvolumen, das man sich für Ciba-Geigy's "Atrazin" erwartet, beträgt 120 Mio. Dollars, für Monsanto's "Roundup" 150 Mio. Dollar und für Hoechst "Basta" 200 Mio. Dollar. American Cyanamid z.B. hat den weltgrößten Saatgutkonzern Pioneer - nur dieser und Limagrain unter den "Top-ten" Saatzüchtern kommen nicht aus der

⁷⁹ WENZEL G. 1989 a: a.a.O.

⁸⁰ HOBBELINK, H.: New hope or falspromise - Biotechnology and Third World Agriculture. published by the International Coalition for Development Action (ICDA), Brüssel 1987.

⁸¹ DEVELOPMENT DIALOGUE 1988: The Lows of Life. 1-2; a.a.O.

⁸² CHANCEN UND RISIKEN DER GENTECHNOLOGIE 1987: Enquete-Bericht des 10. Deutschen Bundestages; a.a.O.

Chemiebranche - gratis ein Imidozolinone-Resistenzgen zum Einbau in deren Hybriden gegeben. 15 verschiedene Arten der weltweit bedeutendsten Kulturpflanzen unterliegen Forschungsprojekten zur Entwicklung von Herbizidresistenzen und man erwartet ein Marktvolumen von ca. 6 Milliarden Dollar bis zum Jahr 2000 (DEVELOPEMENT DIALOGUE 1988: S.70 ff).

Tabelle 5: Saatgut, Wirtschaft und Herbizidresistenzen

The global genetics supply industry: the top ten enterprises in 1987 (US \$ million)

Enterprise	State	Seed sales	Percentage of global sales	Herbicide tolerance
Pioneer	USA	891,0	6,55	Yes
Shell	UK/Netherlands	350,0	2,57	Yes
Sandoz	Switzerland	289,8	2,13	Yes
Dekalb/Pfizer	USA	201,4	1,48	Yes
Upjohn	USA	200,0	1,47	Unknown
Limagrain	France	171,5	1,26	No
ICI	UK	160,0	1,19	Yes
Giba-Geigy	Switzerland	152,0	1,12	Yes
Lafarge	France	150,0	1,10	Unknown
Volvo	Sweden	140,0	1,03	Unknown
Top Ten		2,705,7	19,89%	6 of 10

The global pesticides industry: the top seven enterprises in 1986 (US \$ million)

Enterprise	State	Sales	Percentage of global sales	Herbicide tolerance
Bayer	FR Germany	2,344	13	Yes
Ciba-Geigy	Switzerland	2,070	12	Yes
ICI	UK	1,900	11	Yes
Rhone-Poulenc	France	1,500	9	Yes
Monsanto	USA	1,152	7	Yes
Hoechst	FR Germany	1,022	6	Yes
Du Pont	USA	1,000	6	Yes
Top Seven		10,988	63	

Quelle: DEVELOPEMENT DIALOGUE 1988: S.70

Eine sehr langfristige Strategie dürften die Herbizidresistenzen nicht sein können, wenn man bedenkt, daß z.B. Atrazin in Intensivmaisgebieten neben dem Nitrat der Hauptbelastungsstoff des Grundwassers ist, so baut man auf

Die Industrie versichert zwar, daß die neuen Totalherbizide schneller und leichter abgebaut werden, wie z.B. das Phosphinotrizin des "Basta", daß die Herbizidresistenzen eine gezielte Anwendung gegenüber derzeit oft üblichen Voraufverfahren erst bei tatsächlich starkem Unkrautbefall ermöglichen, und daß dadurch insgesamt der Herbizidwirkstoffeinsatz reduziert werden könnte. Zu fragen ist aber, ob die Landwirte tatsächlich von vorbeugenden Strategien insbesondere bei sicherer Wirkung der Mittelanwendung abgehen. Auch ist die quantitative Diskussion allein nicht zielführend, denn die Umweltgefährdung hängt von der Dosis-Wirkungsbeziehung und von der Toxikologie des Herbizides und dessen Abbaumetaboliten und von deren Wirkung auf Mensch, Tier und Umwelt ab. Das Anwendungsumfeld von Herbiziden wird aber nicht nur von den Idealvorstellungen der Industrie oder agrarwissenschaftlicher Experten bestimmt, sondern es wirken u.a. auch andere Faktoren:

- Der Paketverkauf verleitet oder zwingt zum regelmäßigen Einsatz, obwohl vormals andere und umweltschonendere Pflanzenschutzmaßnahmen vorhanden waren. (z.B. Wer wird sich noch ein teures Hackgerät leisten?) - Die derzeitige relative Vorzüglichkeit der Vielfalt der Herbizide (z.B. bis zu 1000 verschiedene Mittel) reduziert sich auf einige wenige, die jährlich eingesetzt werden, sodaß sich Zwischen- und Abbauprodukte schneller im Boden akkumulieren können.
- Die Unkräuter könnten sich längerfristig ebenfalls die klonierten Resistenzmechanismen zulegen, insbesondere da sie nur monogenetisch verankert sind. (Man versucht diese Anpassungsfähigkeit dadurch zu umgehen, indem man Resistenzgene nicht aus pflanzlichen Genen oder Abänderungen derselben zu gewinnen trachtet, sondern durch artüberschreitenden Gentransfer aus Bakterien und Pilzen.)
- Monogenetische, aus artüberschreitenden Gentransfer gewonnene Resistenzen dürften sich gegenüber einer Mutagenese oder gegenüber anderen die Expression hinderlichen Faktoren nicht sehr stabil erweisen, sodaß der Nachbau des Saatgutes verhindert wird. Damit hätte man eine ähnliche Abhängigkeit von der Saatgutindustrie wie bei der Hybrizidzucht, und eventuell müßten die Landwirte jährlich auf das Paket zurückgreifen. Es könnte im Laufe der Jahre - und es ist anzunehmen, daß solche Pakete eine kurzfristige relative wirtschaftliche Vorzüglichkeit aufweisen - das herbizidresistente Saatgut das bisherige Saatgut fast vollkommen vom Markt verdrängen.

Das große Fragezeichen der toxikologischen Aspekte der Herbizide insbesondere in seiner Wirkung auf den Menschen (Herstellung, Anwendung, Konsumieren von Nahrungsmittel), aber vor allem auch in seiner Wirkung auf die Agrarökologie (Böden, Bodenleben, Grundwasser) bleibt bestehen bzw. es werden Alternativstrategien zu den Herbiziden durch die zusätzliche Technologie der Kombination mit der Genetik der Kulturpflanzen konterkariert. Dies läßt auf Jahre hinaus die Umweltproblematik der Intensivlandwirtschaft weiter anwachsen, anstatt sie einzudämmen. Ohne daß die Agrarwissenschaften ein durchgehendes und konsistentes Wissen über die Agrochemikalien und deren Umweltwirkung haben, würde deren Anwendung bzw. die weitere und tiefergehende Abhängigkeit von deren Anwendung durch die Kombination mit der Gentechnologie zementiert. Dies ist ein zusätzliches zur Freisetzungproblematik gentechnologisch veränderter Pflanzen hinzukommendes nicht zu unterschätzendes Ökologierisiko solcher Züchtungsstrategien.

Wenn man bedenkt, wie kurzfristig im Lauf der Geschichte des Landbaues derart massiv Agrochemikalien eingesetzt werden, wobei wir bereits jetzt deren erste negative Implikationen auf Menschen, Tiere und Umwelt registrieren, so ist die Fortsetzung dieser Strategie nur ein verlängertes Hinausschieben eines großflächigen Naturexperimentes mit zweifelhaftem Ausgang. Ein sehr zukunftsweisendes Unternehmen dürften die Herbizidresistenzen somit nicht sein können, sondern man wird längerfristig ihre ökologischen Auswirkungen und ihr eingespieltes ökonomisches Umfeld mit sehr großen, zumeist öffentlichen Mitteln beseitigen bzw. umstrukturieren müssen.

Zum Abschluß noch eine Tabelle über den mengenmäßigen Einsatz von Herbiziden auf der Basis der Wirkstoffmengen aus der BRD und dessen Entwicklung. Für Österreich lassen sich ähnliche detaillierte Statistiken nur bis 1984 anhand der Veröffentlichungen des Fachverbandes der chemischen Industrie Österreichs verfolgen. GERHOLD 1990⁸³ stellt in

⁸³ GERHOLD, S.: Stoffstromrechnung, Restizide. In: Statistische Nachrichten 7/1990; ÖStZA, Wien 1990.

den Statischen Nachrichten 7/1990 u.a. fest: "...Es ist bedauerlich, daß jüngste Daten nicht verfügbar sind ...". Diesem Bedauern kann man sich nur anschließen, Ein solches Defizit müßte schleunigst beseitigt werden, wenn die offizielle österreichische Agrarpolitik sogar vorgibt, für eine ökologisch verträgliche Landwirtschaft aktiv zu sein. Die Trends dürften jedoch ähnlich verlaufen sein wie in der BRD.

Tabelle 6: Inlandsabsatz von Pflanzenschutzmitteln in der BRD 1973 bis 1988 und Vergleich zum österreichischen Verbrauch 1984; Wirkstoffmengen in Tonnen

Jahr	Herbizide	Fungizide	Insektizide	Andere	Summe
1973	14.918	5.133	2.098	2.266	24.415
1974	16.894	6.144	1.615	2.070	26.723
1975	15.700	5.291	1.648	2.342	24.981
1977	14.906	5.400	2.073	2.597	24.976
1978	16.876	5.706	2.143	2.839	27.564
1987	18.234	6.918	2.175	3.056	30.383
1979	20.510	7.112	2.341	3.687	33.650
1980	20.857	6.549	2.341	3.183	32.930
1981	19.507	7.012	2.405	2.871	31.795
1982	17.776	7.211	1.948	2.429	29.364
1983 ¹⁾	19.339	7.572	2.152	2.287	31.350
1984 ²⁾	18.800	8.500	2.400		
1985	17.400	8.500	1.600		
1986	18.600	8.700	1.500		
1987	19.900	9.300	1.400		
1988	17.200	11.500	1.300		
Vergleich ³⁾ Österr.1984	2.427	1.733	435	200	4.800

1) BRD-Statistik laut Umweltprobleme der Landwirtschaft; Sondergutachten: Rat von Sachverständigen für Umweltfragen

2) ab 1984 bis 1988 BRD-Agrarbericht

3) GERHOLD 1990: nach Fachverband der chemischen Industrie Österreichs 1984; später nicht mehr veröffentlicht

Quelle: GERHOLD 1990; BRD-Agrarbericht;SONDERGUTACHTEN 1985

9.4.6. Stickstoffixierende Pflanzensysteme durch Gentechnologie

Das gewagtste Projekt, aber auch das Projekt mit der größten potentiellen ökologischen und ökonomischen Wirkung, das man durch den Gentransfer bei Bodenmikroorganismen oder durch den Gentransfer bei Pflanzen anstrebt, ist die Verbesserung der Stickstoffixierleistung bei den bekannten Kulturarten wie Leguminosen, und die Ausdehnung dieser Leistung auf andere Kulturarten und die Schaffung neuer fixierender Assoziationen oder Symbiosen. Dies ist ein sehr schwieriges Unterfangen und deshalb von den aufgezählten Anwendungsbeispielen der Gentechnologie in der Pflanzenproduktion am weitesten von einer Realisierbarkeit entfernt, insbesondere da die anvisierten Eigenschaften polygen verankert sind, und Symbiosen auf molekulargenetischer Ebene noch komplizierter identifizierbar sein dürften - sofern überhaupt identifizierbar, da sie aus einem evolutionären Prozess entstanden sind.

Das große Ziel ist es, von der energieintensiven mineralischen Stickstoffdüngeranwendung unabhängig zu werden, da gerade diese Düngungstechnik in den Intensivlandwirtschaftsgebieten zu den hohen Nitratgrundwasserbelastungen einen bedeutenden Beitrag in negativer Hinsicht erbringt. Der hohe Energieverbrauch zur Bindung

des Luftstickstoffes führt zudem zur verstärkten Abhängigkeit der Nahrungsmittelproduktion der Industrieländer von fossilen Brennstoffen und somit vom Weltmarkt für Rohöl, und die teure Herstellungstechnik limitiert eine weitere Ertragssteigerung im Intensivlandbau - was letztlich gut ist; (primär aufgrund der betriebswirtschaftlichen Implikationen im Zusammenhang mit dem Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs). Das Argument, daß damit ein technologischer Beitrag zur Verbesserung der Ernährungslage der wachsenden Bevölkerung in der 3. Welt geleistet werden könnte, dürfte in den tatsächlichen Beweggründen nur von sekundärer Bedeutung sein, so wie es beim bisherigen agrartechnischen Fortschritt generell auch der Fall war. In Analogie zur bisherigen Entwicklung und Anwendung moderner Agrartechnologien und in der Verquickung mit den arbeitsteiligen Weltagrarmärkten ließe sich eher das Gegenteil vermuten.

Wegen der wirtschaftlichen Zusammenhänge wurde bereits in den 70er Jahren als Folge des Ölpreisschocks intensive Forschungsanstrengungen unternommen, die Stickstofffixierung durch Bodenmikroorganismen und neue Symbiosen oder Assoziationen insbesondere auch außerhalb der Leguminosen zu untersuchen, ohne aber wirtschaftlich verwertbare Ergebnisse zu erzielen. Mit der Weiterentwicklung der Gentechnologie gelangte man im Laufe der 80er Jahre zu Forschungsansätzen, die biologische Stickstofffixierung mit Hilfe molekulargenetischer Techniken zu verbessern bzw. neu zu konzipieren. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die wichtigsten bekannten biologischen Stickstofffixiersysteme im Boden. Dabei ist das Spektrum jedoch nur grob wiedergegeben. So fand man einige tropische Grassorten oder einige trockenheits- bzw. feuchtigkeitsliebende Grasarten (u.a. Hirsearten, Elefantengras, Binsengewächse, Queckenarten), die eine durchaus beachtliche Stickstofffixierleistung bei manchen Pflanzenarten von mehr als 1kg Stickstoff pro Hektar und Tag erbrachten (DOBEREINER und DAY 1975⁸⁴, WULLSTEIN et al. 1979⁸⁵, TJEPKEMA und EVANS 1976⁸⁶). Die jeweiligen Assoziationen zumeist mit *Azotobacter paspatis* oder Symbiosen - über das genaue Funktionieren ist man sich nicht im Klaren - sind aber von einer großen Komplexität, da eine vielfältige Abhängigkeit der Nitrogenaseaktivität vom jahreszeitlichen Vegetationszyklus, dem Tagesverlauf, vom Energieangebot in Form von Kohlestoffquellen, vom Angebot an mineralischem Stickstoff in Form von NH_4 oder NO_3 und vom anderen Nährstoffgehalt gegeben ist. Zudem sind die Bodenverhältnisse entscheidend, insbesondere die Luftführung, da die Nitrogenaseaktivität der Bakterien nur unter Sauerstoffabschluß gegeben ist, bzw. es müssen die Pflanzen an der Wurzeloberfläche diese Bedingungen den Bakterien, was in den Wurzelknöllchen der Leguminosen der Fall ist, bieten. Interessant erscheint auch, daß mit der Züchtung der tropischen Gräser wie Elefantengras oder "Batatais"-Typen auf höhere Erträge und auf ein besseres Aufnahmevermögen von mineralischem Stickstoff "die Stickstofffixierleistung dieser neuen Sorten zurückgegangen sein dürfte" (DOBEREINER u. DAY 1975). Dies könnte mit der Verlagerung der energetischen Versorgung von der Wurzel in die oberirdischen Organe einhergegangen sein, da selbstverständlich auch die biologische Stickstofffixierung ein relativ energieintensiver Vorgang ist.

⁸⁴ DOBEREINER, Johanna u. DAY, J.M.: Nitrogen fixation in the rhizosphere of tropical grasses. In: Nitrogen Fixation by Free Living Microorganismus (W.D.P. Stewart, ed.), Cambridge Univ. Presse, Cambridge 1975, pp. 39-56.

⁸⁵ WULLSTEIN, L.H.; BRUENING, M.L.; BOLLEN, W.B.: Nitrogen Fixation Associated with Sand Grain Root Sheaths (Rhizosheaths) of Certain Xeric Grasses. In: *Physiologia Planarum* 46: 1-4, 1979

⁸⁶ TJEPKEMA, J.D.; EVANS, H.J.: Nitrogen fixation Associated with *Juncus Balticus* and other Plants of Oregon Wetlands. In: *Soil Biol. Biochem.* Vol. 8, Pergamon Press (GB) 1976, pp 505 to 509.

Tabelle 7: Stickstofffixierende Systeme

	fixierte Menge, Stickstoff pro Hektar (kg N/ha)
1. Freilebende und in Assoziation lebende Bodenbakterien - Klebsiella (freilebend) - Azotobacter,* - Azospirillum (vergesellschaftet lebend) - Blaualgenspezies	0,4 - 0,8 (mit geringen Steigerungsmöglichkeiten der Fixierleistung) 0,4 - 0,8 (mit größeren Steigerungsmöglichkeiten der Fixierleistung) 25 - 30
2. In Symbiose mit Pflanzen lebende Bakterien - Leguminose / Rhizobium - Azolla/Anabaena (Schwimmfarn/Blaualge) - Erle / Frankia*	100 - 600 300 40 - 300

***auch Strahlenpilze bei Ölweide und Sanddorn; Azotobacter vor allem im ostasiatischen Naßreisbau genützt**

Quelle: Chancen und Risiken der Gentechnologie 1987

*auch Strahlenpilze bei Ölweide und Sanddorn; Azotobacter vor allem im ostasiatischen Naßreisbau genützt

Quelle: Chancen und Risiken der Gentechnologie 1987

Die Gentechnologie versucht den komplexen Vorgang der Stickstofffixierung durch die an den biochemischen Reaktionen beteiligten Enzyme und damit durch die ihnen zugrundeliegenden Gene in den Griff zu bekommen. Dabei wurden bei Klebsiella pneumoniae 17 sogenannte "nif-Gene" ("nitrogen-fixation-genes") identifiziert und unter anderem in E.coli und Hefen kloniert. E.Coli konnte dadurch zur Stickstofffixierung animiert werden.

Letztlich verfolgt man durch Gentechnologie folgende Strategien bzw. es ist darauf hinzuweisen, daß dies noch immer theoretische Konzeptionen sind:

- Übertragung der N-fixierleistung (z.B. über die nif-Gene) auf die Kulturpflanzen direkt. Dabei gibt es eine Vielzahl von Problemen neben eben der polygenen Struktur und den notwendigen pflanzlichen Promotoren, wie z.B. die Expression in sauerstofffreien Bereichen der Zelle und die Umwandlung von Ammonium in organischen Stickstoff. Einige Schwierigkeiten dabei würde auch die Bereitstellung der Energie für die Nitrogenaseaktivität, ohne Ertragseinbußen zu erleiden, bereiten.
- Übertragung der N-fixierung durch die Wirtsbereichserweiterung von Rhizobien oder anderen N-fixierenden Mikroorganismen. Hier steht die Komplexität der Symbiosebeziehungen einer simplen gentechnologischen Veränderung entgegen. Es ist jedoch nicht geklärt, ob nicht ein relativ einfacher Eingriff bei den Bodenorganismen

genügen könnte, um eben z.B. auch den Getreidearten bereits die Fähigkeit zur Knöllchenbildung zu geben.

- Optimierung der derzeitigen Symbiosen durch Gentechnologie oder einfach Freisetzung freilebender Stickstofffixierer, die eben zusätzlich in ihrer Fixierleistung und in ihren Eigenschaften verändert worden sind.

Da die Beimpfung von Leguminosensaatgut mit natürlichen Rhizobien bereits in den USA in breitem Maßstab angewandt wird, erwartet man sich bei dieser letzteren Technologie die ersten Fortschritte durch Aufklärung der Struktur und Funktion der an der N-fixierung beteiligten Gene (OTA 1986)⁸⁷. Obwohl sich derzeit, insbesondere da "die Hoffnung, die nif-Gene in höhere Pflanzen zu übertragen, klein geworden ist" (WENZEL 1989a)⁸⁸, kaum realistische Ergebnisse für die Gentechnologie ergeben, werden die theoretischen Ansätze weiter verfolgt. (Also auch die derzeitige Methodik der Gentechnologie scheint Grenzen zu kennen.)

Die in puncto Umweltgerechtigkeit äußerst problematische, hingegen für die Erträge der Intensivlandwirtschaft unverzichtbare Stickstoffdüngung durch eine gleicheffiziente biologische Strategie mit Hilfe der Gentechnologie zu ersetzen, wäre vordergründig betrachtet ein großer wissenschaftlicher Durchbruch. Bei genauerer Analyse der ökosystemaren Zusammenhänge ergeben sich - abgesehen vom sonstigen Risikopotential der Gentechnologie - aber folgende Kritikpunkte, wobei nicht nur an den Ersatz des derzeitigen mineralischen Düngers gedacht wird, sondern an einer weiteren Intensivierung gearbeitet wird, um den Anforderungen der Industrie an die nachwachsenden Rohstoffe gerecht zu werden.

- o BOLLER 1988⁸⁹ analysierte die Wirkung von mineralischem Stickstoffdünger auf die N-Fixierung von Weiß- und Rotklee unter Feldbedingungen. Abbildung 23 bestätigt die aus vielfachen pflanzensoziologischen Untersuchungen bekannten Veränderungen von Grünlandbeständen durch Stickstoffdüngung (SOBOTIK 1990)⁹⁰ und quantifiziert die Stickstoffströme. Was daraus in großen Zügen ersichtlich wird, ist die Assoziation und die Austauschbeziehung zwischen Leguminosen und Gräsern und ihr Gleichgewicht oder Konkurrenzverhältnis. Eine gentechnologische Etablierung der Stickstofffixierung bei Gräsern bzw. Grasarten könnte damit zur Konsequenz haben, daß nicht nur in Kulturökosystemen sondern zum Schluß auch in natürlichen Ökosystemen die pflanzensoziologischen Bedingungen sich gravierend verändern. D.h. es könnte durchaus die Möglichkeit bestehen, indem in das agrarische Ökosystem der Wurzelsymbiosen auf molekulargenetischem Wege eingegriffen wird, daß auch die natürlichen Ökosysteme diese gravierenden Änderungen aufnehmen und sich autonom weiterverändern, ohne daß wir die Folgen daraus abschätzen können. Oder wie PÜHLER 1988⁹¹ anläßlich einer Diskussion an der Universität Wien es ausdrückte: "Man muß sich fragen, warum die meisten Gräser im Laufe der Evolution die Stickstofffixierung bis jetzt nicht gelernt haben".

⁸⁷ OTA : Technology, Public Policy, and the Changing Structure of American Agriculture. Congress of the United States; Office of Technology Assessment, Washington D.C. 1986.

⁸⁸ WENZEL, G. 1989 a: a.a.O.

⁸⁹ BOLLER, B.: Die Stickstoff-Fixierleistung von Alexandrinerklee und Perserklee im Vergleich zu Rotklee. In: Landwirtschaft Schweiz Vol. 1(5), posieux 1988, S. 309-312.

⁹⁰ SOBOTIK, M.: mündliche Mitteilung. BA. für alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein (Steiermark) 1990.

⁹¹ PÜHLER, A.: Chancen und Risiken der Gentechnologie - Gentechnik in der Biotechnologie. Vortrag am Biozentrum der Univ. Wien, Wien 5. 12. 1988.

Abbildung 23: Stickstoffbilanz am Grünland mit und ohne N-Düngung

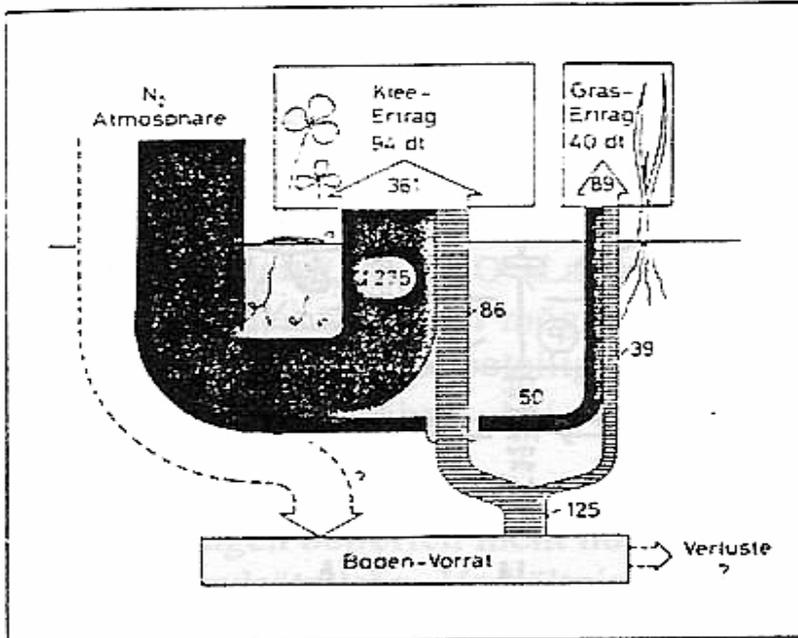


Abb. 1. Stickstoff-Fluss (kg/ha) in einem Gras-Weissklee-Bestand ohne N-Düngung (I. Hauptnutzungsjahr, Durchschnitt 1984/85). Im Ertrag konnten 325 kg/ha biologisch fixierter N (inklusive 50 kg/ha = Transfer-N im Gras) nachgewiesen werden. Eine zusätzliche, experimentell nicht bestimmbar Menge an biologisch fixiertem N gelangt durch absterbende Kleeernte in den Boden-Vorrat.

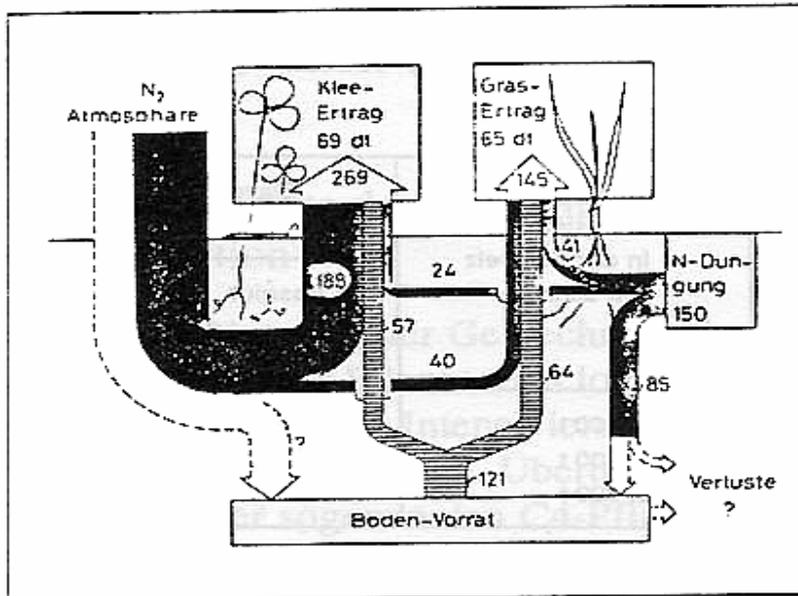


Abb. 2. Stickstoff-Flüsse (kg/ha) in einem Gras-Weissklee-Bestand mit einer N-Düngung von 30 kg/ha pro Schnitt (I. Hauptnutzungsjahr, Durchschnitt 1984/85). Der Gesamtertrag an biologisch fixiertem N beträgt 228 kg/ha.

Quelle: BOLLER, B. 1988

- o Da Stickstoff oft der begrenzende Grundstoff für die Zersetzung organischer Substanz im Boden ist, trägt der erhöhte Stickstoffeinsatz und -verbrauch zur Reduzierung der organischen Bodensubstanzen bei; damit verschlechtert er die Böden und fügt der Atmosphäre Kohlendioxid hinzu (vgl. GLOBAL 2000 1980, S. 603)⁹². Dies gilt für den mineralischen N-Einsatz, könnte aber auch für die biologische N-Fixierung gelten.
- o Die N-Fixierung auch durch Organismen benötigt sehr viel Energie. Nährstoffe in Form von biologisch verfügbarer Energie müssen bereitgestellt werden. Damit z.B. der Weizen für seinen Proteingehalt den N (Stickstoff) selbst synthetisieren kann, wird er die gleiche Menge Stärke, die er im Weizenkorn besitzt, wieder veratmen müssen (FAUST 1986)⁹³. Das bedeutet entweder einen geringeren Ertrag (vgl. Leguminosen) oder einen verstärkten Humusabbau oder organische Stoffe müssen vermehrt zugeführt werden. Der nächste logische Schritt einer technologischen Veränderung der Pflanzen wäre, daß an einer verbesserten Photosyntheseleistung gearbeitet werden müßte.
- o Das Stickstoffproblem betrifft nicht nur das Grundwasser sondern auch die Luft. Unter den in die Luft emittierten N-Verbindungen sind die ausgesprochen umweltrelevanten Gase wie Ammoniak und Lachgas anzutreffen, wobei die Landwirtschaft der Hauptträger des Ausstoßes ist (vgl. Tabelle 8, N-Bilanz für die Schweiz; nach STADELMANN 1988⁹⁴). Wenn man also die Landwirtschaft derart hochintensiviert, ist sie durchaus im Stande auch einen Beitrag zu globalen Umweltproblemen, wie Abbau der Ozonschicht oder zum Waldsterben zu leisten, da N₂O (Lachgas) von der Biosphäre nicht mehr genutzt werden kann und möglicherweise am Abbau der Ozonschicht in der Stratosphäre beteiligt ist, während das NH₃ (Ammoniak) - wie bereits erwähnt - bei entsprechender Konzentration zum Waldsterben beiträgt.

Einige dieser Überlegungen betreffen nicht nur das Stickstoffproblem, sondern auch das grundsätzliche Verhältnis von weiterer Ertragssteigerung in der Landwirtschaft zu den ökologischen Grenzen derselben. Für einen agrarischen Spezialwissenschaftler mag es zwar ein großes Glück sein, eine weitere Optimierung der Interaktionen Pflanze-Boden, die anscheinend nicht einmal ansatzweise erforscht sind (WENZEL 1989a)⁹⁵, zu erreichen, für das Ökosystem Erde könnte aber die Summe dieser Optimierungsschritte katastrophale Folgen haben.

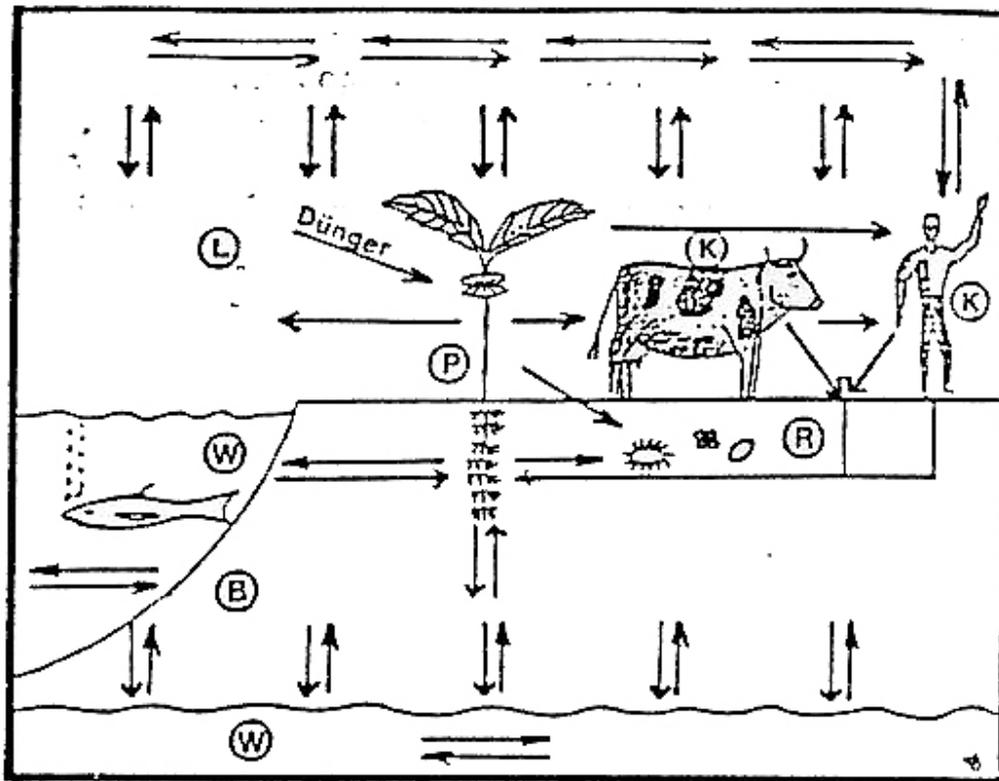
⁹² GLOBAL 2000: Der Bericht an den Präsidenten. Zweitausendeins, dt. Übersetzung, Frankfurt a. Main, 1980.

⁹³ FAUST, U.: Bedeutung der Biotechnologie für Chemie und Energie. In: Zukunftschance Biotechnologie - Internationales Symposium in Mauterndorf, Österreichische Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien 1985.

⁹⁴ STADELMANN, F.X.: Naturwissenschaftliche Kriterien einer ökologisch ausgerichteten Landwirtschaft: Sieben Thesen für heute und morgen. In Zukunftsforschung, Schweizerische Vereinigung für Zukunftsforschung, Prof. Dr. P. Rieder (Hg.), ETH-Zürich 1988.

⁹⁵ WENZEL, G. 1989: a.a.O.

Tabelle 8: Agrarökosystem und gasförmiger Stickstoffausstoß der schweizer Landwirtschaft



Umweltbereiche:
 L = Luft = Atmosphäre;
 W = Wasser = Hydrosphäre;
 B = Boden = Pedosphäre.

Ökologische Gruppen:
 P = Produzenten = Pflanzen;
 K = Konsumenten = Tiere/Menschen;
 R = Reduzenten = Mikroorganismen.

Abb. 1: Stoff- und Energie-Flüsse (→) in einem Agrar-Ökosystem (vereinfacht).

Spurenstoff in der Luft	Gesamtemission in der Schweiz pro Jahr	Davon aus der Landwirtschaft	
		Absolut	Anteile an Gesamtemission
NH ₃ -N	50000 t	45000 t	90 %
N ₂ O-N	30000 t	22000 t	73 %
NO _x -N	57000 t	2000 t	3.5 %

Tabelle 1: Jährliche Emission von gasförmigen, umweltrelevanten Stickstoffverbindungen (exkl. N₂) in die Atmosphäre in der Schweiz. Grobe Schätzung für das Jahr 1985 (nach Stadelmann, 1987a).

Quelle: STADELMANN 1988

9.4.7. Andere Ansatzpunkte des Gentransfers in der Pflanzenproduktion

Auf eine beabsichtigte Nutzung der Gentechnologie zur Verbesserung der Photosyntheseleistung der Pflanzen als logische Konsequenz einer weiteren Ertragssteigerung bzw. Intensivierung wurde bereits hingewiesen. Primär wird dabei an eine Übertragung des effizienteren Photosynthesystems der sogenannten C4-Pflanzen (z.B. Mais, Zuckerrohr u.a.) auf andere Kulturpflanzen gedacht. Auch auf eine verbesserte Anpassung der Pflanzen an neue und geänderte Umweltverhältnisse (Temperatur, Wassergehalt, Salzgehalt) wird abgezielt. Bodenmikroorganismen interessieren aber nicht nur in Bezug auf die N-fixierung, sondern auch die Veränderung der anderen nährstoffaufschließenden Eigenschaften und ihre Schutzfunktion gegen Krankheitserreger und Schädlinge stehen zur Diskussion (z.B. Mycorrhizen und ihr Phosphataufschlußvermögen, Entfernung eines Oberflächenproteins bei *Pseudomonas syringiae*, sodaß sie nicht mehr Kristallisationskeime sein können - sogenannte "Ice-minus-Bakterien", die bei Ausbringung auf Kulturen Frostschäden vermeiden sollen, usw.).

9.5. DNA-Sonden als Hilfsmittel in Züchtung und Pflanzenschutz

Das Wissen aus der Gentechnologie dient nicht nur dazu, möglichst schnell einen wirtschaftlich interessanten Gentransfer bei der Pflanze oder bei der sie ungebunden Biozönose durchzuführen, sondern die dabei angewandten Methoden bilden auch ein Werkzeug, um auf möglichst objektivierende Weise Diagnosen bezüglich des Vorhandenseins von Pathogenen oder erwünschten Genen oder Genkombinationen zu erstellen. Dadurch erwartet man sich eben, daß der bereits erwähnte "berühmte" Züchterblick" - die Erfahrung, das Gefühl für Pflanzen oder eben das Glück - durch ein sichereres Testverfahren, das nicht nur bei der ausgewachsenen Pflanze sondern bereits zu einem viel früheren Zeitpunkt angewandt wird, ersetzt werden kann. Auch der "Pflanzenarzt" bräuchte keinen Feldbesuch mehr, denn er würde ähnlich wie es bereits vielfach in der Humanmedizin üblich ist, nur mehr aufgrund des Laborbefundes die Diagnose - und Therapieentscheidung treffen.

Das Werkzeug dafür sind DNA-Sonden, die auf Krankheitserreger schnell und sicher ansprechen oder einzelne erwünschte oder unerwünschte Pflanzengene nachweisen können. Die Kombination von DNA-Sonden mit Restriktionsenzymen lassen die Identifikation von bestimmten DNA-Mustern zu (Restriktions-Fragment-Längen-Polymorphismen = RFLP's; auch in der Tierzucht verwendbar). Die RFLP's können als genetische Marker genutzt werden, um nach bestimmten Eigenschaften - selbst wenn sie polygen verankert sind - aufgrund der Korrelation mit einem entsprechenden Polymorphismusmuster zu suchen. Damit ergibt sich die Möglichkeit, daß in der Züchtung effizienter die Kreuzungspartner ausgewählt und in früheren Entwicklungsstadien bereits nach der gewünschten Kombination "gescreant" und selektiert werden kann. Man erwartet davon ebenfalls eine enorme Raum- und Zeitersparnis im Züchtungsgeschehen.

10. Gentechnologie in der Lebensmittel- und Getränkeherstellung

10.1 Die Lebensmittelbiotechnologie und ihre Entwicklung

Die Gentechnologie wird allein schon durch die direkte agrarische Anwendung in der Pflanzen- und Tierproduktion, wo sie schon ein sehr breites Möglichkeitsfeld aufweist, letztlich die Qualität der Lebensmittel auf den verschiedensten Ebenen beeinflussen. Doch ist ihr potentieller Einfluß auf die Lebensmittelerzeugung damit bei weitem noch nicht begrenzt, sondern in der fermentativen und enzymatischen Weiterverarbeitung der Rohnahrungsmittel bietet sie sich ebenfalls in vielfältiger Weise als innovatives Element an.

Die traditionelle Lebensmittelbiotechnologie hat sich ausgehend von der einfachen "spontanen" Fermentation oder sonstigen einfachen Techniken beim Brotbacken, bei der Milchverarbeitung und bei der Erzeugung alkoholischer Getränke parallel zur wissenschaftlichen Entwicklung der Mikrobiologie und Biochemie, zu einem sehr komplexen und spezialisierten Anwender der Leistungen von Mikroorganismen gewandelt. So stehen heute eine Vielzahl leistungsfähiger Pilz- und Bakterienstämme zur Verfügung, die einerseits direkt zur fermentativen Verarbeitung der landwirtschaftlichen Rohnahrungsmittel verwendet werden oder aus denen andererseits eine breite Palette an Konservierungsmitteln, Geschmacks- und Aromastoffen, Zusatz- und Hilfsstoffen gewonnen werden. Dazu gehören überblicksmäßig mit dem Schwerpunkt des europäischen Lebensmittelmarktes folgende Waren (HOLZAPFEL und HAMMES 1989)⁹⁶:

- fermentative Lebensmittel:

- o alkoholische Getränke (über Hefen und einzelne Bakterienkulturen)
- o nichtalkoholische Getränke (milchsaure Gemüsesäfte)
- o Backwaren (Hefe, Sauerteig)
- o Sauerkraut, Essig, Schneidebohnen
- o Kakao, Kaffee, Tabak und Tee
- o verschiedene Sojaprodukte
- o Milchprodukte (Dickmilch, Joghurt, Sauerrahmbutter, Käse)
- o Rohwürste und Rohschinken

Bei vielen dieser Produkte wurde früher mit Hilfe "spontaner" Gärung oder durch selbst angesetzte eigene Mischkulturen die Fermentation durchgeführt. Heute ist das insbesondere bei Hefe-Backwaren, den meisten Alkoholika, und vor allem bei Milchprodukten nicht mehr üblich, sondern im industriellen Maßstab werden die genau definierten mikrobiellen Starterkulturen, bereitgestellt von Spezialunternehmen, zugekauft und in einem verfahrenstechnischen Standard zum Einsatz gebracht. D.h. es gibt auch bereits eine hochspezialisierte biotechnologische Vorleistungsindustrie internationalen Maßstabs. Dasselbe gilt natürlich auch für die zweite Gruppe:

- Hilfs- und Zusatzstoffe für Lebensmittel aus der Biotechnologie

Fruchtsäuren: (Citronensäure, Milch-, Apfel-, Bernstein-, Wein-, Essigsäure usw. zum Aufschließen, Konservieren und zur Geschmacksgebung)

Aminosäuren: (Geschmacksverstärker, Antioxidantien, Proteinaufwerter)

⁹⁶ HOLZAPFEL, W.H.; HAMMES, W.P.: Die Bedeutung moderner biotechnischer Methoden für die Lebensmittelerstellung. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.

Vitamine: (Aufwertung der Lebensmittel, "Gesundheitsnahrung")

Geschmack und Aromastoffe: (Käsearomen, Inosinsäure und Guanylsäure für Fertiggerichte)

Antibiotika: z.B. Nisin, Pimaricin zur Konservierung

Geliermittel: z.B. Alginat und Xanthan, (Eis, Pudding, Emulsion), Pullulan, Curdlan (Pudding), Pectin (Marmeladen)

- Enzyme: (siehe Tabelle 9) z.B. Glucose-Isomerase zur Erzeugung von Fructosesirup als Zuckerersatz, Glucosidasen, Invertasen, Amylasen (z.B. Stärkeaufschluß, für Isomerasen-Erzeugung oder Versprittung). Hemicellulasen, Cellulasen, Glucose-Oxidasen (O^2 -Entfernung), Proteasen (z.B. zur Käseherstellung), Rennin bzw. Chymosin (aus dem Kälbermagen zur Gewinnung der Milch bei der Käseherstellung), Papain (aus Papaya als Fleischzartmacher).

Die biotechnologische Lebensmitteltechnologie erlebte auch deshalb im letzten Jahrzehnt insbesondere in Europa eine besondere Blüte, da die chemischen Hilfs- und Zusatzstoffe aufgrund ihrer gesundheitlichen Bedenklichkeit in die Defensive gedrängt wurden, und da die Möglichkeiten der Biotechnologie eine vom Markt gewünschte Differenzierung der Nahrungsmittel brachte. Die spezialisierte Biotechnologie und die aus ihr stammenden Zusatz- und Hilfsstoffe wurden auch insofern vom Markt akzeptiert, da sie sich aus der natürlichen Fermentation bei traditionellen Produkten entwickelt haben.

Gleichzeitig gab es den Trend zum möglichst gebrauchsfertigen Produkt, das ein Maximum an gewünschten Koch- und Geschmackseigenschaften ohne zeitaufwendige und komplizierte Manipulationen aufweisen möge. Das Nahrungsmittelmanagement wurde dabei zunehmend von der traditionellen Küche in die spezialisierte Industriehalle verlagert, wobei die gesamtgesellschaftliche Organisationsentwicklung der Haushalte, die sich spezialisierende und konzentrierende Tendenz in der Lebensmittelindustrie, vor allem aber im Handel, und die dem Wohlstand adäquate Ausweitung der Angebotspalette einen wesentlichen Beitrag geleistet haben. Gut zu essen, immer etwas Anderes oder auch saisonunabhängig das Gleiche und Gewohnte zu essen, überall zu essen, schnell zu essen, ganz anders oder international und exotisch zu essen, relativ sicher vor Verunreinigung und Verderbenheit der Nahrungsmittel zu essen, alles hygienisch verpackt zu essen, vielfältig und doch kalt zu essen, immer mit dem erwarteten Geschmack zu essen usw.; das alles ist heute in den westlichen Ländern absolut kein Problem, es sei denn, daß sich aufgrund einseitiger und falscher Ernährungsweisen oder durch den breiten und andauernden Eintrag von gesundheitsgefährdenden Chemikalien und ihrer synergistischen Wirkung längerfristig Folge- und Mangelkrankungen und Vergiftungserscheinungen eintreten, ohne daß sich deren Ursachen indentifizieren lassen, wobei auch die einen oder anderen biotechnologischen Zusatz- oder Hilfsstoffe eine Gefährdungslage aufweisen (siehe später).

Tabelle 9: Biotechnologische Produkte der Lebensmittelbiotechnologie

Produkte	Anwendung	Produzent
Fruchtsäuren		
Citronensäure	Erfrischungsgetränke, Milchprodukte, Fette, Öle	Aspergillus niger, Candida lipolytica
Itaconsäure	Speisefette	Aspergillus itaconicus, Aspergillus terreus
Gluconsäure	Backpulver, Desserts, Brotmischungen, Wurst	Aspergillus niger, Penicillium chrysogenum
Fumarsäure	Desserts, Fette, Milchprodukte, Fleischprodukte	Rhizopus sp., Mucor sp.
Äpfelsäure	Erfrischungsgetränke, Konfitüren, Gelees, Bonbons, Sirup, Öle, Brot	Aspergillus sp., Penicillium brevicompactum, Hefen
Weinsäure	Erfrischungsgetränke, Desserts, Gelees	Penicillium notatum, Aspergillus niger, Aspergillus griseus
Bernsteinsäure	Geschmacksstoff; K-, Ca- und Mg-Salze als Kochsalzersatz	Rhizopus sp., Mucor sp., Fusarium sp.
Oxalsäure	Hydrolyse von Stärke zu Glucose	Aspergillus niger
Milchsäure	Fruchtsäfte, Mayonnaise, Desserts, Backwaren, Milch- und Fleischprodukte	Rhizopus sp., Mucor sp.
Aminosäuren		
L-Glutaminsäure	Geschmacksverstärker	Arthrobacter paraffineus, Brevibacterium flavum, Corynebacterium glutamicum
L-Lysin	Aufwertung von Proteinen	Corynebacterium glutamicum, Brevibacterium flavum
L-Cystein	Backwaren, Antioxidans	Aerobacter aerogenes (Biotransformation)
L-Tryptophan	Antioxidans	Corynebacterium glutamicum
L-Histidin	Antioxidans	Brevibacterium flavum
L-Methionin	Aufwertung von Proteinen	Corynebacterium glutamicum
Vitamine		
Cobalamin	Aufwertung von Lebensmitteln	Propionibacterium freudenreichii, Propionibacterium shermanii
Riboflavin	Aufwertung von Lebensmitteln	Ashbya gossypii, Eremothecium ashbyi
β -Carotin	Aufwertung von Lebensmitteln	Blakeslea trispora
Ascorbinsäure	Aufwertung von Lebensmitteln	Gluconobacter oxydans (Biotransformation)
Ergosterin	Aufwertung von Lebensmitteln	Hefen
Geschmacksstoffe		
Inosinsäure	Fertiggerichte	Brevibacterium ammoniagenes, Corynebacterium glutamicum
Guanylsäure	Fertiggerichte	Bacillus subtilis, Corynebacterium glutamicum
Aromastoffe		
Diacetyl	Milchprodukte	Streptococcus lactis ssp. diacetylactis, Streptococcus salivarius ssp. thermophilus
Käsearoma	Knabberartikel	Penicillium roqueforti
Essigsäure	Sauergemüse	Acetobacter aceti, Acetobacter pasteurianus, Acetobacter hansenii, Gluconobacter oxydans

Produkte	Anwendung	Produzent
Antibiotika		
Nisin	Gegen Blähung von Schmelzkäse, zur schonenderen Erzeugung von Konserven	<i>Streptococcus lactis ssp. lactis</i>
Pimaricin	Zur antimykotischen Oberflächenbehandlung von Schnittkäse und Wurstdärmen	<i>Streptomyces natalensis</i>
Geliermittel		
Alginat	Speiseeis, Instantpudding, Creme	<i>Azotobacter vinelandii</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Xanthan	Getränke, Schmelzkäse, Schlagcreme, Instantpudding, Frenchdressing, Emulsionsstabilisator	<i>Xanthomonas campestris</i>
Pullulan	Überzüge für Lebensmittel	<i>Aureobasidium pullulans</i>
Curdlan	Geliermittel für Puddings	<i>Alcaligenes faecalis ssp. myxogenes</i>
Pectin	Konfitüren, Backwaren, Speiseeis, Mayonnaisen, Käse	Apfel, Citrusfrüchte
Enzyme		
Glucose-Isomerase	Gewinnung von Fructosesirup mit weitem Anwendungsfeld, für diätetische Lebensmittel zur Reduktion des Glucosegehaltes	<i>Actinoplanes missouriensis</i> , <i>Arthrobacter spec.</i> , <i>Bacillus coagulans</i> , <i>Streptomyces albus</i> , <i>Streptomyces olivaceus</i> , <i>Streptomyces olivochromogenes</i> , <i>Streptomyces rubiginosus</i>
β -Glucanase	Erleichterung der Filtration von Säften	<i>Bacillus circulans</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Penicillium emersonii</i> , <i>Rhizopus delemar</i> , <i>Rhizopus oryzae</i>
α -Glucosidase	Zur Verzuckerung von Stärke	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Maltase		<i>Trichoderma harzianum</i>
β -Glucosidase	Erleichterung der Filtration von Säften	
Invertase	Zur Fructosegewinnung, Kunsthonigherstellung	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Kluyveromyces fragilis</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Cellobiase	Gemüse, Früchte	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Trichoderma reesei</i>
β -Galactosidase	Entfernung von Lactose aus Milch- und Molkeerzeugnissen	<i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Kluyveromyces fragilis</i>
α -Galactosidase	Bei der Zuckerherstellung, Entfernung der Raffinose aus Melasse	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Mortierella vinacea sp.</i>
Xylanase	Cerealien, Stärke	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Streptomyces sp.</i> , <i>Sporotrichum dimorphosporum</i>
Inulinase	Zucker, Honig	<i>Kluyveromyces fragilis</i>
β -Amylase	Maltosegewinnung aus Polysacchariden	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus subtilis</i>
α -Amylase	Glucosesirup, Spritherstellung, Getreideverarbeitung, Pectingewinnung, Fruchtsaftherstellung	<i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Rhizopus delemar</i>
Iso-Amylase	Cerealien, Stärke	<i>Bacillus cereus</i>
Arabinofuranosidase	Früchte, Gemüse, Getränke, Gewürze und Aromastoffe	<i>Aspergillus niger</i>
Glucoamylase oder Amyloglucosidase	Früchte, Gemüse, Zucker, Honig, Konfekt, diätetische Lebensmittel	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Rhizopus oryzae</i> , <i>Trichoderma reesei</i>
Cellulase	Beseitigung von Trübungen, Verbesserung der Verdaulichkeit, Gewinnung von Pflanzenextrakten	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Rhizopus delemar</i>

Die Vorteilhaftigkeit der Produkte aus der sich spezialisierenden Nahrungsmittelbiotechnologie liegen auf der Hand:

- Veränderung und Standardisierung bei gleichzeitiger Differenzierung und Akzentuierung der sensorischen Eigenschaften;
- zusätzliche gesundheitsrelevante Stoffe in den verschiedensten Lebensmitteln (z.B. Vitamine);
- bessere Haltbarkeit;
- Veränderung und Standardisierung der Textur und Konsistenz;
- weitgehende Vermeidung von problematischen Fremdinfectionen und toxikologisch bedenklicher Stoffe
- wirtschaftlichere Produktion; d.h. technologisch eindeutige Wirksamkeit und damit Eignung für Automation und Massenproduktion;
- neuartige Produkte;

Und dies sind durchaus auch beachtliche Leistungen der modernen Nahrungsmittelbiotechnologien und ihrer wissenschaftlichen Bearbeitung.

Auf diese Situation von Vielfältigkeit, Spezialisierung, Konzentration und Standardisierung, die sich in und aus der Lebensmittelbiotechnologie ergibt, trifft die Gentechnologie mit ihren zusätzlichen Möglichkeiten einer Effizienzsteigerung in der Produktion und einer neuen Diversifizierung, Spezialisierung und Standardisierung.

10.2. Die Anwendungsmöglichkeiten der Gentechnologie in der Lebensmittelbiotechnologie

Durch gentechnische Methoden möchte man die Vorteile der modernen Lebensmittelbiotechnologisch noch weiter verstärken. Das heißt, die Vielfältigkeit erhöhen und den technologischen Fermentationsprozess auf einer möglichst exakten Ebene der genau definierten Proteine gleichsam wie einen chemischen Prozess gestalten, um u.a. auch neue Prozesse und neue Produkte hervorzubringen. Dabei versucht man auf folgenden Gebieten aktiv zu werden.

10.2.1. Veränderung der fermentierenden Mikroorganismen

Prinzipiell ist die Gentechnologie bei sämtlichen der in der Lebensmitteltechnologie eingesetzten Mikroorganismen denkbar, um ihre Enzymwirkung zu verstärken, unerwünschte Nebenprodukte auszuschließen oder neue Proteinfunktionen hinzuzufügen. Aufgrund der technologischen und wirtschaftlichen Bedeutung konzentriert man sich aber primär auf die Milchsäurebakterien und auf die Hefe *Saccharomyces cerevisiae*. Tabelle 10 gibt z.B. das derzeitige Anwendungspotential der Gentechnologie bei *Lactococcus* für plasmidcodierende Gene, soweit sie kloniert wurden, wieder (TEUBER 1990)⁹⁷. Zusätzlich bietet sich die Möglichkeit auch artfremde Proteingene in die Lactococcen zu integrieren, wie z.B. das Chymosin der Rinder oder das Lysozym der Hühner. Chymosin dient zur Dicklegung der Käseemilch und Lysozyme könnten den Nitratzusatz gegen Spätblähungen der Käse ersetzen. Lactococcen können ihre Plasmide auf konjugativem Wege untereinander austauschen, und darüber hinaus wurde bereits ein Plasmid als sogenannter Shuttle-Vektor konstruiert, der auch bei *Escherichia* und *Bacillus* funktioniert. Damit sind die

⁹⁷ TEUBER, M.: Gentechnik in der Lebensmitteltechnologie. Vortragsmanuskript bei der Tagung Gentechnik in Biotechnologie, Land- und Forstwirtschaft, Univ. für Bodenkultur, Wien 1990.

Milchsäurebakterien an das gentechnologische Know-how der anderen Bakterien angeschlossen.

Tabelle 10: Plasmidkodierte Gene in Lactococcus

1. Lactosestoffwechsel: Enzyme II α Faktor III des Phosphotransferase-Systems, P- β -Galactosidase, Tagatose-6-P-Isomerase, Tagatose-6-P-Kinase, Tagatose-1,6-P-Aldolase
2. Citratstoffwechsel: Citratparmease
3. Proteolytisches System: β -Caseinase, Reifungsprotein
4. Saccharose-6-P-Hydrolase
5. Schleimbildung
6. Bacteriocinbildung und -immunität (z.B. Nisin)
7. Bakteriophagenresistenz

Quelle: TEUBER 1990

So schreibt TEUBER 1989⁹⁸: "Die biochemischen Vorgänge der Milchsäuregärung, der Aromabildung und, mit Einschränkung, auch der Käsureifung sind heute weitgehend geklärt. Die Rolle der daran beteiligten Mikroorganismen und Kulturen kann recht gut beschrieben werden, so daß es reizvoll erscheint, auf der Grundlage dieses Wissens Kulturen mit neuen Eigenschaften durch Neukombination auch auf genetischer Ebene zu konstruieren".

Diese Ideen wären zwar für eine Weiterentwicklung der Milchverarbeitungstechnologie reizvoll, beinhalten aber ein hohes potentiell Risiko bei der Ernährung des Menschen. Es müßten sämtliche Veränderungen in der Eiweißzusammensetzung durch eingeführte fremde DNA in Bezug auf ihre Pathogenität und Toxizität bekannt sein, und vor allem auch die Ökologie der veränderten Lebensmittelflora in Beziehung zu den natürlich vorkommenden Stämmen dürfte durch eine Freisetzung, die dabei zweifellos passieren muß, nicht gestört werden. Man stelle sich nur den hypothetischen Fall vor, daß sich natürlich vorkommende Milchsäurebakterien das Chymosin aneignen, was letztlich für die Milchwirtschaft ein großes Unglück sein könnte. (Man könnte dann gleich den Käse melken!)

Als zweiter primärer Anwendungsorganismus steht die Hefe zur Diskussion. Auch hier wurde ein Plasmid entdeckt, das für gentechnologische Manipulationen durch Stabilität und hohe Kopienzahl gut geeignet ist. Dadurch können nicht nur Eigenschaften zwischen den verschiedenen Hefestämmen übertragen werden, sondern auch der artfremde Gentransfer ist möglich. So ist es gelungen, die Gene von Amylose und Gucoisidase zu integrieren, um ohne Zugabe von Enzymen oder Malz stärkehaltige Flüssigkeiten direkt zu Alkohol zu vergären. Bei Hefen ist es aber schon durch Hybridisierungstechniken - d.h. durch Verschmelzen zweier unterschiedlicher Hefestämmen - gelungen, dextrinabbauende Organismen zu gewinnen, sodaß ein kalorienarmes Bier gewonnen werden kann.

⁹⁸ TEUBER, M.: Moderne mikrobielle und enzymatische Verfahren in der Milchverarbeitung. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.

Daß Veränderungen der Mikroflora menschlicher Nahrungsmittel mit höchster Sensitivität zu handhaben sind, daran dürfte kein Zweifel sein. Ob es genügen wird, die Veränderungen auf der Ebene der genetischen Codes zu beschreiben und sämtliches derzeit zu den einzelnen Mikroorganismen bekanntes Wissen über ihr ökologisches Verhalten anzuführen, um in der Folge dann mit der Begriffsformel "höchst unwahrscheinlich" festzustellen, daß keine Gefahr für Mensch und Umwelt gegeben ist, bleibt eine (Grenz)Wertfrage. Ob es sich die Menschen leisten können, über die evolutionär gegebenen Möglichkeiten hinaus und über die durch die Evolution sich eingespielten Symbiosen mit Mikroorganismen ihre Nahrungsmittel zu verändern, kann nur über Hypothesen beantwortet werden. Und davon gibt es wie immer mehrere, z.B. könnte man daraus ableiten: Wenn wir unsere Nahrungsmittelmikroorganismen neu selektieren, werden sie auch uns neu selektieren (warum nicht, wenn das Bruttoinlandsprodukt steigt?).

10.2.2. Gentechnologische Hilfs- und Zusatzstoffe für Nahrungsmittel

Nachdem viele dieser Stoffe über die Biotechnologie erzeugt werden, ergibt sich hier ebenfalls bei sämtlichen Produktionsorganismen die Möglichkeit, mit Hilfe gentechnologischer Methoden Produkteigenschaften zu verändern bzw. den technologischen Produktionsprozeß effizienter zu gestalten. Ebenso können neue Enzyme, die kostenaufwendig aus tierischem oder pflanzlichem Gewebe extrahiert werden müssen, über die mikrobielle Fermentation gewonnen werden. Das bisher am weitesten zur Praxisreife gelangte Projekt mit marktreifen Produkten ist die Erzeugung von Chymosin mit Hilfe von gentechnologisch veränderten Bakterien und Pilzen. Da das Chymosin traditionell aus Kälbermägen gewonnen wurde, diese aber anscheinend nicht mehr für den steigenden Weltbedarf zur Käseerzeugung ausreichen, ist natürliches Chymosin zu einem knappen und teuren Produkt geworden. Andere Milchgewinnungsmittel weisen zudem nicht die gewünschten qualitativen Eigenschaften auf.

Die Hintergründe für diese Entwicklung liegen in der steigenden Rindfleischerzeugung über die Mast und in der sinkenden Haltungsdauer der Kühe, sodaß eine höhere Remonte notwendig ist, und in der daraus folgenden Konsequenz, daß Kälber immer schwerer gemästet werden, um den Kalbfleischbedarf kostengünstig zu decken. Die Folge ist, daß die Kälbermägen neben ihrer Quantität auch zunehmend weniger Chymosin enthalten. Zudem würde das gentechnologische Präparat der darin involvierten spezialisierten Industrie die Möglichkeit bieten, natürliches Chymosin preislich zu unterbieten, um dadurch schnell monopolartige Marktanteile zu besetzen, wenn Zulassung und Akzeptanz gegeben wären. Das Weltmarktvolumen für Labferment würde bei ca. 13 Millionen Tonnen Jahresproduktion und bei Kosten von ca. 2 Groschen pro kg Käse 2,6 Milliarden Schilling betragen⁹⁹. Die Hintergründe für die "Notwendigkeit" zur Erzeugung von gentechnologischem Chymosin sind somit äußerst vielschichtig.

Zugelassen ist ein rekombinantes Chymosin in Großbritannien und der Schweiz und in den USA laufen Zulassungsverfahren, wobei die Schweizer Käsereien aus Imagegründen das Präparat nicht anwenden (vgl. TEUBER 1990)¹⁰⁰. Ähnlich wie bei gentechnologischen Hormonpräparaten wird von der erzeugenden Industrie auf die Identität mit dem natürlichen

⁹⁹ bei der Annahme von ca. 2 Groschen pro Liter Kesselmilch; HOLZAPFEL/HAMMES 1989 oder FAUST 1985 beziffern den Umsatz Labferment nur mit ca. 700 Mio.Schilling; a.a.O.

¹⁰⁰ TEUBER, M. 1990: a.a.O.

Enzym hingewiesen, doch dürften auch hier ähnliche Reinheits- und Proteinstrukturprobleme bestehen wie z.B. beim Rinderwachstumshormon (BST) (vgl. Kapitel 8.1.4.3.).

Da natürliche Enzyme vielfach enge Restriktionen für die Prozeßführung (Temperatur, pH, Druck) setzen, ist eine Veränderung über die Gentechnologie, um ihr Aktivitäts- und Wirkungsspektrum zu erweitern, ebenfalls ein angestrebtes Ziel. HOLZAPFEL und HAMMES 1989¹⁰¹ führen einige Beispiele dazu an (siehe Tabelle 11). Ähnliche Modifikationen kann man auch über Chemikalien erreichen. Von der Gentechnologie erwartet man sich in Zukunft aber noch spezifischere Leistungen. So sucht man verstärkt bei natürlichen Mikroorganismen nach neuen wirtschaftlich verwertbaren Enzymleistungen und zielt darauf ab, sie in die vorhandenen Lebensmittelhefen und -mikroorganismen zu integrieren.

Tabelle 11: Gentechnologische Enzymmodifikationen

Gentechnische Modifikationen zur Verbesserung der Enzymaktivität			
Enzym	Methode	Modifikation	Neue Eigenschaft
Subtilisin	PM*	Methionin ²²² → Alanin	größere Bleichstabilität geänderte Substratspezifität
	PM	Glycin ¹⁶⁶ → Asparagin- und Glutaminsäuren	
T ₄ -Lysozym	PM	Isoleucin ³ → Cystin, dann chem. Quervernetzung	erhöhte Hitzestabilität
Trypsin Amidase	PM	Glycin ²²⁶ → Alanin	geänderte Substratspezifität Änderung in der Substratspezifität
	ZM**	Serin → Phenylalanin usw.	

* PM = Punktmutation („site-specific mutation“) des genetischen Materials
 ** ZM = zufällige Mutation („random mutation“) des Enzymgens *in situ* im Organismus

Quelle: (10)

Quelle: nach HOLZAPFEL u. HAMMES 1989

Jede technologische "Verbesserung" bzw. Neuerung ist in seiner Umsetzung deshalb so interessant, weil die Märkte für die Enzyme und andere Hilf- und Zusatzstoffe von einer starken Spezialisierung und von einer multinationalen Konzentration geprägt sind. Tabelle 12 und Tabelle 13 geben einen Überblick bezüglich des Umsatzvolumens biotechnologischer Zusatz- und Hilfsstoffe und bezüglich der größten Nahrungsmittelkonzerne und ihre Verflechtung mit der modernen Biotechnologie. Allein das Weltmarktvolumen der hier angeführten Produkte beträgt mehr als 40 Milliarden Schilling. Produktivitätssteigerungen um ein oder wenige Prozentpunkte werden bei diesen Größenverhältnissen zum entscheidenden Faktor für Gewinn oder Verlust, für Marktbeherrschung oder für Rückzug aus dem Markt. Deshalb werden gentechnologische Neuerungen nicht nur als mögliche Optionen betrachtet, sondern aktiv mit hohen Forschungs- und Entwicklungsausgaben vorangetrieben. Dieser Trend spielt sich jedoch nicht nur bei den großen US-amerikanischen Konzernen ab, sondern auch bei den etwas kleineren europäischen Unternehmen bzw. bei national führenden Unternehmen, indem sie eigene bio- und gentechnologische Forschungen aufbauen und betreiben, den Kontakt zu einschlägigen Universitätsinstituten suchen und internationale Kooperationen eingehen, um u.a. auch Marktnischen zu besetzen.

¹⁰¹ HOLZAPFEL, W.H.; HAMMES, W.P. 1989: a.a.O.

Zur Veranschaulichung der Konzentrationstendenzen sei die Zitronensäure herangezogen. Das weltweite Produktionsniveau beträgt ca. 500.000 Jahrestonnen, was einem Wert von ca. 7 Milliarden Schilling entspricht. Der bundesdeutsche Chemiekonzern "Bayer" hat um über 1 Milliarde Schilling in ein britisches Werk investiert und die Zitronensäuregeschäfte vom französischen Rhone-Poulenc-Konzern erworben. Er ist mit 150.000 Jahrestonnen jetzt Weltmarktführer (Der Standard 17.7.1990, S.16). Ein Hauptkonkurrent ist das österreichische Unternehmen Jungbunzlauer, das Überkapazitäten beklagte. Nichts desto weniger ist Jungbunzlauer dabei ein Riesenwerk mit 40.000 Tonnen in Frankreich zu bauen, um "Bayer" den Rang streitig zu machen. Das technologische Know-how in der Mikrobiologie ist bei diesem Wettrennen sicherlich entscheidend und wenn die Gentechnologie - dies gilt vorläufig nur hypothetisch - einen Produktivitätssprung bei *Aspergillus niger* (wie z.B. in der Säureverträglichkeit) bringen würde, wäre ihr Einsatz äußerst interessant. Zumindest von der "Bayer"-AG ist anzunehmen, daß sie ein entsprechendes Forschungspotential besitzt.

Produkt	Menge in Tonnen	Umsatz in Mio öS	Anwendung
Fruchtsäure Zitronensäure Milchsäure	350.000 - 500.000 40.000 - 50.000	ca. 5.000 bis 7.000 500 bis 700	Erfrischungsgetränke, Fruchtsäfte, Milchprodukte, Fette, Öle, Mayonnaise, Desserts
Aminosäuren: L-Glytominsäure L-Lysin Aspartane (aus L- Asparaginsäure und L-Phenglabinin)	360.000 50.000 7.900	21.000 1.400 12.000 ²⁾	Geschmacksverstärker Aufwertung von Proteinen Zuckerersatzstoff
Enzyme: Amalasen und Glycoamylasen Glucoseisomeras Labfermente Pectinasen, Lipasen Glucoseoxidasen Papain		2.300 1.589 700 - 2.600 ¹⁾ 650 350	Stärkeverflüssigung, Spaltung im Glucosemolekül, Verzuckerung von Glucoselösungen, Fructosesirup Käse Getränke, Wein, Gemüse, Milch, Käse, Majonnaise; Fleischzartmacher, Getränke
microbielle Polysaccharide	20.000	2.100	Eis, Pudding, Creme, Emulsions- stabilisatoren, Geleermittel, Schmelzkäse, ...

1) eigene Berechnung bei 2 Groschen pro kg Kesselmilch

2) Umsatzschätzung aus 1984

Quelle: FAUST (1985), HOLZAPFEL/HAMMES (1989), DER STANDARD 17.7.1990

Da die Tendenz bei mengen- und wertmäßigem Umsatz in den letzten 20 Jahren eindeutig steigend war; teilweise mit Wachstumsraten z.B. bei Aminosäuren von 38 % jährlich zeitweise einige Jahre zurückliegen, ist darauf hinzuweisen, daß die tatsächlichen derzeitigen Werte bei manchen Produkten noch um einiges höher liegen dürften.

Tabelle 13: Nahrungsmittelkonzerne und ihr Stand in der Gen-/Biotechnologie

Top food processors and their stances on biotechnology			
Food company	In-house programme	Biotechnology company tie-up	Agreement
Nestlé	Yes	Calgene	Improved soybeans cocoa butter
Philip Morris	Yes	DNA Plant Ergenics	Coffee improvement Process improvements
Unilever	Yes	–	Vegetable oils
RJR Nabisco	Yes	Cetus Biotechnica Int'l	Enzymes etc Improved crops
Kraft	No	–	–
Anheuser-Busch	No	Interferon	Bioprocessing
Beatrice	No	Ingene	Enzymes, sweeteners
Coca-Cola	No	–	–
Pepsico	No	–	–
H.J. Heinz	No	ARCO, Biotechnica	Tomato improvement, low cost amino acid products
Campbell Soup	Yes	Calgene DNA Plant	Tomato and carrot im- provement
Sara Lee	No	–	–
General Mills	No	–	–
Archer Daniels Mid.	Yes	DNA Plant	Enzymes
CPC International	Yes	Enzyme Biosystems	Enzymes
Hershey	No	DNA Plant	Cocoa butter
Kellogg	No	Agrigenetics	Equity interest
Seagram	No	Biotechnica	Equity interest Yeast and bioprocessing
Coors Brewery	No	Japanese firms	Food additives
<i>Flavours and Spices</i>			
Firmenich	No	DNA Plant	Improved flavour produc- tion
W.R. Grace	Yes	Synergen	Systems development
American Basic	Yes	–	Onion, garlic improvement
McCormick	No	Native Plants	Improved seasoning pro- ducts

Adapted from Susan K. Harlander and Theodore P. Labuza, *Biotechnology in Food Processing*, Labuza, Noyes Publications, 1986, p 306.

Quelle: DEVELOPMENT DIALOGUE 1988

10.3. Substitution traditioneller und natürlicher Nahrungsmittel und von chemischen Zusatz- und Hilfsstoffen - "Food-Design"

Proteinreiche Nahrungsmittel müssen nicht nur tierischen und pflanzlichen Ursprungs sein, sondern können auch auf mikrobieller Basis entstehen. Diese Erkenntnis wurde vor allem im ostasiatischen Raum schon traditionell angewandt. Um neue Märkte zu erschließen und neue Nahrungsrohstoffe zu verwenden, versucht auch die westliche Industrie seit ca. 2 Jahrzehnten ähnliche oder neue Nahrungsmittel auf ihren Märkten zu etablieren.

Die Überlegungen basieren auch darauf, daß die Effizienz der Proteinsynthese bei Mikroorganismen viel größer ist als die Umwandlung über die Tiere (vgl. Tabelle 14), sodaß dies als eine längerfristige technologische Option zur Ernährung der Weltbevölkerung propagiert wird.

Tabelle 14: Effizienz der Proteinsynthese (Leistungsfähigkeit von Mikroben bei der Biosynthese von Eiweiß)

	g Protein aus 1 kg Futter	Zur Zeit Gwichtsverdoppelung
Huhn	49	3 Wochen
Schwein	42	8 Wochen
Rind	14	25 Wochen
Pilze	136	6 Stunden
Bakterien	300	2 Stunden

Quelle: FIECHTER 1985¹⁰²

Selbstverständlich benötigen auch die Mikroorganismen eine entsprechende organische Futtergrundlage. Photosynthetische Algen können bei entsprechender mineralischer Nährstoffzufuhr im Wasser wachsen und würden enorme Trockenmasseerträge pro Hektar Kulturwasserfläche ermöglichen. Pilze, Bakterien und Hefen dagegen können auf Nährböden wie Melasse, Methan, Alkohole, Käsemolke und anderen organischen Abfallstoffen gedeihen. Die Möglichkeit der Erzeugung von mikrobiellen Nahrungsmitteln aus Abfall- und Nebenprodukten der Erdölindustrie und aus anderen land- und forstwirtschaftlichen Abfall- und Nebenprodukten wurde bereits in den 60er Jahren erkannt und in der Folge ein aufwendiges Screening nach geeigneten Umwandlungsorganismen unternommen. Das größte industrielle Projekt wurde von British Petrol (BP) mit einem Investitionsvolumen von mehr als 20 Milliarden Schilling und einer Jahreskapazität von 100.000 Tonnen "Single-Cell-Protein" (SCP) in Italien (Sizilien) in Angriff genommen. Man wollte paraffinhaltige Erdöle und Erdölprodukte mit Hilfe von Hefe reinigen und das Hefeprodukt unter dem Namen "Toprina" zumindest als Viehfutter einsetzen. Das Produkt wurde nicht akzeptiert und die Anlage war unrentabel, da der Paraffingehalt im Schweinefleisch nachgewiesen wurde und da durch Veränderung der Weltmarktbedingungen der Preis für Erdöl anstieg, während das Substitutionsfutter Soja billiger wurde.

Der Substitutionseffekt hätte einer landwirtschaftlichen Fläche von 300.000 ha (das ist mehr als die österreichische Anbaufläche für Getreideexporte) entsprochen (ELKINGTON 1985)¹⁰³.

¹⁰² FIECHTER, A.: Nahrungs- und Futtermittel und Biotechnologie. In: Zukunftschance Biotechnologie, Österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien 1985.

Ein ähnliches Projekt hatte der britische ICI-Konzern zur gleichen Zeit aber lediglich mit einem Investitionsvolumen von 2 Milliarden Schilling und mit einem Viertel der Kapazität auf bakterieller Basis mit Steriltechnik begonnen. Die Nährstoffbasis war Methan und Methanol. (ICI hat heute bereits einen gentechnologisch veränderten Bakterienstamm mit einer effizienteren Methanolumsetzung). Doch auch dieses Unternehmen ist an den Weltmarktverhältnissen gescheitert. ICI konnte aber teilweise sein Know-how in die Sowjetunion und in den Nahen Osten exportieren. So nimmt man von der UdSSR an, daß sie größere Mengen Einzellerprotein aus Paraffinen und landwirtschaftlichen Abfällen erzeugen.

Auf den europäischen Nahrungsmittelmarkt wurden auch direkt neue Einzellerproteinspeisen neben den traditionellen ostasiatischen Nahrungsmitteln wie Shoyu, Miso, Tampeh einzuführen versucht. Ein Gemeinschaftsunternehmen zwischen ICI und einem anderen großen britischen Nahrungsmittelkonzern versuchte ab Mitte der 80er Jahre ein Nahrungsmittel, das nur aus dem Pilz *Fusarium graminearum* besteht, auf den Markt zu bringen. Der Pilz wächst auf Glucosesirup und Ammoniak als Stickstofflieferant, hat einen hohen ernährungsphysiologischen Wert und eignet sich ideal für Fleischimitate (vgl. auch ELKINGTON 1985).

Inwieweit sich solche Nahrungsmittel am Markt durchsetzen, wird prinzipiell neben den entsprechenden Zulassungsbedingungen, die eine entsprechende toxikologische und ernährungsphysiologische Prüfung vorschreiben müßten, vor allem auch vom Verbraucher selbst bestimmt. Jedoch lassen sich manche Nahrungsmittel unter entsprechenden Marketingstrategien bis zu einer bestimmten Menge z.B. als sogenannte "Snacks" oder als Nebenbestandteile in einem bereits eingeführten Nahrungsmittel relativ leicht etablieren, wobei aber wiederum viel davon abhängt, ob die neuen Nahrungsmittel mit der sie erzeugenden Technologie gekennzeichnet werden müssen.

Grundsätzlich gehen die längerfristigen Perspektiven aber viel weiter. Über die Biotechnologie in Summe, insbesondere in Kombination mit der Gentechnologie, wird es zunehmend möglich, die hauptsächlichen Grundbausteine der Nahrungsmittel wie Kohlehydrate, Eiweißstoffe und Fette, unabhängig von einem bestimmten landwirtschaftlichen Rohstoff, getrennt in einer gewünschten Zusammensetzung zu erzeugen, sie beliebig zu kombinieren und ihnen Geschmacks- und Aromastoffe, Vitamine und Mineralstoffe nach den von den spezialisierten Ernährungswissenschaften vorgegebenen Gehaltswerten und nach den jeweiligen von den Verbrauchertrends bestimmten Stilrichtungen zuzufügen, nachdem man das Nahrungsmittel in eine entsprechende gebrauchsfertige Form und Konsistenz gebracht hat. Der moderne Ausdruck dafür heißt "Food-Design".

Einen Vorgeschmack für solche Strategien bilden die sogenannten Imitate für Milch- und Fleischprodukte. Produkte, die die Landwirtschaft liefert, sind dabei im Extremen nur mehr Rohstoffe, die mit anderen organischen Rohstoffen und Abfällen in Konkurrenz stehen. Die zunehmende großtechnologische Verarbeitung, Prozessierung, Sterilisierung, Standardisierung und Haltbarmachung macht es sogar notwendig, daß man nachträglich Nahrungsmittel mit Vitaminen und Aminosäuren ergänzt, "aufbessert" oder "veredelt". Landwirtschaftliche Grundstoffe für Nahrungsmittel werden dagegen preislich unter Druck geraten und die von der Nahrungsmittelindustrie beabsichtigten Verbrauchertrends lassen eine große strukturelle Änderung in der Landwirtschaft erwarten. Da nach den marktforschungsmäßigen Basistrends, der Anteil älterer Menschen mit speziellen

¹⁰³ ELKINGTON, J.: Gene - von Erbgutmanipulation und dem Geschäft mit der Genforschung. SV international Schweizer Verlagshaus, Zürich 1985 (deutschsprachige Ausgabe 1987).

Ernährungserfordernissen zunimmt, die verstärkte Erwerbstätigkeit der Frauen in westlichen Industrieländern mit einem Anstieg der Nachfrage nach Fertiggerichten und Fast Food verbunden sein wird, und da exotisches Essen und "gesünderes" Essen, d.h. fett-, kalorien- und cholesterinarmes Essen in Mode kommen, wird das "Food-Design" diese Entwicklungen entsprechend zu nützen versuchen. Beispiele sind: "Eliminierung und Substitution von Fettstoffen, Einbau nicht-verdaulicher Polysaccharide, kalorienarme Süßstoffe, natürlich komplexierte Metallionen, Geschmacks- und Aromastoffe, Proteinhydrolysate, sowie eine Reihe von modifizierten Proteinen, Lipiden, Kohlehydraten oder Vitaminen" (MEUSSDOERFER u. HIRSINGER 1989)¹⁰⁴.

Ein anderer großer Substitutionserfolg über Biotechnologie ist am Zuckermarkt erfolgt. Durch die enzymatische oder hydrolytische Spaltung von Maisstärke und durch die Umwandlung über die Glucoseisomerase in Fructose und durch anschließende Konzentrierungstechniken werden Hochfructosesirupe hergestellt, die die gleiche Süßkraft wie Saccharose aufweisen. Dadurch konnte die USA im Laufe der 70er und 80er Jahre fast ihre gesamten Zuckerimporte substituieren. Fructosesirup eignet sich z.B. hervorragend zur Süßung von Limonaden und Fruchtsäften. Diese Umstellung in der industriellen Süßstoffherzeugung löste entsprechend negative strukturelle Effekte in den zuckerexportierenden Ländern der 3. Welt, wie z.B. in der Karibik, in Mittelamerika oder auf den Philippinen aus (vgl. dazu HOBELINK 1987¹⁰⁵). Die EG bzw. andere europäische Länder konnten durch Produktionsbeschränkungen und durch ihren Außenhandelsschutz die Strukturbereinigung im Zuckerrübenbau bzw. in der Zuckerindustrie bislang aufhalten.

Aber es sind nicht nur neue kohlenhydrathaltige Süßstoffe im Kommen, sondern neue Süßungsmittel auf Aminosäurebasis - sie besitzen viel weniger oder kaum Kalorien - sind der große "Markthit" bei Nahrungsmitteln der letzten Jahre. Ein Teil der sogenannten "light"-Produkte basiert auf ihrer Anwendung. Das bekannteste Produkt mit mittlerweile weltweiter Zulassung ist Aspartame - ein Stoff bestehend aus Methanol und aus den zwei Aminosäuren Asparaginsäure und Phenylalanin. Es soll ca. 200 mal süßer als Zucker sein und wird von "Searle" einer Tochter des US-amerikanischen Chemiekonzerns "Monsanto" erzeugt. Ein amerikanisches Team unter Prof. WURTMAN vom Massachusetts College of Pharmacy in Boston fand heraus, daß Phenylalanin bei jenen Personen schwerwiegende Probleme verursachen könnte, die an der rezessiven Erbkrankheit der Phenylketonurie leiden¹⁰⁶, und daß diese Aminosäure in größeren Mengen die Gehirntätigkeit beeinflußt, da Phenylalanin eine Vorläufersubstanz für Neurotransmitter darstellt. Der Genuß größerer Mengen Aspartame soll depressiv wirken und zu Kopfschmerzen und Benommenheit führen. MAHER u. WURTMAN 1987¹⁰⁷ stellten bei Mäusen bei größeren Mengen Aspartame eine erhöhte Krampfanfälligkeit fest, wenn sie mit anderen Psycho-pharmaka behandelt werden. Auch ein anderer appetitzügelnder Neurotransmitter soll durch Aspartame gehemmt werden, sodaß es de-facto durch den Genuß dieses Stoffes zum Verlangen nach noch mehr an süßen

¹⁰⁴ MEUSSDOERFER, F.; HIRSINGER, F.: Neue Chance für die Landwirtschaft durch biotechnische Methoden und Verfahren im Bereich nachwachsender Rohstoffe. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg und Berlin 1989.

¹⁰⁵ HOBELINK, H.: New hope or false promise - Biotechnology and Third World Agriculture. published by the International Coalition of Development Action (ICDA), Brüssel 1987.

¹⁰⁶ ca. 1 Person von 10.000 ist homozygoter bzw. jeder 70ste ist rezessiver Erbträger. Auch bei rezessiven Erbträgern wird eine erhöhte Anfälligkeit vermutet. Aus den gleichen Gründen soll die amerikanische Firma "Snow Brand" phenylalaninfreie Milch auf dem Markt anbieten (ELKINGTON, J. 1985)

¹⁰⁷ MAHER, T.J.; WURTMAN, R.J.: Possible neurological effects of aspartame, a widely used food additive. Environ Health Perspect, 75 53-7, USA 1987.

Lebensmitteln und Getränken kommt. (Siehe zu dieser Problematik ELKINGTON 1985, TAPPESER u. BRADISH 1988¹⁰⁸, MAHER u. WURTMANN 1987)¹⁰⁹.

Weitere Stoffe mit ähnlicher Süßwirkung sind Acesulfame-k vom deutschen "Höchst"-Konzern und das Talin, das vom britischen Zuckerkonzern "Tate & Lyle" in Zusammenarbeit mit Unilever hergestellt und vertrieben wird. Talin ist eigentlich mit dem natürlichen Protein-Süßstoff Thaumatin identisch, das aus einer westafrikanischen Frucht gewonnen wird. Es kostet z.B. über 30.000 Schilling pro Kilogramm. Das Protein des Thaumatin wurde von Unilever und der US-Firma Ingene erfolgreich kloniert und könnte, wenn es gelingt, die Effizienz der Synthese über Mikroorganismen zu erhöhen, ein bedeutendes Marktsegment der kalorienarmen Süßstoffe besetzen. Sein Einsatz ist nur insofern begrenzt, als es einen likörähnlichen Nachgeschmack besitzt. Die natürliche Thaumatinproduktion in den westafrikanischen Ländern (vor allem Ghana und Elfenbeinküste) würde - soweit sie es nicht jetzt schon ist - fast vollkommen überflüssig. Aber nicht nur Süßstoffe werden durch die moderne Lebensmittelbiotechnologie ersetzbar, sondern auch bei anderen relativ hochpreisigen natürlichen Geschmacks- und Lebensmittelstoffen ist man dabei sie zu substituieren. An der biotechnologischen Erzeugung von Kakaobutter durch eine enzymatische Umwandlung niederwertiger Pflanzenfette durch Zellkulturtechnik wird weltweit gearbeitet. Kakao hat ein Weltmarktvolumen von mehr als 60 Milliarden Schilling, wovon ein Großteil als Kakaobutter in die Schokoladenindustrie geht. Manche Forschungsprojekte gehen sogar noch weiter. Durch Einzellerbiotechnologie, Zellkulturtechnik und Enzymtechnologie möchte man neue Nahrungsfette und Öle, Zitruszellen, Tomatenfruchtfleisch, Tee- und Kaffee-Stoffe oder sogar Apfelmus "in vitro" erzeugen (siehe zu dieser Thematik: DEVELOPMENT DIALOGUE 1988, TAPPESER und BRADISH 1988, HOBELINK 1987).

Eine andere Industrialisierungsstrategie besteht darin, höherwertige Pflanzen in voll abgeschlossenen Systemen ähnlich wie in einer Fabrik auf Nährlösungsbasis zu produzieren und ihnen dadurch optimale Wachstumsbedingungen bei Steuerung der Umweltfaktoren wie Wasser, Nährstoffe, Temperatur und Licht zu geben. Eine japanische Gruppe stellte z.B. eine Salatproduktionsanlage vor, wobei eine doppelte bis dreifache Wachstumsgeschwindigkeit und höhere Mineral- und Vitamingehalte als unter natürlichen Bedingungen erzielt werden konnten. Ähnliche Gemüsefabriken - jedoch nicht mit Kunstlicht - sind in den Niederlanden bereits in Betrieb und auch in anderen industrialisierten Ländern wie in der BRD werden ähnliche Forschungskonzepte vorangetrieben. So erlaubt sich z.B. REICHART 1988¹¹⁰ sogar festzustellen, daß ein solches System dem biologischen Landbau überlegen sei: "Konstruktion und Funktion der Anlagen erlauben zudem auch eine Pflanzenproduktion in Gebieten mit hoher Umweltbelastung, z.B. durch Industrieabgase oder radioaktiven "fall out" nach Kernkraftwerksunfällen, sowie den Verzicht auf fast alle chemischen Pflanzenschutzmittel. Aufgrund dessen kann eine Reinheit und Qualität der Produkte erreicht werden, die z.B. bei Nahrungsmittelpflanzen höher ist als die entsprechender Produkte aus dem bisher üblichen biologischen Anbau. Solche Anlagen werden aus Grundelementen gebildet. Durch Variation der Steuergrößen und entsprechende Kombination mehrerer Grundelemente können spezielle

¹⁰⁸ TAPPESER, B.: BRADISH, P. 1988: Food-Design: Gen- und Biotechnologie in der Verarbeitung und Produktion von Nahrungsmitteln. In: Gentechnik und Landwirtschaft, Stiftung ökologischer Landbau, C.F.Müller, Karlsruhe 1988.

¹⁰⁹ Das Bedenkliche an solchen Zusammenhängen ist, daß man in den einzelnen Ländern, wie z.B. auch in Österreich, die ein relativ strenges Lebensmittelgesetz hätten, beim Zulassungsverfahren gar keine Anstrengungen unternimmt, die Hintergründe weiter und fundamentaler zu untersuchen.

¹¹⁰ REICHART, G.: Pflanzenproduktion in geschlossenen Systemen. In: Bio Engineering 3/88, Braunschweig, München 1988, S.100.

Anlagen erstellt werden für eine kontinuierliche industrielle Produktion von Nahrungsmittelpflanzen, Arzneimittelpflanzen, Futterpflanzen und von pflanzlicher Biomasse zur Energiegewinnung".

10.4. Nahrungsmittelqualität und Bio- und Gentechnologie

Die Ernährungswissenschaften basieren auf der Erforschung des Beziehungsgefüges zwischen menschlichen Nahrungsstoffen und der Gesundheit des Menschen. Mit der Entwicklung der naturwissenschaftlichen Detailkenntnisse in Medizin, Chemie, Biologie usw. setzte sich auch in der spezialisierten Ernährungslehre zunehmend die technokratische Überzeugung durch, daß richtige Ernährung nur eine Frage der optimalen, d.h. nach bestimmten ermittelten Bedarfswerten sich richtende Kombination von Kohlehydraten, Eiweißen, Fetten, Mineralstoffen und Vitaminen sei. Soziale, psychologische, wirtschaftliche, evolutionsbiologische und ökosystemare Fragen und Zusammenhänge wurden nicht in Betracht gezogen.

Erst in neuerer Zeit wurde z.B. auch die Erkenntnis akzeptiert, daß der Mensch in seiner körperlichen Verdauungskonstitution mit der Darmflora ein komplexes Ökosystem mit sich trägt und daß damit ein bestimmter Anteil an Ballaststoffen in der Nahrung und eine bestimmte Dekonzentration der Nahrung für seine Gesundheit ein wesentliches Element darstellt. Ein anderes Beispiel für die Inkonsistenz der rein naturwissenschaftlich-materialistischen Ernährungslehre findet sich in Lehrmeinungen und Trends, die es allein bei der Babynahrung in den letzten Jahrzehnten gegeben hat, bis man sich letztlich doch wieder zur Propagierung des Stillens trotz der ökologischen Probleme bezüglich chlorierter Kohlenwasserstoffe in der Muttermilch durchgerungen hat. Welche Bedeutung der menschlichen Evolution in der Ernährungspraxis zukommt, spiegelt sich z.B. auch im Phänomen der Lactoseunverträglichkeit wider. Ein britischer Wissenschaftler stellte die These auf - nachdem bei Ostasiatischen Völkern 80% bis 90% eine Lactoseunverträglichkeit aufweisen, während in Europa die Prozentverhältnisse umgekehrt liegen -, daß nicht nur der Mensch die Kuh, sondern auch die Kuh den Menschen selektiert hat; und es spricht einiges für diese These. Selbst wenn diese Behauptung heute bei weitem nicht mehr gültig ist, so zeigt sich doch, daß das Verhältnis zwischen dem Menschen und seinen Nahrungsmittelgrundlagen ein äußerst sensibles ist.

Ist die Biotechnologie in der Nahrungsmittelverarbeitung eine seit Jahrtausenden erprobte Technik, die Nahrungsmittel aufwertet, konserviert und veredelt, so wird sie in Form einer einfachen Weiterentwicklung auf Basis natürlicher Organismen dieses evolutionsbiologische und ökosystemare Gleichgewicht nicht oder kaum stören, selbst wenn es zum interkulturellen Austausch von biotechnologischen Techniken kommt. Wird die Biotechnologie aber nur dazu verwendet, die Nahrungsmittelchemie zu ersetzen oder zu erweitern, um eben Teilkomponenten von Nahrungsmitteln zu erzeugen, und um diese vollgepackt mit Geschmackverstärkern, Aromastoffen, Farbstoffen und Konservantien und Aminosäuren usw. vollkommen neu nach irgendwelchen Trends zu kombinieren, zu prozessieren und zu sterilisieren usw., so werden andere Folgen zu erwarten sein; obwohl auch hier die Dosis die Wirkung bestimmt. Selbst wenn man davon ausgeht, daß die modernen Nahrungsmittel toxikologisch und in ihrem ernährungsphysiologischen Wert nach dem jeweiligen Stand des Wissens geprüft hat und dabei nichts entdeckt hat, bleibt die Gefahr bestehen, daß unerwartete Nebenprodukte und Metaboliten unter bestimmten Nahrungsmittelkombinationen längerfristig zur Krankheitsentstehung beitragen oder zu chronischen und allergischen Erkrankungen führen, oder daß bestimmte Veränderungen an den nervösen Steuerungskomplexen des Menschen eintreten (z.B. allein durch die professionelle Werbung

läßt sich das Verlangen der Kleinkinder und Kinder nach bestimmten modernen Nahrungsmitteln kaum erklären).

Aber auch andere Faktoren bestimmen die Lebensmittelqualität. Die Ernährung wird gleichzeitig zum andauernden Problem, nicht in quantitativer Hinsicht, sondern hinsichtlich ihrer richtigen Zusammensetzung und Gesundheitsverträglichkeit. Das ist zum einen ein sozialpsychologischer Faktor, da die Menschen unter einer latenten Unsicherheit leben, wobei die durch einseitige Ernährung hervorgerufenen ernährungsbedingten Erkrankungen zu fast massenhysterischen Ernährungspraktiken führen: wie z.B. das Verlangen nach der Vitaminkomplettgarantie oder die Ablehnung kalorienreicher oder cholesterinhaltiger Nahrungsmittel und der anscheinend logische Griff nach "light-Nahrungsmitteln". Von diesen neuen Nahrungsmitteln weiß man aber noch weniger über deren Gesundheitswert bei langandauerndem Konsum (vgl. vorher Aspartame). D.h. je mehr eine Teilkomponente eines Nahrungsmittels, das in falscher Dosierung krankmachend wirkt, in der öffentlichen Meinung geächtet wird, umso mehr Vertrauen sich die Menschen den modernen "Nahrungsmittelkombinierern" an. Doch auch das "Food-design" ist alles andere als problemlos und deshalb wird zu neuer "Gesundheitsnahrung" und/oder "Kraftnahrung" - man könnte fast "Medizinalnahrung" sagen - gegriffen. Dabei gelingt es zumeist nicht in den realen und komplexen Zusammenhängen der Ernährung die Problemursachen zu finden und folglich zu beseitigen, sondern lediglich einzelne spezielle Stoffe als Problemlöser anzubieten, um zu warten bis neue Probleme daraus entstehen. Essen wird problematisch, Essen wird absichtlich problematisiert, Essen wird eine komplexe Sache pharmazeutischen Zuschnitts. Die Entwicklung der modernen Nahrungsmittel findet dabei in der Entwicklungsgeschichte moderner Waschmittel und ihrer Verkaufsstrategien mehr an Analogie, als man es von einem verantwortungsvollen Umgang mit einem Primärbedürfnis des Menschen erwarten würde (vgl. dazu auch folgende Werbung; Abbildung 22).

Wie solche Trends im Wechselspiel der gesellschaftlichen Entwicklung sich am "Speisezettel" multinationaler Nahrungsmittelkonzerne und der Alternativbewegungen wider finden könnten, hat der Trendforscher Gerd GERKEN 1988 veranschaulicht. Übersicht 2 gibt einen Überblick über seine 10 Megatrends bezüglich der Ernährungsweise des "westlichen" Menschen im Jahre 2000. Die Gen- und Biotechnologie spielt dabei keine unbedeutende Rolle; aber auch die Gegenbewegungen sind eingeplant.

Übersicht 2: Megatrends - Ernährung und Genuß (zusammengefaßt nach GERKEN 1988¹¹¹)

Megatrend 1: Cardfood, Karten zum Essen, etwas größer als Kreditkarten, Kompaktessen, Geschmacksfolien, die alles haben, was man zum Essen braucht, Synthetic-Food.

Megatrend 2: Reparatur-Essen, Cholesterinwerte, Mangel an maritimen Fettsäuren, Allergieprobleme, kollektives Verändern unserer Ernährungs- und Eßgewohnheiten durch präventiv-medizinische und populärmedizinische Neuorientierung. Essen wird genauso zum Buhmann wie es jetzt die Spraydosen sind.

Megatrend 3: Vegetarismus - je materialistischer, körperlicher und asketischer, aber auch gleichzeitig, wenn man so will postmaterialistischer eine Lebensphilosophie, umso mehr Unterschied im Fleischkonsum. "The very green methode", eine völlig neue Spitzenkonservierung von Gemüse bei gleichzeitiger gentechnologischer Manipulation des

¹¹¹ GERKEN, G.: Ernährung und Genuß - Morgen werden wir anders essen. Kolloquium: Herausforderung 2000, Frankfurt April 1988.

Gemüses. Alles Vegetarische ist nicht mehr Beilage - es ist Hauptsache. Die Idee des Vitalismus.

Megatrend 4: Ein völlig neuer Hunger und das dauernde Gefühl "ein Loch im Bauch" zu haben. Snack-Kultur. Essen im Gehen. Das Dauerbuffet. Fehlernährung und gleichzeitig die Vitaminkomplettgarantie.

Megatrend 5: Die neue Bürger-Macht. Gourmet-Trend, Feinschmecker. Maßgeschneiderte Food-Produktion: Bauern-Schlächter-Konsument. Vereinigungen, Netzwerke, Clubbildungen. Eine neue Kritikkompetenz des Bürgers.

Megatrend 6: Politisierung des Essens. Sehnsucht nach ehrlicher, weitestgehend chemiefreier Nahrung. Selbstorganisierte Machtsysteme. Ehrlichkeit wird zum Beipack des Produktes, wenn nicht sogar zum eigentlichen Produkt. Ökosozialismus. Das Gesamtthema Boden und Selbstvergiftung durch falsches Essen.

Megatrend 7: Psycho-Essen. Stimmungsnahrung-"brain-food". Bewußtseinsessen. Endorphine, also Transmitter, Botenstoffe im Gehirn können durch Essen qualifiziert werden.

Megatrend 8: Land-Werkstätten-Philosophie. Alles was roh ist. Kult- und Infozentren für Yuppies. Gegenöffentlichkeit. Es gibt das erste Roh-Sortiment, in dem durch neue biotechnologische Prinzipien verbunden mit high-tech und neuen Fermentationsverfahren alles roh gemacht wird. Das neue Rohe, veredelt durch high-tech zur künstlichen Natürlichkeit.

Megatrend 9: High-tech-Natürlichkeit. Biotechnologie und Gentechnologie verbinden sich mit Robotertechnik und Sensortechnologie zu einer neuen Natürlichkeit der Industrienahrung, die zweite Natur. Mehr als normale Aromen, normale Geschmacksverstärker, mehr als normale Zusatzstoffe.

Megatrend 10: Pop-Essen. Völlig widersprüchliche Eßkultur. Show-Nahrung. Sport-Show-Nahrung. Die Eßkultur kommt von "Hollywood". Die andere Problemkomponente der modernen Ernährung ist auch sozialer, wirtschaftlicher und ökosystemarer Natur.

Die Ernährung wird durch die moderne Lebensmittelindustrie von deren Grundlage Landwirtschaft getrennt. Ernährung und Landwirtschaft ist nicht mehr ein System, wo der regionale Bedarf oder die Notwendigkeit nach Vielfältigkeit in der Ernährung zur regionalen und kleinräumigen Vielfältigkeit in der Landwirtschaft Anlaß gibt oder diese Vielfältigkeit sich wechselseitig bedingt, was auch dem ökologischen Standpunkt entgegenkommt, sondern die vielfältige Ernährung ist nur mehr ein Transport- und Industrieproblem, während die Landwirtschaft lediglich ein Rohstofflieferant ist, der möglichst effizient, d.h. möglichst spezialisiert oder monokulturell, Nahrungsmittelgrundstoffe bereitstellt.

Diese Trennung zwischen Ernährung und Landwirtschaft entbindet die Landwirtschaft von der Verantwortlichkeit für die Qualität der Nahrungsmittel, und auf der anderen Seite beraubt sie den Verbraucher des Wissens darüber (d.h. der Transparenz), wie Nahrungsmittel entstehen, ver- und bearbeitet und verteilt werden. (Auf die schwerwiegenden strukturellen

Effekte der modernen Nahrungsmittelbiotechniken in der Landwirtschaft wird in späteren Kapiteln eingegangen.)

Die Anwendung der Gentechnologie in der Nahrungsmittelverarbeitung bringt einen zusätzlichen Beschleunigungs- und Effizienzeffekt in den Möglichkeiten, neue Nahrungsmittel, sogar auf molekulargenetischer Ebene definiert, zu kreieren. Sie verstärkt dabei auch die negativen Effekte des "Food-design" und bringt zusätzlich das Risiko mit sich, daß wir die gegenseitigen in evolutionären Zeiträumen entstandene Anpassung zwischen natürlichen Mikroflora und Menschen aufs Spiel setzen. Durch die Nahrungsaufnahme sind wir in einen Kreislauf von Mikroorganismen eingebunden, der sich von Nahrungsmittelverunreinigungen und Fermentationsmikroorganismen über die Darmflora bis zu den Bodenmikroorganismen erstreckt und der ohne menschliches Zutun klaglos - abgesehen von manchen Krankheitskeimen - funktioniert hat und funktioniert. Es hat einiges mit dem Begriff der Lebensmittelqualität und auch der Lebensqualität zu tun, daß man sich keine Sorgen um horizontal transferierbare Plasmide und deren mögliche ökosystemzerstörende Wirkungen oder um irgendwelche allergene Proteine oder Enzyme, die u.a. auch von den gentechnologisch manipulierten Pflanzen oder Bodenlebewesen stammen könnten, machen muß, sondern daß man relativ unbewußt in einer relativ intakten Biozönose leben kann. Wenn es die Gesundheit der Menschen verlangt, daß die Ernährungsweise geändert werden müßte, so sollte als Grundprinzip gelten, daß die Komposition der natürlichen Nahrungsmittel entsprechend dem Bedarf geändert wird und nicht die Nahrungsmittel selbst, in Teilkomponenten zerlegt, neu kombiniert, d.h. geändert werden. Die Zerlegung der Nahrungsmittel in ihre chemischen Einzelbestandteile wird der Ganzheitlichkeit der fundamentalen Beziehung zwischen Mensch und Natur, die zweifellos über die Nahrungsmittel gegeben ist, nicht gerecht.

Abbildung 24: Beispiel für zeitgemäßes "Food-design"

**ORIGINAL AMERIKANISCHE
DESIGNER FOODS™**

- * *aktivieren die Eigenabwehr des Körpers*
- * *ermöglichen einen optimalen Gesundheitszustand*
- * *fördern schnelle Wundheilung*
- * *tragen bei zu einem besseren Gedächtnis.*
- * *induzieren eine positive Lebensauffassung*
- * *stärken das allgemeine Wohlbefinden*
- * *ermöglichen körperliche und geistige Bestform*

DESIGNER FOODS™ wurden von den amerikanischen Ernährungswissenschaftlern Durk Pearson & Sandy Shaw in 20-jähriger Forschungsarbeit entwickelt, und sind die ideale Ergänzung für natürliche und umweltbewusste Lebensweise.

Fast Blast, Power Maker, Memory Fuel etc. bewirken eine körperliche und mentale Leistungssteigerung durch natürliche Stimulanz der körpereigenen Substanzen. Ausführliche kostenlose Information oder Bestellung bei Fa.: **DEMA GmbH**, 1150 Wien - Rauchfangkehrerg.38/9

Fast Blast - Kickstarter am Morgen - Energie für viele Stunden	350 g öS 600.-	
Blast Caps - Kickstarter als Kapsel - Energie für viele Stunden	60 Kaps öS 450.-	
Rise & Shine - sanfte Energie für viele Stunden (koffeinfrei)	350 g öS 600.-	
Memory Fuel - besseres Gedächtnis & konzentrierte Gedankenschärfe	350 g öS 450.-	
Power Maker - Muskelaufbau, mehr Lust am Sex	310 g öS 650.-	
Party Pill - der Kater (nach Parties) hat keine Chance	180 Kaps öS 750.-	
Radical Shield - den Umweltgiften entgegen wirkend	84 Kaps öS 400.-	
Thermogen Tea - Abnehmen ohne Sport - verbrennt Körperfett	390 g öS 400.-	
Buffered Niacin - mehr sexuelle Freude & Sensibilitätssteigerung	168 Kaps öS 300.-	
Energy Cycle - mehr Ausdauer bei Gehirn- und Muskelarbeit	564 g öS 600.-	
Kostenloses Informationsmaterial		
Lieferung gegen Nachnahme zuzgl. öS 50.- Versandkosten. ● Gewünschte Artikel bitte ankreuzen. <input checked="" type="checkbox"/>		

Quelle: Zeitschrift "Bewußtsein", Wien im Oktober 1991

10.5 Versuch einer Bewertung der Nahrungsmittelbiotechnologie

Unter dem Begriff der Nahrungsmittelbiotechnologie kann man ein sehr vielseitiges Spektrum an Methoden, um mit Mikroorganismen natürliche, pflanzliche und tierische Produkte zu veredeln oder umzuarbeiten, verstehen. Dieses Spektrum erstreckt sich von der jahrtausend alten Tradition, alkoholische Getränke zu bereiten oder Milch zu konservieren bis zum gentechnologischen Spezialenzym, um einzelne Zuckermoleküle in andere definierte Moleküle überzuführen. Der folgende Überblick stellt einen Versuch dar, die Vielfalt nach dem Kriterium der menschlichen Eingriffstiefe in die komplexen ökologischen und physiologischen Kreisläufe, in die die Nahrungsmittelmikroorganismen und deren Produkte eingebettet sind, zu bewerten und ihre Konsequenzen aufzuzeigen (siehe Übersicht 3).

Die Beziehungen sind nicht von anderen Faktoren unabhängig. So sind die allgemeinen Konzentrationstendenzen in der Nahrungsmittelindustrie oder die Anbindung an einen liberalen Weltmarkt ebenso entscheidend für agrarstrukturelle oder agrarökologische Veränderungen. Auch mit der traditionellen Nahrungsmitteltechnologie kann man, wie später anhand des Molkeproblems aufgezeigt wird, äußerst umweltschädigend wirken, wenn in großen Einheiten produziert und mit organisch hoch aktiven Stoffen die Abwässer belastet werden. Im Großen und Ganzen ist aber ein hoher Zusammenhang zwischen Konzentrationstendenzen in der Nahrungsmittelindustrie, liberalen und logistisch hochgerüsteten Weltagrarmärkten und einer technologisch immer tiefer gehenden Prozessierung und Manipulation der Nahrungsmittel gegeben. In diesem Zusammenhang wirkt nicht nur das Engel'sche Gesetz auf die landwirtschaftliche Struktur, sondern auch die Wirkung von Technologie auf den abnehmenden Wertschöpfungsanteil der Landwirtschaft an den Konsumausgaben für Nahrungsmittel ist gegeben. Die wenigen großen transnationalen Nahrungsmittelkonzerne werden zum Schlüssel für die menschliche Ernährung und werden die ursprüngliche Landwirtschaft ihrer Sonderstellung in der Ernährung, die ihr insbesondere in Krisenzeiten zukommt, entkleiden.

Übersicht 3: Versuch einer Bewertung der Nahrungsmittelbiotechnologie

Technol. Eingriff	Nahrungsmittelbiotechnologie, Lebensmitteltechnologie	Qualitätsveränderung	Wirtschaftliche Veränderung
gering	traditionelle fermentierte Nahrungsmittel, interkultureller Austausch traditioneller fermentierter Nahrungsmittel, neue fermentative Nahrungsmittel, mit Hilfe traditioneller natürlicher Mikroorganismen.	hoher ernährungsphysiologischer Wert mit über Jahrtausende oder Jahrhunderte erfolgter Anpassung des Menschen an Organismen und deren Stoffwechselprodukte.	regionaler Zusammenhang zwischen Landwirtschaft und Ernährung. Qualität wird primär auch durch die Art und Weise der Landwirtschaft bestimmt, hochpreisige Nahrungsmittel mit hochpreisigen Agrarprodukten, Ernährung steht mit den agrarökologischen Zuständen im Zusammenhang.
mittel	Erzeugung von Nahrungsmittelkomponenten und von Hilfs- und Zusatzstoffen mit Hilfe von selektierten natürlichen Mikroorganismen, Enzymtechnologie.	Gefahr von Mangelkrankheiten, zu einseitige Ernährung; geringere Anpassungsfähigkeit; physiologische Nebenwirkungen von Zusatz- und Hilfsstoffen; Überladung von Nahrungsmitteln mit einzelnen Stoffkomponenten.	kein regionaler Zusammenhang mehr zwischen Landwirtschaft und Ernährung, Qualität wird durch die Fabrikation bestimmt; Geschmack, Geruch und Konsistenz sind eine Frage der Lebensmitteltechnologie; zunehmender Ersatz hochpreisiger Nahrungsmittelgrundstoffe.
hoch	Erzeugung von neuen Nahrungsmitteln von Nahrungsmittelbestandteilen und Hilfs- und Zusatzstoffen mit Hilfe gentechnologisch veränderter Organismen; Komposition der Nahrungsmittel auf Molekülebene; Austausch von Nahrungsmittelbestandteilen unabhängig vom zugrundeliegenden Nahrungsgrundstoff.	zusätzliche Gefahr, daß die Verträglichkeit der Nahrungsmittel und der mit ihnen verbundenen Mikroorganismenkreisläufe gestört wird; Gefahr, daß neue Krankheitsbilder chronischer und allergener Natur auftreten, und daß sich diese unerwünschten Eigenschaften auch bei den natürlichen Mikroorganismen etablieren.	Landwirtschaft ist nur mehr Rohstofflieferant, Qualität wird auf molekulargenetischer Ebene definiert; hohe Wertschöpfung der Industrie aus billigen Grundstoffen unter Weltmarktbedingungen.

11. Nachwachsende Rohstoffe, Stoffumwandlung und Rohstoffversorgung für die Industrie

Wenn man sich die technologischen Trends in der Landwirtschaft und in der Nahrungsmittelindustrie und die wirtschaftlichen Zusammenhänge auf den Nahrungsmittelmärkten vergegenwärtigt, so ist die Suche nach neuen Märkten für die wachsenden Mengen an agrarischen Produkten, die preislich zudem wegen ihrer Quantität aber auch wegen ihrer technologischen Substituierbarkeit unter Druck geraten, eine logische Konsequenz. "Nachwachsende Rohstoffe" ist einer der Zentralbegriffe in der agrarpolitischen Diskussion der letzten Jahre, und dieser hat nach seiner ersten Anwendung als Folge des ersten Ölschocks 1973 vor allem durch die Möglichkeiten der Bio- und Gentechnologie eine neue weltweite Renaissance ab der zweiten Hälfte der 80iger Jahre erlebt. Aber nicht nur als Problemlöser für die Landwirtschaft werden nachwachsende Rohstoffe gesehen, sondern auch die Industrie hat über die neuen technologischen Möglichkeiten diesen Begriff neu entdeckt. Folgende Vorstellungen und Wünsche aus dem Agrar- und Industriesektor bilden den derzeitigen Hintergrund für die Forcierung des Anbaues von Rohstoffpflanzen:

A. Industrie- und nachfrageseitige Erwartungen

- Knappheit an Erdöl als Rohstoff für Energie und Chemie
- größere Unabhängigkeit von erdölexportierenden Ländern
- Gesundheits- und Umweltprobleme mit synthetischen organischen Chemikalien; Hoffnung, die "Umweltbombe Chemie" zu entschärfen und die chemische Industrie ohne größere Einbrüche umzustrukturieren
- Hoffnung auf eine "ökologisch gereinigte Chemie"
- Erwartung, recycelbare Produkte zu gewinnen
- neue Produkte, neue Märkte und damit eine neue Wachstumsbranche zu etablieren
- Ausbau und noch stärkere Konzentration des agrarischen Vorleistungssektors, verstärkte Integration der Landwirtschaft in den industriellen Komplex und ein Wachstum im nachgelagerten Bereich
- Importsubstitution von agrarischen Rohstoffen durch eigene nachwachsende Rohstoffe aus politisch und wirtschaftlich instabilen Ländern (3. Welt)
- Die Möglichkeit neuartige Pflanzen und Organismen zu züchten und diese und ihre Leistungen zu patentieren.

B. agrarseitige Erwartungen

- Agrarische Überschüsse nicht mehr auf den Weltagrarmärkten zu Dumpingpreisen zu verschleudern, sondern sie intern zu nutzen
- Die neue Nachfrage würde das hohe Produktions- und Produktivitätsniveau besser rechtfertigen als die budgetbelastenden Exportstützungen und damit eine bessere Sicherung der Einkommen intensiver landwirtschaftlicher Betriebe gewährleisten
- Sicherung des Anteils an den öffentlichen Geldern für agrarische Marktordnungen und Förderungen
- Beibehaltung der bestehenden Verteilung der öffentlichen Mittel aus den agrarischen Marktordnungen, d.h. die Förderung der "nachwachsenden Rohstoffe" muß die betriebswirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit gegenüber den traditionellen Marktordnungsfrüchten sicherstellen. Auch ein leichtes Überführen der bisherigen Marktordnungsmechanismen auf die "nachwachsenden Rohstoffe" ist möglich (d.h. Stützungen und Förderungen wirken ähnlich wie eine Preisstützung).

- Die quantitativen und qualitativen Veränderungen beim Lebensmittelkonsum bringen keine größeren strukturellen und produktionstechnischen Änderungen in der landwirtschaftlichen Erzeugung mit sich und erfordern kein Überdenken der agrarpolitischen Paradigmen. Man kann sich die Schwierigkeiten, die mit einer ökologischen Ausrichtung der Landwirtschaft verbunden sind, ersparen.
- Die Landwirtschaft (und die Forstwirtschaft) als Wirtschaftssektor könnte längerfristig eine besondere Schlüsselrolle für die Industrie erhalten, sodaß sie an deren Wachstum vermehrt partizipiert.
- weiterhin eine volle Ausnützung sämtlicher Produktivitätspotentiale in Gunstlagen, ohne die Kostenseite und den Kapitalbedarf zu strapazieren
- verstärkte Nachfrage nach landwirtschaftlichen Neben- und Abfallprodukten wie z.B. Stroh, überschüssigem Wirtschaftsdünger, Schlachtabfälle usw.
- neue billige Futtermittel
- Nutzung umweltgeschädigter Böden

Es spiegelt sich in dieser Aufstellung eine partielle Zusammengehörigkeit der Interessen von Industrie und dem produktionsorientierten, auf Effizienz ausgerichteten Teil des Agrarsektors wider, obwohl sich auch ein starkes Spannungsfeld darin öffnet, inwieweit die Industrie der Landwirtschaft längerfristig eine Schlüsselrolle zugestehen würde. Die Strategie, die Patentierung von Lebewesen voranzutreiben, zeigt, daß es der Industrie nicht unbedingt um eine gleichberechtigte Partnerschaft zu gehen scheint.

11.1 Ein Überblick über die nachwachsenden Rohstoffe für die Industrie - globaler Bezug und Begriffsdefinition

Übersicht 4 soll einen Überblick bezüglich der Anwendungsgebiete der nachwachsenden Rohstoffe aus der Landwirtschaft und deren Ersatz- bzw. Konkurrenzmöglichkeiten zu landwirtschaftlichen Produktionen verschaffen. Der Nahrungsmittel- und Futtermittelsektor ist dabei der Vollständigkeit halber ebenfalls integriert; auch werden in der modernen Nahrungsmittelverarbeitung die agrarischen Grundstoffe lediglich als Rohstoffe bezeichnet bzw. auch unter nachwachsende Rohstoffe subsumiert, was u.a. auch auf die begriffliche Verschiebung innerhalb der Biotechnologie zurückzuführen ist. Abgesehen vom Futter- und Nahrungsmittelbereich wird die Biotechnologie mittelfristig nur im Sektor der Grund- und Bulkchemikalien (Aceton, Butan, Ethanol) oder am Energiesektor eine mengenmäßig starke Nachfrage nach agrarischen Rohstoffen entwickeln können, wobei diese wiederum, sollten Erdölprodukte größtenteils ausfallen, bei weitem die Möglichkeiten der Landwirtschaft übersteigt. Eventuell könnte auch ein größeres Potential des Bedarfes darin zu erwarten sein, wenn sich z.B. Kunststoffe auf reiner Stärkebasis mit ähnlichen Eigenschaften, wie petrochemische Produkte erzeugen lassen. Doch vor allem die zunehmende Kompatibilität und Umwandlungsmöglichkeit von jeglicher Art von Biomasse und ihr Verhältnis zu traditionellen agrarischen Produkten und deren Konkurrenzverhältnisse und Substitutionsmöglichkeiten lassen größere strukturelle Veränderungen erwarten.

Übersicht 4: Nachwachsende Rohstoffe aus der Landwirtschaft, deren Verwendung bzw. deren Ersatzmöglichkeiten

LANDWIRTSCHAFT UND NACHWACHSENDE ROHSTOFFE				Ersatz bzw. Konkurrenz zur traditionellen Landwirtschaft
Proteine, Enzyme, Feinchemikalien	Grundchemikalien oder Bulkchemikalien	Nahrungsmittel und Futtermittel	Energieerzeugung	
Enzyme und Organismen für die Lebensmittelverarbeitung, Farbstoffe, Arzneimittel (Antibiotika, Hormone, Interferone, t-PA, ...) bio- und gentechnologische Vorleistungen für die Landwirtschaft (z.B. Wachstumsförderung, enzymatische Toxine) Spezialstoffe für die Industrie (Waschmittelenzyme, Weichmacher, Lösungsmittel)	Cellulose teilweise Stärke auch Grundstoffe für Zucker Feinchemikalien pflanzliche Öle (siehe Graphiken)	Stärke Fructosesirup Süßungsmittel aus Proteinen spezielle Öle und Fettsäuren Vitamine Fructosensäuren Lebensmittelzusatz- und Hilfsstoffe Futtermittel SCP (Single-Cell-Protein) Hefeproteine Aufschluß von Lignozellulose	Ethanol Methangas (Biogas) Direktenergie pflanzliche Öle (Kapsmethylester) Direktverbrennung von Biomasse Holzheizung Strohheizung Ganzpflanzenverbrennung (Methanol) Wasserstoffherzeugung	Fish-farming Mikroalgenproduktion Seetang SCP Verwertung organischer Abfälle aus Konsum und Industrie Food-design (tierische Proteine aus pflanzlicher Synthese, wertvoller Nahrungsmittelkomponenten aus der Fabrik, z.B. Kakao, Vanillin...) Industrielle Erzeugung von Pflanzen in Nährlösungen (z.B. Gemüse) Biomasse aus der 3. Welt

zwei Strategien bezüglich der nachwachsenden Rohstoffe: 1) viel Biomasse mit Hilfe von Ganzpflanzenergiesystemen und Verarbeitung in Agro-Raffinerien ("Agro-refinery-Konzept")
 2) schnelle Adaptierung der Pflanzen an spezielle industrielle Anforderungen ("Bio-Factory-Konzept") besonders mit Hilfe der Gentechnologie

Innherhalb der jährlich auf der Erde durch Photosynthese erzeugten Biomasse stellt die tatsächlich von der Landwirtschaft aber auch die von der Forstwirtschaft hervorgebrachte Biomasse nur wenige Prozentanteile (2 bis 3%) dar (siehe Aufstellung 25) .

Abbildung 25: Weltproduktion nachwachsender Rohstoffe

Weltproduktion nachwachsender Rohstoffe (3)

Nachwachsende Biomasse	120 000 × 10 ⁶ t/a
Weltholzeinschlag	3 000 × 10 ⁶ m ³ /a
– Nutzholz	1 400 × 10 ⁶ t/a
– Zellstoff	100 × 10 ⁶ t/a
Weltbaumwollerzeugung	45 × 10 ⁶ t/a
– Cellulosefasern	3 × 10 ⁶ t/a
Weltgetreide- und Knollenfrüchteproduktion als Reinstärke	1 150 × 10 ⁶ t/a
– davon Weltstärkeproduktion	23 × 10 ⁶ t/a
Weltzuckerproduktion	92 × 10 ⁶ t/a
Weltfleischproduktion	150 × 10 ⁶ t/a*
Weltfischproduktion	72 × 10 ⁶ t/a*
Weltsojaproduktion	88 × 10 ⁶ t/a*
Welterdnußproduktion	20 × 10 ⁶ t/a*
Weltöl- und Fetterzeugung	55 × 10 ⁶ t/a
Weltkautschukerzeugung	4 × 10 ⁶ t/a
Zum Vergleich:	
Welterdölförderung	3 000 × 10 ⁶ t/a
Weltsteinkohleproduktion	2 800 × 10 ⁶ t/a
Welterdgasproduktion	1 000 × 10 ⁶ t/a
Weltbraunkohleförderung	1 000 × 10 ⁶ t/a

* Frischgewicht

Quelle: FAUST 1985)¹¹²

ESTERBAUER, H. 1985¹¹³ beruft sich auf Schätzungen, "daß dieser Prozentanteil der menschlichen Nutzung auf 10 Prozent, vielleicht gar 20 Prozent, gesteigert werden könnte, ohne daß das Ökosystem umkippt und ins Ungleichgewicht kommt", wodurch die Erdölförderung problemlos substituiert werden könnte. Solche Aussagen sind natürlich nicht überprüfbar bzw. hängt es davon ab, was man unter stabilen oder natürlichen dynamischen Ökosystem versteht und welche Methoden und Organisationsformen man sich bei der Nutzung der Biomasse vorstellt. Grundsätzlich einzuwenden gibt es, daß Pflanzen nicht nur aus dem Primärergebnis der Photosynthese Lignozellulose, d.h. aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, sondern daß auch andere Elemente (vor allem Stickstoff, Phosphor und Schwefel) und Spurenelemente und deren Kreisläufe am Pflanzenwachstum beteiligt sind

¹¹² FAUST, Uwe: Bedeutung der Biotechnologie für Chemie und Energie. In: Zukunftschance Biotechnologie, österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Internationales Symposium in Mauterndorf, Wien 1985.

¹¹³ ESTERBAUER, H.: Alternative nachwachsende Rohstoffe. In: Zukunftschance Biotechnologie, österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Internationales Symposium in Mauterndorf, Wien 1985.

und daß das Gleichgewicht dieser Kreisläufe vehement bei größerer Biomassennutzung gestört würde. Der verstärkte Einsatz von Lignozellulose als Industrierohstoff würde also voraussetzen, daß die Kreisläufe der übrigen Elemente relativ geschlossen bleiben, was den menschlichen Produktionssystemen derzeit bei weitem nicht einmal in der konventionellen Landwirtschaft gelingt, und daß die einzelnen unterschiedlichen, ökologischen Systeme mit ihrer derzeitigen Artenvielfalt nicht in Richtung von Monokulturen mit einem noch stärkeren Artensterben getrieben werden. Prinzipiell würde nämlich eine so starke Nutzung oder schon eine Verdoppelung der Biomasseverwertung eine viel stärkere Bewirtschaftung der Wälder und Gewässer voraussetzen, deren ökologische Konsequenzen schon in den Folgen der derzeitigen Intensivierung und Spezialisierung der Landwirtschaft teilweise vorausgesehen werden können.

Es ist aber im Kleinen in manchen Gebieten der Erde möglich, durch Wiederaufforstung und durch vorsichtiges Herantasten an neue agrarische und forstliche Kultursysteme oder an eine Mischung der beiden (Agroforestry) neue angepaßte Landnutzungssysteme zu erschließen (insbesondere in der 3. Welt). Ob solche Systeme zum Partner für die hoch konzentrierte und spezialisierte westliche Industrie werden, daran muß gezweifelt werden. Viel eher dürften sie sich als Neuerschließung von Ernährungsmöglichkeiten für die wachsende Weltbevölkerung eignen.

Die derzeitige Form der Bewirtschaftung der tropischen Regenwälder führt nach vielen wissenschaftlichen Berichten leider auch zur globalen Katastrophe, und es dürfte noch zu klären sein, ob es eine nachhaltige Form davon gibt, sodaß deren globalökologische Funktion erhalten bleibt. Die derzeitige Methodik der westlichen Industriesysteme, insbesondere die nachwachsenden Rohstoffe in der 3. Welt zu nutzen, scheinen jetzt schon fähig zu sein, das Erdökosystem umkippen zu lassen, sodaß den Möglichkeiten eines globalen Hochfahrens der industriellen Biomassennutzung größte Fragezeichen angehängt werden müssen.

Auf der anderen Seite findet die Biotechnologie eine Vielzahl von zellulosehaltigen Abfallprodukten in der Industrie selbst (Holz- und Papierverarbeitung, Lebensmittelindustrie) vor, und eine große Menge an Biomasse ließe sich aus einer Abfall- und Abwassertrennung in den Haushalten gewinnen, sodaß sich durch bessere Recyclingsysteme innerhalb unserer Produktions- und Konsumsysteme sehr wohl nicht Probleme erzeugende, sondern problemlösende Chancen für die Biotechnologie eröffnen.

Ein anderer Nutzungssektor für eine industrielle Biotechnologie wäre die verstärkte Verwendung von nicht genutzten Abfallstoffen aus der Landwirtschaft direkt, wobei hier aber größtenteils nur ein Teil des Stroh, das nicht dem Boden wieder entsprechend düngerwirksam zugeführt werden kann, und eventuell überschüssiger Wirtschaftsdünger aus Massentierhaltungssystemen, was wiederum nur das Ergebnis einer unökologischen Landwirtschaftspraxis ist, übrig bleibt. Die Biotechnologie bei landwirtschaftlichen Neben- und Abfallprodukten dezentral zu nützen, sodaß die Möglichkeit besteht, die Nährstoffe und einen Teil der organischen Substanz schadstofffrei auf die Felder, denen diese entnommen werden, rückführbar zu belassen, wäre eine der großen Alternativen zur großindustriellen Biotechnologie (z.B. Kleinbiogasanlagen, Kompostierungssysteme, kommunale Strohfeuerungsanlagen mit Rauchgaswäsche). Aber dies ist unter dem Begriff der "nachwachsenden Rohstoffe" zumeist nicht gemeint.

Bei den nachwachsenden Rohstoffen aus der Landwirtschaft, wie der Begriff derzeit primär in der öffentlichen Diskussion gesehen wird, versteht man einen neuen spezialisierten entweder auf hohe Biomasseerträge ausgerichteten Pflanzenbau oder den Anbau von Spezialpflanzen

mit bestimmten speziellen hochwertigen Inhaltsstoffen für die Industrie. Daß man darunter auch traditionelle Gewürz- und Arzneipflanzen oder traditionelle Arten von Faserpflanzen, die wiederangebaut werden, oder letztlich die gesamte Holz- und Forstwirtschaft verstehen kann, ist eher eine Nebensache bzw. dienen solche Aufzählungen, obwohl sie zweifellos zu den nachwachsenden Rohstoffen im weiteren Sinne gehören, dazu, dem Neuen und Revolutionären einen traditionellen Anstrich zu geben. Man versteht also im engeren Sinn unter nachwachsenden Rohstoffen lediglich Pflanzen, die sich zur Kraftstofferzeugung eignen oder deren Kohlehydrat-, Fett- und Eiweißstoffgehalt oder sonstiger besonderer Wertstoffgehalt sie für industrielle Verwertung außerhalb des Nahrungs- und Futtermittelsektors (Non-food-Sektor) besonders geeignet macht, um neue industrielle Produkte hervorzubringen bzw. traditionelle Produkte und Verfahren zu ersetzen. D.h. in diesem engeren Sinne sind die traditionellen nachwachsenden Rohstoffe, wie Heil-, Gewürz-, Färberei- und Faserpflanzen und die traditionelle Forst- und Holzwirtschaft, nicht mit eingeschlossen. Die Neuanlage von schnellwachsenden Energiewäldern als Energiealternative wäre aber inkludiert bzw. es handelt sich dabei um eine besondere forstwirtschaftliche Intensivierungspraxis.

11.2 Möglichkeiten der industriellen Verwertung nachwachsender Rohstoffe und deren biotechnologische Anwendung

11.2.1 Zucker, Stärke und Cellulose und deren Verwendung im Non-food-Bereich

Diese Produkte werden insofern zusammengefaßt, da sie in bestimmter Beziehung als Industrierohstoffe einander konkurrieren bzw. ähnliche chemisch-technische Produkte aus ihnen gewonnen werden können. Abbildung 26 von FAUST 1985¹¹⁴ charakterisiert das Möglichkeitsspektrum, diese Stoffe biotechnologisch umzusetzen, und zeigt auf, in welchen unterschiedlichen Sparten die Produkte angewandt werden. In gewissem Sinne gehört auch die Hemizellulose dazu, da auch sie chemisch oder enzymatisch hydrolysiert und dann die Xylose zu Ethanol, 2,4 - Butandiol, Butanol und Aceton fermentiert werden kann.

Ad Zucker: Zucker eignet sich hervorragend als Nährstoff oder Substrat in der Biotechnologie, sodaß die derzeitige Erzeugung von Fruchtsäuren, Aminosäuren, Antibiotika, Vitamine und vieler spezieller Enzyme auch im Nahrungsmittelbereich auf Zucker basiert. Dazu kommen aber auch spezielle Eignungen als Synthesebestandteil für stabile Di- und Oligosaccharide oder deren Hydrierungsprodukte oder von Hydroxymethylfurfural, das für die Aromatenchemie geeignet ist. Auch als Komponente von Polyol-Harzen wäre Zucker geeignet. Weiters sind auf der Liste der chemisch-technischen Zuckerprodukte hydrophile Bausteine, Tenside für die Erdölförderung, Kosmetika, Pharmazeutika oder Membranen und Flüssigkristalle und vor allem auch Biopolymere wie Polyhydroxyverbindungen, die sich zur Darstellung von Polyestern und Polyurethanen eignen (vgl. auch Tabelle 26), oder das fermentative Polyhydroxybutyrat, das zur Herstellung von Kunststoffen und Verpackungsmaterial vermehrt Verwendung finden könnte.

Die Landwirtschaft produziert Zucker in Form von Saccharose aus Zuckerrohr und Zuckerrüben, wobei weltweit das Verhältnis des Zuckeraufkommens aus diesen Früchten 60% zu 40% beträgt. Im EG-Europa werden fast ausschließlich Zuckerrüben angebaut, wobei von den 14 Mio. Tonnen Jahresproduktion nur ca. 180.000 Tonnen in den chemisch-technischen Sektor gehen, der sich wiederum zu 56% in organisch-chemische Produkte, 27% in pharmazeutische Produkte und zu 13% in die Kunststoffherstellung aufspaltet. (BERICHT

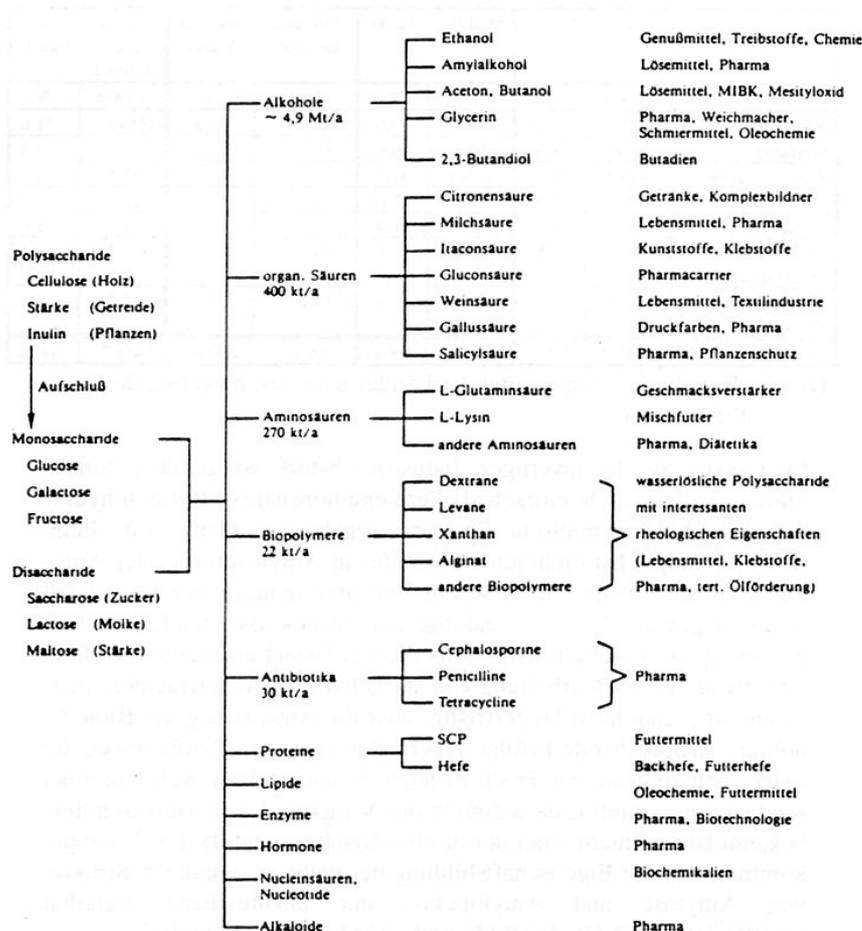
¹¹⁴ FAUST, U. 1985: a.a.O.

DES BUNDES UND DER LÄNDER ÜBER "NACHWACHSENDE ROHSTOFFE" 1989)¹¹⁵. Davon wird aber wiederum nur ein Teil fermentativ - d.h. biotechnologisch - umgesetzt.

Daneben lassen sich aber auch fructosehaltige Pflanzen wie Zichorie oder Topinambur oder als Zuckerpflanzen die Zuckerhirse, die in nur sehr geringem Umfang derzeit angebaut werden, zur Zuckernerzeugung nützen. Die Vorteile dieser Pflanzen wären Massenerträge oder bestimmte Krankheitsresistenzen und eine gewisse Auflockerung der Fruchtfolge in intensiveren Ackerbaugebieten.

Ad Stärke: Wie bereits erwähnt, ist das Produktspektrum der Stärke, soweit sie biotechnologisch-fermentativ weiterverarbeitet werden kann, ein ähnliches wie bei Zucker, darüber hinaus ist aber Stärke auch ein beliebter chemischer Rohstoff mit speziellen Eigenschaften, der über die Stärkeindustrie bereits in vielfältigster Weise genutzt wird. Abbildung 26 und die Tabelle 15 geben einen Überblick über die industriellen Einsatzmöglichkeiten der Stärke und über deren Umsatzverteilung in den einzelnen Bereichen.

Abbildung 26: Fermentative Veredelung von Kohlenhydraten



Quelle: FAUST 1985

¹¹⁵ BERICHT DES BUNDES UND DER LÄNDER ÜBER "NACHWACHSENDE ROHSTOFFE": Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten, BRD, Bonn 1989.

Tabelle 15: Nutzung von Stärke und Stärkederivaten in der EG in 1983

	Native Stärke		Modifiz. Stärke		Produkte abgebaut aus hydr. Stärke		Stärke und -derivate in Summe	
	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%
Nahrung	285,6	27,3	99,1	14,6	1499,9	76,3	1884,6	51,0
Tierfutter	86,8	8,3	59,8	8,8	31,1	1,6	177,7	4,8
Papier u. Pappe	446,6	42,7	288,8	42,6	-	-	735,5	20,0
Textilbereich	13,8	1,3	48,2	7,1	-	-	62,0	1,7
Klebstoffe	17,8	1,7	70,3	10,4	-	-	88,1	2,4
Chemikalien und Pharmazeutika	29,1	2,8	23,1	3,4	298,2	15,2	350,5	9,5
Sonstige industr.Nutzung	70,1	6,7	51,1	7,5	54,3	2,7	175,5	4,8
Insgesamt	1045,3	100,0	677,4	100,0	1966,1	100,0	3688,7	100,0

Quelle: Bericht des Bundes und der Länder über "nachwachsende Rohstoffe" 1989

Interessant als hochwertiger Industrierohstoff ist darüber hinaus Stärke - soll sie nicht einfach als Fermentationsnährstoff durch hydrolytische oder enzymatische Spaltung abgebaut werden - vor allem, wenn sie möglichst einheitlich entweder in Amyloseform oder Amylopektinform mit möglichst wenig Verunreinigungen vorliegt, sodaß sie in die gewünschten Verbindungen mit standardisierten Eigenschaften übergeführt werden kann. Aus diesem Grund erscheint vor allem eine züchterische Bearbeitung von stärkehaltigen Ackerfrüchten interessant, und man hofft längerfristig, über die Anwendung der Biotechnologie entsprechende Erfolge zu erzielen bzw. den Syntheseweg der Stärke neu zu designen. Doch ist Letzteres noch relativ weit von einer Realisierung entfernt, da lediglich der Vorgang der in-vitro-Synthese bekannt ist und nicht jener der in-vivo Synthese, und da das Zustandekommen und die Eigenschaftsbildung der makromolekularen Struktur von Amylose und Amylopektin nur unzureichend erklärbar ist (RÜHL; MENGE-HARTMANN; DAMBROTH 1989)¹¹⁶.

Die große Hoffnung, die man mit der Stärkechemie verbindet ist, daß ihr Potential als Polymerrohstoff ausgebaut wird. So könnten fast ein Viertel der Polymere aus Derivaten des Rohöls, die derzeit am Markt sind, mit Stärkeprodukten kombiniert werden (siehe ebenda). Dabei würde die Stärke teilweise neue positive technologische Eigenschaften einbringen. Negativ dagegen wirkt sich die natürliche Kornstruktur, ihre Wasserfreundlichkeit und die Unlöslichkeit in den vormals verwendeten Lösungsmitteln in der chemischen Industrie aus. Neben dem Ausbau der klassischen Nutzung der Stärke, erscheinen folgende Ansätze als vielversprechend, um durch Stärke zu neuen Nutzungsmöglichkeiten zu gelangen (Bericht des Bundes und der Länder über "Nachwachsende Rohstoffe", BRD 1988):

- Glucoseacid-Fettsäureester hätten gute Oberflächeneigenschaften und würden die Herstellung biologisch besser abbaubarer Waschmittel ermöglichen oder könnten bei Veresterung der Glucose mit Pflanzenschutzmitteln deren erhöhte Wirksamkeit (d.h. auch deren Einsparung) ermöglichen.
- Gemeinsame Verarbeitung von Stärke mit künstlichen Polymeren; Herstellung von Vormischungen von 50% Stärke und 50% Polyethylen mit Hilfe der Extrusionstechnik und Einsatz dieser Vormischung bei der Kunststoffverarbeitung, sodaß Folien, Becher usw. aus Polyethylen mit bis zu 10% Stärkeanteil entstehen, die sogar ein leichteres Bedrucken mit wasserlöslichen Farben erlauben; oder Einsatz durch Umwandlung in Sorbit als Polyol in

¹¹⁶ RÜHL, G.F.; MENGE-HARTMANN, U.; DAMBROTH, M.: Neue und verbesserte Rohstoffpflanzen für den Industriepflanzenanbau durch Biotechnologie. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.

der Polyurethan-Herstellung (Teilweise sind jedoch andere Füllstoffe wie Mehl kostengünstiger).

- Verwendung als Copolymer: gemeinsame Polymerisierung von Stärke und Polyethylen oder Polypropylen bei niedrigen Temperaturen und bei niedrigem Feucht- und Eiweißgehalt der Stärke; Produktion von:
 - o Phenolharzen, wobei Stärke durch die Umwandlung in Hydroxymethylfufurol Formaldehyd bis zur Hälfte ersetzen kann.
 - o Sorbitol; Umwandlung von D-Glucose in D-Sorbitol, das als Starter in der Polyethersynthese oder als Komponente in Alkyd- oder Melaminharzen Verwendung findet, oder durch Transglycosidierung mit Sorbitol als Alkoholkomponenten lassen sich reine Kohlehydrat-Polyole gewinnen, deren Eigenschaften von der Stärkestruktur abhängen.
 - o Stärke-Acrylonitrilen als sogenannte "Super-Slerper", die mehr als das 100-fache Eigengewicht an Wasser aufnehmen. Babywindeln, Nährstoffbindung und Pflanzenschutzmittelbindung bei der Saatgutpilletierung und gleichzeitiger Schutz vor Austrocknung.
- Thermoplaste aus reiner Stärke: im Spritzgußverfahren hergestellte Wegwerfbecher oder andere Behältnisse wie Medikamentenkapseln aus Stärke. Aus amylosereiche Fruchtarten (Markenerbse, Amylomais) erwartet man sich abbaubare Verpackungsfolien.
- Fermentative Produkte aus Stärke in Form von sogenannten Biopolymeren. Als Produkte daraus sind derzeit bekannt:
 - o Pullulan - erzeugt durch Pilze - eignet sich als Lebensmittelfolie. 4000 Tonnen werden derzeit in Japan fermentiert.
 - o Xantangums aus Bakterien: erzeugt werden derzeit 15.000 Tonnen. Sie sind eigentlich Ersatzprodukte für den wasserlöslichen natürlichen "Gum Arabic"), der in Getränken und Konditoreikonfektion Verwendung findet. Die Weltproduktion davon beträgt bis zu 40.000 Tonnen wovon 80% aus dem Sudan stammen. Das Stärkeprodukt wird zunehmend als Aufmischungsbestandteil bzw. gänzlicher Ersatz in modernen Nahrungsmitteln eingesetzt, was entsprechend negative Effekte in den anbauenden Entwicklungsländern verursacht.
 - o Polyhydroxy-Buttersäure (PHB) aus Bakterien als Ersatz von Polypropylen.

Nach FAUST 1985 gehen nur 2 % der weltweit über die Agrarproduktion erzeugten Stärke von 890 Millionen Tonnen in die Stärkefabrikation, wovon wiederum ca. 72% in die Ernährung gehen. 99 % der industriell verarbeiteten Stärke stammt aus Mais, Kartoffeln, Tapioka und Weizen. In kleineren Mengen werden insbesondere in Asien auch andere Früchte verwendet; diese sind in ihrer Bedeutung rückläufig. Von der Weiterentwicklung der Stärkeindustrie bzw. der Pflanzenzüchtung wird es abhängen, ob neue Spezialfrüchte, wie Amylomais, Markerbse mit bis zu 84% Amylose oder auch andere amylosereiche Genotypen von Reis, Hirse und Gerste bzw. "wachsige" Mutanten davon, die einen hohen Amylopektinengehalt haben, verstärkt zum Einsatz kommen.

Die industrielle Stärkeerzeugung der EG wurde bereits vorgestellt (siehe Tabelle 15.). Ein weiterer Ausbau des Stärkeeinsatzes in den traditionellen Bereichen wie Papier oder Pappherstellung wird aufgrund des hohen Altpapieranteils erwartet. In den übrigen Bereichen wie Textil, Klebstoffe, Gießerei und Erdölbohrung wird viel davon abhängen, inwieweit Stärkeprodukte an die Qualität synthetischer Hilfs- und Zusatzstoffe herangeführt werden können bzw. bei Chemikalien und Pharmazeutika, wie das Preisverhältnis von Glucose zu anderen Mono- oder Disacchariden sich gestaltet. Das gilt natürlich auch für viele der neuen Einsatzmöglichkeiten der Stärke. Derzeit werden im EG-Raum nur ca. 15.000 Tonnen Stärke für neue Kunststoffe verwendet. Optimistische Schätzungen gehen aber davon aus, daß dieser Anteil auf bis zu 700.000 Tonnen im Jahr 2000 gesteigert werden könnte, insbesondere wenn

sich die ersten biotechnologischen Kunststoffe bewähren; das wäre dann aber erst ca. 20 % der im Jahre 1983 erreichten industriellen Stärkeproduktion (Bericht des Bundes und der Länder über "Naturwachsende Rohstoffe", BRD 1989)

Auf die neuen Möglichkeiten von Cellulose oder Zellstoff bzw. die übrigen Kohlehydrate der Holzstoffe wie Hermicellulose und Lignin wird nicht näher eingegangen. Auf die enzymatische Hydrolyse der Cellulosen und deren biotechnologische Weiterverarbeitung wurde bereits hingewiesen. Lignine, die 20 bis 30% des Holzes ausmachen, würden bei schwefelfreien neuen Aufschlußverfahren wie z.B. beim Organocell-Verfahren (Methanol/Wasser und Natronlauge) oder beim Acetosolvaufschluß (Essigsäure und Salzsäure) herausgereinigt werden können, sodaß sie sich auch zur Gewinnung von Polymeren eignen, die in Klebstoffen bzw. in Schall- und Wärmedämmelementen eingesetzt werden können.

11.2.2. Pflanzliche Öle und Fette

Pflanzliche Öle und Fette bieten als "Nachwachsende Rohstoffe" im Gegensatz zu den Kohlehydraten eine separate Produktlinie, da sie aufgrund der Vielzahl von Modifikationen und Molekülstrukturen, die durch die unterschiedlichen Längen der Fettsäuren, sowie durch die Anzahl und Positionen der funktionalen Gruppen gekennzeichnet sind, eine vielgestaltige Grundstoff- und Kunststoffchemie ermöglichen. In pflanzenbaulicher und pflanzenzüchterischer Hinsicht geht es vor allem darum, solche Ölpflanzen zum Einsatz zu bringen, die einen hohen Anteil einer speziellen Fettsäure aufweisen. Darüber hinaus sind für die chemische Industrie auch oleochemisch interessante Fettsäurespektren, Öle und Fette mit funktionalen Gruppen und Wachse in pflanzlichen Ölen und Fetten von Bedeutung. Tabelle 16 gibt einen Überblick über die in Mitteleuropa kultivierbaren Ölpflanzen und deren wichtigste Fettsäuregehalte.

Diese weisen aber vorwiegend C-16 und C-18-Fettsäuren auf. Interessant wären aber für die chemische Industrie vorwiegend kurz- bis mittelkettige Fettsäuren, sodaß bisher die europäische Oleochemie diese aus Entwicklungsländern vor allem in Form von Kokosöl bzw. Palmöl importiert.

Abbildung 27 vermittelt das traditionelle Spektrum der Verwendungsmöglichkeiten von pflanzlichen Ölen und Fetten in der Oleochemie (Quelle: RÜHL/MENGE-HARTMANN/DAMBROTH 1989¹¹⁷, Bericht des Bundes und der Länder über "über nachwachsende Rohstoffe" 1989). Nachdem die direkte Nutzung von Ölen und Fetten in Form von Farben, Lacken, Firnis und Seifen aufgrund preislicher Unterschiede zu petrochemischen Produkten bzw. wegen gewisser instabiler Eigenschaften rückläufig war, könnte sich dieses Segment wegen des sogenannten "Biotrends", insbesondere im mitteleuropäischen Raum, und da sich solche Stoffe als Ersatz umweltgefährdender synthetischer Produkte primär anbieten, wieder stabilisieren bzw. sogar wieder anwachsen.

¹¹⁷ RÜHL, G.F.; MENGE-HARTMANN, U.; DAMBROTH, M. 1989: a.a.O.

Tabelle 16: Qualitätsmerkmale in Mitteleuropa kultivierbarer Ölpflanzen

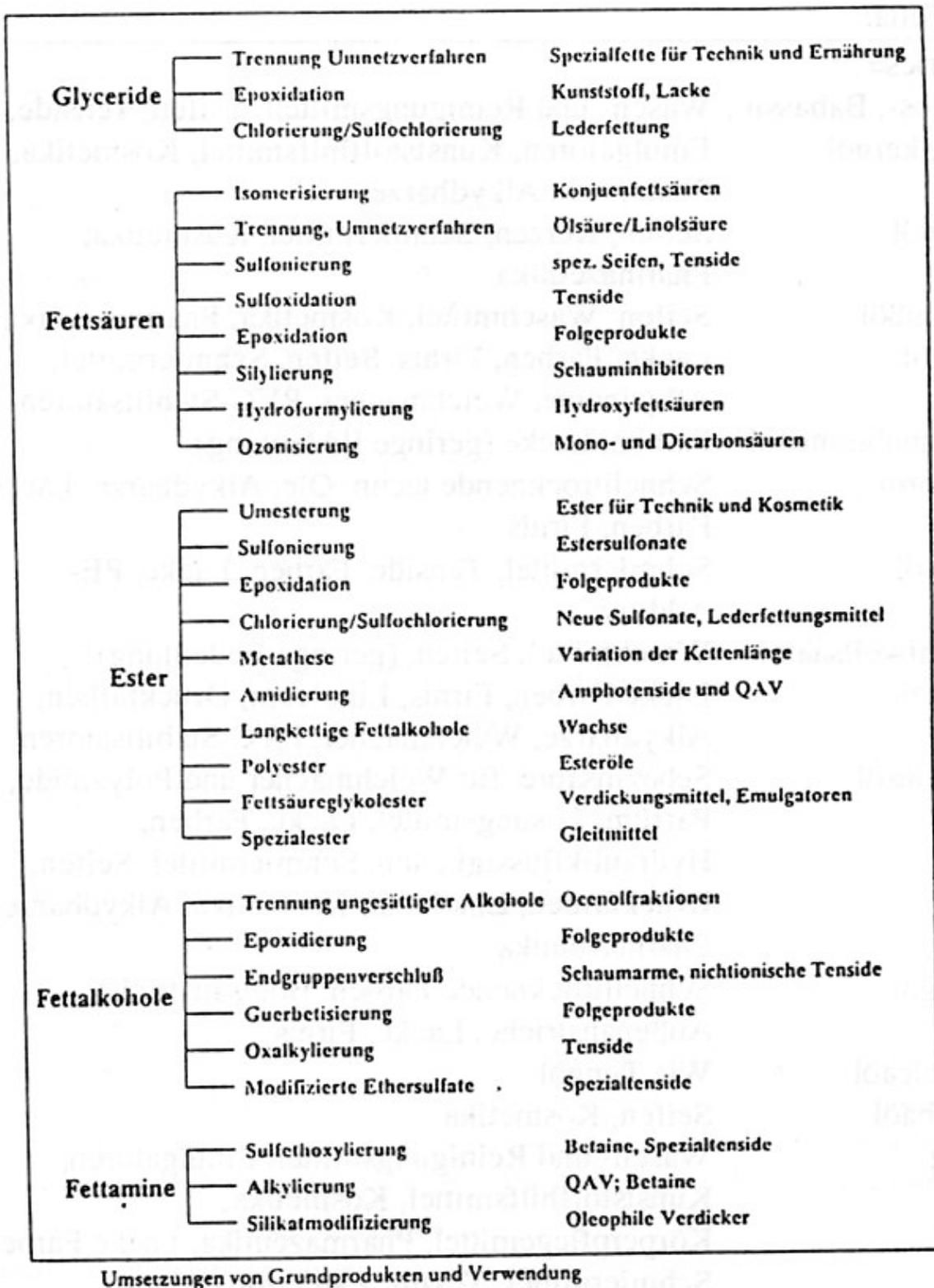
Kulturart	Spannweite im Ölgehalt nach Literatur- angaben	Ölgehalt 1982	Eiweiß- gehalt 1982 (Sommerformen)	Öl- und Eiweiß- gehalt	Ölsäure 18:1	Hauptfettsäuren (25%) nach Literaturangaben		Eruca- säure 22:1
						Linol- säure 18:2	Linolen- säure 18:3	
<i>Brassica napus</i> (Raps)	40-52	36,3	28,9	65,2	<70	<40	<60	
<i>Brassica campestris</i> (Rübsen)	38-48	39,7	29,5	69,2	<55		<67	
<i>Brassica juncea</i> (Brauner Senf)	11-46	37,0	32,4	69,4	<37	<33	<69	
<i>Brassica nigra</i> (Schwarzer Senf)	13-38	30,5	34,4	64,9	<29		<65	
<i>Sinapis alba</i> (Gelber Senf)	22-41	31,3	33,8	65,1	<33		<62	
<i>Crambe abyssinica</i> (Crambe)	25-50	43,0	24,7	67,7			<59	
<i>Camelina sativa</i> (Leindotter)	33-41	40,7	27,3	68,0		<39		
<i>Raphanus sativus</i> (Ölrettich)	31-50	35,3	34,8	70,1	<40		<31	
<i>Eruca sativa</i> (Ölrauke)	22-35	30,7	35,7	66,4	<36		<44	
<i>Helianthus annuus</i> (Sonnenblume)	40-50	34,5	18,0	52,5	<78	<85		
<i>Carthamus tinctorius</i> (Saflor)	17-50	22,5	15,9	38,4	-	<81		
<i>Madia sativa</i> (Ölmalic)	24-43	24,0	31,7	55,7	<25	<75		
<i>Linum usitatissimum</i> (Lein)	30-47	41,5	24,7	66,2	<38		<66	
<i>Papaver somniferum</i> (Mohn)	40-55	45,0	21,6	66,6		<75		
<i>Cucurbita pepo</i> (Ölkürbis)	40-58	41,3	33,2	74,5	+	<46		

Quelle: RÜHL et al. 1989

Wichtiger in der chemisch-technischen Anwendung ist jedoch die indirekte Nutzung. Glycerin wird im begrenzten Umfang bei Kosmetika, Kunststoffen, Alkydharzen, wasserlöslichen Farben in der Celluloseverarbeitung usw. eingesetzt. Größere Mengen müßten für niederwertige Chemikalien wie Propylen verwendet werden, sodaß es an Preis verlieren würde. Fettsäuren dienen auch zur Seifenherstellung, die bei Einschränkung synthetischer Waschmittel wieder eine Produktionsausschreitung erfahren könnten oder können bei chemischer Aufarbeitung auch als Weichmacher, Schaumbremser und Fließverbesserer von Rohölen Verwendung finden. Sie können auch zu Fettalkoholen oder Fettaminen umgesetzt werden. Das Haupteinsatzgebiet der letzteren beiden Produkte ist die Tensidnutzung. Langkettige Fettalkohole können zu Wachsen synthetisiert werden, die der petrochemischen Umwandlung nicht zugänglich sind. Bedeutend sind auch Fettsäuremethylester, die vor allem als Dieselkraftstoffersatz bzw. als Schmieröle und Hydraulikflüssigkeiten Verwendung finden. Als Vorprodukte für Fettalkohole eignen sie sich auch als synthetischer Tensidersatz.

Tabelle 18 zeigt beispielhaft das Möglichkeitsfeld einer einzelnen speziellen Fettsäure, der Erucasäure, die aus erucasäurereichen Genotypen des Raps gewonnen werden kann.

Abbildung 27: Fette - Umsetzung der Grundprodukte und Verwertung



Quelle: RÜHL et al. 1989

Tabelle 17: Verwendung natürlicher Öle und Fette

Öl-Fettart	industrielle Verwendung des Öls/Fetts
Laurics=	
Kokos-, Babassu-, Palmkernöl	Wasch- und Reinigungsmittel, Seifen, Tenside, Emulgatoren, Kunststoffhilfsmittel, Kosmetika, Shampoos, Alkydharze
Palmöl	Seifen, Kerzen, Schmiermittel, Kosmetika, Pharmazeutika
Erdnußöl	Seifen, Waschmittel, Kosmetika, Pharmazeutika
Sojaöl	Lacke, Farben, Firnis, Seifen, Schmiermittel, Alkydharze, Weichmacher, PVC-Stabilisatoren
Sonnenblumenöl	Farben, Lacke (geringe Bedeutung)
Safloröl	Schnelltrocknende techn. Öle, Alkydharze, Lacke, Farben, Firnis
Rapsöl	Schmiermittel, Tenside, Farben, Lacke, PE- Additiv
Baumwollsaatöl	Waschmittel, Seifen, (geringe Bedeutung)
Leinöl	Lacke Farben, Firnis, Linoleum, Druckfarben, Alkydharze, Weichmacher, PVC-Stabilisatoren
Rizinusöl	Sebazinsäure: für Weichmacher und Polyamide, Parfüm, Lösungsmittel, Lacke, Farben, Hydraulikflüssigkeiten, Schmiermittel, Seifen, Druckfarben, Linoleum, Kosmetika, Alkydharze, Pharmazeutika
Tungöl	Schnelltrocknende Farben, Bootsanstriche, Außenanstriche, Lacke, Firnis
Oiticicaöl	Wie Tungöl
Jojobaöl	Seifen, Kosmetika
Talg	Wasch- und Reinigungsmittel, Emulgatoren, Kunststoffhilfsmittel, Kosmetika, Körperpflegemittel, Pharmazeutika, Lacke Farben, Schmiermittel, Textil-, Papierhilfsmittel
Fischöle	Seifen, Lacke, Farben, Firnis, Kunststoffadditive

Tabelle 18: Die technisch-industrielle Verwendung der Erucasäure und wichtiger Derivate

Spezielle Verwendung einiger Derivate

Arachinsäure	Konservierung, Antischaummittel, Aromastoff, Hilfsstoff in der Waschmittelindustrie, Formulierungsmittel (Fungizide)
Pelagonsäure	Metallseifen, Funktion bei Kunststoffherstellung
Brassyssäure	Schmierstoffe, Kunststoffweichmacher, Parfüm-, Seifen- und Kosmetikindustrie, Polyester, Nylon- und Polyamidherstellung
Erucasäureamide	Polyäthylenfolienherstellung, Gleitmittel und Antiblockiermittel, im Gemisch mit Laurylsäureamid Schmiermittel für Polyäthylen

Quelle: Bericht des Bundes und der Länder über "nachwachsende Rohstoffe" 1989

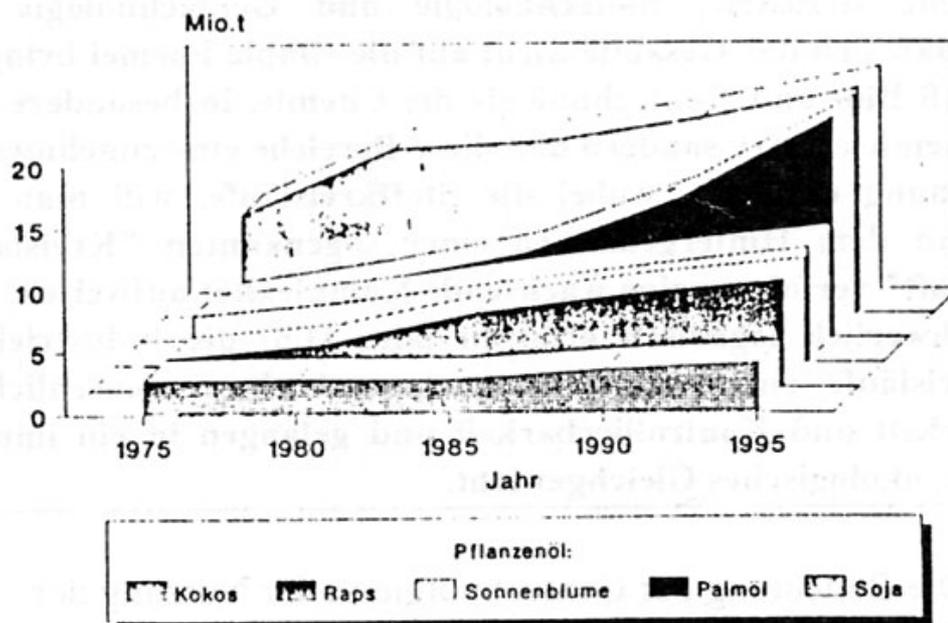
Aber auch die moderne Biotechnologie findet innerhalb der Oleochemie ein weites Betätigungsfeld durch den Einsatz spezieller Lipasen und lipidmodifizierender Oxigenasen vor. Lipasen lassen sich vor allem aus Mikroorganismen, primär Pilzen, gewinnen bzw. auch solche aus tierischem Gewebe kommen zum Einsatz. Aber auch Pflanzen insbesondere keimende Ölsaaten bilden hochaktive Lipasen. Lipasen können in speziell gebauten Bioreaktoren die Fette hydrolysieren, was beim heute üblichen Hydrolyseverfahren bei Temperaturen um 250°C und einem Druck von 60 bar im Gegenstrom mit Wasserdampf stattfindet. Dabei weisen Lipasen aber je nach ihrer Ausformung sowohl sehr spezifische Spaltungseigenschaften auf bzw. können auch zufällig hydrolysierend wirken. Die Zusammensetzung und die Zugabe von Lösungsmitteln und Tensiden können die Hydrolyseausbeute entsprechend (d.h. bis zu 98%) erhöhen bzw. optimieren. Daneben ermöglichen Lipasen aber auch die Umkehrreaktion - d.h. die Veresterung - oder können zur Umsetzung von Fetten genutzt werden, sodaß neue Fette und Öle oder Wachse entstehen. Am bekanntesten ist die Umesterung von Olivenöl und Stearinsäure, woraus ein kakaobutterähnliches Produkt entsteht. Aber auch andere Speiseöle und Fettsäuren, Methylester von Fettsäuren und langkettige Alkohole können um- oder verestert werden. Darüber hinaus können aus pflanzlichen und tierischen Fetten und Ölen biologisch aktive Lipide über die Stufe hochgereinigter Fettsäuren gewonnen werden. Daraus lassen sich z.B. Pheromone - das sind Insektensexualduft- und -lockstoffe - synthetisieren bzw. spezielle Pharmazeutika darstellen.

Die technische Weiterentwicklung dieser Umsetzungen wird davon abhängen, inwieweit die spezifischen Enzyme zu einem konkurrenzfähigen Preis bereitgestellt werden können, was wiederum eine bio- und gentechnologische Vorleistung werden könnte, und inwieweit die in-vivo Biosynthese der Fettsäuren sich auf molekulargenetischer Ebene aufklären läßt. Einerseits könnte man dann - so die Überlegungen - durch Gentechnologie neue spezielle

Ölpflanzen mit den für die Industrie wünschbaren Gehaltswerten züchten und andererseits ein neues mikrobielles Enzymdesign erstellen, um unspezifische oder minderwertige Öle und Fette entsprechend zu veredeln. Diese beiden Strategien konkurrenzieren sich in bestimmtem Rahmen, doch erzeugen sie auch eine besondere Dynamik. Ähnlich verhält es sich, indem man sich von der Gentechnologie bei Ölpflanzen der gemäßigten Klimate eine Substitutionsmöglichkeit wertvoller Öle und Fette aus den tropischen Pflanzen und damit eine bestimmte Unabhängigkeit von Entwicklungsländern erwartet, und indem man gleichzeitig durch Zell- und Gewebekulturtechnik und durch Gentechnologie die tropischen Pflanzen wie Ölpalmen und Kakao u.a. ebenfalls zu optimieren versucht.

Die Zell- und Gewebekulturtechnik zur Ertragssteigerung hat z.B. bei den Ölpalmen vor allem im ostasiatischen Raum bereits Erfolge gezeigt. Diese Vorgangsweise wurde vom niederländischen Nahrungsmittelkonzern Unilever, der selbst ca. 90.000 ha Plantagen besitzt, eingeschlagen (vgl. HOBELINK 1987)¹¹⁸, sodaß Palmöl zunehmend das teurere Kokosfett ersetzt. Dabei ist der Kokospalmanbau, der vor allem von Kleinlandwirten betrieben wird, in eine schwierige wirtschaftliche Situation geraten. Dementsprechend haben sich aber auch die Weltmarktverhältnisse bei pflanzlichen Ölen und Fetten in den letzten Jahren bereits verschoben bzw. werden sich verschieben (siehe Abbildung 28).

Abbildung 28: Entwicklung der Weltproduktion von Pflanzenölen



Quelle: aus MEUSSDORFER, F./HIRSINGER, F. 1989¹¹⁹:

Zu den nachwachsenden Rohstoffen im weiteren Sinn gehören aber auch alle Pflanzen, aus denen Pflanzensekrete und Pflanzenextrakte, wie traditionell z.B. Kautschuk, Kolophonium,

¹¹⁸ HOBELINK, H. 1987: a.a.O.

¹¹⁹ MEUSSDÖRFER, F. und HIRSINGER, F. 1989: Neue Chancen für die Landwirtschaft durch biotechnologische Methoden und Verfahren im Bereich nachwachsender Rohstoffe. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg; Berlin 1989.

Terpentin, Gerbstoffe, natürliche Farbstoffe, ätherische Öle und pflanzliche Pharmazeutika, gewonnen werden. So wird auch eine Ausdehnung der speziellen Naturstoffchemie und -pharmazie mit neuen Produkten erwartet, sei es durch neue spezielle Züchtungen oder durch biotechnologische oder chemische Umwandlung von pflanzlichen Ausgangsstoffen.

Allgemein ist zum Themenkomplex nachwachsende Rohstoffe, chemische Industrie, Biotechnologie und Gentechnologie zu sagen, daß sich das Gesamte nicht auf die simple Formel bringen läßt, daß Bio- und Gentechnologie die Chemie, insbesondere die Petrochemie ersetzt, sondern daß diese Bereiche eine zunehmende Verzahnung erfahren, wobei die Stoffkreisläufe, will man sie noch mit dem Hintergedanken einer sogenannten "Kreislaufwirtschaft" verfolgen, eine wachsende Komplexität aufweisen, die sich schwerlich logistisch erfassen läßt. D.h. die industriellen Stoffkreisläufe entziehen sich zunehmend einer menschlichen Planbarkeit und Kontrollbarkeit und gelangen in ein immer labileres ökologisches Gleichgewicht.

8.4.3. Die Bedeutung der Gentechnologie in der Nutzung der "Nachwachsenden Rohstoffe"

Auf die Hoffnung durch die Aufklärung der in-vivo Synthese von pflanzlichen Ölen und Fetten und von Kohlehydraten zu neuen gentechnologischen Pflanzenzuchtstrategien zu gelangen, um spezielle Rohstoffpflanzen mit höheren Ausbeuten und der gewünschten Stoffzusammensetzung möglichst schnell verfügbar zu machen, wurde bereits hingewiesen. Die Gentechnologie könnte somit auf der Ebene der Pflanzenzüchtung wichtige Impulse für die "nachwachsenden Rohstoffe" setzen. Die andere und wahrscheinlich viel bedeutendere Anwendung der Gentechnologie bei nachwachsenden Rohstoffen ist ihr Einsatz bei der biotechnologischen Umwandlung der pflanzlichen Stoffe in die entsprechenden technisch-chemischen Produkte, sei es mit Hilfe der Mikroorganismen oder mit Hilfe von spezifischen Enzymen, die wiederum aus biotechnologischen Prozessen stammen.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Fermentation und Biokatalyse. Bei der Fermentation werden auf einem Nährmedium mit unterschiedlichen Rohstoffen durch Mikroorganismen oder durch Zellen die entsprechenden Produkte über die biochemischen Lebensvorgänge in den Zellen als Stoffwechselleistung erzeugt, während bei der Biokatalyse primär mit Hilfe von Enzymen (es können aber auch Zellsysteme sein) ein vorher chemisch möglichst genau definierter Stoff über eine Umwandlungsreaktion in einen anderen übergeführt wird. Dabei erlaubt die Biokatalyse zumeist höhere Produktkonzentrationen als die Fermentation und wird zumeist bei spezifisch einstufigen Prozessen eingesetzt, wobei aber bei manchen Produkten sowohl die Biokatalyse als auch die Fermentation angewandt werden kann (z.B. Aminosäuren). Da die Biokatalyse primär auf Enzymtechnologie beruht, gehören zu ihr selbstverständlich auch alle mit Hilfe von Enzymen umgewandelten Nahrungsmittelstoffe und im weiteren Sinne auch der Einsatz von Enzymen in Waschmitteln. Die bedeutendsten Enzyme beim letzteren Verfahren sind Waschmittelproteasen die bereits 1985 ein Weltmarktvolumen von ca. 3,5 Mrd. Schilling aufwiesen (FAUST 1985). Mit einem Ansteigen der Nachfrage auch nach anderen technisch bedeutsamen Enzymen (Lipasen, Amylasen, Isomerasen, Oxigenasen usw.) wird gerechnet, sodaß eine Optimierung der Produktion über die Gentechnologie zunehmend interessanter wird. Man erwartet sich von ihr folgende Vorteile und Neuerungen:

- Erhöhung der Produktivität: z.B. durch Verfielfältigung der codierenden Gene oder durch Einbau stärkerer Promotoren

- Erhöhung der Toleranz gegenüber der Konzentration der gebildeten Produkte: z.B. sterben die Gärungsorganismen bei einer Alkoholkonzentration von 7 bis 10% ab. Eine erhöhte Unempfindlichkeit gegen Ethanol würde die Wirtschaftlichkeit der Alkoholproduktion entscheidend verbessern. Dies gilt auch für viele andere biotechnologische Prozesse.
- Bildung weniger unerwünschter Nebenprodukte: Die biotechnologischen Prozesse mit Mikroorganismen fallen nicht nur das gewünschte Produkt sondern auch andere Enzyme und Stoffe an, die das Zielprodukt qualitativ mindern oder die Aufarbeitung stören (z.B. Proteine in Fette und Ölen).
- Neue Sekretionssysteme oder Mikroorganismen: Zumeist wird das Zielprodukt intrazellulär in den Organismen angesammelt bis sie absterben. Würden die Mikroorganismen den gewünschten Stoff in das Kulturmedium ausscheiden, könnte leichter aufgearbeitet und gereinigt werden oder die Prozesse leichter kontinuierlich geführt werden. Mit Hilfe der Gentechnologie wird versucht, neue Proteinsekretionssysteme zu entwickeln.
- Veränderung des Flockungsverhaltens: Bei manchen biotechnologischen Prozessen ist es von Bedeutung, daß die Organismen im Reaktor zurückbleiben (wie z.B. in der Methangasgärung) oder daß sie in möglichst hoher Konzentration gewonnen werden. Die Veränderung ihres Flockungsverhaltens ist deshalb unter bestimmten Bedingungen interessant. Z.B. würden Mikroalgen eine Biomasseerzeugung von 120 Tonnen pro Hektar und Jahr mit bis zu 70% Lipidanteil ermöglichen; d.h. daß sie sich z.B. für die Kraftstofferzeugung besser als Raps eignen würden. Ein solcher Ertrag überträfe auch bei weitem jeden landwirtschaftlichen Pflanzenbau. Sie müssen aber mit Hilfe teurer kationischer Polymere ausgeflockt werden. Diese Stoffe machen dabei ein Viertel der notwendigen Kapitalkosten aus, sodaß die Produktion nicht wirtschaftlich ist (Genetic Engineering and Biotechnology Monitor II/1988).
- Veränderung der Produktzusammensetzung: Interessant ist auch die Produktzusammensetzung auf molekulargenetischer Ebene zu gestalten. Z.B. Verhinderung, daß bei der Fettspaltung ein zufälliges Gemisch von Fettsäuren entsteht.
- Übertragung der Stoffwechselleistungen auf hochproduktive und genormte Labor- und Industriestämme oder andere Mikroorganismen. Viele Organismen, die interessante chemische Substanzen bilden, sind Kultivierungsmaßnahmen in Bioreaktoren oft schwer zugänglich, sodaß man diese Leistungen auf bekannte kultivierbare Organismen übertragen möchte. Oder manche biotechnologischen Umwandlungen erfolgen über zwei oder mehrere Schritte, wie z.B. die Vergärung von Stärke oder Cellulose zu Alkohol. Durch die Übertragung der Amylase oder Cellulaseaktivität auf die Gärungsorganismen könnte die Alkoholerzeugung einstufig geführt werden.
- Veränderung der Anpassungsfähigkeit an andere Umweltfaktoren: Anpassung der Mikroorganismen an andere Optimaltemperaturen, höhere Temperaturen oder an andere pH-Optima.
- Enzymengineering (Enzym-design): Insbesondere zur Erzeugung neuer technischer Enzyme, die eine hohe Spezifität aufweisen, wäre die Gentechnologie prädestiniert. Einerseits geht es darum, bekannte technische Enzyme möglichst effizient bereitzustellen, oder sie so zu modifizieren, daß sie eine höhere Produktkonzentration vertragen oder eine andere Spezifität aufweisen, und andererseits versucht man neue Enzyme zu entwerfen, von denen man annimmt, daß sie bestimmte Umwandlungen katalysieren. Wenn es gelingt, die Wechselwirkungen zwischen den Aminosäuren und zwischen den Proteinuntereinheiten und ihre Bedeutung für die Katalyse aufzuklären und eine genauere Kenntnis der Wirkungen zwischen Substrat, Produkt und Enzyme zu erlangen, so würde man durch gezielte Mutationen und Manipulationen die entsprechenden Enzyme erzeugen können. Derzeit basiert die Enzymtechnologie fast ausschließlich auf der Empirie ihrer Wirkung und nicht auf einem einheitlichen theoretischen Konzept. Sollte sich ein solches Konzept konstruieren lassen - das Hindernis ist die große Komplexität und Vielfältigkeit

der chemischen Strukturen, ihre Wirkungen und Wechselwirkungen und die Schwierigkeiten bei der Strukturaufklärung von Proteinen -, so würde ein Quantensprung in der Biotechnologie erfolgen. Man kann zwar schon heute synthetische Enzyme erzeugen, die entsprechend durch computersimulierten Vorhersagen strukturiert werden, doch besteht die Schwierigkeit noch darin, ihnen eine biologische und katalytische Aktivität zu verleihen.

11.4. Die nachwachsenden Rohstoffe und ihre wirtschaftlichen und ökologischen Implikationen - Zur Kritik der Strategie der nachwachsenden Rohstoffe

Einleitend zum Kapitel 8.4. wurden bezüglich der nachwachsenden Rohstoffe die Gründe aufgezählt, warum die chemische Industrie und manche bedeutende Teilinteressen der Agrarpolitik die nachwachsenden Rohstoffe als Industrie- und Agrarstrategie forcieren, ohne deren Hintergründe, Zusammenhänge und Auswirkungen kritisch zu durchleuchten und zu hinterfragen. Doch sind die Widersprüche und Auswirkungen so mancher Vorstellungen zu offensichtlich bzw. sollten folgende Konsequenzen nicht unbedacht bleiben:

wirtschaftliche Implikationen:

- Hauptsächliche Grundlage, um aus Pflanzen in großen Mengen industrielle Ersatzstoffe für die Petrochemie zu schaffen, sind primär Kohlehydrate, die zu Bulkchemikalien umgewandelt werden, die wiederum Kraftstoffe oder Substanzen für eine standardisierte chemische Industrie sein können, oder pflanzliche Öle und Fette, die sich ebenfalls als petrochemischer Rohstoffersatz eignen. Dabei geht es entsprechend der Struktur der chemischen Industrie um große Quantitäten. Kohlehydrate, pflanzliche Öle und Fette, selbst wenn es sich um spezielle Stoffgruppen handelt, können im Prinzip fast überall auf der Erde erzeugt werden, bzw. lassen sie sich aus den unterschiedlichsten Formen von Biomasse gewinnen. Bei liberalen Agrarmärkten, nachdem es schon schwierig ist, die nationalen oder kontinentalen Lebensmittelmärkte zu schützen (siehe Uruguay-Runde des GATT), wird die Preisbildung bei den nachwachsenden Rohstoffen somit mittelfristig und vor allem längerfristig über den Weltmarkt erfolgen, sodaß die kleinstrukturierte europäische Landwirtschaft wenig Chancen besitzt, auf diesem Sektor konkurrenzfähig zu bleiben; es sei denn, sie wird entsprechend den industriellen Erfordernissen umstrukturiert. Konkurrenzfähig dürften nur die organischen Abfälle aus den Haushalten und der Industrie und teilweise "Abfälle" aus der Land- und Forstwirtschaft und eventuell manche pflanzlichen Spezialkulturen sein.

Deren Nachfrage ist aber begrenzt oder auch sie drohen mit Hilfe der modernen Biotechnologie durch Umwandlung einfacher und billiger Rohstoffe ersetzt zu werden. Nationale Agrarprogramme zum Aufbau des nachwachsenden Rohstoffsektors dienen primär dazu, die Infrastruktur einer nationalen biotechnologischen Industrie aufzubauen und haben nur so lange Erfolg, als die Agrarmärkte und die Produktmärkte geschützt sind bzw. die öffentliche Hand bereit ist, die Produktion bis zur internationalen Konkurrenzzfähigkeit zu stützen.

- Biotechnologie im industriellen Maßstab wird heute primär durch internationale Großunternehmen betrieben, die standortspezifische Vorteile und die geringsten Veränderungen der Weltmarktverhältnisse optimal zu nützen trachten. Produziert wird deshalb mit großen Einheiten an jenen Orten werden, wo die Differenz zwischen den Kosten an Rohstoffen und Produktionsfaktoren und den Erträgen ein Gewinnmaximum

ergibt. Machen z.B. die Rohstoffkosten 30% bis 60% der Herstellungskosten aus, so wird die Fermentation oder die Biokatalyse nur dort interessant sein, wo die entsprechenden nachwachsenden Rohstoffe möglichst billig, längerfristig in stabilen und großen Mengen, zu kalkulierbaren Preisen zur Verfügung stehen und eine entsprechende industrielle Infrastruktur gegeben ist. "Für die im internationalen Wettbewerb tätige chemische Industrie dürfen die Preise für heimische Produkte nicht über denen vergleichbarer Stoffe am Weltmarkt liegen" schreiben z.B. MEUSSDOERFER/HIRSINGER 1989 von der Firma HENKEL KGaA (BRD)¹²⁰, womit der längerfristige Trend für nachwachsende Rohstoffe klar vorgezeichnet ist.

- nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie zu erzeugen, setzt eine intensive Verflechtung zwischen Landwirtschaft und Industrie voraus, die in einen verstärkten Vertragsanbau mit längerfristigen Abhängigkeiten mündet, ohne daß die Chance einer alternativen Umstrukturierung der Landwirtschaft in Richtung eines nachhaltigen Landbaues genützt werden kann.
- Die Industrie wird ihre Machtposition über Integration des Vorleistungssektors, über zusätzliches Know-how-Angebot, über die Durchsetzung von Pflanzenpatenten, über besondere Dienstleistungen und durch Verträge gegenüber der Landwirtschaft auszubauen versuchen. Daß die Landwirtschaft zum gleichberechtigten Schlüsselsektor für die chemische Industrie werden könnte, wird damit vorgebeugt. (Die Bauern sind keine Ölscheichs.)
- Wie bereits angedeutet, muß die heimische Landwirtschaft, will sie konkurrenzfähig nachwachsende Rohstoffe in größeren Mengen bereitstellen, auch strukturell, produktionstechnisch und organisatorisch umstruktuiert werden. Ganzpflanzenerntesysteme, neue Kooperationsformen beim Abtransport der Ernte und in den ersten Aufbereitungsstufen werden derzeit schon diskutiert.
- Die Wettbewerbsstellung landwirtschaftlicher Produkte wird durch eine weitere Homogenisierung zusätzlich geschwächt. D.h. die Produkte, insbesondere solche wie nachwachsende Rohstoffe, werden noch weniger differenzierbar und damit qualifizierbar, als sie es als Nahrungsmittelgrundstoffe schon waren. Damit entfernt sich die Landwirtschaft weiter vom Konsumenten. Die gleichzeitige Nähe zu großen Konzernen, die allein die Rohstoffstrategie wahrnehmen können, läßt die Frage auftauchen, ob die Steuerzahler überhaupt bereit sind, eine solche Landwirtschaft zu fördern oder zu subventionieren, denn die Erwartungshaltung der Konsumenten an die Landwirtschaft richtet sich primär in jene Richtung, daß die Landwirtschaft möglichst gesunde und rückstandsfreie Nahrungsmittel produziert und gleichzeitig zur Landschaftsgestaltung und Umwelterhaltung einen positiven Beitrag erbringt. Zunehmend nur unter diesen Gesichtspunkten ist die Budgetsolidarität mit der Landwirtschaft gegeben und nicht für industrielle Strategien zusammen mit dem multinationalen Agrobusiness. Damit gerät die Agrarpolitik aber insbesondere auch in der Vertretung einer "bäuerlichen" Landschaft noch weiter in die Defensive (vgl. dazu auch BINSWANGER 1990)¹²¹.
- Letztlich geht es darum, will man mit Hilfe nachwachsender Rohstoffe Bulkchemikalien erzeugen, große Mengen an verwertbarer Biomasse bereitzustellen. Nachdem diese

¹²⁰ MEUSSDÖRFER, F. und HIRSINGER, F. 1989: a.a.O.

¹²¹ BINSWANGER Ch.: Agrarpolitische Untauglichkeit nachwachsender Rohstoffe - ökonomische und ökologische Irrtümer. In: Neue Zürcher Zeitung, 7./8. Oktober 1990.

Pflanzen nicht mehr direkt in die Nahrungsmittelerzeugung gelangen, kann auf das Kriterium, keine Agrochemikalien mit gesundheitlich bedenklichen Rückständen einzusetzen, verzichtet werden.

- Daß es bei der Biomasseproduktion um hohe Masseerträge pro Hektar geht, wo die chemischen Düngemittel und Pflanzenschutzmittel nach dem Grenzkostenprinzip eingesetzt werden und wo sich auch die Pflanzenzüchtung danach auszurichten versucht, möglichst düngungswürdige, hoch ertragreiche Pflanzenarten und- sorten bereitzustellen, dürfte die wahrscheinlichste Option eines Rohstoffpflanzenbaues sein. Spezialpflanzen mit speziellen Inhaltsstoffen sind entweder Kleinalternativen oder in größeren Mengen unterliegen sie ebenfalls dem ökonomischen Kalkül beim Einsatz von Agrarchemikalien und sonstigen ertragssteigernden Techniken. Z.B. schreibt BINSWANGER 1990: "Damit der Rapsanbau (gemeint ist als nachwachsender Rohstoff; Anmerkung des Autors) einigermaßen rentabel gestaltet werden kann, müssen großflächige Monokulturen geschaffen werden, die wiederum nur bei massivem Einsatz von Chemie rentabel zu bewirtschaften sind."
- Das Kreislaufprinzip natürlicher Ökosysteme, das auch als grundlegende Dimension - wie vielfach versprochen wird - in den industriellen Prozeß eingeführt werden könnte, läßt sich dadurch nicht oder kaum realisieren:

Exkurs:

Zu klären wäre dabei, was man unter dem Kreislaufprinzip überhaupt versteht. Man kann nämlich auch natürliche Stoffe, wie eben Biomasse, im Kreislauf führen, wobei man aber mehr Energie und Stoffe beim Transport und bei der industriellen Prozessierung verbraucht, als sich im Kreislauf befinden, oder wobei das Zusammenspiel mit anderen Kreisläufen schon derart gestört ist, daß es auf den einen Kreislauf schon fast gar nicht mehr ankommt. Eine brauchbare Definition wäre: Natürliche ökologische Kreisläufe sind Stoffumwandlungen und Stoffbewegungen, die in eine Vielzahl von Subkreisläufen und Interaktionen mit anderen Kreisläufen aufgespalten gedacht werden können, sodaß sie in Summe mehr einem fraktalen Gebilde als einem klaren geometrischen Schema gleichen. Sie haben eine Spannweite und einen Zusammenhang von den globalen atmosphärischen Kreisläufen angefangen bis zu den kleinsten für den Menschen erfaßbaren sich wiederholenden Umsetzungen auf molekularer Ebene in den einzelnen Zellen, wobei das Zusammenspiel dieser sich unabhängig von den menschlichen Nutzungsvorstellungen in einer Art harmonischer Stabilität und gleichzeitig in einer evolutionären Dynamik ereignet; und ob sie sich tatsächlich in der vom Menschen erkannten Kausalität abspielen, ist vielfach eben nur eine vorübergehende Hypothese (z.B. kybernetische Modelle). Der Mensch nutzt und stört diese Kreisläufe - teilweise selbstverständlich zwangsläufig, indem er sie an bestimmten Stellen aufbricht und sich an ihnen beteiligt bzw. ist er selbst nur eine besondere Station innerhalb dieser. Je mehr er aber seine Mächtigkeit, mit Hilfe technischer Werkzeuge einzugreifen, anwachsen läßt, sei es im Großen, indem er riesige Mengen an Biomasse herausnimmt und konzentriert und sie anders verteilt, oder sei es im Kleinen, indem er die Molekularstrukturen entsprechend seinen Nutzenvorstellungen manipuliert, umso mehr Energie, Technologie, Organisation und Kontrolle und vorausschauendes Wissen um sämtliche Zusammenhänge wären notwendig, um die relative Stabilität des Gesamten zu gewährleisten. Da aber das vorausschauende Wissen der Menschen über sämtliche Zusammenhänge nicht gegeben ist, wäre ein minimales Eingreifen des Menschen, um eben nur das Notwendige zu gewinnen - was aber eine gesellschaftliche und politische Kategorie ist - die beste Gewähr, die Stabilität der Ökosysteme zu erhalten.

Die Gegenhypothese würde lauten, daß der Mensch das notwendige Wissen besitzt, um die natürlichen Ökosysteme für alle Zukunft zum Überleben der Menschheit stabil zu halten, sodaß er fast beliebig die natürlichen Kreisläufe nach den ihm bekannten Naturgesetzmäßigkeiten zu seinem vordergründigen Nutzen gestalten kann. Letzteres scheinen aber die Erfahrungen aus den bisher bekannten globalen und lokalen Umweltkatastrophen zu widerlegen (Exkursende).

- Also das Kreislaufprinzip scheint deshalb nicht verwirklichtbar:

- o- Da die derzeitige Landwirtschaft selbst 30% bis 50% des eigenen energetischen Outputs, ohne daß die Energie im nachgelagerten Bereich berücksichtigt wird, als Vorleistung benötigt.
- o- Da auch die Industrie nicht ein geschlossenes, sondern ein offenes System ist (z.B. Wasserverbrauch, Chemikalien zur Aufbereitung).
- o- Da das Aufbrechen biologisch und ökologisch vernetzter Kreisläufe und ihre Überführung in industrielle Systeme die Einbeziehung in die Vielfältigkeit und Kleinräumigkeit natürlicher Systeme vielfach ausschließt. Insbesondere durch die Gesetzmäßigkeiten der "economies of scale" ergibt sich eine Konzentration der Produkte, was, selbst wenn diese biologisch abbaubar sind, an sich schon ein Problem ist (z.B. fallen in Österreich jährlich mehr als 400.000 Tonnen unverwerteter Molke in räumlicher Konzentration an; siehe später Exkurs Molke).

- Von der Agrarökologie aus betrachtet wären vor allem folgende Kriterien zu beachten:

- * eine dezentrale Aufbringung (Fruchtfolge, keine Maximalerträge)
- * eine dezentrale Verteilung organischer Produkte und Abfälle bei Rückführung in die Landwirtschaft entsprechend der Aufbringung
- * eine Schadstofffreiheit der organischen Produkte und Abfälle bei Rückführung in die Landwirtschaft
- * eine dem Bedarf angepaßte vielfältige Zusammensetzung der Produkte und Abfälle bei der Rückführung (z.B. reifer Kompost)

Die industriellen Prinzipien und ihre ökonomischen Implikationen konterkarieren diese Prinzipien fast auf allen Ebenen, es sei denn, es gelänge durch logistisch komplexe Organisationen die gleiche Komplexizität bei den "Up-stream-Prozessen" der nachwachsenden Rohstoffe zur industriellen Prozessierung und zum Konsum auch auf die "Down-stream-Prozesse" der Abfälle aus dem Konsum nach eben erwähnten Kriterien anzuwenden. Es wird dabei aber zunehmend die Hypothese wahrscheinlicher - experimentell beweisen läßt es sich ja nicht -, daß die vordergründigen ökonomischen Vorteile der zentralisierenden Tendenzen unserer industriellen Prozesse, die durch kostendegressive Wirkung von Spezialisierung und Produktivitätssteigerung und durch die Ausnützung des geringsten Effizienzvorteils von "High-tech" gegeben sind, einer dezentralen Wirtschaftsstruktur vor allem bei nachwachsenden Rohstoffen unterlegen sind, da die notwendigen Transport- und Organisationsaktivitäten, will man den erwähnten Kriterien entsprechen, eben die Vorteile der Zentralisierung wieder aufzehren.

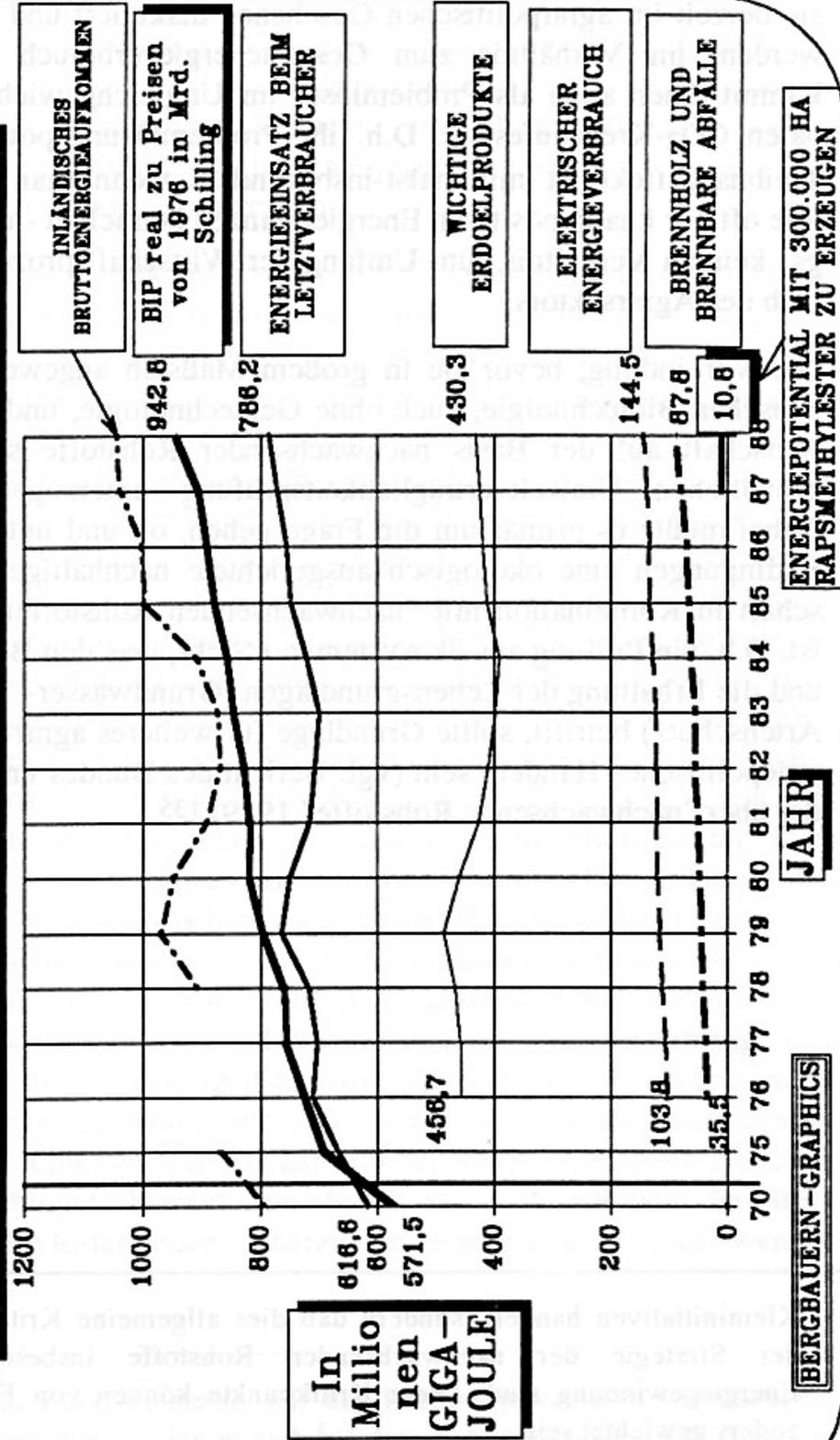
- Das Potential der landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffe z.B. als Kraftstoffersatz ist in den Industrieländern im Vergleich zum derzeitigen Verbrauch als

äußerst gering einzustufen. Z.B. könnten in Österreich durch die Gewinnung von Rapsmethylester auf 300.000 ha Überschussfläche lediglich 1,4 % des österreichischen Netto-Energiebedarfes von ca. 750 Mio. GJ ersetzt werden. Dabei ist der Energieverbrauch des Rapsanbaues und der Energieverbrauch zur Erzeugung des Rapsmethylesters gar nicht mit eingerechnet. Z.B. weist nach BRD-Studien Rapsmethylester ohne Nebenproduktbewertung nur einen Energiebilanzkoeffizienten von 1,2 auf. Bei dem derzeitigen Wirtschaftswachstum von ca. 4% rechnet die Mineralölindustrie allein schon mit einem jährlichen Mehrverbrauch von 2,5% in ihrem Sektor. D.h. solange die Wachstumsdynamik in den traditionellen Sektoren der Wirtschaft nicht gebrochen wird, ist der Treibhauseffekt durch die nachwachsenden Rohstoffe nicht im geringsten vermindert. Jeder eingesparte Liter Treibstoff oder jede eingesparte Kilowattstunde in der Landwirtschaft, in der Industrie und im Konsum erbringt viel mehr, als die ausgeklügeltste Strategie mit den nachwachsenden Rohstoffen (vgl. Abbildung 29). Allein der Energiegehalt des in Österreich eingesetzten Stickstoffes an mineralischem Stickstoffdünger beträgt gleichviel als auf 300.000 ha über Rapsmethylester an Energie gewonnen werden kann.

- Die gleiche Bedeutung, die den nachwachsenden Rohstoffen, sowie sie derzeit im agrarpolitischen Geschehen diskutiert und propagiert werden, im Verhältnis zum Gesamtenergieverbrauch zukommt, kommt ihnen auch als Problemlöser im Ungleichgewicht des globalen CO₂-Kreislaufes zu. D.h. ihr Problemlösungspotential zum Treibhauseffekt ist minimalst- insbesondere wenn man zusätzlich ihre oft nur knapp positiven Energiebilanzen betrachtet - und steht in gar keinem Verhältnis zum Umfang der Wirtschaftsprozesse außerhalb des Agrarsektors.
- Die Verbindung, bevor sie in großem Maßstab angewendet wird, zwischen Biotechnologie, auch ohne Gentechnologie, und der Landwirtschaft auf der Basis nachwachsender Rohstoffe sollte einer gründlichen Umweltverträglichkeitsprüfung unterzogen werden. Dabei müßte es primär um die Frage gehen, ob und unter welchen Bedingungen eine ökologisch ausgerichtete nachhaltige Landwirtschaft in Kombination mit "nachwachsenden Rohstoffen" möglich ist. D.h. eine Prüfung aus ökosystemarer Sicht, was den Bodenschutz und die Erhaltung der Lebensgrundlagen (Grundwasser-, Boden und Artenschutz) betrifft, sollte Grundlage für weiteres agrar- und industriepolitisches Handeln sein (vgl. Bericht des Bundes und der Länder über "nachwachsende Rohstoffe" 1989).¹²²

¹²² Bericht des Bundes und der Länder über "Nachwachsende Rohstoffe" 1989: a.a.O.

**ABBILDUNG 29: VERGLEICH ENERGIEEINSATZ (beim
 Letztverbraucher) MIT DEM BIP (real) UND DEREN
 ENTWICKLUNG**



BERGBAUERN-GRAPHICS

11.4.1 Exkurs 1: Das Beispiel Molke

Die Molke ist mengenmäßig das bei weitestem bedeutendste Folge- und Nebenprodukt der Milchverarbeitung, welches bei der Käseerzeugung anfällt. Sie enthält noch bestimmte Eiweißkomponenten, Vitamine und Mineralstoffe und weist noch Fettanteile der Milch auf, aus denen Molkebutter gewonnen werden kann. Weiters enthält sie einen Großteil des Milchzuckers, besteht aber hauptsächlich, d.h. zu ca 93%, aus Wasser. Sie eignet sich aufgrund ihrer Zusammensetzung vorwiegend als tierisches Futtermittel in der Schweinehaltung, mit Fruchtanteilen lassen sich schmack- und nahrhafte Erfrischungsgetränke herstellen, sie kann aufgrund ihrer Zusammensetzung zu Wasch- und Spülmittel verarbeitet werden, kann in der Bäckerei zur Aufbesserung von Teigeigenschaften eingesetzt werden, oder sie wird auch zu der Kosmetikartikelherstellung verwendet. Ihr großer Nachteil ist aber ihr Anfall in riesigen Mengen und ihr Problem besteht darin, daß sie aufgrund ihrer Zusammensetzung eine biologisch aktive Substanz ist, die Abwässer- und Kläranlagen schwer belastet.

Auf Österreich bezogen ergibt sich im Jahr 1988 bei einer Milchlieferung an Molkereien und Käsereien von ca. 2,2 Millionen Tonnen und einer Käseerzeugung von ca. 82.000 Tonnen eine Molkemenge von etwas mehr als 926.000 Tonnen (siehe Tabelle 19). Das ist fast die Hälfte der angelieferten Milchmenge. Davon werden nur 48% entgeltlich an Molkereien, Lieferanten und sonstige Abnehmer abgegeben, wobei auch deren Verwendung als Futtermittel nicht eindeutig geklärt ist. 46.000 Tonnen wurden lediglich weiterverarbeitet d.h. getrocknet oder zu den erwähnten Molkeprodukten verwandelt. 46% der Molke oder ca. 430.000 Tonnen wurden als unverwertet in der Statistik (bzw. als gratis abgegeben) ausgewiesen.

Wieviel davon dann eventuell tatsächlich in die Schweinemast geht - es ist ja kaum anzunehmen, daß manche Lieferanten für Molke bezahlen und andere sie gratis beziehen - kann nicht gesagt werden. Jedenfalls ist die Tatsache unter den derzeitigen Bedingungen der österreichischen Molkereistruktur gegeben, daß entweder hunderttausende von Tonnen Molke in die Kläranlagen und Abwässer gelangen und diese auf das Schwerste belasten (oder daß sie, was das harmloseste wäre, in der offiziellen Statistik auf rätselhafte Weise verschwinden). Es ist auch eine Besonderheit der österreichischen milchwirtschaftlichen Statistik, daß sie sich mit den riesigen Quantitäten der Molke nicht beschäftigt.

Diese Problematik hängt aber nicht direkt mit der uralten Technologie der Käseerzeugung zusammen, sondern hat seine Ursachen in der Konzentration der Milchverarbeitung in wenigen Betrieben. Früher als die Käseverarbeitung dezentral auf Almen, Bauernhöfen und Dorfsennereien erfolgte, war die Molke kein Problem, da sie an die ebenfalls fast überall gehaltenen Schweine verfüttert werden konnte. Es ist heute noch eine Selbstverständlichkeit, daß sich der Senner auf Almen, auf denen Milch verarbeitet wird, einige Schweine hält, die er mit der anfallenden Molke mästet. Teilweise wurde die Molke sogar in erhitzter Form zur Reinigung von Holzbehältnissen verwendet und in schlechtesten Fall leider auch weggeschüttet, was auch bedeutet, daß "früher" nicht alles ökologisch erfolgte, doch war diese dezentrale Belastung kein Umweltproblem. Theoretisch ließe sich Molke sogar als Düngemittel verwenden, und ein Molkeproblem wäre auch heute nicht gegeben, wenn die Käseverarbeitung dezentral parallel mit einer nicht konzentrierten Schweinehaltung stattfinden würde. Aber - und hier sei ein Bericht aus der Zeitschrift "Österreichische Milchwirtschaft" 9/1988 zitiert: "Heute, wo in den Käsereien große Mengen an Molke anfallen, ist die historische Verwertung von Molke nicht mehr bzw. nur mehr teilweise möglich. Der Markt für Molkegetränke ist beschränkt und das Verfüttern bei größeren

Transportwegen nicht wirtschaftlich...". Dazu kommt also noch, daß sich die Verfütterung nur dann rentiert, wenn die Molke unmittelbar in der Umgebung von Großmolkereien abgegeben werden kann, was eine Konzentration der Schweinehaltung bedingt, wobei wiederum nur Großschweinebestände mit automatisierter Flüssigfütterung konkurrenzfähiger sind. Letztlich würde man eine bodenunabhängige konzentrierte Tierhaltung schaffen, die über die Gülle wieder das Grundwasser gefährdet. Eine Konzentration bedingt also die nächste Konzentration oder verlangt nach neuen hochtechnologischen Problemlösungen. So werden auch im Zusammenhang mit der Molke biotechnologische Fermentationen diskutiert, um konzentrierte Eiweißfuttermittel oder Alkohol zu gewinnen, was sich ab einer bestimmten Größenordnung wiederum nur beim letzten Stand Technik als rentabel erweist. Zu fragen ist dann natürlich, ob die Abwässer aus dieser Fermentation sehr viel weniger umweltbelastend sind, wer welche Kosten für die Entsorgung trägt und ob die Summe dieser Aufwendungen nicht letztlich sämtliche Kostenvorteile einer konzentrierten Molkereistruktur zunichte macht.

Dieser Zusammenhang zwischen Konzentration der Molkereistruktur und dem Anfall an unverwerteter Molke wurde auch auf empirischer Ebene mit Hilfe von auf Bundesländerebene aggregierten Daten nachzuweisen versucht. Obwohl eine Vielzahl von anderen Einflußvariablen wie z.B. die Verteilung der Mastschweinebestände oder die vorhandene Infrastruktur gegeben ist, was eine relativ große Streuung bedingt, ist die Beziehung zwischen Anzahl der Molkereien und dem unverwertetem Molkeanfall gegeben (siehe Abbildung 30). Solche Zusammenhänge sollten berücksichtigt werden, wenn man eine weitere Konzentration der Molkereistruktur in die Tat umsetzt.

Das Beispiel Molke sollte aber auch - abstrahiert gedacht - verdeutlichen, mit welchen Problemen das Konzept der "Nachwachsenden Rohstoffe" und eine großangelegte industrielle Biotechnologie, die darauf aufbaut (und die Milchwirtschaft ist ja zum Großteil Biotechnologie), konfrontiert werden wird, wenn es zentralistisch angelegt ist, und daß die Kosten aus den unerwünschten Nebenwirkungen unwirtschaftliche Größenordnungen erreichen können. Wenn man sich schon in Richtung "Nachwachsender Rohstoffe" unter ökologischen Vorzeichen bewegen möchte, erscheint die Verfolgung dezentraler Konzepte vorteilhafter.

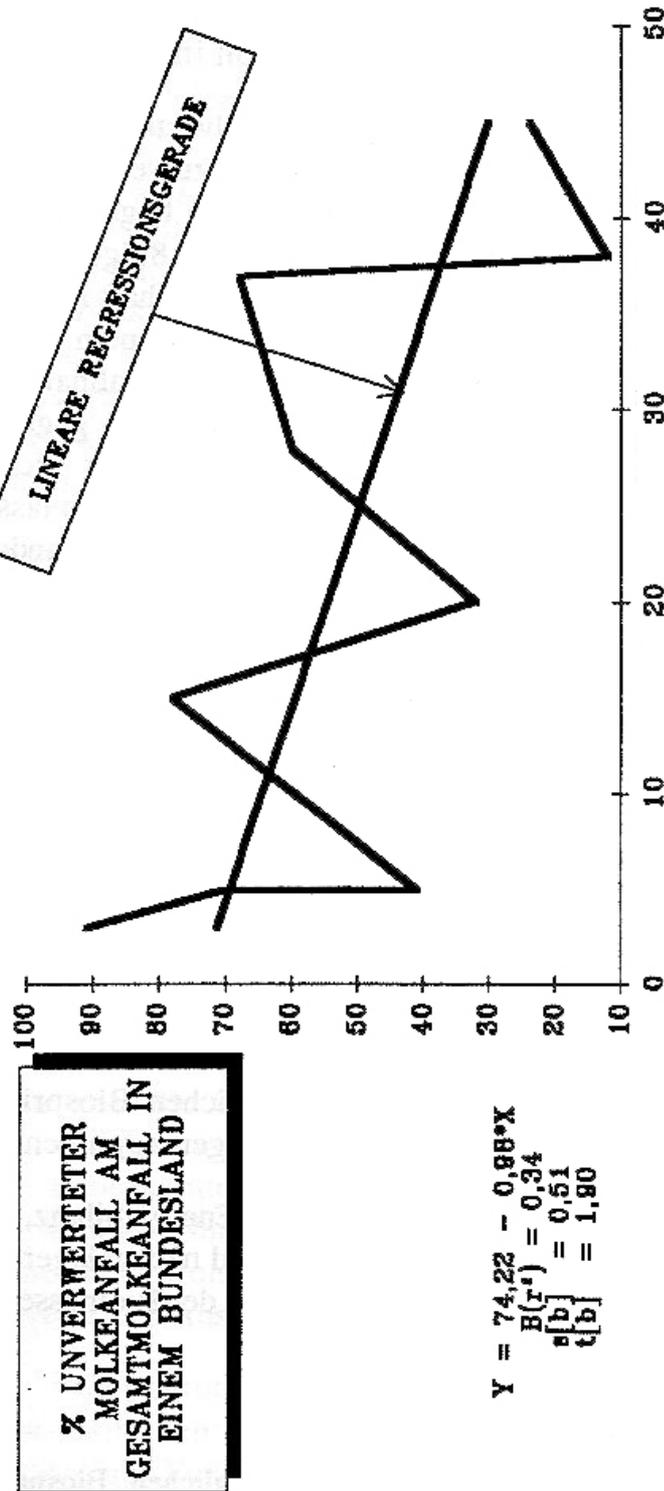
Tabella 19: Die Struktur der österreichischen Molkeverwertung nach Bundesländern im Vergleich zur Käseherzeugung und zur Molkeherstruktur im Jahre 1988

Angabe in Tonnen	Molkeabgabe (entgeltlich) ¹⁾	weiterverarbeitete Molke	Molke unverwertet ²⁾	Molkeanfall insgesamt	Käseherzeugung	Molkereien und Anzahl der Käseereien ³⁾	Anteil unverwerteter Molke
Wien	9.539		23.180	32.719	162	5	70 %
Niederösterreich	44.277		20.908	65.186	5.044	20	32 %
Burgenland	1.543		15.420	16.963	1.558	3	91 %
Oberösterreich	230.251		74.664	304.915	29.802	45	24 %
Salzburg	54.768		81.036	135.804	12.226	28	60 %
Steiermark	14.287	13.981	98.334	126.602	10.028	15	78 %
Kärnten	34.671		24.427	59.098	6.075	5	41 %
Tirol	11.340	29.589	85.988	126.917	11.228	37	68 %
Vorarlberg	48.046	3.282	6.765	58.093	5.468	38	12 %
Österreich	448.722	46.852	430.722	926.297	81.591	196	46 %
Gesamt							

- 1) Summe aus Fettmolke und Magermolke, die an Lieferanten oder Molkereien und Genossenschaften und andere Bezieher entgeltlich abgegeben wurde
- 2) Molke unverwertet kann nach Aussagen der Milchstatistik auch gratis abgegeben worden sein; ein Großteil davon dürfte aber unverwertet in die Umwelt gelangen (eigene Einschätzung)
- 3) Molkereien und Käseereien im milchwirtschaftlichen Abrechnungssystem

Quelle: Österreichische Milchstatistik des Milchwirtschaftsfonds und Tätigkeitsbericht des Milchwirtschaftsfonds 1988

ABBILDUNG 30: DIE ABHÄNGIGKEIT DES ANTEILES AN UNVERWERTETER MOLKE AM GESAMTMOLKEANFALL VON DER ANZAHL DER MOLKEREIEN UND KÄSEREIEN IN EINEM BUNDESLAND



11.4.2. Exkurs 2: "Nachwachsende Rohstoffe" zur Energieerzeugung - Energiebilanzen - Eine Retrospektive der Diskussion in Österreich

In Österreich hat der Versuch, die landwirtschaftliche Überschußproduktion zur Kraftstoffenergieerzeugung zu verwenden, schon eine fast 20-jährige Geschichte. Die Diskussionen begannen als Folge der ersten Energiekrise und führten Anfang der 80iger Jahre, nachdem eine große Überschußproduktion der Landwirtschaft mit steigendem Trend abzusehen war, zur Forcierung des sogenannten "Biosprit-Projektes" auf politischer Ebene. Direkte Politische Maßnahmen sind deshalb von Bedeutung, da bei den vergangenen und gegenwärtigen Erdölpreisen sich Kraftstoffe auf pflanzlicher Basis nicht ohne entsprechend hohe Stützungen konkurrenzfähig erzeugen lassen. Auch ist ein betriebswirtschaftliches Konkurrenzverhältnis zu anderen alternativen Energieformen gegeben ist. Obwohl es zur intensiven Diskussion des "Biosprit-Projektes" kam, diverse "positive" Studien zu dieser Problematik erstellt wurden und eine parlamentarische Enquete mit starkem Druck, dieses Projekt "durchzuziehen", stattfand, wurde es nicht realisiert, da man die weiteren Entwicklungsmöglichkeiten der österreichischen Landwirtschaft und den Spielraum der Agrarpolitik nicht von einem einzigen Industrieprojekt abhängig machen wollte. Ende 1984 kam es sogar zu einer Unterschriftenaktion von Seiten des Österreichischen Bauernbundes, um mit einer neuerlichen Willenskundgebung von der Basis her die politischen Fronten zu bewegen, was aber letztlich u.a. an einer heftigen inneragrarischen Opposition scheiterte. Eine dazu erschienene Streitschrift von WILLI und FLIRI 1984¹²³ mit dem Titel "Unseren täglichen Biosprit gib uns heute?" brachte viele der auch heute noch gültigen Argumente wie:

- ungünstige, bzw. zum Teil negative Energiebilanz,
- verstärkte Abhängigkeit vom vor- und nachgelagerten Bereich,
- hoher Chemieeinsatz zur Gewinnung der Biomasse und
- der Zusammenhang zwischen Intensivlandwirtschaft, Importfuttermitteln, nachwachsenden Rohstoffen und Welthunger und die ethische Seite des Problems.

Die Diskussion wurde aber nicht nur in Österreich sondern auch, nicht weniger intensiv, in der EG oder in den USA geführt. Das einzige Land, das sich letztlich zur groß angelegten Anwendung von Alkohol als Treibstoff entschloß - dies aber schon in den 70iger Jahren - war Brasilien, wobei die anfänglichen Erfolge auf hohe Investitionen und Umstrukturierungen zurückzuführen waren, während sich heute beim Fehlen entsprechender Finanzmittel ein großer "Flop" abzeichnet. Die Folgen einer verschärften sozialen Disparität innerhalb Brasiliens als auch die Folgen der wirtschaftlichen Fehlleistungen und der ökologischen Konsequenzen sind enorm.

In Österreich wurde ab der zweiten Hälfte der 80iger Jahre der Schwerpunkt bei der Verwertung bzw. der Umorientierung der pflanzlichen Überschüsse nicht mehr auf das Biosprit-Projekt gelegt, sondern zuerst versucht, pflanzliche Alternativen zur Substitution von Importeierweißfuttermitteln und importierter pflanzlicher Öle und Fette mit Hilfe von Flächenprämien, Preisgarantien und durch Bindungen an die Weizenkontrakte aufzubauen. Diese Alternativenflächen von Raps, Ölsonnenblumen und Körnerleguminosen umfaßten 1989 ca. 120.000 ha und sollten laut Plan 1990 auf ca. 190.000 ha ausgedehnt werden, letztlich trat jedoch ein leichter Rückgang gegenüber 1989 ein. Durch anfängliche Schwierigkeiten in der Verwertung und Vermarktung, bedingt durch das äußerst schnelle Wachstum dieser Flächen (z.B. mehr als eine Verdoppelung seit 1987), und da sich die Körnerleguminosen bzw. die Ölfrüchte nicht problemlos nach den theoretischen Konzepten

¹²³ WILLI, J.; FLIRI, F.: Unseren täglichen Biosprit gib uns heute? Dokumente zur Politik, Nr. 2, Eigenverlag Innsbruck, Baumkirchen, Tirol 1984.

am heimischen Futtermittel- und Lebensmittelmarkt unterbringen ließen, wurden Ende 1987 bzw. Anfang 1988 wiederum Energiekonzepte auf der Basis nachwachsender Rohstoffe entwickelt. Dabei standen 2 Projekte zur Auswahl:

- Das sogenannte "Austroprot"-Projekt, wobei durch direkte Fermentation und Hydrolisierung aus Futtererbsen ein Eiweißfutter (aus ca. 50% Hefe und ca. 50% Eiweißkonzentration) mit 52% Rohprotein gewonnen wird. Dieses Verfahren wäre laut Plan auf den Erbsenertrag von ca. 20.000 bis 30.000 ha Futtererbsen angewendet worden. Gleichzeitig hätte man aber für den Ertrag von ca. 60 bis 70.000 ha Erbsenfläche eine alkoholische Fermentation durchgeführt, sodaß man 60.000 bis 70.000 Jahrestonnen Biosprit gewonnen hätte und ca. die doppelte Menge Eiweißfuttermittel mit 45% Rohprotein als hochwertiges Nebenprodukt angefallen wäre. Der Importsubstitutionswert bei Eiweißfuttermittel hätte somit 200.000 Tonnen (das sind ca. 40% der derzeitigen Importmenge) betragen. Gleichzeitig wäre eine entsprechend dem Inlandsbedarf angepaßte Ethanolherzeugung zum Ersatz des Benzinzusatzes TBA, und um inländischen Alkohol dem Gewerbe und der Industrie zur Verfügung zu stellen, aufgebaut worden (vgl. WIKLICKY 1988¹²⁴). Letztlich ist aber das "Austroprot"-Projekt nur eine Abwandlung des vorherigen Biosprit-Projektes, das durch die Möglichkeit gleichzeitig konzentrierte Eiweißfuttermittel zu gewinnen, zumindest verbal aufgewertet wird. Auch war die Eiweißfuttermittelerzeugung auch beim "alten" Biosprit-Projekt vorgesehen.
- Die Umwandlung von Rapsöl in Rapsmethylester (RME): Dabei fallen Ölschrote als Futtermittel und Glycerin als Nebenprodukt für die Industrie an. Diese technischologische Möglichkeit, aus Raps einen Dieselölkraftstoffersatz zu erzeugen, kann in genossenschaftlichen und bäuerlichen Kleininitiativen verwirklicht werden, wofür in Österreich in der Steiermark ein Pilotprojekt bereits existiert, aber auch in größeren Anlagen erfolgen, was entsprechende Kostendegressionen mit sich bringt; aber auch höhere Aufwendungen in der Aufbringung des Rohstoffes und in der Verwertung und Vermarktung

Die politische Entscheidung, soweit es sich kurzfristig abzeichnete, fiel zugunsten der RME-Erzeugung aus. Neben der Förderung der bäuerlichen Kleininitiativen wurde ein mittelgroßes Werk in Oberösterreich mit ca. 10.000 Tonnen RME-Produktion pro Jahr errichtet. Ein weiteres Werk gleicher Größenordnung wurde in Niederösterreich in Nachbarschaft zu einer bestehenden Ölmühle in Angriff genommen. Das heißt in den nächsten Jahren werden in Österreich mehr als 20.000 ha Raps in Form von RME oder sonstiger Schmier- und Hydrauliköle am heimischen Markt untergebracht werden. Das "Austroprot"-Projekt wurde vorderhand zumindest von offizieller Seite nicht mehr erwähnt, da es um einiges größer ausgefallen und da es zentralistischer konzipiert gewesen wäre (sodaß man an agrarpolitischem Spielraum verloren hätte bzw. eine neuerliche "Biosprit"-Diskussion losgebrochen wäre). Jedoch deuten Pressemeldungen (wie z.B. vom AIZ-Nummer 7530 1. Februar 1990) weiterhin darauf hin, daß das "Austroprot-Projekt" in nur der halben Größenordnung des ursprünglichen Planes weiterhin verfolgt wird. D.h. mittel- und insbesondere längerfristig werden größere Anteile der österreichischen Alternativflächen und zwar in Form nicht eines einzigen Großprojektes sondern Stufe für Stufe in das Konzept der "nachwachsenden Rohstoffe" zur Energiegewinnung übergeführt und damit die Landwirtschaft verstärkt mit der Industrie verkoppelt.

¹²⁴ WIKLICKLY, L.: Raiffeisen - Bioforschung - erste Ergebnisse. In: Wintertagung 1988 - Produktionsalternativen, Österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien 1988

Problembereich 1: Energiebilanzen

Die moderne Landwirtschaft, insbesondere dann wenn sie über intensive Anbausysteme Massenerträge bereitstellt, liefert nicht nur Primärenergie, sondern ist in sich zu einem stark energieverbrauchenden System geworden. HEYLAND und SOLANSKY 1979¹²⁵ rechneten für die BRD im Acker- und Pflanzenbau mit einem Verhältnis von Energieumsatz zu Energieertrag zwischen 1:3,8 und 1:4,7. REHRL 1976¹²⁶ errechnete bezogen auf das Jahr 1970 ein ähnliches Verhältnis von 1:3,9 im österreichischen Pflanzenbau, wobei sich die Proportion gegenüber 1930 um das Dreifache verschlechtert hat (1930: 1:9,48). Dabei hängt es natürlich davon ab, wie man die Kriterien für die Energiebilanzen festlegt, d.h. ob man die Landwirtschaft als betriebswirtschaftlich optimales auf Ackerfrüchte spezialisiertes Gebilde sieht, oder ob man den landwirtschaftlichen Betrieb als integrales System betrachtet, das über sonstige Tätigkeiten auch Energie verbraucht und wobei in den Nebenprodukten und Abfällen auch Energie anfällt.

Ohne hier auf die unterschiedlichen Systeme der Bilanzierung einzugehen, ist als allgemeiner Trend in der historischen Entwicklung des Energieeinsatzes in der Landwirtschaft zu erkennen, daß früher, obwohl die Energiebilanzen unter Einbeziehung der menschlichen und tierischen Arbeit sich durchaus auch verbessern können (vgl. BICKL et al. 1979¹²⁷), ein viel höherer Anteil des Energieaufwandes aus dem landwirtschaftlichen Betrieb selbst stammte, während heute nur mehr ein geringer Anteil intern erwirtschaftet wird (vgl. dazu NIESSLER und ZOKLITS 1987 S.69 ff¹²⁸). Zudem ist die Energieverwertung in der Tierproduktion bezogen auf die Nahrungsenergie selbstverständlich ineffizienter als im Pflanzenbau. Doch hängt es dabei in der Bilanzierung auch davon ab, ob man die Futtermittelerzeugung dem Pflanzenbau oder der Tierhaltung zurechnet, und ob und wie man den Kot und den Harn bewertet.

Ein anderer Trend in den Energieaustausch- und -umwandlungsverhältnissen in der Landwirtschaft ergibt sich durch die Spezialisierung und Intensivierung. Durch die Auflösung des Nebeneinander von Pflanzen- und Tierproduktion, d.h. der gemischtwirtschaftlichen Strukturen, erfolgt der Energiekreislauf auch mit externem Energieeinsatz nicht mehr kleinräumig und regional, sondern auf manchen Feldern oder in manchen Agrargebieten gibt es einen übermäßigen externen Energie-Input (z.B. bei Spezialkulturen oder intensiven Ackerbaugebieten), während z.B. in Gebieten mit intensiver Tierhaltung die Energie der Nebenprodukte wie Gülle und Mist nicht mehr genutzt werden kann. D.h. die vormalig energetisch kompatiblen Systeme werden aufgelöst und ihrer Kommunizierbarkeit enthoben. Abbildung 31 gibt eine Energiebilanz der schweizerischen Landwirtschaft von BICKL et al. 1979 wieder, wobei die österreichischen Verhältnisse mit Ausnahme der Import-Exportsituation und mit Ausnahme eines höheren Anteils der pflanzlichen Erzeugung ähnlich liegen dürften. Das Verhältnis von Fremdenergie ohne menschliche und tierische Arbeit zu Nahrungsenergieertrag ist mit 1:1,2 nur mehr knapp positiv, während unter Berücksichtigung

¹²⁵ HEYLAND, K.U.; SOLANSKY, S.: Energieeinsatz und Energieumsetzung im Bereich der Pflanzenproduktion. In: Agrarwirtschaft und Energie, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 195, Parey, Hamburg, Berlin 1979.

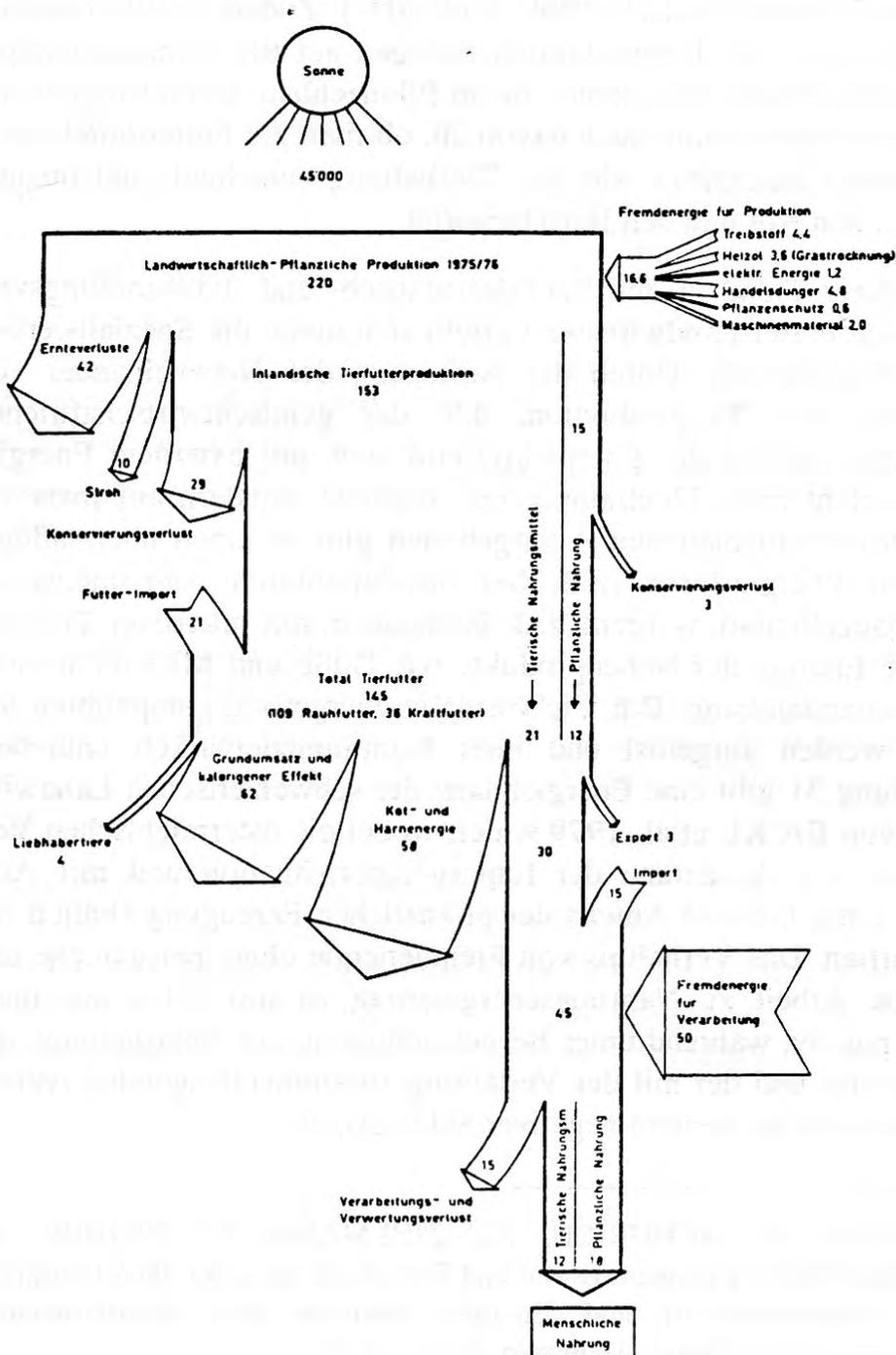
¹²⁶ REHRL, K.: Der Energiebedarf der Landwirtschaft. Landtechnische Schriftenreihe ÖKL, Heft 18, Wien 1976.

¹²⁷ BICKEL, H.; SCHURICH, A.; ZIHLMANN, F.; STUDER, R.; FASSLER, P.: Energieaufwand und Energieertrag in der Tierproduktion. In: Agrarwirtschaft und Energie, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 195, Parey, Hamburg, Berlin 1979.

¹²⁸ NIESSLER, R.; ZOKLITS, M.: Agrarpolitik-theoretischer Diskurs. Forschungsbericht Nr. 19 der Bundesanstalt für Bergbauernfragen, Wien 1987.

der Verarbeitung, des Transportes und der mit der Verteilung zusammenhängenden Aktivitäten sich ein bei weitem negativer Saldo ergibt.

Abbildung 31: Energiebilanz der schweizerischen Landwirtschaft 1975/76



Quelle: BICKL et al. 1979

Anhand dieser Abbildung lassen sich aber auch die theoretischen und strategischen Möglichkeiten, mit Hilfe der Landwirtschaft eventuell mehr Energie für Industrie und Konsum zur Verfügung zu stellen, ablesen. Das sind

1. Erhöhung der Erträge: Zu fragen ist aber, mit welchem Grenzeinsatz an Fremdenergie der zusätzliche Energieertrag zustande kommt. In der zeitlichen Dimension korrelieren die steigenden Erträge mit einer Verschlechterung der Energiebilanz. Zudem ergibt sich gerade daraus die Ökologieproblematik der modernen Landwirtschaft.
2. Die Nutzung der Ernteverluste, Ernterückstände und des Stroh: Zu fragen ist, welche Bedeutung diesen Produkten für das Bodenleben und die Bodenfruchtbarkeit zukommt, oder ob die nicht erfaßbaren Ernterückstände wie Wurzel und Stoppel und der künstliche Ersatz der Nährstoffe durch Mineraldünger für eine nachhaltige Landwirtschaft genügen. (Ernteverluste haben ja auch etwas Positives an sich.)
3. Konservierungsverluste: Auch Konservierungsverluste zu vermeiden kann sehr energieintensiv sein (siehe Heutrocknungsanlagen).
4. Nutzung der überschüssigen Energie im Kot und Harn: Hier könnten eventuell eine dezentrale Energienutzung über Kleinbiogasanlagen erfolgen. Doch wäre es auch nur ein Teil der theoretisch möglichen Energie. Ansonsten gilt hier das gleiche wie für die Ernterückstände. Eine zentrale Nutzung würde zu einem großen Abfallproblem und Umweltproblem führen (vgl. Niederlande).
5. Eine Verschiebung des Verhältnisses der Tierproduktion zur Pflanzenproduktion. Jedoch ist dies auch von den regionalen und klimatischen Verhältnissen abhängig.

Systemanalytisch betrachtet, d.h. anhand des allgemeinen Energieprinzips der Physik, ist auch die Tierhaltung kein Energievernichter, sondern auch in der Landwirtschaft gilt das Gesetz, daß in einem abgeschlossenen System die Gesamtenergie gleich bleibt. Daß man also die Sonnenenergie, die von außen auf die landwirtschaftlichen Flächen einstrahlt, so einfach direkt über Biomasse in Energie verwandeln kann, ist ein absoluter Trugschluß, denn nicht nur der Mensch und sein Industriesystem braucht Energie, sondern auch das biologische und ökologische System außerhalb des Menschen braucht Energie. Man darf sich deshalb nicht wundern, wenn man aus dem agrarischen Ökosystem in viel höherem Ausmaß als bisher Energie (oder auch Rohstoffe) entzieht, daß man wieder Energie zuführen muß und das theoretisch in der gleichen Menge und am gleichen Ort, will man eine nachhaltige Stabilität. Sonnenkollektoren mit höchsten Wirkungsgraden sind deshalb eigentlich nur in Wüsten oder auf Flächen der "Nicht-Natur" interessant und wenn man die landwirtschaftlichen Kulturpflanzen so betrachtet, als seien sie nur intelligente Sonnenkollektoren - was für einen technisch denkenden Menschen kein abwegiger Gedanke ist -, so darf man sich ebenfalls nicht wundern, daß unter solchen Pflanzen nur mehr Wüsten oder "Nicht-Natur" übrig bleiben¹²⁹. Soweit zum Prinzipiellen.

In der Tabelle 20 sind beispielhaft die Energiebilanzen für die derzeit diskutierten Energieträger aus nachwachsenden Rohstoffen angeführt, wobei wiederum auf ihre Relativität - d.h. welches System und welche Kriterien man bei der Berechnung anwendet - hinzuweisen ist. Das auffälligste ist, daß das Input-Outputverhältnis ohne Nebenprodukte - ihre energetische Bewertung erscheint nicht ganz sinnvoll - mit Ausnahme der Ganzpflanzenverbrennung nur knapp positiv sind. D.h. daß der tatsächliche Energiegewinn aus der Landwirtschaft mit Hilfe von Ethanol oder Rapsmethylester minimal ist, insbesondere gegenüber der Alternative, die Flächen still zu legen oder im selben Ausmaß insgesamt weniger zu produzieren, als es den Erträgen auf diesen Flächen entspricht.

¹²⁹ Leider denken sehr viele Agrarwissenschaftler und Agrartechnologen wie schlecht ausgebildete Physiker und nicht wie Ökologen.

Tabelle 20: Energiebilanzen bei nachwachsenden Rohstoffen zur Energiegewinnung

	Input:Output - Verhältnis		Nebenprodukte
	ohne Nebenprodukte	mit Nebenprodukte	
Ethanol aus Weizen	1:1,1	1:2,7	Kleie, Kleber, Stroh
Ethanol aus Zuckerrüben	1:1,2	1:1,6	Schnitzel, Schlempe, Blatt und Kopf
Rapsöl	1:1,35	1:3,4	Stroh + Schrot
Rapsölmethylester	1:1,2	1:3,1	Stroh + Schrot + Glycerin
Ganzpflanze (z.B. Massenweizen)	1:9		keine

Quelle: Bericht des Bundes und der Länder über "Nachwachsende Rohstoffe" 1989

Will man mit der Landwirtschaft "effizient" Energie erzeugen, kommt es zudem in Anwendung der ökonomischen Theorie nicht darauf an, wie das durchschnittliche Energie-Input-Outputverhältnis ist, sondern wie die Grenzproduktivität des Energieeinsatzes sich verhält. Ebenso käme es dabei nicht allein darauf an, die geldmäßigen Roherträge und Kosten zur betriebswirtschaftlichen Beurteilung heranzuziehen, sondern die betriebswirtschaftlichen Modelle um die energetischen Sachverhalte zu erweitern:

- * Neben dem Deckungsbeitrag und der Gewinnoptimierung den Energieertrag zu optimieren.
- * Neben den wirtschaftlichen, arbeitswirtschaftlichen und biologischen Restriktionen auch energiewirtschaftliche Begrenzungen wie z.B. die Grenzproduktivität der Energie als Kriterium heranzuziehen.

Der Energiedeckungsbeitrag, das ist Energierohrertrag minus dem variablen Energieeinsatz, wäre dabei die Kennzahl für die relative Vorzüglichkeit einer Variante bezogen auf den knappen Faktor Boden und das Verhältnis von Energierohrertrag zum variablen Energieeinsatz die Beurteilungskennzahl bezogen auf den knappen Faktor Energie (vgl. PICKL 1979¹³⁰).

Die Problematik, mit Hilfe von Raps über Methylester Energie zu erzeugen, sei anhand eines Beispiels, das auf Düngungsversuchen von FRANK und BECKER 1982 (Zit.v.LINDEMANN 1988¹³¹) basiert, demonstriert (vgl. Tabelle 21). Während der Stickstoffeinsatz steigt, läßt sich bei 5 Schilling pro kg Raps und bei 15,3 Schilling pro kg Stickstoff (N) ein Grenzgewinn erzielen; d.h. es würde der Landwirt betriebswirtschaftlich optimal reagieren, während aber der Grenzenergiegewinn schon längst negativ ist, sodaß durch die N-Düngung bereits längst Energie vernichtet wird. Auch aus den Düngeempfehlungen der chemischen Industrie läßt sich diese Energievernichtung nachweisen. Damit man anhand dieses Beispiels die N-Düngung auf ca. 100 kg pro Hektar stabilisiert - vorausgesetzt es sei dort ein Grenzenergiegewinn von +-0 und vorausgesetzt die

¹³⁰ PICKL, A.: Energiebilanzen der wichtigsten Feldfrüchte. Studie von Dipl.Ing.Dr. Anton Pickl, Graz 1979.

¹³¹ LINDEMANN, K.: Erfahrungen aus dem Großanbau von Sonnenblumen, Soja und Raps in Westeuropa unter besonderer Berücksichtigung der Düngung. In: Wintertagung 1988 - Produktionsalternativen, Österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien 1988.

ökonomisch optimalen Verhältnisse würden dies gewährleisten - müßte entweder der Stickstoffpreis auf mehr als 20 S/kg ansteigen oder der Rapspreis auf 3,80 S absinken. Aber es ist zusätzlich noch zu erwähnen, daß nicht nur der mineralische Stickstoff ein variables energieintensives Betriebsmittel ist, sondern daß auch die anderen Nährstoffe Energie enthalten und andere Pflegemaßnahmen Energieeinsatz benötigen. Allein an diesem Beispiel, und es soll auch nur als Beispiel gelten, ist ersichtlich, mit welchen Problematiken die moderne Intensiv-Landwirtschaft konfrontiert ist, soll sie zur Energieerzeugung herangezogen werden. Dies gilt sowohl für die Rapsmethylesterproduktion aber insbesondere auch für die verschiedensten Strategien Biosprit als Energieträger oder Industrierohstoff zu erzeugen.

Tabelle 21: Grenzkosten, Grenzertrag, Grenzenergieeinsatz und Grenzenergieertrag beim Raps bezüglich des Stickstoffeinsatzes

Frühjahrsdüngung (kg N/ha)	Körnerertrag kg/ha	Grenzkosten für N S/ha	Grenzertrag S/ha	Grenzenergieeinsatz für N MJ/ha	Grenzenergieertrag MJ/ha
100	3.099	613	805	3.200	2.147
140	3.260	613	750	3.200	2.000
180	3.410	906	0		
200	3.410				
240	3.403				

Kalkulationsgrundlagen: Preise: 5 S/kg Raps und 15,33 S/kg N; Kornertrag in kg dividiert durch 3=1 Liter RME; Energiegehalte: 80 MJ/kg N und 40 MJ/l RME

Quelle: LINDEMANN 1988; eigene Berechnungen

Darüber hinaus wären auch die anderen Ackerfrüchte anhand der energetischen Restriktionen zu bewerten, sodaß letztlich eine starke Erhöhung der Preise energieintensiver variabler Betriebsmittel die erste notwendige agrarpolitische Maßnahme sein müßte, bevor man daran denkt, über die Landwirtschaft Kraftstoffersatzprodukte zu erzeugen.

Die Ungereimtheiten zwischen Grenzkosten, Grenzenergieeinsatz und Energiebilanzen sind ein typisches Beispiel dafür, wie durch öffentliche Förderungen - seien sie im agrarischen Sektor angesiedelt, oder seien es Investitionsbeihilfen oder verbilligte Energieträger bei der Düngemittelerzeugung - Fehlallokationen von Produktionsfaktoren auf Kosten der Umwelt provoziert werden. Wenn man es sehr kritisch betrachtet, ist es eine "reine Beschäftigungstherapie" für die Intensivlandwirtschaft und den damit verflochtenen vor- und nachgelagerten Bereichen, welche insgesamt durch die Beschränkungen in der Überschußproduktion, in den Exportmöglichkeiten und in den budgetären Voraussetzungen zunehmend unter Druck geraten¹³².

Aber selbst eine um engergetische Sachverhalte erweiterte Betriebswirtschaft scheint nicht in der Lage, die ökologischen Voraussetzungen für eine nachhaltige Landwirtschaft zu erhalten, sondern, wenn man das Verhältnis in der Vergangenheit zwischen den Ergebnissen von betriebswirtschaftlich optimalen Entscheidungen und den daraus folgenden agrarökologischen Problemen betrachtet, müßte man das Gegenteil behaupten. Die These daraus würde lauten, daß es darum geht, ökologische Kriterien für eine nachhaltige Landwirtschaft zu entwickeln,

¹³² So gesehen, sind natürlich viele Bereiche unserer Volkswirtschaft Beschäftigungstherapien, die es sich aber in Zeiten enormer globaler und lokaler Umweltprobleme gefallen lassen müssen, auf ihre tatsächliche Umwelteffizienz überprüft zu werden.

denen eine Dominanz über dem betriebswirtschaftlichen Kalkül zukommt. Diese Dominanz der ökologischen Kriterien sollte unabhängig von der wirtschaftlichen Vorzüglichkeit gelten; insbesondere dann aber, wenn die Landwirtschaft Rohstoffe oder Energie bereitstellen soll und wenn sie dort auf ganz andere Marktverhältnisse trifft, die bei weitem nicht die Restriktionen der Nahrungsmittelmärkte kennen; aber vor allem auch dann, wenn die Rohstoff- oder Energieerzeugung mit der Landwirtschaft rentabel ist, wäre die Verteidigung dieser Dominanz besonders gefordert.

Diese Analyse soll nicht sämtliche Versuche, mit der Landwirtschaft Rohstoffe und Energie zu erzeugen bzw. neue Produkte zu gewinnen, für ökonomisch und ökologisch bedenklich erklären. Sie soll aber jene Grenzen aufzeigen - wenn es auch keine exakten quantitativen Parameter gibt - ab denen die Rohstoff- und Energiestrategie lediglich dazu dient, die bisherigen umweltbelasteten Praktiken fortzuführen bzw. sogar neue unökologische Wirtschaftsweisen einzuführen und die Landwirtschaft in neue Abhängigkeiten zu bringen. Man kann sich für die Zukunft durchaus ein Szenario vorstellen, in dem die Landwirtschaft, würde sich z.B. der Trend eines verringerten Fleischkonsums verstärkt durchsetzen, auch auf einem viel extensiveren Niveau, Rohstoffe und Energie im Rahmen ihrer ökologischen Restriktionen bereitzustellen im Stande ist. Dazu wäre es aber notwendig, daß bei den bisher bestehenden kleinen Einheiten und Anlagen vor allem folgende beiden Voraussetzungen untersucht werden, bevor man die gesamte Förderungs-, Investitionshilfe-, Großtechnologie-, Marketing- und Werbungsmechanik in Bewegung setzt:

- 1 Eine möglichst weitreichende ökologische Fragestellung: Wie verhält sich das agrarische Ökosystem, wenn eine neue Rohstofffrucht angebaut wird? Was wären die Voraussetzungen für einen möglichst gesunden Boden und ein möglichst vielfältiges Ökosystem - mit ausgewogenem Nützlings-Schädlingsverhältnis? Welche Fruchtfolge wäre ideal, um das Bodenleben zu fördern, die organische Substanz und Pufferkapazität der Ackerböden zu stabilisieren und den externen Eintrag von energieintensiven Düngern und umweltbelastenden Pflanzenschutzchemikalien usw. auszuschließen?

Um diese Fragen in ausreichendem Ausmaß zu beantworten, bräuchte es das gesamte zoologische, botanische, ökologische und bodenkundliche Wissen unserer Agrarwissenschaften in einer integrierten und kritischen Gesamtschau, um dem Begriff einer tatsächlich nachhaltigen Landwirtschaft näher zu kommen. Es ginge also darum, ein neues und stabiles Landbausystem ohne Umweltbelastungen auch unter dem Vorzeichen von Rohstoff- und Energiepflanzen zu entwickeln. (Solche Untersuchungen lassen sich nur an kleinen Systemeinheiten, d.h. experimentell, durchführen. Untersuchungen bei Großprojekten sind kein Experiment mehr, sondern bereits geschaffene Realität. Eine ökologische Begleitforschung an Großprojekten kommt dabei nur einer Alibiaktion gleich, während eine ökologische Voraussetzungsforschung notwendig wäre.)

- 2 Eine die energetischen Sachverhalte und die ökologischen Restriktionen berücksichtigende Betriebswirtschaft. (Auf eine Verteuerung der energieintensiven Betriebsmittel oder auf die notwendige Korrektur betriebswirtschaftlicher Modelle wurde bereits eingegangen).

Erst aber nachdem man weiß, wie sich eine nachhaltige Landwirtschaft auch unter einer zusätzlichen Rohstoffstrategie sichern ließe und was die notwendigen ökologischen und betriebswirtschaftlichen Voraussetzungen wären und erst nachdem man diese Voraussetzungen erfüllt hat, sollte man daran denken, im größeren Maßstab - wenn dies noch möglich ist - Rohstoffe und Energie für Industrie und Konsum bereitzustellen. Einige kleine Pilot-Projekte als Experimentierfelder für die Voraussetzungsforschung würden genügen, und

man sollte vorher in der Lage sein, die derzeit primär auf Nahrungsmittel ausgerichtete Landwirtschaft so zu transformieren, daß man ihr das Prädikat "nachhaltig" geben kann¹³³.

Dabei sollte man aber zusätzlich nicht die Tatsachen aus den Augen verlieren, daß es uns nicht einmal mit der derzeitigen Landwirtschaft, die primär nur Lebensmittel erzeugt, gelingt, diese ökologiegerecht zu gestalten. Wie sollen in Zukunft die Landwirte unter dem Vorzeichen des Strukturwandels - d.h. bei immer weniger Bauern und Arbeitskräften - zusätzlich noch Rohstoffe und Energie erzeugen und eventuell noch Dienstleistungen erbringen, Träger dezentraler Wirtschaftskonzepte sein und gleichzeitig dem natürlichen Ökosystem keine Gewalt zufügen?

Ein besonderer Bereich der Biomassenutzung ist die Ganzpflanzenverbrennung. Sie würde eine viel bessere Energiebilanz als die indirekte Umwandlung ermöglichen, ist jedoch, was ihre Wirtschaftlichkeit betrifft, sehr stark von der Biomassemenge und dem Energieertrag pro Flächeneinheit abhängig. D.h. mit einer Verdoppelung der Erträge wird auch die Rentabilität fast verdoppelt, denn Fixkostendegression und variable Kostensteigerung heben sich fast auf, sodaß man letztlich zu sehr intensiven Systemen gelangt.

In der BRD z.B. wird deshalb bereits an neuen Ganzpflanzenerntesystemen und neuen Intensivfruchtfolgen experimentiert und geforscht. So wurde in den DLG-Mitteilung 13/1989¹³⁴ ein 20 gliedriges Fruchtfolgesystem mit zwei Hauptfrüchten pro Jahr - d.h. eine Fruchtfolge auf 10 Jahre - vorgestellt bzw. vorgeschlagen, wobei z.B. bei Mais nicht mehr gesät wird, sondern vor Treibhäusern vorgezogene Maispflänzchen mit Spezialgeräten gesetzt werden sollen. Dieses vorgeschlagene Fruchtfolgesystem enthält dabei nur mehr 10 % Leguminosen, und man hofft durch diese neuen Technologiepakete in Zukunft auf Biomassetrockensubstanzerträge von 250 dt pro Hektar zu gelangen. Während nach BRD-Berechnungen bei TM-Erträgen von 100 dt pro Hektar das öffentliche Stützungserfordernis fast gleich ist wie bei Rapsöl als Kraftstoffersatz, wäre bei den angestrebten TM-Erträgen von 250 dt fast kein öffentliches Stützungserfordernis mehr notwendig. Dies hängt selbstverständlich noch von den Verfahrensmehrkosten gegenüber Heizöl ab und auch davon, daß die Verbrennung erntefeuchter Ackerfrüchte technologisch noch größere Schwierigkeiten bereitet.

Die größte Gefahr solcher Ganzpflanzenerntesysteme liegt aber in ihrer Intensität, denn 250 dt Trockensubstanz pro Hektar können nicht nur von CO² und Sonne allein kommen und gerade die Intensität des Anbausystems ist bei garantierten Preisvorgaben und Förderungen der gewinnbringende Faktor. Interessant wäre die Bodenstruktur und das Bodenleben, die Stickstoffbilanz und andere Nährstoffbilanzen nach 30 Jahren der Nutzung eines solchen Systems zu untersuchen. Ob die dann noch etwas mit nachhaltiger Landwirtschaft zu tun haben werden?

¹³³ Wenn z.B. ein Univ.Professor der TU-Wien in einer agrarischen Presseaussendung (AIZ 7643 18.Juli 1990 Seite3) folgendermaßen zitiert wird, "daß die Landwirtschaft nicht an einem Überschuß von Getreide, Vieh oder Milch leide, sondern aufgrund des Produktivitätsfortschrittes an einem Überschuß an Fläche, sodaß sich nur die Frage stellt, welche Früchte man anbauen (soll), um in neue Märkte wie die Energiegewinnung einsteigen zu können", so scheint das ökologische Problem von Wissenschaft und Politik vollkommen verkannt zu sein. Daß der nicht hinterfragte Produktivitätsfortschritt das Agrarproblem erster Ordnung ist, ist somit für große Teile von Wissenschaft und Politik noch immer eine nicht erkannte Neuheit und es scheint die Frage, wovon der Produktivitätsfortschritt kommt und was die Folgen sind, noch zu wenig akademisch bearbeitet worden zu sein.

¹³⁴ Siehe: SCHEFER, K.: Konkurrenzfähige Energie vom Acker? In: DLG-Mitteilungen 13/1989, Frankfurt a. Main 1989; oder: WEBER, W.: Die Wärme die vom Weizen kommt. In: DLG-Mitteilungen 1/1989, Frankfurt a. Main 1989.

Ad Forstwirtschaft:

Ein viel größeres Potential, Biomasse zu gewinnen, hat die Forstwirtschaft. Ihre derzeit hohe Effizienz, über Brennholz Energie zu erzeugen, liegt aber gerade in ihrer Extensivität. Ohne hier speziell auf die Problematik spezieller Energieholzplantagen oder auf die Möglichkeit, sämtliches anfallendes Durchforstungsholz zu nutzen, einzugehen, ergibt sich zweifellos die Möglichkeit, durch eine Intensivierung der Forstwirtschaft einen nennenswerten Beitrag in volkswirtschaftlich relevanten Größen zum Primärenergieaufkommen beizutragen (vgl. Abbildung.29)

Tabelle 22 gibt das Möglichkeitsfeld einer Intensitätssteigerung in der Forstwirtschaft nach STIGLER 1978¹³⁵ wider, wobei erwähnter Autor das Energie-Potential der österreichischen Forstwirtschaft, wenn die Intensivierung durchgeführt würde und wenn man die Bewaldungsdichte Österreichs von ca. 44% auf 70% - das wären zusätzlich 2,5 Mio. Hektar Wald - erhöhen würde, auf ca. 285.000 T³ - was ca. einem Drittel des österreichischen Primärenergiebedarfs entspricht - berechnet. Das Methodenspektrum der Gen-/Biotechnologie wird derzeit auch in der Forstpflanzenzucht anzuwenden versucht und forschungsmäßig weiterentwickelt. Die Zielsetzung und Methodik ist ähnlich wie in der landwirtschaftlichen Pflanzenzucht. Derzeit erwartet man sich vor allem durch die Zell- und Gewebekultur und durch verschiedene in-vitro-Techniken Fortschritte in der Forstpflanzenzucht. Auch in Österreich wird z.B. in einem Kooperationsprojekt zwischen der Forschungsabteilung des Nahrungsmittelkonzerns Unilever und dem Forschungszentrum Seibersdorf an einer in-vitro-Vermehrungsmethode von Nadelhölzern gearbeitet. Aber auch die Gentechnologie hat mit Kanamycinresistenz bei Douglasie und mit einer Herbizidresistenz bei Pappelhybriden erste Erfolge aufzuweisen (vgl. AHUJA 1989)¹³⁶. Ohne hier auf die Problematik näher einzugehen, zeigt sich doch, wenn die Grundlagenforschung mit der forstlichen Praxis verstärkt gekoppelt wird, daß letztlich eine große Intensitätssteigerung auch in der Forstwirtschaft möglich wird und daß diese sich ähnlich wie die Landwirtschaft transformieren ließe.

¹³⁵ STIGLER, H.: Energiewirtschaftliche Nutzung solarer Strahlungsenergie durch Verwertung forstlicher Biomasse. Diplomarbeit am Institut für Energiewirtschaft der Technischen Universität Wien, Wien 1978.

¹³⁶ AHUJA, M.R.: Biotechnologie bei Forstpflanzen. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.

Tabelle 22: Maßnahmen zur Produktionssteigerung in der Forstwirtschaft

Maßnahme	durchschnittliche Erhöhung
Baumartenwahl und -mischung	10 - 20 %
Züchtung	20 - 30 %
Umtriebszeit	20 %
Düngung	15 %
Summe	65 - 85 %
jährlicher Zuwachs	10,1 - 11,3 Vfm/ha,a
mögliche Mehrnutzung	7,1 - 8,3 Vfm/ha,a

Quelle: STIGLER 1978

Zu fragen ist, ob und inwieweit es sinnvoll ist, mit der Forstwirtschaft und damit mit den Waldböden ähnlich wie in den letzten 40 Jahren mit der Landwirtschaft zu verfahren. Geben wir dadurch nicht den Wald als Regenerationssystem preis und machen wir daraus nicht ebenfalls ein reines Input-Output-System, das dann mit den gleichen Ökologieproblemen wie die Landwirtschaft heute zu kämpfen hat? Können wir uns eine solche Umwelt leisten, wo praktisch jede halbwegs bewirtschaftbare grüne Fläche mit den intensivsten und den gerade neuesten produktivitätssteigernden Techniken bearbeitet wird und wo natürliche Ökosysteme und Biotopie aufgrund ihrer Seltenheit eben nur mehr als teures Wirtschaftsgut einen Nutzen erbringen können? Das sind Fragen, die wir ebenfalls vorher beantworten können sollten, bevor wir uns in ein neues ökologisches Abenteuer auch mit der Forstwirtschaft einlassen. Und zusätzlich ergibt sich beim Wald die Besonderheit, daß jene Aktionen, die wir heute setzen, erst der nächsten Generation oder den nächsten Generationen zu "gute" kommen bzw. daß diese erst unsere Fehlentscheidungen ausbaden müssen.

12. DAS RISIKO DER GENTECHNOLOGIE

12.1 Das bereits erzeugte Risiko vergangener Agrartechnologien im gesellschaftspolitischen Kontext: Eine erweiterte Risikodefinition

Den Begriff des Risikos im Zusammenhang mit der breiten Anwendung von modernen industriellen Technologien in der Landwirtschaft zu verwenden, hat seine empirischen Grundlagen darin, daß wir durch die Chemisierung der Landwirtschaft die Erfahrung gemacht haben, daß nicht nur die erwünschten Hauptwirkungen eingetreten sind, sondern daß vor allem die unerwünschten Nebenwirkungen mit schwerwiegenden Kontaminationen unsere Lebensgrundlagen (Boden, Wasser, Luft) heute die Qualität der Landwirtschaft bestimmen. Wenn wir heute feststellen, daß polychlorierte Kohlenwasserstoffe (wie DDT, Heptachlor, Aldrin, Dieldrin, Hexachlorbenzol (HCB) u.a. aus Insektiziden und Fungiziden in der Muttermilch, in der Kuhmilch, im Fleisch oder in pflanzlichen Fetten und Ölen vorkommen oder daß Rückstände aus Tierarzneimitteln und Masthilfsmitteln, seien sie teilweise erlaubt (Antibiotika) oder auch nicht (Hormone), in die Nahrungskette gelangen (vgl. HAMM 1984, vgl. auch HEESCHEN 1989) oder wenn PFANNHAUSER 1988 gleich feststellt, daß "beträchtliche Grundwasserreserven (z.B. im Leibnitzer Becken) mit diesen Herbiziden (gemeint sind Atrazin und Simazin) kontaminiert und zum Teil unbrauchbar geworden sind" - und die Liste der systematischen Vergiftung und Gefährdung unserer Umwelt durch industriell-technologische Praktiken in der Landwirtschaft ließe sich fast beliebig fortsetzen -, so war die Chemisierung und die Einführung von industriellen Praktiken in die Landwirtschaft nicht nur ein Risiko, sondern eben geradezu die optimale Erfüllung des Unerwünschten.¹³⁷

So dient ein Großteil der Naturwissenschaften und auch der Agrarwissenschaften nicht mehr zur Erforschung der Natur oder zur "intelligenten" Nutzung der Natur, sondern ist bereits damit beschäftigt, ihr eigenes unzulängliches Ergebnis zu korrigieren - und das mit der gleichen Methodik, sodaß man sich in einem Raum der Problemlösung der eigenen Problemverursachung, d.h. in einem "Faß ohne Boden" befindet. Dies hat schwerwiegende Konsequenzen nicht nur am anscheinend exakten Boden der Naturwissenschaften, sondern vor allem auch gesellschaftspolitischer Natur. Wenn z.B. ein spezialisierter Agrarwissenschaftler wie HEESCHEN (1989) einen Artikel mit dem Titel "Auf dem Weg zur schadstofffreien" Milch versieht, so steht damit sofort die Frage im Raum, wie die Schadstoffe dort hineingekommen sind. Wir sind nicht mehr "Opfer einer anscheinend unwirtlichen Natur", sondern schon längst "Schuldige an einer traktierten Natur" und es geht schon längst darum, die von Wissenschaft, Technik und Wirtschaft hinterlassene "second-hand"-Natur mit den letzten vorhandenen Möglichkeiten zu stabilisieren.

Die Erfahrungen, die also die landwirtschaftliche Praxis durch die unkritische Anwendung spezialwissenschaftlicher Ergebnisse und durch ihre breite technologische Umsetzung und durch die unkritische Unterwerfung unter das ökonomische Kalkül - auf die Berücksichtigung der Kosten der Nebenwirkungen, die letztlich dann der Allgemeinheit zugedacht werden (soziale Kosten), wurde vergessen - gemacht hat, sind geeignet und in ihrer Qualität und

¹³⁷ PFANNHAUSER, W.: Die Auswirkungen landwirtschaftlicher und industrieller Verfahren auf die Nahrungskette. In: Ernährungs/Nutrition Vol 12/Nr. 4/1988, Wien 1988, S.243.
HAMM, R.: Rückstände im Fleisch. In: Ernährungsumschau 31, Nr.1, Kulmbach 1984, S.17.
HEESCHEN, W.: Auf dem Weg zur schadstofffreien Milch. In: Forschungsreport Ernährung, Landwirtschaft, Forsten 4; Braunschweig, Kiel 1989, S.7.

Dimension so einschlägig, daß man den neuen Technologien wie der Gentechnologie mit großer Skepsis und mit einem Maximum an kritischem Wissen gegenüber treten muß. Dabei werden diese technologischen Fortschritte in den gleichen universitären und privatwirtschaftlichen Laboratorien erzeugt und von den gleichen Institutionen propagiert, die vormals die Entwicklung der Agrarchemie und die landwirtschaftliche Intensivierung getragen haben und noch immer tragen. Dabei entwickeln sich nicht die Strukturen von klein auf, wie es bei der Genesis der Chemie der Fall war, sondern es wird gleich auf die Suprastrukturen der chemischen Industrie aufgebaut.

Das Risiko, das vergangene industrielle Agrartechnologien mit sich brachten und das sich letztlich in eine unwirtliche Realität verwandelt hat, dessen Konsequenzen aber vielfach erst in ersten Ansätzen erkennbar sind, und das Risiko, das die neuen Agrartechnologien mit sich zu bringen drohen, hat nichts mehr mit dem individuellen Risiko des Bergsteigens oder des Autofahrens usw. zu tun, sondern ist ein kollektives Risiko, das eine enorme gesellschaftliche und politische Dimension erhalten hat. In diesem Sinne sind solche Risiken auch nicht mit mathematischen Formeln oder Modellen erfaßbar oder durch Floskeln wie höchst "unwahrscheinlich" eingrenzbar, sondern bedürfen einer umfassenderen Definition. In Anlehnung an Ulrich BECK 1986¹³⁸ seien diese modernen industriellen Risiken folgendermaßen charakterisiert:

Risiken dieser Art (gemeint sind z.B. global veränderte Stoffkreisläufe, Radioaktivität, chemische Schad- und Giftstoffe in der Umwelt und in Zukunft (eventuell) neue Genmuster bei Lebewesen u.a.) sind drohende negative Begleiterscheinungen des Industrialisierungsprozesses, die nicht mehr ortsgebunden und gesellschaftsgruppenspezifisch sind, sondern sich global entfalten. Sie bestimmen in der zeitlichen Dimension nicht nur aus der Vergangenheit die Gegenwart, sondern aus der Gegenwart die Zukunft. Sie drohen in einer systematischen Schädigung von Luft, Wasser und Nahrungsmitteln und den damit einhergehenden Kurz- und Langzeitfolgen für Pflanze, Tier und Mensch.

- Sie sind zudem in ihrem Kern unsichtbar oder latent und bedürfen, damit man sich ihrer und ihrer Ursachen bewußt wird, einer kausalen Interpretation. Wurden sie vom Wissenschafts-Technologieapparat erzeugt, so bedarf es wieder des verwissenschaftlichten Wissens, um sie zu identifizieren und letztlich der Apparatur von Wissenschaft, Medien und öffentlicher Diskussion, damit sie zu einem gesellschaftlich anerkannten Gegenstand werden.
- Die mögliche Katastrophe ist gestern passiert oder ereignet sich heute, während das Desaster und die Konsequenzen erst morgen sichtbar werden. Der "Time-Lag" zwischen Ursache und Wirkung kann sich sogar über Generationen ausdehnen.
- Solche Risiken besitzen eine "andere soziale Gefährdungslage". Sie sind nicht mehr ausschließlich gesellschaftsgruppenspezifisch, sondern betreffen im Gegensatz zu sozialen Risiken, auch die, die sie erzeugen. (Dies macht, sofern man die Gesellschaft überhaupt noch in Klassen und Schichten einteilen kann bzw. diese identifizierbar sind, die bürgerliche Welt so empfänglich für die Ökologieproblematik zum Unterschied zur sozialen Problematik). Sie haben einen "Bummerangeffekt" der zu einer "ökologischen Entwertung und Enteignung" führt (z.B. umweltgeschädigte Böden, Haus und Grund neben Atomlager usw.). Ihre Verteilung ist nur mehr im internationalen und globalen Maßstab ungleich bzw. scheinen sie auch nur mehr auf diesen Ebenen faßbar und begrenztbar.

¹³⁸ BECK, U. 1986: Risikogesellschaft - Auf dem Weg in eine andere Moderne. Surkamp (1365), Frankfurt a. Main 1986, S.25 ff und S.115 ff.

- Trotz ihres Schadens sind sie ein "big-business". Sie erzeugen, wenn man nicht ihre Ursachen beseitigt, sondern immer nur "end-of-the-pipe"-Lösungen anbietet, eine unendliche Nachfrage.
- Sie sind den nicht mehr durch das gesellschaftliche Sein erfahrbar. D.h. nicht das Sein bestimmt das Bewußtsein, sondern das Bewußtsein das Sein. Das Wissen um die Risiken erzeugt die politische Konsequenz.
- Bei sozial anerkannten Risiken geht es nicht nur um die ökologische und gesundheitliche Problematik sondern auch um die sozialen, wirtschaftlichen und politischen Konsequenzen. Und die Restruktuierung der Machtverhältnisse ist möglich (?), notwendig (?) oder unausweichlich (?).

Hier sind Fragezeichen angefügt, doch kennzeichnen sie die politische Sprengkraft der modernen Industrierisiken - auch oder vor allem auch jene, die in der Landwirtschaft erzeugt werden.

Ein Beispiel: Östrogene in Kalbfleisch; Markteinbrüche; Preisverfall, Stellungnahmen der Politiker, Gegenmaßnahmen werden versprochen, Beruhigung, Vergessen usw. Die nächste Umweltkatastrophe wartet schon. Das Wort "Hormone in der Milch" hat mehr wirtschaftliche Sprengkraft, als die besten Werbekonzepte der Milchindustrie.

Selbst wenn es scheint, daß die einzelnen "Umweltskandale" nur wie aufregende Programme eines Fernsehsenders aufeinanderfolgen, weil ja diese modernen Katastrophen nicht mehr unmittelbar sichtbar und sinnlich erlebbar sind, weil ja die Konsequenzen erst unsere Kinder, Enkel und Urenkel spüren, weil erhöhte Radioaktivität nicht fühlbar ist oder weil jene Chemikalien und Schadstoffe, die wir in die Umwelt gebracht haben und noch immer bringen, noch lange nicht ihre volle Schadenswirkung entfaltet haben und weil ..., so zeigen die Aussagen aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft doch, daß man reagiert, abwehrt, argumentiert, zustimmt, verbietet, umdenkt, unterstützt, neu untersucht, (usw). Letztlich sind aber diese "modernen" Machtinstitutionen nicht mehr Innovatoren, sondern sie sind durch ihr Reagieren zu Reaktionären und Konservierern verkommen, deren reformerisches Gehabe für mehr Umweltgerechtigkeit mehr einem oberflächlichen aufgeklärten Absolutismus zur Erhaltung der Machtstruktur gleicht als einem liberal demokratischen Ansatz. Die "Notwendigkeiten" der Wirtschaft und die scheinbar objektive "Gesetzlichkeit" der Wissenschaft drängen den demokratischen Anspruch der Politik zunehmend zurück und lassen Letztere zum Erfüllungsgehilfen der Ideen des Wissenschafts- und Wirtschaftsapparates werden (vgl. dazu auch GUBITZER 1990)¹³⁹.

Es gibt kaum eine stabile politische Kraft in den westlichen Industrieländern, die diese Problematiken, selbst wenn sie sich gegen ihre anfänglichen Ziele richten, negieren oder ignorieren kann; und will sie offensiv agieren, muß sie sich mit entsprechender Fachkompetenz aufrüsten. Nur von den Wachstumszielen, vom schnellen Traum einer Beschleunigung des Wachstums will man nicht abgehen. "Die Wissenschaft und neuen Techniken werden die Probleme lösen", so lautet die große Utopie, oder "durch neue Technik wird alles besser". Können sie die Schäden und Risiken, die sie mit sich gebracht haben und bringen, mit der gleichen Methodik und Struktur wieder beseitigen? (Wenn der Ostwind die Bäume umbläst, kann sie der Westwind wieder aufrichten?) Oder sollen hier doch mehr

¹³⁹ GUBITZER, L.: Gentechnologie im Licht Ökonomischer Konzepte. In: Gen-ethischer Informationsdienst (GID) 54/55; Nr. 5/90, Berlin 1990. S.24.

Menschen mitreden als nur die Experten und Spezialisten in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft? Das sind zweifellos die Zukunftsfragen, während die modernen industriellen Risiken unserer Technologieapparate mehr zu sein scheinen, als unsere Computer errechnen können und die Wissenschaftler beweisen können.

Die gesellschaftspolitische Dimension ist damit zwar noch nicht umfassend dargestellt, doch soll veranschaulicht sein, daß das Risiko der Gentechnologie zu bestimmen, zu definieren, zu bewerten und zu beurteilen nicht der reinen Naturwissenschaft und schon gar nicht der Naturwissenschaft, die Gentechnologie betreibt, überlassen werden kann und darf, sondern daß das Risiko immer im gesellschaftlichen und politischen Kontext bestimmt wird und bestimmt werden muß. Man braucht zwar die Naturwissenschaften oder besser die naturwissenschaftliche Methodik zur Ursachenfeststellung und zur kausalen Interpretation - man muß sich aber auch dabei der Fehlerhaftigkeit bewußt sein -, aber zur Bewertung scheint diese Methodik nicht geeignet. In diesem Sinne wird auch in dieser Arbeit das Risiko der Gentechnologie nicht als neu bestimmte naturwissenschaftliche Variable eines Agrarwissenschaftlers mit dem Anspruch einer gesellschaftlichen Verbindlichkeit verstanden, sondern als eine Qualität, die mit den angeführten Charakteristiken eng verbunden ist.

Um noch einmal den gegenwärtigen Standort Landwirtschaft, in der man neue Technologien wie die Gentechnologie fast uneingeschränkt anwenden möchte, wie wir in den vorangehenden Kapiteln gesehen haben, zu bestimmen, sei ein Satz J.W.Maurits la RIVÈRE¹⁴⁰ aus der Zeitschrift Spektrum der Wissenschaften 11/1989 angeführt: "In vielen Regionen der Erde ist sauberes Trinkwasser kaum zu haben; auch in den reichen Nationen kann es mittlerweile nur unter hohem technischem Aufwand bereitgestellt werden, weil Landwirtschaft und Industrie das Grundwasser, die Flüsse und die Meere sowie die Niederschläge verschmutzen".

Die Landwirtschaft - gemeint sind nicht die vielen kleinen Bauern, sondern der ganze Komplex - ist ganz vorne mit dabei, gemeinsam mit der Industrie und sie wird sogar zuerst genannt. "Gibt es Schuldige?"; das kann man so nicht beantworten. Die hochspezialisierte Arbeitsteilung hat uns in eine allgemeine Komplizenschaft verwandelt, ohne daß den Einzelnen, der sich als kleines "Rädchen" oder wie ein "Regenwurm am falschen Komposthaufen" zu erleben scheint, Gewissensbisse plagen.

12.2 Das Risiko und die Ökologiefolgen der Gentechnologie - neue und andere Hypothesen

Die breite Anwendung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse und "Fortschritte" in der Landwirtschaft, insbesondere aus der Chemie, hat diese, sowohl was ihre Ökologiefolgen als auch ihren Standpunkt in der gesellschaftspolitischen Diskussion betrifft, in eine zwiespältige Sachlage manövriert, wobei einerseits wegen anscheinender "Sachzwänge" nur mehr mit zusätzlichen technologischen Werkzeugen Landwirtschaft weiter im Rahmen von Mindeststandards ökologischer Bedingungen betreibbar scheint, und wobei andererseits die Prämissen der modernen Landwirtschaft radikal in Frage gestellt werden müssen. Die Ausgangslage ist eine problematische, denn die Böden und das Grundwasser sind mit Chemikalien kontaminiert und in den Nahrungsmitteln befinden sich gesundheitsgefährdende Substanzen, sodaß es schon längst in der Landwirtschaft nicht mehr um giftfreie

¹⁴⁰ RIVÈRE, J.W. Maurits la: Bedrohung des Wasserhaushalts. In: Spektrum der Wissenschaft 11/89, Heidelberg 1989, S. 80.

Nahrungsmittel sondern lediglich um das Unterschreiten von Grenzwerten kontrollierbarer Fremdstoffkonzentrationen geht. Auch an den Mega-Umweltproblemen wie beim Abbau der Ozonschicht in der Troposphäre oder beim Waldsterben oder als Verursacher des Artenrückganges ist die Landwirtschaft kein bedeutungsloser Statist, sondern Akteur, indem Stoffkreisläufe aufgebrochen, umgelagert, konzentriert, ausgeweitet oder beschleunigt werden, sodaß lokal und global die Ökosysteme destabilisiert werden.

12.2.1 Die Systemimmanenz der Gentechnologie

Genau in dem Augenblick, als man sich der Fehler in ihrer Tragweite bewußt zu werden begann, wird die Gentechnologie gleichsam als die rettende Alternative propagiert. Pflanzen, die sich selbst düngen, die bakterielle Gene gegen Insektenschädlinge besitzen oder die in kürzester Zeit mit den entsprechenden Resistenzen ausgestattet werden können, oder wo manipulierte Bakterien und Viren gerade die richtige Schädlingssraupe eliminieren, um sich in der Folge dann selbst zu zerstören, Pheromone, also intelligente Lock- und Duftstoffe, und erstklassige Diagnoseinstrumente für schwerwiegende und weniger schwerwiegende Krankheiten stehen zur Verfügung. Gegen die Unkräuter ist derzeit noch kein Gen gewachsen, aber man stellt herbizidresistente Pflanzen her, die das dazupassende Totalherbizid optimal abbauen. Erträge könnten wieder verdoppelt werden, "Verluste" minimiert werden. Ganze Pflanzen können einer neuen Nutzung zugeführt werden, wobei nicht 50 und mehr % am Acker als "Abfall" zurückbleiben müssen, sondern wo alle organischen oberirdischen Bestandteile industriell verwertbar sind. Anstatt Chemie bietet man jetzt eine neue mikrobielle Ökologie, neue biochemische Substanzen und neue Genmuster bei Organismen an, die sowohl ertragssteigernd wirken, als auch die Schutzfunktionen der vormaligen Chemikalien erfüllen sollen.

Dabei wird die Methode der Gentechnologie des öfteren sogar als die ökologische Alternative in die Diskussion eingebracht, und man bezeichnet sie in diesem Zusammenhang zumeist nicht als Gentechnologie sondern gleich als Biotechnologie (vgl. Definitionsproblem Kapitel 3)¹⁴¹, wobei folgende zwei falsche Prämissen gesetzt werden:

- 1.) Das Ökologieproblem der Landwirtschaft bestehe nur im Eintrag von umweltschädigenden und giftigen Agrochemikalien aus der Erdölchemie: Dies ist nur ein Teil des Problems. Der andere Teil besteht darin, daß eben mit Hilfe der Chemie und anderen Technologien natürliche Stoffkreisläufe aufgebrochen wurden und sich eine Umstrukturierung der Landwirtschaft nach industriellen Prinzipien herausgebildet hat, wobei Böden oder Tierbestände zu reinen Input-Outputsystemen ohne ökologischen Bezug verkommen sind. Die Probleme daraus und ihre Korrelation mit dem notwendigen Einsatz industrieller Technologien in der Landwirtschaft zur Stabilisierung der instabil gewordenen Agrarökosysteme sind das eigentliche fundamentale Hauptproblem. Die Gentechnologie bietet hier keine Methode zur Ursachenbeseitigung sondern lediglich eine Möglichkeit, die offensichtlichsten Probleme zu übertauchen. Gleichzeitig aber schafft sie einen enormen Anreiz, die Philosophie der industriellen Prinzipien in der Landwirtschaft wie Spezialisierung, Intensivierung und Rationalisierung weiter zu verfolgen und sie sogar zu verstärken, ohne daß ihr eigenes Risikopotential prospektiv auslotbar ist.

¹⁴¹ Auch eine assoziative Verbindung zwischen "Biotechnologie" und "biologischer Landbau" läßt sich dadurch herleiten, was an der Realität vollkommen vorbeigeht.

2.) Biochemische Stoffe oder Substanzen oder auch spezielle neue Organismen aus der Gentechnologie seien nicht umweltschädigend, biologisch abbaubar und ökologisch neutral: Daß dem nicht so ist, und daß dies nicht so sein kann, zeigt sich allein an den klassischen biochemischen Substanzen der Antibiotika. Sie sind, was ihre Umweltwirkung betrifft alles andere als harmlos oder neutral und stehen in vielfacher ökologischer Beziehung zum Menschen (Resistenzen von Krankheitserregern, Ausschaltung anderer Abwehrmechanismen, Schädigung der natürlichen Mikroflora). Im Prinzip gilt das auch für viele andere biochemische Substanzen, und ihre oftmalige Instabilität, hohe Spezifität und hohe Wirksamkeit soll nicht darüber hinwegtäuschen, daß sie nicht auch äußerst umweltschädigend und instabilisierend wirken können; selbst wenn ihre Nebenwirkungen noch nicht so offensichtlich sind, wie bei den uns geläufigen Agrarchemikalien. Gentechnologie, Biotechnologie, deren Anwendung und deren Substanzen sind nicht ein wirkungsvolles und trotzdem ökologieneutrales Instrument, sondern lediglich eine "Chemie" auf einer anderen Ebene, wobei zu vermuten ist, daß bei breiter Anwendung die Qualität der Nebenwirkungen der traditionellen Chemie nicht nachsteht. Darüber hinaus ist die Anwendung der Gentechnologie in der Landwirtschaft nicht nur durch ihre Ähnlichkeit mit dem chemisch-technischen Fortschritt und in ihrer Systemwirkung eben durch ihre Systemimmanenz eine für die Ökologie gefährliche Strategie, sondern weist ganz neue Qualitäten eines zusätzlichen Risikos auf.

Um die Anwendung der Gentechnologie und die Vorhaben daraus zu realisieren, müssen gentechnologisch veränderte Organismen GVO's in die Umwelt freigesetzt werden. Zuerst nur zu Forschungszwecken, später sollen sie für jedermann verfügbar sein. Weltweit haben bereits mehr als 30 Freisetzungsexperimente stattgefunden¹⁴².

12.3 Risikofelder in einer umfassenden Sicht

Was ist das Risiko dabei?

12.3.1 Das Risiko - eine Kontroverse der Natursichten

Die Diskussion über die Gentechnologie ist nicht nur gesellschaftspolitisch kontrovers, sondern sie gründet auch nicht mehr auf einem einheitlichen natuwissenschaftlichen Weltbild. Soweit man diese Problematik in Kürze in Form einer Dichotomie darstellen oder beschreiben kann, seien folgende Beschreibungen gegeben:

Die eine Seite geht davon aus, daß die lebendige Welt fast unendlich stabil ist und daß die Dinge sich genauso verhalten, wie wir es anhand der festgeschriebenen Naturgesetze festgestellt haben. Man könne deshalb mit der Natur fast beliebig verfahren, wenn man sich an die vorgegebenen Spielregeln hält, bzw. ist anhand dieser Spielregeln der zukünftige Zustand sich prognostizierbar. Die Zeit hat im Prinzip keine Dimension, denn die Gesetze gelten für die Vergangenheit und gelten für Gegenwart und Zukunft, die beobachtende Person ist nicht vorhanden oder eben wertfrei gleichgültig, und die Bezugspunkte zur gesellschaftlichen Realität sind rein zufällig. Dies mag man als das deterministische naturwissenschaftliche Weltbild bezeichnen. In ihr wird das Risiko der Gentechnologie zur bestimmaren mathematischen Gleichung, deren Unbekannte sich im Laufe von Freisetzungsexperimenten bestimmen lassen.

¹⁴² ÖKO-INSTITUT-FREIBURG: Freisetzungorientierte Forschungsprojekte in der Bundesrepublik. ÖKO-Institut für angewandte Ökologie, e.V., Freiburg 1988.

Eine andere Natursicht ergibt sich daraus, daß man die Instabilität - dieser Begriff hat nichts mit der absichtlichen Destabilisierung der Ökosysteme zu tun -, die eigene Veränderbarkeit der Natur in der Zeit anerkennt und daß man den Menschen als individuelle kreative Person oder als einen im kulturellen und gesellschaftlichen Kontext Stehenden nicht von der Naturbeobachtung und Naturerkenntnis ausschließen kann (vgl. auch Kapitel 3: Erkenntnis - theoretische Aspekte der Gentechnologie). Wir können deshalb auch keine Prognosen über die zukünftige Naturentwicklung oder über den Ausgang sämtlicher vom Menschen in Angriff genommener Experimente - ob positiv oder negativ - machen. Die Welt ist ein offenes instabiles System, das auch in Bezug zum Menschen und seinem Tun steht.

Ilya PRIGOGINE 1989 beschreibt diesen Ansatz im Vergleich zum Determinismus in einem Beispiel des Pendels: Während die meisten gelernt haben, davon auszugehen, daß ein Pendel - man stellt sich natürlich für gewöhnlich ein schwingendes vor - immer am tiefsten Punkt stehen bleibt, und daß dies sicher ist, ergibt sich eine ganz andere Sichtweise, wenn man sich vorstellt, daß das Pendel auf dem Kopf steht. Man kann nicht mehr prognostizieren, ob es links oder rechts herunterfällt. Der leiseste Hauch gewinnt an Bedeutung, und wir wissen zudem nicht welche Abart von Pendel diese unsere Welt ist und welche und wieviele Anziehungspunkte (Möglichkeiten) es darin gibt. Seine Schlüsse sind eindeutig:

"The world is not a victim offered up for us to dominate, we must respect it ... Obviously there is no risk in a deterministic universe. There is no risk in a universe which we see differently, particularly in a human universe ... but it is clear that in going back to the very foundations of science from this viewpoint, humankind necessarily has choices, and choice means ethical responsibility"¹⁴³.

Es braucht in diesem Sinne nicht ausdrücklich darauf hingewiesen zu werden, daß diese Arbeit bei der Risikoanalyse auf die "Instabilitätshypothese" aufbaut bzw. sogar aufbauen muß, will man sich einer simplen Logik nicht verschließen. Ein bestimmbares Risiko hätte ja etwas sehr widersprüchliches an sich, insbesondere wenn man sich die vielen Variablen der Natur und die dabei noch nicht bekannten Spielregeln vorstellen muß, sodaß man das Roulettspiel nicht einmal mehr als Vergleich heranziehen kann. Das Risiko der Gentechnologie ist damit voll gegeben. Es ist aber nicht sicher bestimmbar und unter bestimmten Voraussetzungen, wenn Gentechnologie betrieben und angewandt wird, nicht abwendbar. Der leiseste Hauch - oder das kleinste Molekül - könnten genügen. Dies gilt natürlich auch für viele andere menschliche Technologien, doch kann das nicht die breite Anwendung der Gentechnologie rechtfertigen. Vielmehr wären auch die anderen uns bekannten Technologie - vor allem die mächtigen Technologien - auf ihre Gefährlichkeit (Instabilitätspotential) hin zu überprüfen und danach in ihrer Anwendung auszurichten¹⁴⁴.

¹⁴³ PRIGOGINE I.: The philosophy of instability. In: Futures, August 1989; Vortrag zum 20. Jahrestag des Club of Rome im Oktober 1988.

¹⁴⁴ Die Umkehrung der Logik findet sich z.B. auch bei BACKHAUS 1989: "... An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, daß die notwendigerweise verbleibenden Unsicherheiten (gemeint ist die Gentechnologie in der Anwendung bei Nahrungsmitteln; Anmerkung als Autor) gegen die auf dem gleichen Gebiet derzeit akzeptierten Risiken relativiert werden können". (Zitatende) Die bisherige Unsicherheit oder das bisherige Risiko bei Nahrungsmitteln tut also dem zusätzlichen Risiko der Gentechnologie keinen Abbruch, sondern begründet sogar seinen Einsatz. Zu hoffen ist nur, daß sich die Unsicherheiten lediglich addieren und nicht multiplikativ verknüpft sind.

Und noch etwas impliziert die "Instabilitätshypothese": Man (der Mensch) kann den dynamischen Sachverhalten nicht durch eine einzige naturwissenschaftliche Sichtweise, sei es durch Physik, Chemie, Biologie oder Molekularbiologie usw. nahe kommen, sondern es bedarf vieler Sichtweisen, die die kulturellen, geistigen und gesellschaftlichen Dimensionen mit einschließen, um mit der sich ändernden Welt und veränderbaren Welt verantwortungsvoll umzugehen.

12.3.2 Das Risiko der Gentechnologie aus evolutionstheoretischer Sicht

Die Risikowahrnehmung der Gentechnologie ist aber auch von der naturhistorischen Sichtweise, d.h. vom evolutionstheoretischen Ansatz, den man seinem eigenen Denken und Handeln als Erklärungsmuster beim Umgang mit der Natur zugrunde legt, abhängig.

Gentechnologen begründen vielfach ihre fast wahllosen Eingriffe in die Genetik der Organismen, z.B. über die Artgrenzen, hinweg dadurch, daß sie sagen, sie machten nichts anderes als die Evolution. Nun hängt es aber davon ab, wie man Evolution sieht, ob als reinen Zufall oder als sich selbst begründende Notwendigkeit. Gentechnologen neigen dabei zur reinen Zufallshypothese, wobei sie oftmals Evolution als solches Zufallsergebnis interpretieren, daß der Mensch mit seinen Technologien eben nur mehr ein zusätzlicher zufälliger Zufall ist, der damit der zufälligen Natur keinen Schaden zufügen kann. Teilweise knüpft man aber auch einzig und allein an Darwins Theorie von der Selektion an, die uns mit dem Schlagwort des "survival of the fittest" sehr geläufig ist, und erklärt den Menschen und seinen Geist als neues Über-Selektions-Kriterium, dessen Notwendigkeiten allein die neue Evolution bestimmen (vgl. MUNCK 1989). MUNCK¹⁴⁵ 1989 lieferte z.B. ein sehr plausibles Erklärungsmuster für eine "neue Evolution", indem das Problem lediglich auf die Ebene des Menschen als "Man as selector" gebracht wird, wobei nur die Ressourcen, Zeit und Geld eine Rolle spielen bzw. die Problemkomponenten sind. Die Analyse mag zwar für das derzeitige Verhältnis von Mensch und Natur stimmen; ob man aber dem menschlichen Geist und seinen Fähigkeiten in Wissenschaft und Technik die zukünftige richtige Evolution - also die richtige Therapie zumuten kann? Muß man sie ihm zumuten? Der Mensch ist doch nicht nur Subjekt, sondern auch Objekt der Selektion. Wenn man sich vorstellt, daß der Mensch zum Selektionskriterium schlechthin wird, daß er und seine Intelligenz das Überlegenste sind, nach dem sich alles ausrichten muß, so wird der Mensch sich und die Natur zerstören. Darwin's "survival of the fittest", wie Christine von WEIZSÄCKER 1989¹⁴⁶ ausführte, war nicht prospektiv zu verstehen als "survival of the best", sondern lediglich als retrospektive Hypothese; und nicht auf ein einzelnes Individuum sondern immer im Kontext der Vielfältigkeit; ansonsten hätte nur eine Mikrobe überlebt und wäre an sich selbst zugrunde gegangen. Oder eine derartige Überlegenheit der menschlichen Intelligenz, die auf alles andere Leben zugreift und zugreifen kann, und nach der alles andere Leben sich zu orientieren gezwungen wird, und die keine andere Intelligenz (=Evolution) außerhalb von ihr respektiert, zerstört sich selbst. Doch vielleicht enthält die menschliche Intelligenz doch mehr als das Gefühl der Überlegenheit. Ist aber Evolution nur Zufall oder nur durch den Menschen bestimmte Notwendigkeit? Ist sie nicht auch oder ganz besonders eine sich selbst bestimmende Notwendigkeit mit einer mutierenden Ordnung, also ein eigendynamisches Gebilde, das in sich selbst seine Zweckhaftigkeit unabhängig von menschlichen Nutzenvorstellungen erfährt und erfahren muß?

¹⁴⁵ MUNCK, L.: Man as organizer of genes and society - Outlooks for an endurable future on renewable resources. Vortrag an der Univ. für Bodenkultur, Wien März 1990 (Carlsberg Research Center, Dänemark).

¹⁴⁶ WEIZSÄCKER, Ch.: Error-Friendliness. Vortrag anlässlich der Konferenz "Deleberate Release into the Environment of Genetically Engineered Organismus", Brüssel Februar 1989.

Das große Verdienst Darwin's war es als Erster, die Prinzipien der Evolution d.h. Mutation und Selection für die Biologie definiert zu haben. Wenn er auch manche Komponenten zu einseitig interpretiert zu haben scheint bzw. zu einseitig interpretiert worden ist, so haben wir bis jetzt kein besseres Erklärungsmuster für die Entwicklung des Lebens entdeckt. Vielmehr erscheint es uns plausibel, wie Gerd BINNING 1989¹⁴⁷ ausführte, daß auch andere Entwicklungen, sei es die des Raumes, der Materie oder der menschlichen Intelligenz, nach den gleichen Prinzipien erfolgen könnten. Diese globale Evolutionstheorie von Gerd BINNING erkennt aber nicht nur die Mutation als reinen Zufall, sondern die Mutation ist auch ein sich regelndes Element mit "Mutationsblockaden", die wiederum mutieren können usw. - also ein fraktales Gebilde, das sich wie ein strukturiertes Chaos nach chaostheoretischen Ansätzen verhält. Das gleiche gilt im Prinzip für die Selektion. Sie ist ebenfalls nicht konstant sondern mutiert und selektiert sich selbst. Die Mutation wird selektiert, und die Selektion mutiert und vice versa. Dabei ist es zwar egal, ob man eine Entwicklung als strukturiertes Chaos oder in eher traditioneller Weise als eine sich mutierende und selektierende Ordnung sieht. Dieses Spannungsverhältnis scheint sich nämlich als ein allgemeines in den postdarwinistischen Evolutionstheorien darzustellen. Daran hat auch die Molekularbiologie nichts verändert, sondern sogar an Erklärungsgehalt beigetragen.

Aber auch Rupert RIEDL 1975, um einen aus der Biologie kommenden Evolutionstheoretiker gegenüberzustellen, sagt dabei nichts anderes, wenn er z.B. unter einer Zwischenüberschrift "Alle erfolgreiche Änderung ist organisiert" schreibt: "Freilich muß bei wahllosen Änderungen, wie sie Mutationen eben stets bedeuten, ein gerütteltes Maß an Chaos produziert und wieder selektiv ausgeschieden werden. Die Häufung von Homöose-Phänomene (gemeint sind Mutationen ganzer Organsysteme, die auf geringste Änderungen im Genom zurückzuführen sind wie z.B. Doppelbildungen (4-flügelige Obstfliege), Ersatzbildung (Fühler als Bein bei der Obstfliege) oder spontaner Atavismus (3-zehiges Pferd), die aber eine zusammenhängende organisierte Änderung zahlreicher Einzelmerkmale am Tier hervorrufen; Anmerkung des Autors) läßt aber keinen Zweifel darüber entstehen, daß das epigenetische System in höchstem Maße organisiert ist."¹⁴⁸ Und weiter vorher schreibt er: "Daß aber in der Organisation eines Determinations-Komplexes von Mängeln, von einer Lücke gesprochen werden kann (gemeint sind homöotische Mutationen; Anm. des Autors), ist wiederum ein Hinweis darauf, welches hohe Maß an Abstimmung der Komplex des Zusammenwirkens einer Vielzahl von Genen erreichen kann, die allesamt (wie gebündelt) letztlich von einer einzigen Genentscheidung abhängen".¹⁴⁹

Darüber hinaus gelten, wenn man BINNING, den Physiker, und RIEDL, den Biologen, vergleicht, noch weitere Prinzipien oder Formen evolutionärer Ordnungen: Norm (Riedl) oder Muster von Wirkungseinheiten (Binning), Hierarchie (Riedl und Binning), Interdependenz (Riedl) oder Wirkungseinheit (Binning) und Tradierung (Riedl) oder Reproduktion und Symmetrieeigenschaften von Wirkungseinheiten (Binning). Daneben sind in der Dynamik von Evolutionen noch Grenzparameter wie Raum und Zeit entscheidend, wobei sich das Gesamte auf ein Ziel hin zu bewegen scheint. Dieses Ziel ist oder diese Ziele sind nicht von Außen vorgegeben, sondern werden im Wechselspiel von Mutation und Selektion, von Zufall und Notwendigkeit, von Entscheidung und Ereignis gebildet. Wenn Ruppert RIEDL feststellt: "...

¹⁴⁷ BINNING, Gerd 1989: Aus dem Nichts, a.a.O.

¹⁴⁸ RIEDL, Rupert: Die Ordnung des Lebendigen - Systembedingungen der Evolution. Piper, München Februar 1990, Erstauflage 1975, S.284-285.

¹⁴⁹ ebenda S 281-282

nur sind dessen Konsequenzen nicht vorgegeben, sondern mit ihr entstanden. Die Ordnung der Evolution ist eine Konsequenz nicht prä-, sondern poststabilisierter Harmonie, "¹⁵⁰ so ist es frappant ähnlich BINNING'S Aussage wie: "Die Mutation schlägt Ziele vor - durch zufällige Blockaden-, und die Auslese sortiert aus."

Ohne hier tiefer auf die Materie der Evolutionsbiologie oder die der Evolutionstheorie einzugehen, lassen sich in Bezug auf die Gentechnologie, doch einige kriterische Überlegungen herleiten:

1. Die Frage, warum es die hohe Komplexität der Organismen, die im Laufe der (einer) Evolution zunimmt, gerade auch im Zusammenhang mit einer Zunahme der Formenvielfalt gibt, läßt sich nach dem Gesagten nicht eindeutig beantworten. Wenn die Zunahme an Ordnungsgehalt den Zufall allumfassend einschränken würde, dürfte ja die Anzahl der Ordnungen nicht unbedingt anwachsen? Aber Ordnung schafft anscheinend auch Möglichkeiten einer zufälligen Veränderung, ohne daß sich die Ordnung selber in Frage stellt. Der Zufall findet anscheinend auf einer höheren Ebene statt und ist in die Ordnung integriert. Wenn man natürliche Populationen höherer Lebewesen betrachtet, so ist die Variation ihrer Eigenschaften und die Erhaltung dieser Variation über mehrere oder viele Generationen geradezu die Voraussetzung für die Fitness dieser Population, auf Umweltänderungen zu reagieren.

Das gleiche gilt für die landwirtschaftliche Tierzucht: Ohne Variation von Merkmalen kein Zuchtforschritt. Und Variationen scheinen einiges mit Zufall zu tun zu haben. Wenn aber bestimmte Populationen eine bestimmte Zeit nicht mehr in direktem Genaustausch stehen, so können sie als kommunizierende Einheiten auseinanderbrechen - natürlich unter den Prinzipien der Evolution - sodaß in der Folge der Genaustausch auch unmöglich wird. Warum? Vielleicht hat diese neue Artgrenze den Sinn, daß ein weiterer Genaustausch die vorhergehende Ordnung derart stören würde bzw. derartige Inkompatibilitäten eintreten würden, daß keine zweckmäßige Kombination mehr möglich ist: D.h. aus einer Ordnung entstehen zwei oder mehrere Ordnungen, die zwar die alten Ordnungen mitschleppen, aber auch wieder neue erzeugen. Das Ökosystem diversifiziert sich und wird stabiler, d.h. eigentlich flexibler. Es wäre eine traurige Evolution geworden, wenn sich keine Kreuzungsbarrieren - man kann sie ruhig Mutationsblockaden (BINNING) nennen - zwischen den Arten herausgebildet hätten. Ob die moderne Zivilisation eben durch die Gentechnologie, insbesondere bei starker Freisetzung artüberschreitend modifizierter Organismen auf diese Barrieren einfach verzichten kann? Ist es nicht eine Anti-Evolution?

2. Eine andere Sichtweise, die der eben erwähnten sehr ähnlich ist, stammt von Christine von WEIZSÄCKER (1989)¹⁵¹. Sie spricht von der "Fehlerfreundlichkeit" lebender evolutionärer Systeme und meint damit auch, daß Mutationen erstens zugelassen und zweitens in die Ordnung integriert sind. Z.B. werden sie sogar durch das Phänomen der Rezessivität und eben durch räumliche Grenzen (geographische Grenzen) und Artgrenzen vor einem schnellen Verlust bewahrt. Mutationen sind vorgesehen und ihnen wird sogar eine Zeit zugestanden, um sich als Fehler oder eben als erfolgreiche Änderung zu erweisen. Auch hätte Darwin's These von der Selektion durch das Überleben des Tüchtigsten ("survival of the fittest") nicht die Zunahme in der Anzahl und die Zunahme in der Komplexität der Interaktionen von und in Organismen erklären können. Dagegen erklärt die Mutation nicht

¹⁵⁰ ebenda S. 361

¹⁵¹ WEIZSÄCKER, Ch.: Error-Friendliness. Vortrag anlässlich der Konferenz "Deleberate Release into the Environment of Genetically Engineered Organisms", Brüssel Februar 1989.

nur als Veränderung (Variable) sondern auch als Konstante (siehe vorher) die Vielfalt, wobei gerade die Vielfalt wiederum die Fitness eines System bedingt. Wenn wir also die Evolution als Menschen derart auf den Menschen singularisieren, stören wir sie. Und es besteht kein Zweifel, daß eine solche Ausrichtung gerade durch die Gentechnologie bei der breiten Anwendung in der Landwirtschaft oder Forstwirtschaft besonders stattfinden wird. Einerseits wird direkt in das Steuerungssystem der Organismen nach rein menschlichen Nutzkriterien eingegriffen, Fehler sind nicht eingeplant bzw. dürfen nicht vorkommen und andererseits beansprucht die Land- und Forstwirtschaft - je mächtiger ihr Technologieinstrumentarium wird - immer größere Teile der natürlichen Ökosysteme und verlangt eine immer größere Eingriffstiefe (vgl. z.B. auch den Beitrag der Landwirtschaft zum Artenrückgang im Gutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltprobleme der Landwirtschaft BRD 1985).

3. Die Zeit spielt neben räumlichen Grenzen und Grenzen von Ordnungseinheiten (Arten, Familien) ebenfalls eine sehr bedeutende Rolle und Zeit ist eine äußerst relative Angelegenheit, wie wir seit Einstein's Relativitätstheorie wissen. Wenn Gerd BINNING aus dem Satz: "Jede Evolution hat ihre Zeitskala und ihre eigene Geschwindigkeitsskala: Die Zeiteinheit τ (ein Zeitquant) entspricht einer Drehung der Mutations-Auslese-Helix, die maximale Geschwindigkeit c_n der maximalen Anzahl von Mutationen pro τ ", zusammen mit der Wahrscheinlichkeitstheorie - übrigens wird diese auch vom Biologen RIEDL zur Beweisführung oder zur Erklärung herangezogen, denn Entscheidung und Ereignis braucht ja Zeit - zum Beweis der Relativitätstheorie verbindet, um u.a. quantenmechanische Zustände zu erklären, so wird klar, daß die Relativität der Zeit, d.h. auch die Zeitdilatation, vor allem auch in der biologischen Evolution gültig ist. Jede Ordnungseinheit, jedes Lebewesen hat seine Zeitskala und die Uhren in natürlichen Ökosystemen scheinen äußerst gut auf einander abgestimmt zu sein, sodaß die Kommunikation zwischen den Einheiten funktioniert und wir sogar ein Maximum an Harmonie darin sehen.

Die Übereinstimmung der relativen Zeitskalen von Evolutionseinheiten ermöglicht deren Kommunikation und ohne Kommunikation gäbe es kein Leben¹⁵².

Durch die Gentechnologie beginnen wir auch an den unterschiedlichsten Uhren der Evolution zu drehen oder ganz besonders daran zu drehen, sodaß wir Gefahr laufen, daß die vorher abgestimmten Kommunikationskanäle abbrechen. Wir lösen Einzelteile aus dem Gesamten heraus und stellen ihre Uhren nach unserem Ermessen ein und gleichzeitig werden wir gezwungen immer mehr zu justieren. Wenn manche Gentechnologen naiverweise behauptet haben oder behaupten, sie beschleunigten die Evolution lediglich, so dürften sie gar nicht so danebenliegen, bzw. ein viel höheres Risikoeingeständnis kann man gar nicht machen. An den Uhren der lebendigen Evolutionseinheiten zu drehen, und dies ist durch den Zugriff auf den genetischen Code möglich, löst die Kommunikation zwischen den Ordnungseinheiten auf. Vielleicht bilden sich neue für den Menschen verträgliche Kommunikationsschnittstellen,

¹⁵² Wie wichtig die Zeit für die Kommunikation ist, erlebt man, wenn man am Morgen nach Amerika zu telefonieren versucht oder wenn man ein Tonband zu schnell oder zu langsam laufen läßt oder auch im folgendem Witz: Eine Fliege fliegt ganz knapp am Spinnennetz vorbei. Die Spinne ist zornig und ruft der Fliege nach: "Morgen erwisch ich Dich!" Die Fliege schaut zurück und lacht: "Ätsch-pätsch, ich bin eine Eintagsfliege!"

vielleicht auch nicht. Das ist das Risiko der Gentechnologie und "die Evolution zu beschleunigen" ist eben gefährlich¹⁵³.

Zusammenfassung der Charakteristika der (biologischen) Evolution:

- Zufällige Veränderung in einer sich selbst determinierenden Ordnung inklusive einer fraktalen Sichtweise, wo Mutationen selektiert werden und Selektionskriterien mutieren.
- Ordnungen werden in der Regel nicht aufgehoben sondern weiterentwickelt in Richtung höherer Komplexität, wobei die Prinzipien der vorhergehenden Ordnung erhalten bleiben.
- Ziele sind nicht vorgegeben, sondern es herrscht poststabilisierte Harmonie
- Hohe (genetische) Vielfältigkeit ist gegeben, wobei Veränderungen zwar häufig, aber eben unter eigengesetzlichen Einschränkungen passieren, gleichzeitig aber wiederum in der Regel Vielfalt hervorgebracht wird.
- Fehler sind in natürlichen Systemen sogar eingeplant und werden sogar durch Regeln gelenkt oder geschützt, sodaß wir von "fehlerfreundlichen" Systemen sprechen können (WEIZSÄCKER, Ch. 1989).
- Es gibt Regeln und Grenzen, sodaß Arten und geographische Einheiten sich unterscheiden lassen und diese die Vielfalt begründen.
- Es gibt immer für jede Ordnungseinheit und ihre Entwicklung eine adäquate Zeitskala, während die einzelnen Zeitskalen der Ordnungseinheiten aufeinander abgestimmt sind und Kommunikation ermöglichen oder sie eben zur Ordnung der Vielfalt beschränken.

Die Gentechnologie, vor allem in ihrer breiten Anwendung in der Land- und Forstwirtschaft, scheint diesen Kriterien in fast allen Punkten zu widersprechen oder sie nicht zu berücksichtigen, da sie sich selbst durch die Zunahme in der Geschwindigkeit der Veränderung charakterisiert und durch die immer schneller werdenden Zielvorgaben von außen die Vielfalt und die Möglichkeitsfelder der evolutionären Natur einschränkt. Umso mehr kausal eingegriffen wird, und je mehr vereinheitlichte und vereinfachende Selektionskriterien mit kommerzieller Zielsetzung gesetzt werden, desto mehr driftet die Entwicklung zur Auflösung bestehender Zusammenhänge und Kommunikationsschnittstellen und in Richtung einer wachsenden Uniformität. Biochemische Grenzen werden absichtlich nicht respektiert, was ein absolutes technisches Novum ist, und der Weltmarkt, in dem eine solche "High-tech"-Sparte eingebettet ist, kümmert sich nicht um geographische Grenzen oder um regionale kleinräumige Anpassung. Die Konkurrenz wird gleichzeitig in vielen Teilen der Erde gegen viele natürlichen Arten einheitlich eröffnet. Und wenn man sich den Traum der Gentechnologie von der "gezielten" Veränderung vergegenwärtigt, so scheint die Möglichkeit, systematisch andere Möglichkeiten auszuschließen, die evolutionären Chancen zugunsten evolutionärer Risiken einzuschränken, was auch für den Menschen "das" Risiko sein könnte (vgl. dazu vor allem Christine von WEIZSÄCKER 1989).

¹⁵³ Wir Menschen, zumindest unsere westliche Zivilisation, haben uns in den letzten Jahrhunderten und Jahrzehnten ebenfalls äußerst beschleunigt, und vielleicht ist dies auch der Grund, daß wir uns nicht mehr als Teil der Natur erleben, sondern die Natur als etwas außerhalb von uns Stehendes sehen oder uns sogar in Gegnerschaft zu ihr projizieren. Die Griechen hatten einen noch ganz anderen Naturbegriff, wobei sie sich selbst als Menschen nicht ausschlossen und die menschliche Intelligenz als Mittel sahen, um sich harmonisch in die vorhandene Natur einzufügen. Kultur und Kunst war Harmonie mit der Natur (vgl. HUBER 1988)

Die Konsequenz der gesellschaftspolitischen, wissenschaftstheoretischen und evolutionstheoretischen Kontroverse über die Gentechnologie ist deren Ignoranz.

Die Kontroverse um das naturwissenschaftliche Weltbild und um den evolutionstheoretischen Ansatz hat im gesellschaftspolitisch relevanten Diskurs - d.h. in der medialen und demokratischen Kommunikation von Wissenschaft, Politik und Wirtschaft - eine zu geringe Resonanz erfahren, um als handlungsrelevante Entscheidungskriterien für die Zukunft unseres Handelns auch auf dem Gebiet der Gentechnologie zu dienen. Würde man sich an der Instabilitätshypothese PRIGOGINE's oder an dem eigengesetzlichen kreativen fehlerfreundlichen Evolutionsansatz mit einer vom Menschen unabhängigen Intelligenz orientieren, so wäre man gezwungen die stillschweigenden Prämissen unserer westlichen Industriegesellschaften in Frage zu stellen. Solche Prämissen sind z.B.:

- daß wir mit den Weltressourcen inklusive der Vielfalt in der Genetik der Lebewesen und unserer noch vorhandenen natürlichen Ökosysteme allein nach den marktwirtschaftlichen Kriterien des kurzfristigen ökonomischen Kalküls verfahren können, ohne mit dem Weltökosystem zu interferieren,
- daß ein Maximum an wirtschaftlichem Erfolg das Optimum und nicht letztlich das Minimum an einer für den Menschen verträglichen Natur ist,
- daß Wirtschaftswachstum vor allem durch neue Technologien grundsätzlich etwas Gutes ist,
- daß wir Menschen durch unsere Technologien alles sicher kontrollieren können,
- daß es über die unseren Werkzeugen und Instrumentarium zugängliche kausale Analyse keine zusätzliche relevante Kausalität gibt, von denen unser Menschsein abhängt,
- daß die Verteilung und die Zugriffsmacht auf die Ressourcen bereits lokal und global optimal geregelt ist.

Wir würden also nicht nur unser wissenschaftliches Weltbild in Frage stellen müssen, sondern auch unsere Technologien, die darauf aufbauende Ökonomie und die gesellschaftlichen und kulturellen Hintergründe. Und das ist natürlich für die politische und wirtschaftliche Realität der westlichen Industriestaaten nicht oder kaum akzeptabel, oder es wäre einfach zu viel verlangt. Die erkenntnistheoretische, naturphilosophische oder evolutionstheoretische Kontroverse wird einfach von vornherein aus der offiziellen Diskussion ausgeschlossen. Nicht einmal nach einer möglichen Falsifizierung - um mit den Kategorien POPPER's zu argumentieren - der Grundhypothese, daß Gentechnologie ungefährlich sei und daß die Zukunft daraus sicher sei, strebt man, sondern man gibt vor, daß sich diese schon längst durch die vielen Experimente, wobei noch kein erkennbarer "Ökogau" passiert sei, verifiziert habe, und daß nur mehr unter ganz speziellen Gesichtspunkten im Detail (z.B. beim Krieg mit biologischen Waffen oder beim Experiment mit hochpathogenen Organismen oder Genen) eine Falsifikation möglich sei. Nicht die Gesamtkonzeption kann falsch sein, sondern nur "kleine Teile"; nicht bedenkend, daß ein kleiner Teil das Gesamte bestimmen kann. Risiko kann dann anscheinend nur mehr festgestellt werden, wenn man von Fall zu Fall und von Experimentstufe zu Experimentstufe (case by case, step by step - Konzeption) richtig evaluiert - und Wissenschaft evaluiert immer richtig!/? Man detailliert, spezialisiert, bestimmt das Teil- oder das "Restrisiko" und ermittelt Sicherheitsvorkehrungen daraus, die die Akzeptanz des Risikos begründen müssen. Damit ist die Technologie eben nach

technokratischen Vorstellungen vollkommen sicher und die Nichtakzeptanz oder allein die Frage nach der Akzeptanz ist lediglich das Ergebnis einer psychischen Fehlleistung nicht oder falsch in den Wissenschaften ausgebildeter Menschen, was sich in einem "Angstsyndrom" äußern würde.¹⁵⁴ Die richtige (sichere) Information oder Bildung würde genügen, oder wenn jemand sich nicht diesem "richtigen" Wissen annähern will oder kann - und nicht jeder Mensch kann Experte werden - so möge als die "richtige" psychische Einstellung stillschweigend fragloses Vertrauen herrschen.

Soweit zur derartig vorherrschenden Logik der wissenschaftlichen Risikoanalyse, oder besser gesagt, der Analyse des anscheinend "substituierbaren Restrisikos". Die Konsequenz daraus ist, daß diejenigen Menschen, die sich nicht mit der vorgegebenen Sicherheit oder mit dem Restrisiko zufrieden erklären können, in der Folge dann gezwungen sind, mit mindestens dem Spezialwissen und zumeist in Opposition zu den tragenden wissenschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Strukturen sich zu behaupten und die Unsicherheiten und Risiken der Vorgangsweise im Detail nachzuweisen.

Die Beweislast hat sich plötzlich vollkommen umgedreht, ohne daß eine Grundsatzdiskussion möglich ist. Nicht die Sicherheit der Gentechnologie ist von den Anwendern zu beweisen, sondern die Unsicherheiten von den Betroffenen. (Wie soll man auch oftmals mit Promotorspezialisten, Restriktionsenzympezialisten, Sequenzierungsspezialisten, Spezialisten für Wachstumshormone, Verfahrenstechnikern, monoklonale Antikörperspezialisten usw. über Grundsätze diskutieren? (Oder welche Art von Wissenschaft ist es, wenn sich ein Forschungsleiter eines Pharmakonzerns schon glücklich schätzen würde, wenn er am Spezialistenarbeitsmarkt anstatt nur Promotorspezialisten endlich einmal einen gut ausgebildeten allgemeinen Bakteriologen angeboten bekäme?)

Auch ist es interessant, daß die ursprüngliche Grundhypothese nach der Entdeckung der Gentechnologie die Unsicherheitshypothese war und daß diese Anlaß zu den Aufforderungen von Paul BERG 1974 und anderer Biologen zur Experimenteinstellung gegeben hat und zur Konferenz von Asilomar geführt hat. Aber noch interessanter erscheint, daß gerade diese Konferenz die sofortige Falsifizierung - um in den Kategorien Karl POPPER's zu bleiben - gebracht hat; zuerst nur vorsichtig, indem strengere Richtlinien vorgegeben wurden und in der Folge dann immer vehementer die Sicherheitshypothese mit immer niedrigeren Sicherheitskonzeptionen durchgesetzt wurde¹⁵⁵.

¹⁵⁴ Äußerst interessant in diesem Zusammenhang ist z.B. wie Horst BACKHAUS 1989 die Wahrnehmung des "potentiellen" Risikos - d.h. wer wie wahrnimmt - beschreibt: "Demgegenüber steht die Wahrnehmung potentieller Risiken besonders in der breiten Öffentlichkeit, die der direkten Konfrontation mit der neuen Technik mit Skepsis und ausgeprägtem Risikobewußtsein gegenübertritt. Es gibt unterschiedliche Ursachen und Motive für diese Haltung, unter denen die diffuse Furcht vor undurchschaubarem Neuen und ein generelles Mißtrauen gegenüber der Fähigkeit des Menschen, seine wachsende Macht über Naturvorgänge weise zu gebrauchen, die hervorragendsten sind. Ein Erfolg der neuen Technologie dürfte in besonderem Maße von der öffentlichen Risikowahrnehmung abhängen, die aber nur wenig mit der als wissenschaftlich angesehen Risikobeurteilung zu tun hat..." Und schließlich folgt von Horst BACKHAUS nach weiterem Ausführungen die oberflächliche Feststellung "Viele Diskussionen beherrscht eine Dichotomie der Risikowahrnehmung, die häufig aus Interessengegensätzen, unterschiedlicher Kenntnis und Gewichtung ökologischer Zusammenhänge sowie verschiedenen Modellvorstellungen etwa über den Naturhaushalt und Evolutionsvorgänge resultiert". Ein bißchen scheint das Gewissen doch zu drücken. Doch damit ist für die offizielle Naturwissenschaft die Sache erledigt.

¹⁵⁵ Selbst wenn man den reinen POPPER'schen Wissenschaftspositivismus nicht akzeptiert (vgl. Kapitel 3), so zeigen seine Kategorien doch auch, daß unsicheres Wissen und unsichere Sicherheitsvorkehrungen gegeben sind oder sein müssen und allein die theoretische Vorgabe, daß eine objektive wissenschaftliche Theorie immer eine Falsifikationsmöglichkeit, die in diesem Fall "die Schaffung neuer Arten infektiöser DNA-Elemente mit unvorhersehbaren biologischen Eigenschaften" (Berg et al. 1974; zit. nach Chancen und Risiken der

12.4 Die spezialisierte Debatte über das Risiko in der Gentechnologie

Aufgrund des Ausschlusses der Grundsatzdiskussion über unser naturwissenschaftliches Weltbild und über unsere erkenntnistheoretischen und philosophischen Fundamente findet die anerkannte Risikodebatte nur mehr auf der Ebene von spezialisiertem Wissen statt. Bei jeder einzelnen Anwendung, bei jedem Experimentier- und Arbeitsschritt, muß das Risiko nachgewiesen werden. Dabei spiegeln sich aber die Widersprüche der stillschweigend angenommenen Stabilitätshypothesen inbezug auf das wissenschaftliche Weltbild, obwohl sie nicht zur Diskussion gestellt sind, noch immer wieder.

In der konkreten Risikodebatte und in der Risikoanalyse gibt es somit nach wie vor zwei Modellvorstellungen. Diese wurden von Regine KOLLEK (1988)¹⁵⁶ unter der Bezeichnung "additives Modell" und "kontextorientiertes Modell" herausgearbeitet.

1. Das additive Modell:

Es besagt, daß das eventuelle Risiko eines gentechnologisch veränderten Organismus (GVO) sich als Summe der Risiken seiner Einzelbestandteile bzw. der verwendeten Elemente bestimmen läßt. Haben die Einzelelemente wie Ausgangsorganismus, Nukleinsäurespenderorganismus, Vektorsystem, Wirtsorganismus kein biologisches Gefahrenpotential, so hat auch das Ergebnis kein biologisches Risiko. Man kann damit die Eigenschaften eines GVO's prognostizieren. Weiters lassen sich durch Sicherheitsvorkehrungen wie biologische¹⁵⁷ und physikalische Containments die erkannten Detailrisiken und ihre Summenwirkung ausschließen. Dadurch gelangt man - d.h. wenn man wissenschaftlich analysiert und prognostiziert und wenn die daraus abgeleiteten Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden - zur "höchstmöglichen Sicherheit" oder zur "höchsten Unwahrscheinlichkeit" einer Gefährdung des Menschen und der Ökosysteme. Hat man in einer Anwendung oder bei einer Manipulationsstufe kein unmittelbares Risiko entdeckt, bzw. entspricht das Risiko dem der natürlichen Organismen oder ihrer Bestandteile, so gilt die "höchstmögliche Sicherheit", und letztlich ist auch an einer Freisetzung von GVO's kein besonderes Risiko zu finden bzw. genügen die normalen Standards wie beim Umgang mit pathogenen Keimen. Diese Annahmen implizieren aber auch, daß die auf der Ebene der Gene identifizierten Eigenschaften oder Merkmale eines Organismus sich lediglich addieren, daß keine übersteigernde (oder abschwächende) Wirkung auf sie selbst bei ihrer Neukombination eintritt, bzw. auch keine Wechselwirkungen mit dritten Eigenschaften

Gentechnologie 1987, S.194) bedeutet, mit einschließen müßte, müßte uns zu denken geben. Aber auch die gute Wunschvorstellung POPPER's, daß Theorien anstatt Menschen sterben mögen, scheint keine Gültigkeit zu haben (haben zu können). Theorien, wie wir anhand der Gentechnologie sehen, haben immer Konsequenzen oder eben Erkenntnis scheint vom Handeln nicht trennbar. Das Setzen der Sicherheitshypothese als wahr hat eben zur Konsequenz, daß gentechnologisch veränderte Organismen freigesetzt werden und daß dies nicht rückgängig zu machen. Die Sicherheitshypothese darf anscheinend nicht falsifiziert werden, sodaß sie geradezu einen "metaphysischen Touch" erhält, d.h. daß Glaube angesagt ist. Ungläubige haben es schwer. Die Irrationalität müßte man deshalb nicht den Kritikern der Gentechnologie zumuten, sondern umgekehrt. Doch der gegenseitige Vorwurf der Irrationalität scheint nicht wirkungsvoll in der Sache.

¹⁵⁶ KOLLEK, R.: Verrückte Gene. Die inhärenten Risiken der Gentechnologie und die Defizite der Risikodebatte. In: Ästhetik und Kommunikation, Heft 69, Berlin 1988, S.30.

¹⁵⁷ Züchtung oder Einbau von Eigenschaften in einen Organismus, sodaß er unter natürlichen Bedingungen "höchst unwahrscheinlich" überleben kann.

bestehen, sodaß auch keine neuen unvorhersagbaren Eigenschaften im gentechnologisch erzeugten epigenetischen System (Phänotyp) zum Ausdruck kommen können.

Zur Kritik des additiven Modells: Wenn man sich die Komplexität der biologischen Zusammenhänge oder die geordnete Vielfalt des Ergebnisses der biologischen Evolution vor Augen führt, ist das additive Modell geradezu ein Paradebeispiel für den Reduktionismus der modernen Naturwissenschaften bzw. für die fehlende integrative Sichtweise zwischen Evolutionsbiologie, quantitativer Genetik und der Anwendung der Molekularbiologie: Die Phänomene aus der quantitativen Genetik wie Pleiotropie (d.h. ein Gen hat mehr als eine phänotypische Wirkung) oder Polymorphismus (d.h. Differenzen in einem Merkmal, die durch Gene mittlerer Frequenz verursacht werden) oder Überdominanz (d.h. Überlegenheit Heterozygoter). Aber auch viele andere komplexe Zusammenhänge, die man bei der Analyse vom Phänotyp auf den Genotyp beobachtet, werden weitgehend negiert oder als nebensächlich abgetan. Wenn FALCONER 1984 z.B. in seiner "Einführung in die Quantitative Genetik" schreibt: Alle Gene können pleiotrope Effekte auf metrische Merkmale haben", so scheint das eben nicht nur als ein Ergebnis der statistischen Ungenauigkeiten der quantitativen Genetik zu gelten, sondern auch für die Molekularbiologie verbindlich zu sein oder die quantitative Genetik wäre mehr als ein halbes Jahrhundert "auf dem Holzweg gewesen". Wäre die Addition von Genen und die ihrer Eigenschaften derart wirkungsvoll gewesen, so hätte man sich bereits vor den traditionellen Züchtungstechniken fürchten müssen, oder wenn man vom Phänotyp und seiner bekannten Integration in die Umwelt nicht exakt auf den Genotyp schließen kann, wie soll man dies plötzlich in umgekehrter Richtung tun können?

Das Zusammenspiel zwischen einem Organismus und seiner Umwelt läßt sich nicht mit einer mathematischen Gleichung, wie der Phänotyp ist gleich eine Funktion von ein paar Genen, beschreiben, sondern die Funktion kann maximal eine Wahrscheinlichkeitsgleichung sein, sie gilt auch in umgekehrter Richtung, es spielt die Zeit eine Rolle, wobei erst retrospektiv, d.h. nach Kenntnis des Phänotyps relative Optima auszumachen sind, und die Vielfältigkeit, die Varianz von Eigenschaften, d.h. auch von Genen, ermöglicht erst die Stabilität eines Systems. Die genetisch bedingten Eigenschaften weisen dabei Kovarianzen auf, denen man die Kausalität in vielerlei Hinsicht nicht von vornherein absprechen kann, und sie werden erst nach der Interaktion mit einer dynamischen Umwelt beschreib- und identifizierbar. Abbildung .32 zeigt z.B. den Zusammenhang zwischen Borstenanzahl bei Drosophila und der Fitness auf. Was haben Borsten am seitlichen Torax einer Fliege mit deren Überlebensfähigkeit zu tun? usw. (Man vermutet pleiotrope Effekte von Genen).

Oder auch der Begriff Fitness an sich gibt uns Probleme genug auf, denn dieser Überbegriff spiegelt letztlich die Stabilität von Ökosystemen wider. Legt man "Fisher's fundamental theorem" zu grunde, d.h. daß "die Fitness-Steigerung in einer Generation gleich der additiven genetischen Varianz ist." (FALCONER 1984¹⁵⁸), so wird man bei näherer Beschäftigung mit den Fitnesskomponenten (vgl. Abbildung 32) und ihrer Zusammenhänge schnell feststellen, daß nicht jede genetische Varianz eine additive Varianz der Fitness ist sondern zumeist ihr Gegenteil. Und um die Fitness unserer Ökosysteme geht es doch letztendlich?!

Mit dem additiven (dieses "additiv" hat relativ wenig mit der vorhergehenden "additiven genetischen Varianz" zu tun) Modell erklärt man nicht mehr die komplexe Systemwirkung

¹⁵⁸ FALCONER, Douglas S.: Einführung in die Quantitative Genetik, UTB-Uni-Taschenbücher (1334), Ulmer, Stuttgart 1984.

von Genen untereinander, in und mit der Umwelt und deren Interaktionsvermögen, sondern man reduziert das Gesamte auf primäre Genfunktionen, soweit sie in Form von Proteinen oder Ribonukleinsäuren erkennbar oder meßbar sind. Lebensfunktionen von Organismen reduzieren sich auf eine chemische Formel zwischen Nukleinsäuren und Proteinen, ohne daß man sich über das komplexe "Periodensystem" - sofern es ein solches in stabiler Form überhaupt gibt - Gedanken macht. Zudem arbeitet man nicht, um den Vergleich mit der OC, hemie fortzuführen, in sterilen abgrenzbaren Glasgefäßen mit fix definierbaren Verbindungen, sondern man mischt in ein undefinierbares Gemisch hinein, ohne an eine eventuelle Explosion zu denken.

2. Das kontextorientierte Modell:

Es besagt, daß das Risikopotential von GVO's nicht allein durch das Gefährdungspotential von Spender- und Wirtsorganismus, Vektoren und beteiligten Nukleinsäuresequenzen definiert ist, sondern, daß der Zusammenhang und das Zusammenspiel der Gene die Qualität eines Organismus definieren und daß erst die Interaktion der neuen Konstruktionen mit neuen Eigenschaften mit der natürlichen Umwelt das tatsächliche Risiko, und das in einem langen Zeitraum betrachtet, erkennbar werden läßt. Das Risiko der Gentechnologie ist damit nicht prognostizierbar, sondern lediglich retrospektiv erlebbar. Es sprechen, wie bereits beim additiven Modell angeführt, viele Argumente für das kontextorientierte Modell.

Abbildung 32: Faktoren die die Fitness bestimmen

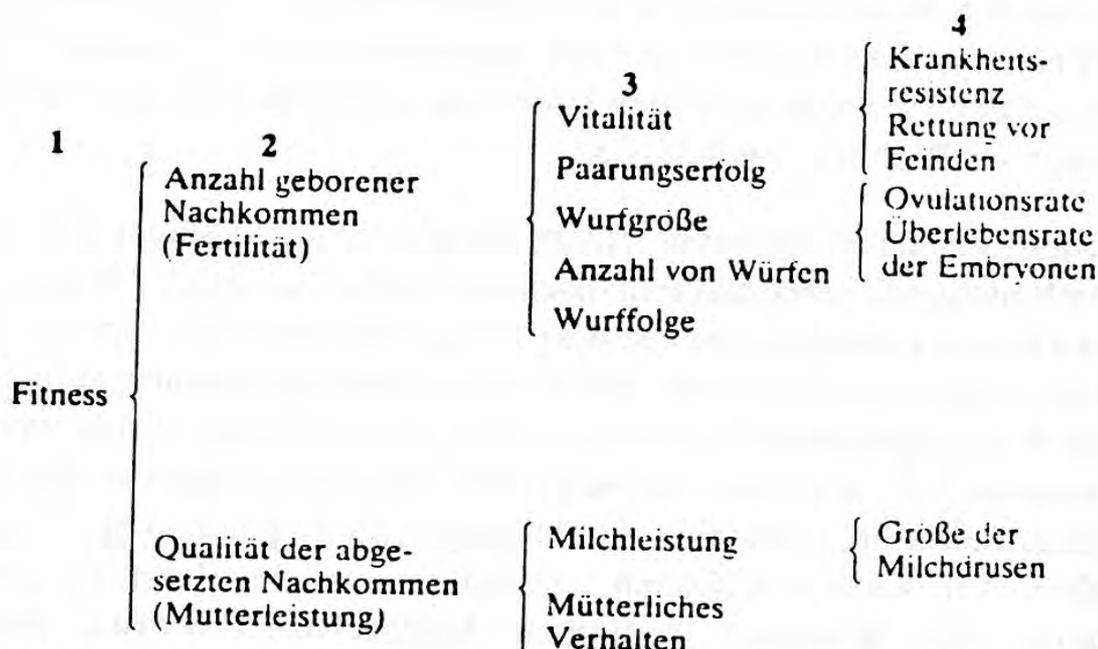


Abb. 20.1. Einige Fitnesskomponenten eines Säugetieres, wie der Maus, um die Hierarchie der Ursachen für die Variation darzustellen. Die Variation in jedem dieser metrischen Merkmale ist mehr oder weniger stark mit der Variation der Fitness verbunden.

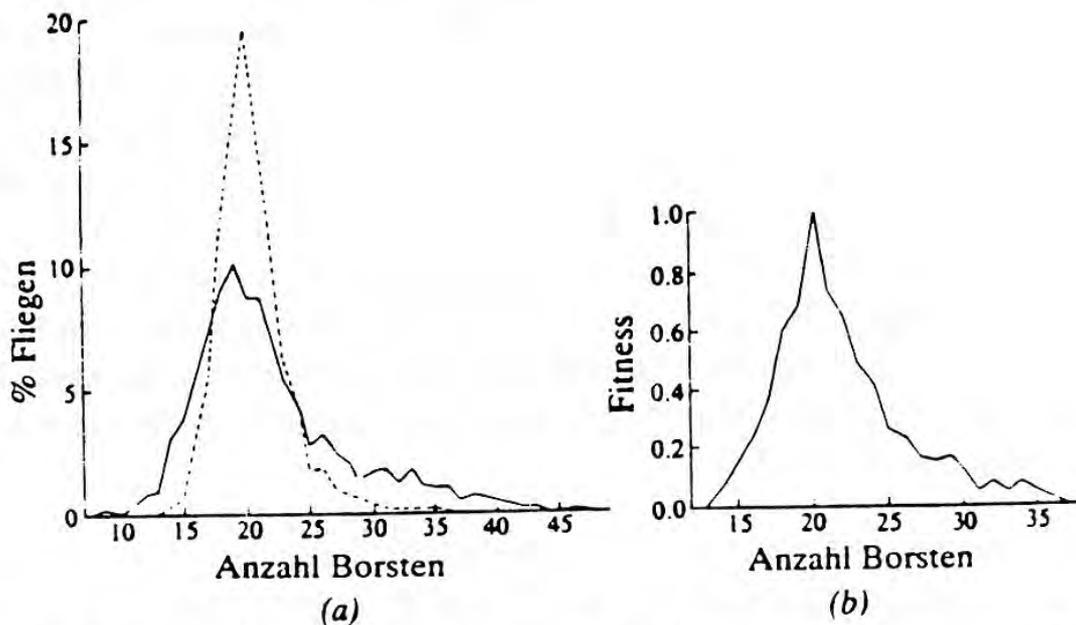


Abb. 20.3. (a) Verteilung von sternopleuralen Borstenzahlen in *Drosophila*: Unter leichter natürlicher Selektion (ausgezogene Linie) und scharfer natürlicher Selektion (gestrichelte Linie). (b) Fitness-Profile aus den Frequenzverteilungen unter (a). Die Fitness-Skala bezieht sich auf die Borstenklasse mit der größten Fitness. Als Fitness wird nur die Komponente „Überlebensrate vom Ei zum Erwachsenen“, und nicht die gesamte Fitness gemessen (nach KEARSEY und BARNES, 1970).

Quelle: FALCONER 1984)

Um die Kritik am additiven Modell fortzuführen bzw. das kontextorientierte Modell zu stützen, seien neben längst bekannten Phänomenen aus der quantitativen Genetik auch folgende Beispiele angeführt: Z.B. stützen auch Vorgänge, wie das Verhalten von Onkogenen (Krebsgene), wobei manche Onkogene erst durch den benachbarten Geneinbau kanzinogen aktiv werden, oder das Burkitt-Lymphom, eine in Afrika häufigere Krebskrankheit, die durch Chromosomenumlagerung entsteht, oder der Verlust der Resistenz bei Mäusestämmen gegen zwei Retroviren, wenn zwei Virenhälften kombiniert werden, obwohl die Mäuse vorher gegen die beiden Ausgangsviren resistent waren, die These, daß der Zusammenhang (Kontext) der Gene und die Umweltinteraktion für die Lebensfunktionen insgesamt entscheidend sind (vgl. dazu vor allem Regine KOLLEK 1988).

Dieses Modell hat aber in der Anwendung der Gentechnologie zur Konsequenz, daß sich keine "sicheren" Sicherheitsstandards voraussagen und realisieren lassen. Es könnte dabei grundsätzlich, wenn sich eine Gesellschaft schon unter diesen Voraussetzungen zur Anwendung der Gentechnologie in bestimmtem Rahmen entschieden hat, nur unter bestmöglichen Sicherheitsvorkehrungen gearbeitet werden, und dies würde immer bedeuten, daß zumindest der Standard von Hochsicherheitslabors einzuhalten ist. Konzeptionen zur absichtlichen Freisetzung von GVO's wären vollkommen deplaziert.

Damit könnte man aber auch zu keiner wirtschaftlich ertragreichen und breiten Anwendung gelangen. Es ist damit auch impliziert, daß neben einer gesellschaftspolitischen Komponente bei der Konzeptualisierung der Risikopotentiale der Gentechnologie auch eine ökonomische

Komponente immer mitschwingt. Sie zu ignorieren oder so zu tun als gäbe es diese ökonomische Komponente nicht, wäre ebenfalls ein für ein kontextorientiertes Modell nicht akzeptierbarer Reduktionismus.

Die beiden Konzepte oder Modelle sind aber nur Eckpunkte zweier exponierter Positionen, wobei primär das additive Modell aufgrund der nicht von der Hand zu weisenden Kritikpunkte Modifikationen eben durch diese Kritik aufnimmt. So werden auch von der BRD-Enquete-Kommission "Chancen und Risiken der Gentechnologie" des 10.Deutschen Bundestages¹⁵⁹ "synergistische" Effekte von Genen in einem Organismus anerkannt und auch die Feststellung getroffen: "Welche Eigenschaften der neu kombinierte Organismus haben wird, ist dann nicht vorhersagbar". Und weiters wird daraus die Schlußfolgerung gezogen:

"Selbst wenn es also keine empirischen Anhaltspunkte dafür gibt, daß bei einer solchen Neukombination auch neue pathogene Eigenschaften entstehen können, ist eine solche Möglichkeit nicht undenkbar. Hier liegt ein biologisches Restrisiko".

Das Risiko der Gentechnologie wird damit zum "Restrisiko" umdefiniert und zudem wird nur die vergleichsweise enge Sichtweite einer unmittelbaren Pathogenität angesprochen. Auf die tatsächlichen und möglichen Inhalte und ihre Ausformung geht man gar nicht ein, sondern läßt das Restrisiko, weil es mit dem vorhandenen experimentellen Instrumentarium nicht vorhersagbar erscheint, einfach - man könnte fast sagen, einsam oder als ein zu vergessendes - im Raume stehen. Vielmehr geht man zur Schlußfolgerung über, daß man "Sicherheit im Umgang mit biologischen Systemen durch das Arbeiten in geschlossenen Systemen (physikalisches Containment)" und durch "biologisches Containment"¹⁶⁰ erreicht. Damit glaubt man das additive Modell gegen Kritik "immunisiert" (KOLLEK 1988) zu haben, ohne sich mit den Charakteristiken dieser Risiken auseinanderzusetzen. Damit überläßt man aber die Gentechnologie und ihr Risikopotential sich selbst - d.h. der technokratischen Dynamik des Komplexes von Wissenschaft-Technologie-Wirtschaft und Bürokratie und damit einer Versuchssirrtumsmethodik, die kein Experiment mehr ist sondern globale Realität.

Setzt man sich aber mit dem sogenannten "Restrisiko" aus der Blickrichtung des kontextorientierten Modells näher auseinander, so lassen sich sehr leicht Vorstellungen oder Hypothesen über dieses Risiko gewinnen. Die Diskussion erinnert dabei frappant an die Risikowahrnehmung im Zusammenhang mit der vergangenen Kontroverse um die Atomtechnologie und dies kommt nicht von ungefähr. Der Begriff des "hypothetischen Risikos" wurde sogar in der Atomtechnologiedebatte (HÄFELE 1976)¹⁶¹ geprägt und weist dabei folgende Charakteristiken auf:

- **Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist möglicherweise gering aber dennoch größer als Null.**
- **Der Kausalzusammenhang zwischen Risikoquelle (d.h. einer bestimmten gentechnischen Manipulation) und dem eingetretenen Schaden ist nicht oder nicht sicher nachweisbar.**
- **Das maximale Schadensausmaß ist untolerierbar hoch,**

¹⁵⁹ Chancen und Risiken der Gentechnologie: der Bericht der Enquete -Kom. des 10.Deutschen Bundestages; Referat für Öffentlichkeitsarbeit Bonn (zur Sache 87/1)

¹⁶⁰ siehe ebenda

¹⁶¹ HÄFELE, W. 1976: Hypotheticality and new challenges: The pathfinder role of nuclear energy. Minerva 3,S.302-322,zit. nach KOLLEK, R. 1988.

- und das klassische begrenzte Versuchs-Irrtumsverfahren, das wissenschaftliche Experiment, ist nicht mehr anwendbar, sondern die Auswirkungen sind nur mehr im unbegrenzten Versuchs-Irrtumsverfahren, also in der Realität und ihren Zusammenhängen, erlebbar.

Um ein Beispiel aus der vergangenen Technologieentwicklung zur Verdeutlichung des hypothetischen Risikos heranzuziehen, - auch herkömmliche Technologien beinhalten somit eine Art hypothetisches Risiko, was die wissenschaftliche Methodik der Bestimmung der Realität durch das Experiment grundsätzlich relativiert - sei auf die Entstehung des Ozonlochs unter Beteiligung der Fluorkohlenwasserstoffe (FCKWs) hingewiesen: Wer hätte vor 30 Jahren oder 20 Jahren jemals daran gedacht, daß Haarsprays, Körpersprays und sonstige Sprays oder Kühlschrankschrankflüssigkeiten jemals für ein Ozonloch am Südpol - sofern die gegenwärtigen Theorien stimmen - primär mitverantwortlich sein könnten? Welches Gelächter hätte wohl ein solcher Wissenschaftler um 1955 hervorgerufen, der gesagt hätte: "Bitte keine Duftstoffe unter die Achsel sprühen, weil am Südpool".¹⁶² Hypothetische Risiken haben somit etwas sehr Reales an sich.

Daß man bei offensichtlichen Risiken - also primär schon anhand des "additiven" Risikomodells - Abschätzungen und Eingrenzungen vornehmen kann, und damit eine "sicherere" Vorgangsweise in der Gentechnologie fördert, soll nicht bezweifelt werden. Durch die Charakterisierung der Genotypen und phänotypischen Eigenschaften der beteiligten Organismen und Vektoren, der Ausbreitung in seinen geographischen und klimatischen Bandbreiten, der Überlebens- und Vermehrungsfähigkeit, des Konkurrenzverhaltens, des horizontalen Genaustausches mit anderen Organismen oder untereinander u.a. lassen sich viele Dinge voraussagen (REGAL 1989)¹⁶³. Bei den meisten Organismen - man kennt zwar ein paar Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen sehr genau - können selbst solche beschreibenden Eingrenzungen nicht vorgenommen werden, weil das Wissen über die Organismen und ihre Umweltbeziehungen zu gering ist. Modelle zur Abschätzung der Risikofelder, insbesondere bei Mikroorganismen finden sich im Memorandum der "Ökologischen Gesellschaft von Amerika" oder im Anhang zum Richtlinienentwurf zur absichtlichen Freisetzung von GVO's in die Umwelt der EG und werden auch in der herkömmlichen Risikodebatte (vgl. BACKHAUS 1989¹⁶⁴ oder bei WACKERNAGEL 1990¹⁶⁵) andiskutiert.

Doch auch die Ökologen sollten darauf achten, daß sie ihr Wissen nicht im Verhältnis zum Nichtwissen überschätzen und daß sie nicht allein dazu verwendet werden, gegenüber der Gesellschaft den Anschein der Beherrschbarkeit und damit der Akzeptierbarkeit zu erwecken. Es ist aber zweifellos notwendig, wenn nur das geringste in Richtung Freisetzung unternommen werden sollte, daß ökologische Kompetenz eine Minimalanforderung ist.

¹⁶² Dies ist eine Vergangenheitsfiktion: Erstens gab es den Naturwissenschaftler nicht und zweitens war das prospektiv naturwissenschaftliche Wissen nicht vorhanden. Drittens hätte die Gefahr bestanden, hätte es jenen wissenden Menschen und seine Autorität gegeben, daß jener im Irrenhaus gelandet wäre.

¹⁶³ REGAL, Philip J. 1989: The planned introduction of genetically engineered organisms, ecological considerations and recommendations. Vortrag bei der Internationalen Konferenz: Deliberate Release into the Environment of GVO's vom 22. und 23.2.1989 in Brüssel: Vorstellung der gleichlautenden Stellungnahme der "Ecological Society of America" zur Freisetzung von GVO's (1988).

¹⁶⁴ BACKHAUS, H. 1989: Ökologische Aspekte und Sicherheitsfragen bei der Freilandanwendung von gentechnisch-modifizierten Organismen in der Landwirtschaft. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.

¹⁶⁵ WACKERNAGEL, W.: Aspekte der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen. Referat bei der Tagung: Gentechnik in Biotechnologie, Land- und Forstwirtschaft an der Univ. für Bodenkultur, Wien 1990, (vgl. auch Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdiens", Wien 1990).

Vielfach wird die Theorie vertreten (vgl. z.B. BACKHAUS 1989), daß Risikoanalysen für jeden Einzelfall gesondert durchgeführt werden sollten (Step by step and case by case-Konzept). Das ist aber bei Technologien, die vielfältige und schwerwiegende Eingriffe in das Ökosystem hervorbringen, unzweckmäßig bzw. widerspricht jedem systemanalytischen Ansatz. Es steht nicht nur der einzelne manipulierte Organismus im Mittelpunkt, sondern seine Einordnung in das Ganze, inklusive aller anderen Möglichkeiten der manipulativen Veränderung und inklusive der Dynamik der Veränderung anderer Umweltfaktoren (z.B. kommt es vor, daß Bakteriologen, die Gentechnologie betreiben, sich gegen die Freisetzung von manipulierten Viren wenden oder daß sich ein Pflanzen-Molekulargenetiker über manipulierte Bakterien und Viren Sorgen macht (vgl. auch z.B. MUNCK, L. 1990).¹⁶⁶

Dies gilt vor allem auch für die Agrarökosysteme. Vielleicht vermag folgendes Beispiel die Problematik besser zu verdeutlichen (vgl. Abbildung 33):

Man stelle sich eine Ziege oder eine Kuh und einen Menschen vor und beginne sämtliche ökologischen und sonstigen Beziehungen rund um diese beiden Zentren einzuzeichnen, und man überlege sich, welche gentechnologischen Manipulationen innerhalb dieser Beziehungen derzeit schon forschungsmäßig in Angriff genommen wurden. Also z.B. eine manipulierte Ziege mit erhöhtem Wachstumshormonspiegel und mit neuen Stoffwechselwegen; manipulierte Pansenbakterien zur Verdauung von Stroh oder für eine erhöhte Kraftfutterverträglichkeit sind auch vorhanden. Diese Ziege gibt eine veränderte Milch (z.B. ohne Laktose oder mit einer anderen Eiweißzusammensetzung). Die Milch wird mit gentechnologisch veränderten Bakterienkulturen und neuartigen Enzymen, wiederum gewonnen mit Hilfe der Gentechnologie, weiterverarbeitet und gelangt dann zusammen mit dem Fleisch, das durch das gentechnologisch gewonnene Enzym Papain aufgeweicht wird, zum Menschen. Gleichzeitig wurde die Ziege mit manipulierten Viren geimpft und vom Tierarzt mit neuartigen Leistungssteigerern versehen. Die Ziege scheidet Kot und Harn aus. Davon wird Biogas gewonnen, aber nicht durch einen gewöhnlichen anaeroben Prozeß, sondern dieser wird mit Hilfe manipulierter Bakterien optimiert. Das gleiche geschieht mit den organischen Abfällen des Menschen. Die verwertbaren Abfallstoffe werden noch mit Hilfe manipulierter Mikroben umwelttechnologisch von chemischen Schadstoffen gereinigt und gelangen wieder auf die Äcker und Wiesen. Dort wachsen manipulierte Pflanzen mit Bakteriengeneten oder Herbizidresistenzen und diese werden zusätzlich von manipulierten Viren gegen Insektenschädlinge geschützt. Neue stickstofffixierende Bodenbakterien dienen als Superdünger, und die manipulierte Ziege ißt zum Schluß das Gras mit der veränderten und auf sie hin optimierten Proteinzusammensetzung. Und das alles findet in einer Biosphäre mit wachsendem Ozonloch und Treibhauseffekt statt. Der Mensch aber ißt noch andere Nahrungsmittel ebenfalls von manipulierten Pflanzen oder einfach Einzellerprotein aus der Fabrik. Und in jedem Teilbereich möchte irgend jemand seinen ökonomischen Nutzen maximieren.

Man kann nur hoffen, daß die Ökosysteme und der Mensch stabil genug sind, um sämtliche Manipulationen zu überleben. Wenn nicht, ein Pessimist dürfte sagen: die Ökogaus sind eingeplant. Ein Optimist wird sagen: Die Umwelt wird zum Dauerpatienten - sie ist es leider jetzt schon - und das Fach der Umweltmedizin wird zum Superstudium der Zukunft, denn es dürfte die Humanmedizin an Komplexität übertreffen. Wenn man sich dieses hypothetische Szenario vorstellt, so ist es für einen klassisch experimentell denkenden Geist bedauerlich,

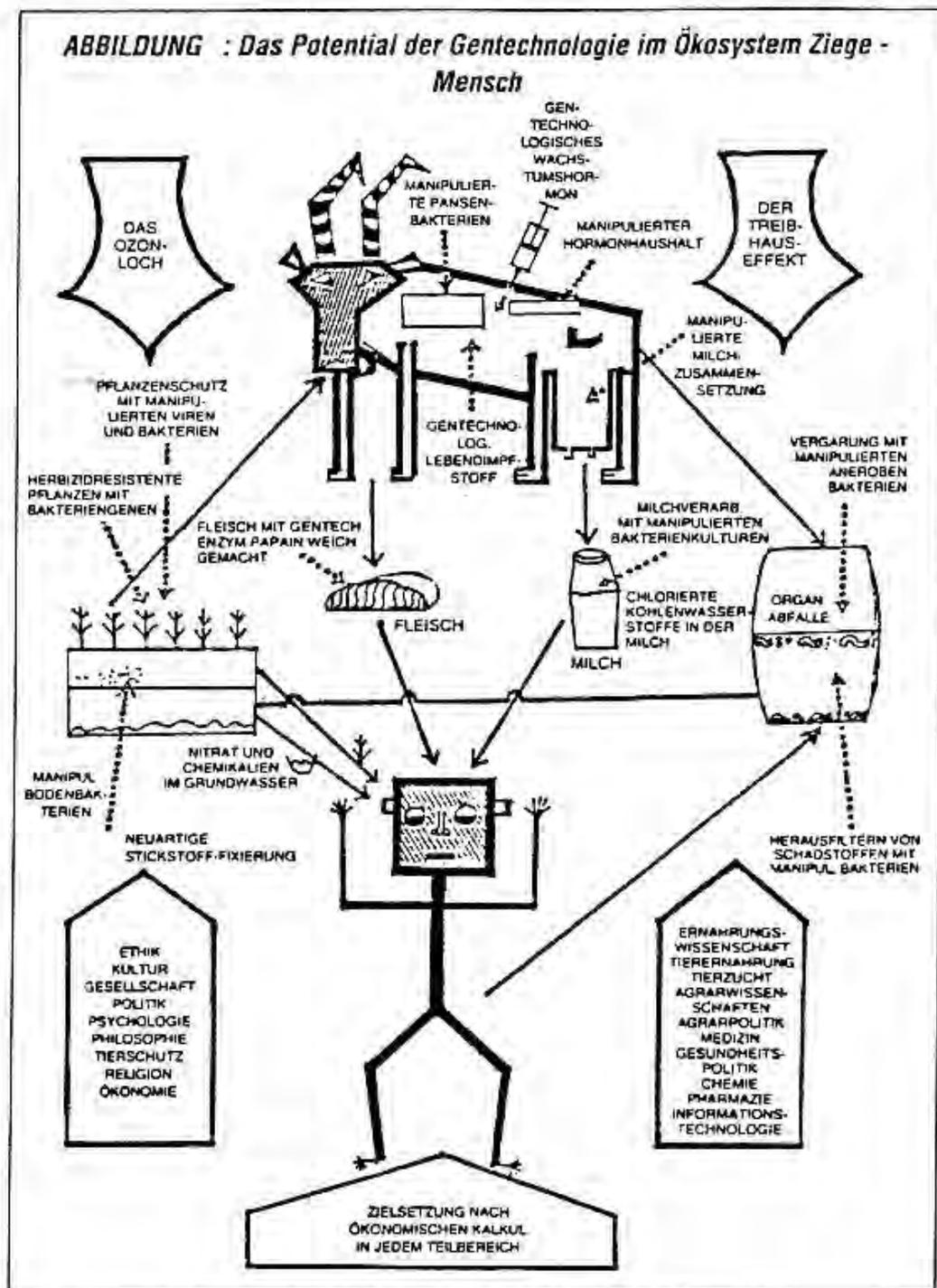
¹⁶⁶ MUNCK, L.: Man as organizer of genes and society. Referat bei der Tagung: Gentechnik in Biotechnologie, Land- und Forstwirtschaft an der Univ. für Bodenkultur, Wien 1990 (vgl. auch Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst", Wien 1990).

daß es keine von unserer Biosphäre getrennte Biosphäre II gibt. Man könnte nämlich diese Biosphäre II zur Spielwiese für die Gentechnologie erklären und sich das Ökologieschauspiel von außen (mit einer Experimentdauer von 100 Jahren) anschauen. Fraglich ist nur, welche Menschengruppe sich zu einem solchen Großexperiment freiwillig zur Verfügung stellen würde.

Man kann sich zusätzlich noch vergegenwärtigen, daß sich dieses Veränderungspotential ca. 14 Jahre (Stand 1987) nach der Entdeckung der Grundprinzipien der Gentechnologie ergibt. Mittlerweile werden in Österreich ca. 600 bis 700 Studenten jährlich (Hochrechnung aus der Studie Biotechnologie in Österreich) in der Gentechnologie ausgebildet - oder sind es derzeit schon mehr als 1.000. Weltweit dürften es schon ca. 100.000 Studenten oder mehr sein. Wenn man diesen aufgezeigten Zusammenhängen und Entwicklungen noch einmal eine solche Dynamik bzw. eine Beschleunigung für die Zukunft zugrundelegt, dann gewinnt die Hypothese einer Instabilisierung der Agrarökosysteme einen noch viel größeren Wahrheitsgehalt. Es wird daraus auch verständlich, daß die gentechnologische Landwirtschaft der Zukunft kaum oder nicht ohne andauerndes Spezial-know-how, das primär von der vorleistenden Industrie bereitgestellt wird, auskommen kann.

Selbstverständlich kann man sich beispielhaft eine hypothetische Katastrophe in der Landwirtschaft, verursacht durch Gentechnologie, sehr leicht herleiten, wobei sogar mehr an Kausalität gegeben ist, als in der analogen Retrospektive von FCKW's und Ozonloch am Südpol. Ein Beispiel: Man stelle sich nur irgendwelche freigesetzten GVO's, die irgend ein neuartiges Enzym absondern, oder irgendwelche physiologisch hochwirksamen neuen Proteine aus der Gentechnologie, die in geringsten Mengen wirken und eine weite Verbreitung in der Umwelt erfahren, vor. Diese Absonderungen oder Substanzen erzeugen beim Regenwurm eine Allergie, sodaß jener nicht gleich abstirbt, sondern "nur" seine Umsatzleistung im Boden und seine Fitness jährlich ein klein wenig reduziert. Nehmen wir z.B. jeweils 5% an, so ergibt es sich, daß nach ca. 20 Jahren nur mehr ein Drittel der Aufarbeitungs- und Bodenverbesserungsleistung gegenüber einer gesunden Population an Regenwürmern vorhanden ist. (Und es gibt noch sehr viele andere für die Landwirtschaft bedeutende Bodenlebewesen.) Eine entscheidende Frage wird dann sein, bis zu welchem Zeitpunkt wir Menschen eine solche schwere Schädigung des Agrarökosystems im nachhinein kausal richtig interpretiert feststellen würden. Zum Schluß müßten die Landwirte den Gentechnologen dann noch dankbar sein, wenn diese ihnen schnell resistente transgene Regenwürmer anbieten könnten. usw.

Abbildung 33: Das Anwendungspotential der Gentechnologie im Ökosystem Ziege Mensch



Quelle: HOPPICHLER 1991¹⁸²

¹⁶⁷ HOPPICHLER, J.: Technologieentwicklung und Landwirtschaft. In: Politische Bildung 2, 13.Jg., Zeitschrift des Österreichischen Institutes für politische Bildung, Mattersburg 1990.

13. GENTECHNOLOGIE UND PATENTE: EIN SPANNUNGSFELD ZWISCHEN INDUSTRIELLEN MONOPOLEN GENETISCHER VIELFALT UND BÄUERLICHER LANDWIRTSCHAFT

13.1. Eine historische Replik¹⁶⁸

Patente und Lizenzen und deren Verrechtlichung sind eng mit dem sozialen und ökonomischen Entwicklungsstand menschlicher Gesellschaften verknüpft. Obwohl sich anscheinend bereits die Römer über Monopole Gedanken machten und im 15. Jahrhundert bereits im Stadtstaat Venedig und Anfangs des 17. Jahrhunderts in Großbritannien die ersten Patentrechte etabliert worden sind, kam die eigentliche Dynamik der Einführung von Patenten erst mit dem Übergang vom Merkantilismus zur industriellen Revolution in gang. Die USA durch ihre Unabhängigkeit, Frankreich infolge der Französischen Revolution und Österreich-Ungarn im Aufgeklärten Absolutismus bildeten die Vorreiter. Doch waren die Entwicklungen von einem lebhaften Pro und Kontra geprägt, und sogar Bismarck soll sich gegen das Prinzip der Patente ausgesprochen haben.

Es war damals schon die primäre Interessenslage, daß große nach Monopolen strebende Unternehmen, wissenschaftliche Organisationen und wirtschaftlich führende Länder nach einem Eigentumsschutz für technische Erfindungen strebten. Dem gegenüber standen liberale Ideen, die eine Monopolisierung u.a. auch aufgrund seiner negativen volkswirtschaftlichen Effekte ablehnten, da die Patentrechte innerhalb von freien Wirtschaftsordnungen ein Widerspruch an sich sind. Auch der Konservatismus der herrschenden adeligen Schicht stand der Möglichkeit des schnellen Machtgewinns durch Patente und Lizenzen nicht wohlgesonnen gegenüber. Die Einführung der Patente und Lizenzen auf technische Erfindungen und deren Durchsetzung war somit ein langsamer Prozeß. Die Schweiz und die Niederlande vermochten sich am längsten dem Druck einer Einführung einer umfassenden Patentgesetzgebung zu entziehen. Um 1910 war aber die Entwicklung des Patentrechtsschutzes in seinen Grundzügen in Europa, Nordamerika und Japan abgeschlossen.

Retrospektiv läßt sich auch nicht ausmachen, ob die Patente innerhalb unserer ökonomischen Entwicklung ein Plus oder ein Minus waren, sondern sie können lediglich als etabliertes positives Recht, das durch gesellschaftliche und wirtschaftliche Interessen getragen wird, identifiziert werden. Das Entstehen der Patente und Lizenzen stand eng mit der Bildung großer industrieller Unternehmen in Beziehung und mit dem Spannungsverhältnis zwischen Monopolen und freier Marktwirtschaft in Wechselwirkung. Sie waren auch Startpunkte für die großen multinationalen Konzerne, die in weiten Bereichen die gegenwärtige Wirtschaftsrealität prägen; doch läßt sich in diesem Zusammenhang an diesen ökonomischen Realitäten nicht mehr Ursache und Wirkung unterscheiden. Sie waren und sind sowohl Input als auch Output unseres realen Wirtschaftssystems.

Seit dem 1. Weltkrieg ging der Trend in Richtung einer Stärkung der Patentrechte und in Richtung einer internationalen Vereinheitlichung weiter.

¹⁶⁸ vgl. dazu auch DEVELOPMENT DIALOGUE 1988, ELKINGTON 1985, DOYLE 1986, HOBELINK 1985)

13.2 Die Patentierung "lebender Materie"

Eine besondere Grenzfrage in der Patentierbarkeit und auch in der historischen Retrospektive bildete die Einstufung der Erfolge in der Pflanzenzucht, die sich als Ergebnis der systematischen Nutzung der Mendel'schen Entdeckungen einstellten. So kam es bereits 1930 in den USA zu einem "Plant Patent Act", daß die Monopolisierung der asexuellen Züchtungen bei Obstbäumen und -sträuchern, Blumen und Zierpflanzen erlaubte, nicht jedoch jene bei Kartoffel und vegetativ vermehrtem Gemüse. In der Folge blieben auch Pflanzensorten, Tierarten (Tierrassen) von den Patentierungsgesetzen weitgehend unberührt. Dagegen etablierten sich einzelstaatliche Pflanzenzucht - oder Sortenschutzgesetze bzw. Gesetze die das Inverkehrbringen und die Qualität von Saatgut regelten (so z.B. auch in Österreich). Auch standen die Prinzipien von technischen Erfinderpapenten einer Neuheit, die erfunden wird und nicht entdeckt, einer genauen Offenbarung des Ergebnisses (Beschreibung) und einer Wiederholbarkeit des technischen Ergebnisses einer Patentierung im Sinne technischer Patente entgegen. Zudem interferierten die Eigenschaften von Pflanzen und Tieren, sich selbständig zu vermehren und sich in ihren Eigenschaften zu wandeln, mit den Patentierungsgrundsätzen. Erst Ende der 50er Jahre konnten sich einige der bedeutendsten Industrieländer auf ein internationales Sortenschutzabkommen einigen.

Die Auswirkung der systematischen Pflanzenzucht und ihre Techniken und die Einbeziehung des genetischen Materials aus der ganzen Welt machten die Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen zu einer immer kapitalintensiveren Angelegenheit. Wurden anfänglich die Kosten durch den Verkauf von selbstvermehrten Saatgut und mit Hilfe von Qualitätsbestimmungen für anerkanntes Saatgut hereingebracht, so führte die immer mehr sich intensivierende Züchtung zum Ruf nach einem Lizenzsystem. Gleichzeitig mit dem Hervorbringen immer ertragreicherer Sorten, mit den Möglichkeiten der Hybridzüchtung und mit einer parallel steigenden Krankheitsanfälligkeit führten die Bauern auch einen immer häufigeren Saatgutwechsel durch. Die Pflanzenzüchtung wurde damit auch zunehmend als eine interessante und lukrative Investitionssparte erkannt, und die Ausweitung der Märkte führte zum Wunsch nach einer Verbesserung und internationalen Koordination der "Lizenzvergabeordnung" (MAIZ 1987)¹⁶⁹. Diese Bestrebungen entwickelten sich Ende der 50er Jahre und 1961 kam es zur Gründung der UPOV ("Union Internationale pour la Protection des Obtentions Végétales" oder "Internationales Übereinkommen zum Schutz von Pflanzenzüchtungen") in Paris, dem mittlerweile alle westeuropäischen Länder, die USA, Japan, Südafrika, Neuseeland, Israel und Ungarn beigetreten sind. Österreich ist dem Übereinkommen aufgrund seiner nicht UPOV-konformen Rechtslage nicht beigetreten. Die UPOV ist einerseits eine Organisation und andererseits begründet sie auch durch die Ratifizierung des Übereinkommens materielles überstaatliches Recht. Ein Beitritt ist mit der Abgabe von einzelstaatlicher Souveränität verbunden, d.h. es ist unter österreichischen Verfassungsbedingungen eine qualifizierte Mehrheit notwendig. Als materielles Recht bildet die UPOV die Grundlage für Pflanzenpatente und regelt das Gewährleistungsverfahren und das Lizenzierungsrecht.

Eine eingehende Beschreibung des UPOV-Übereinkommens und eine kritische Würdigung des Sortenschutzrechtes findet sich bei MAIZ 1987. Interessant ist, daß das UPOV-

¹⁶⁹ MAITZ, J.: Die Gewährung von Urheberrechten an Pflanzenzüchtungen und der Schutz pflanzengenetischer Ressourcen durch internationale Organisationen. Diplomarbeit am Institut für Völkerrecht der Universität Graz, Graz 1988.

Übereinkommen die Form des Schutzrechtes freistellt, nämlich ob Patentrecht oder Sortenschutz angewendet wird, freistellt, jedoch einen Doppelschutz untersagt. Der Unterschied zwischen Patentrecht und Sortenschutz besteht im Wesentlichen nur in der Tatsache, daß beim Sortenschutz die Weiterverwendung zur Züchtung (Züchtervorbehalt) bzw. der Wiederanbau durch den Bauern (Bauernvorbehalt oder Landwirteprivileg) nicht lizenzpflichtig ist. Sortenschutzrechte nach dem UPOV-Übereinkommen sind aber in ihren Grundzügen "Pflanzenpatente".

13.3 Der Kampf um die Eigentumsrechte auf Pflanzen und Tiere

Doch die Entwicklung des Patentrechts auch in bezug auf Lebewesen und deren wirtschaftliche Nutzung war und ist damit noch nicht abgeschlossen. Mit dem Durchbruch der modernen Biotechnologie und Gentechnologie setzte seit Mitte der 70er Jahre ein neuer Interessensschub zur vollkommenen Patentierung der Lebewesen ein. Anfänglich wurden Mikroorganismen für patentierbar erklärt und später auch Pflanzen und Tiere mit einbezogen, sofern sie nicht durch "im wesentlichen biologischen Verfahren" gezüchtet wurden. (vgl. Österr. PatGNov. 1986, BGBl. 1986/382): Die Zeitreihe liest sich ungefähr folgendermaßen (aus DEVELOPMENT DIALOGUE 1988):

- 1970: Im US Plant Variety Protection Act werden Getreide und Gemüse das erstmalig als prinzipiell patentierbar erklärt
- 1975: In der BRD werden Mikroorganismen (MO) patentierbar 1976: Australien erlaubt Mikroorganismenpatente
- 1979: Japan erklärt Richtlinien zur Patentierung von Mikroorganismen
- 1980: Das erste MO-Patent in den USA
- 1986: Das erste Pflanzenpatent in den US für eine Ölsonnenblumensorte erhält Sungene
- 1987: In den USA erklärt das Patentamt, daß es die industrielle Patentierung höherer Lebensformen inklusive der Haustiere prinzipiell erlauben wird
- 1988: Du Pont erhält das erste US-Patent auf ein Tier (auf die sogenannte "Krebsmaus")
- 1989: Das Europäische Patentamt erteilt erstmals ein Pflanzenpatent auf alle Leguminosen und Compositen, mit einer bestimmten Eiweißzusammensetzung.

Doch der Kampf um den Eigentumsanspruch auf Pflanzen und Tiere geht weiter. 1988 erfolgte der erste Richtlinienentwurf der EG über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen. Er beginnt folgendermaßen:

"Kapitel 1: Patentierbarkeit lebender Materie

Artikel 1: Die Mitgliedsstaaten treffen die erforderlichen Maßnahmen....

Artikel 2: Der Gegenstand einer Erfindung darf nicht allein deshalb, weil er aus lebender Materie besteht, als nicht patentfähig gelten"

Klarer, kürzer, prägnanter und auch kühler kann man es im Juristendeutsch gar nicht mehr ausdrücken. Tiere und Pflanzen sind patentfähig. Es ist den Juristen des Europäischen Patentamtes (EPA) sogar gelungen zu beweisen, daß gentechnologische Methoden nicht mehr "ein wesentliches biologisches Verfahren" sind (vgl. Art. 53 Europäisches Patentübereinkommen (EPÜ 1973) und daß dadurch einer Patentierung von manipulierten Pflanzen und Tieren nichts mehr im Wege steht. Für Pflanzen wurden schon vom EPA Patente gewährt, lediglich die amerikanische "Krebsmaus" - für die USA gilt das Patent - wurde in Europa noch nicht patentiert. Die Begründung lag bisher darin, daß es gegen die guten Sitten verstoße, einem Tier eine besondere Leidensfähigkeit auszu manipulieren. Damit ist aber auch bereits deutlich, daß es gegen ein Tierpatent als solches nichts einzuwenden gibt.

Mittlerweile liegen bereits mehr als 5000 Patentanträge für Tiere und Pflanzen beim EPA vor, so z.B. für haarlose Schweine von einer japanischen Firma (AGRA-EUROPE 7/89: Europa-Nachrichten 1-2).

13.4 Zur österreichischen Situation

Österreich ist dem Europäischen Patentübereinkommen (EPÜ) 1979 (BGBl. 350/1979) beigetreten und das österreichische Patentgesetz wurde 1984 dementsprechend novelliert (BGBl. 234/1984). Dies geschah zunächst, um auch gentechnologisch veränderte Mikroorganismen zu patentieren, doch auch mit der Konsequenz - die wahrscheinlich vorher nicht bedacht wurde-, daß Pflanzen- und Tierpatente jetzt auch für Österreich gelten. Dabei ist aber dem Gesetzgeber und den sich dahinter versteckenden Lobbies ein Fehler unterlaufen, denn die Beschwerdeabteilung des österreichischen Patentamtes befand am 7.3.1985, daß "ein Lebewesen per se.... den Anforderungen einer Erfindung nicht genüge." (vgl. dazu auch MAITZ 1987). Der Fehler wurde aber schleunigst mit einer neuerlichen Patentgesetznovelle (BGBl. 382/1986) korrigiert. In der Begründung heißt es unter anderem auch ganz lapidar: "Auf Grund dieser Entwicklungen wurde die Forderung, neuen Mikroorganismen einen möglichst umfassenden Schutz zu gewähren und sie daher als solche (per se) dem Patentschutz zugänglich zu machen, von der einschlägigen Industrie im internationalen Bereich verstärkt geltend gemacht und zuletzt auch in Österreich von einem auf diesem Gebiet tätigen Unternehmen vorgebracht."¹⁷⁰ Tiefere Gedanken darüber hat sich anscheinend niemand gemacht oder wie MAITZ 1987 schreibt: "Mögliche soziale, ökologische, kulturelle, entwicklungs- und agrarpolitische Folgen wurden nicht einmal im Parlament, geschweige denn in der Bevölkerung diskutiert." Angesichts der zunehmenden Komplexität der Materie scheinen unsere demokratischen Institutionen in ihrer Funktion zu versagen, denn sonst könnte es doch kaum passieren, daß der Wunsch eines Unternehmens eine so weitreichende Gesetzesmaterie determiniert.

13.5 Pflanzenzüchtung: Zur Entwicklung der Rechtslage in Österreich

Die Grundzüge einer gesetzlichen Regelung bezüglich des Pflanzenzucht- und Saatgutwesens in Österreich wurden bereits in der ersten Republik gelegt. Sie basieren auf dem Kompetenztatbestand der Bekämpfung des unlauteren Wettbewerbes und liegen sonst (nach Art. 10 Abs. 1 Z.8 B-VG) in der Kompetenz des Bundes (vgl. hier und im folgenden EICHLER 1987¹⁷¹, MAITZ 1987). Derzeit gilt bezüglich des geschäftlichen Verkehrs mit Sämereien von Kulturpflanzen und Kartoffelknollen das Saatgutgesetz 1937 (novelliert 1982). Es regelt auch den Verkehr ausländischer Sorten in Österreich durch Eintragung im Sortenverzeichnis bei Beibringung einer Gleichwertigkeitsbescheinigung. Nicht inbegriffen sind Bäume, Sträucher, Reben und Zierpflanzen sowie lebende Pflanzen und Pflanzenteile. Das Pflanzenzuchtgesetz 1947 (novelliert 1982) regelt das Zuchtbuch und das Eintragungsverfahren. Für den Züchterschutz entscheidend ist, daß im geschäftlichen Verkehr nur folgende auf eine züchterische Bearbeitung und Qualität hinweisende Bezeichnung in Verbindung mit der eingetragenen Sortenbezeichnung verwendet werden darf: "Superelite, Elite, Original Hochzucht, Original Erhaltungszucht, Erster Nachbau." Die Bezeichnung "Original" darf nur eingetragenen Saatgut, das im Züchter- oder Vermehrungsbetrieb des Züchters gewonnen wurde, gegeben werden. Nicht geschützt ist aber der "Erste Nachbau",

¹⁷⁰ Nr. 1015 der Beilagen zur 16. Gesetzgebungsperiode des Nationalrates

¹⁷¹ EICHLER, M.: Dimensionen des Agrarrechts. Sonderausgabe - Förderungsdienst, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien 1987.

was einen Hauptwiderspruch zum UPOV-konformen Sortenschutz darstellt. (Das Pflanzenschutzgesetz gilt nicht für die Zierpflanzen, Bäume, Sträucher und Reben, sondern diese Rechtsmaterie ist im Rebenverkehrsgesetz 1948 und im Obstpflanzengesetz 1958 geregelt.)

Die Rechtslage würde weitgehend, allein wenn man die Bedürfnisse und die Praxis des inländischen Saatgutmarktes betrachtet, genügen. Doch angesichts der zunehmenden Internationalisierung und angesichts der technologischen Innovationen im Bereich der Bio- und Gentechnologie und angesichts der Tatsache, daß die Verfolgung immer weiter gesteckter Zuchtziele (Ertragssteigerung, Resistenzen, leichte und verlustarme maschinelle Bestellung, Pflege und Ernte, weite geographische und klimatische Bandbreite usw.) immer teurer wird, wird von verschiedenen Seiten ein neues Sortenschutzgesetz bei gleichzeitiger Novellierung des Pflanzenschutzgesetzes und bei gleichzeitigem Beitritt zur UPOV angestrebt. Ein erster Entwurf für die Änderungen des Pflanzenschutzgesetzes und für die Einführung eines Sortenschutzgesetzes wurde 1984 vorgelegt. Dieser Entwurf konnte sich jedoch nicht durchsetzen, sodaß 1989 ein zweiter Anlauf unternommen wurde. Seine weitere Behandlung im Parlament steht noch aus; Eine kritische Replik über die rechtlichen Konsequenzen findet sich ebenfalls bei MAITZ 1987). Eines ist aber klar: Auch Österreich würde sich dadurch der Idee von "Pflanzenpatenten" anschließen und dem Eigentumsrecht einen Vorrang einräumen, vor dem Kollektivrecht des gemeinsamen Erbes und des gemeinsamen Nutzens für die gegenwärtigen und zukünftigen Generationen von genetischen Ressourcen. (Die Dimensionen, die mit dem Besitz und der Transferierung von genetischen Ressourcen von der 3. Welt in den industrialisierten Norden verbunden sind, wurden hier ausgeklammert; siehe dazu auch DEVELOPMENT DIALOGUE 1988, HOBELINK 1986, MAITZ 1988). Darüber hinaus hätte die Einführung des Sortenschutzrechtes und der UPOV-Beitritt weitreichende Konsequenzen für Österreichs Pflanzenzüchtung, aber auch insgesamt für die Landwirte und Konsumenten (vgl. nächstes Kapitel).

Angesichts der anscheinend mittelfristigen Sachzwänge eines Beitrittes Österreichs zur EG und auch die Konsequenzen im Rahmen der laufenden GATT-Verhandlungen - Patentrechtsangelegenheiten sind eine äußerst wichtige Verhandlungsmaterie dabei - scheint Österreich sich nicht der Patentierung von Pflanzen und Tieren entziehen zu können. Doch wenn man dem langfristigen "Sachzwang" eines Völkerrechtsverständnisses der Gleichwertigkeit zwischen Norden und Süden und einen gleichberechtigten Zugriff auf die genetischen Ressourcen voraussetzt, so wäre Österreich mit seinen derzeit noch geltenden Rechtsnormen anderen Industrieländern weit voraus.

Ansichten und Meinungen wie sie in der Studie "Gentechnologie im österreichischen Recht" von KRESBACH 1991¹⁷² vertreten werden, müssen aber gänzlich zurückgewiesen werden, selbst wenn sie durch noch so viele Literaturverweise und Paragraphenzitate belegt scheinen. Nicht nur daß sich erwähnter Autor der "Wortverdreherei" der europäischen Juristerei anschließt, indem es gelingt, züchterischen Ergebnissen die Qualitäten einer technischen Erfindung zuzusprechen, sondern daß jener auch noch die allumfassende Patentierung von Pflanzen - bei Tieren schrickt er noch in manchen Punkten zurück - fordert und sie anscheinend objektiv geradezu postuliert: "Um somit einen umfassenden gewerblichen Rechtsschutz für gentechnologische Erfindungen im Bereich der Pflanzenzüchtungen zu gewährleisten, sollte daher das in Österreich noch als Entwurf vorliegende Sortenschutzgesetz

¹⁷² KRESBACH, G.: Gewerblicher Rechtsschutz und Gentechnologie nach österreichischem Recht. In: Gentechnologie im österreichischen Recht, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung, Wien 1991.

beschlossen werden. Darüber hinaus sollte eine Änderung des Patentgesetzes dahingehend, daß Pflanzensorten, die ihrer Art nach nicht im Artenverzeichnis des Sortenschutzgesetzes angeführt sind sowie Verfahren zur Züchtung solcher Sorten vom grundsätzlichen Ausschluß der Patentierbarkeit gem. § 2 Z 3 Halbsatz 1 ausgenommen werden, in Erwägung gezogen werden."

Das Szenario, das hier gefordert wird, hat sich selbst bis jetzt in den abenteuerlichsten Pressemeldungen aus der Industrie noch nicht gefunden, doch könnte es durchaus Wirklichkeit werden. Eine solche weitreichende Patentfähigkeit von Pflanzen (und Tieren) hätte zur Folge, daß sich die Industrie auf alles was gut, schön und nützlich ist, stürzt und diese Produkte nach ihrer erfinderischen Manipulation möglichst weitgehend unter die Menschen und in die Umwelt unter rigoroser Verdrängung der natürlichen Population bringt. Man braucht nur die Rasen-, Blumen- und Zierpflanzenindustrie und ihr Verhältnis zur chemischen Industrie betrachten, der es gelungen ist, Blumen- und Kräuerwiesen, "Gstätten" und Disteln und vielfältige Bauerngärten zum Verschwinden zu bringen, um letztlich wieder "Blumenwiesenmischungen" den Kunden anzubieten. Welches Geschäft muß das erst werden, wenn alle Pflanzen lizenzierbar sind, und welche ökologische Vielfalt kann dabei herauskommen?

Eine reine nach ökonomisch-betriebswirtschaftlichen Kriterien sich orientierende Pflanzenzucht - und gewährte Eigentumsrechte begründen immer betriebswirtschaftliche Konsequenzen - kann einer ökologischen Vielfalt auf Angepaßtheit nicht entsprechen. Und neue Besitz- und Eigentumsrechte für knappe Güter, wie sie genetische Ressourcen zunehmend werden, begründen soziale und politische Veränderungen mit weitreichenden Konsequenzen. Um eine historische Parallele zu ziehen, sei folgendes angeführt: Knappe 100 Jahre, nachdem man die Bauern aus der Leibeigenschaft entlassen hat, scheint sich ein neuartiger Privilegienanspruch nicht jener der Gutsherrn und Adeligen, sondern jener der multinationalen Unternehmungen und Großindustrien auf die Art und Weise der Landnutzung durchzusetzen. Die gesellschaftlichen Konsequenzen können mit der Veränderung der Grundeigentumsverhältnisse vor mehr als 1000 Jahren durch den Übergang vom germanischen auf den römischen Rechtsbegriff - also vom germanischen Nutzungseigentum auf das römische Privateigentum und den daraus sich entwickelnden Grundherrschaftsverhältnissen verglichen werden (vgl. KRAMMER 1985)¹⁷³. Sowohl für die Multis als auch für die Bauern ist somit die Veränderung des Patentrechtes zukunftsweisend, nur daß es sich nicht um den Eigentumsanspruch auf Grund und Boden sondern um den auf die Genetik der Pflanzen und Tiere handelt. Wir befinden uns derzeit bezüglich der Entwicklungen, um den historischen Vergleich fortzuführen, am Ausgang der Völkerwanderung bzw. am Beginn des Mittelalters.

In diesem Zusammenhang sollte man sich, wenn man aus dem Blickwinkel einer bäuerlichen Landwirtschaft denkt, bewußt sein, daß die Gewährung der neuen Eigentumsrechte oder "Schutzrechte" primär von großen industriellen Unternehmen getragen und beansprucht werden, die vor allem im Bereich der chemischen Industrie tätig sind und die sich innerhalb der letzten 2 Jahrzehnte fast unaufhaltsam in die Saatgutbranche eingekauft und beteiligt haben (siehe Tabelle 23). Und wenn man sich das historische "fruchtbare" Wechselspiel zwischen chemischen Patenten, der Durchsetzung industrieller Prinzipien in der Wirtschaft und dem Entstehen großer industrieller Unternehmen und Konzerne im 19. und 20. Jahrhundert vor Augen führt, so verheißt die Analogie zur Patentierung von Pflanzen und

¹⁷³ KRAMMER, J.: Analyse einer Ausbeutung I - Geschichte der Bauern in Österreich. In: In Sachen, 2. Jahrgang, Wien 1976.

Tieren, in die Gegenwart transferiert nichts Gutes für die bäuerlich strukturierte Landwirtschaft. D.h. daß sich längerfristig mit der Patentierung von Pflanzen und Tieren industrielle Organisationsformen auch in der Landwirtschaft, sowohl was deren soziale, als auch die politische, als auch die wirtschaftliche Dimension betrifft, endgültig durchsetzen werden. Man muß einiges an Widerspruchstoleranz in seinem Denken aufweisen, um für eine "bäuerliche" Landwirtschaft einzutreten und gleichzeitig der Industrie den Eigentumsanspruch auf die Genetik der Pflanzen und Tiere zu gewähren. Eine bäuerliche Interessensvertretung wird durch Ignoranz dieser Widersprüche und durch das Nichtstellen der Frage nach dem gewerblichen Rechtsschutz - d.h. wer wen vor was schützt - letztlich ihrer eigenen Basis beraubt.

Tabelle 23: Die bedeutendsten Pflanzenschutzmittel-, Saatgut- und Lebensmittelkonzerne

The global pesticides industry: the top seven enterprises in 1986 (US \$ million)

Enterprise	State	Sales	Percentage of global sales	Herbicide tolerance
Bayer	FR Germany	2,344	13	Yes
Ciba-Geigy	Switzerland	2,070	12	Yes
ICI	UK	1,900	11	Yes
Rhone-Poulenc	France	1,500	9	Yes
Monsanto	USA	1,152	7	Yes
Hoechst	FR Germany	1,022	6	Yes
Du Pont	USA	1,000	6	Yes
Top Seven		10,988	63	

The global genetics supply industry: the top ten enterprises in 1987 (US \$ million)

Enterprise	State	Seed sales	Percentage of global sales	Herbicide tolerance
Pioneer	USA	891,0	6,55	Yes
Shell	UK/Netherlands	350,0	2,57	Yes
Sandoz	Switzerland	289,8	2,13	Yes
Dekalb/Pfizer	USA	201,4	1,48	Yes
Upjohn	USA	200,0	1,47	Unknown
Limagrain	France	171,5	1,26	No
ICI	UK	160,0	1,19	Yes
Giba-Geigy	Switzerland	152,0	1,12	Yes
Lalarge	France	150,0	1,10	Unknown
Volvo	Sweden	140,0	1,03	Unknown
Top Ten		2,705,7	19,89%	6 of 10

Quelle: Development Dialogue 1988

Top food processors and their stances on biotechnology

Food company	In-house programme	Biotechnology company tie-up	Agreement
Nestlé	Yes	Calgene	Improved soybeans cocoa butter
Philip Morris	Yes	DNA Plant Ergenics	Coffee improvement Process improvements
Unilever	Yes	—	Vegetable oils
RJR Nabisco	Yes	Cetus Biotechnica Int'l	Enzymes etc Improved crops
Kraft	No	—	—
Anheuser-Busch	No	Interferon	Bioprocessing
Beatrice	No	Ingene	Enzymes, sweeteners
Coca-Cola	No	—	—
Pepsico	No	—	—
H.J. Heinz	No	ARCO, Biotechnica	Tomato improvement, low cost amino acid products
Campbell Soup	Yes	Calgene DNA Plant	Tomato and carrot im- provement
Sara Lee	No	—	—
General Mills	No	—	—
Archer Daniels Mid.	Yes	DNA Plant	Enzymes
CPC International	Yes	Enzyme Biosystems	Enzymes
Hershey	No	DNA Plant	Cocoa butter
Kellogg	No	Agrigenetics	Equity interest
Seagram	No	Biotechnica	Equity interest Yeast and bioprocessing
Coors Brewery	No	Japanese firms	Food additives
<i>Flavours and Spices</i>			
Firmenich	No	DNA Plant	Improved flavour produc- tion
W.R. Grace	Yes	Synergen	Systems development
American Basic	Yes	—	Onion, garlic improvement
McCormick	No	Native Plants	Improved seasoning pro- ducts

Adapted from Susan K. Harlander and Theodore P. Labuza, *Biotechnology in Food Processing*, Labuza, Noyes Publications, 1986, p. 306.

13.6. Wirtschaftliche Hintergründe und Konsequenzen der Einführung einer UPOV-konformen Sortenschutzgesetzgebung in Österreich

13.6.1. Die derzeitige Situation am österreichischen Saatgutsektor

Die österreichische Saatgutwirtschaft repräsentiert einen landwirtschaftlichen Vorleistungssektor mit ca. 1,3 Milliarden Schilling Umsatz. 39 % (ca. 500 Mio. Schilling) dieses Umsatzes werden durch Importsaatgut bestritten, wovon wiederum um ca. 200 Mio. Schilling exportiert wird. Der Export basiert zum Großteil auf der Vermehrung und dem Vormerkverkehr von ausländischem Maissaatgut durch einen großen internationalen Saatgutkonzern, der diese rege internationale Handelstätigkeit erst in den letzten 7 Jahren entwickelt hat.

Die Aufteilung des österreichischen Saatgutmarktes zwischen ausländisch gezüchteten Sorten und österreichischen Sorten ist durch einen zunehmenden Marktanteilsgewinn ausländischer Sorten gekennzeichnet (vgl. Tabelle 24), wobei die österreichische Pflanzenzucht beim Winterweizen, der bedeutendsten Hauptgetreideart, seinen Anteil halten bzw. sogar ausbauen konnte. Relative Erfolge gab es auch beim Winterroggen, Hafer und den Kartoffeln. Zurückzuführen sind diese wenigen Einzelerfolge einerseits auf das bisherige züchterische Bemühen und Vermögen einiger weniger österreichischer mittelgroßer Zuchtbetriebe bzw. beim Weizen auf die relative Schutzwirkung der Qualitäts- und Mahlweizenaktion. Fraglich ist, ob unter einer international angepaßten Sortenschutzgesetzgebung diese Marktanteile haltbar gewesen wären. Ein weiteres Problemfeld für die österreichische Pflanzenzüchtung dürfte sich aus der Perspektive eines Beitrittes zur EG ergeben.

Fast vollkommen zusammengebrochen ist die österreichische Maiszucht, da die Hybridzucht im Prinzip kaum eines Sortenschutzes bedarf. Die Zunahme des ausländischen Marktanteils von 28% im Jahre 1971 auf 94 % im Jahre 1989 spricht für sich. Zugenommen hat aber auch der strategische Druck ausländischer Sorten auf den österreichischen Saatgutmarkt. Während die österreichische Sortenzahl seit 1971 zwischen 82 (im Jahr 1980) und 104 eher stagnierte, erhöhte sich das Angebot von ausländischen Sorten in der Anzahl von 76 auf 132 bei den untersuchten Feldfrüchten.

Zurückzuführen ist dieser Druck darauf, daß sich zunehmend Handelsbetriebe (auch genossenschaftliche) neben dem Import auch in der Saatgutvermehrung engagieren. Dadurch ist eine verschärfte Wettbewerbssituation eingetreten, sodaß auch die Züchterbetriebe selbst sich ausländische Sorten zur Vermehrung und zum Vertrieb in verstärktem Ausmaß zulegen. Die fehlenden Ressourcen der Österreichischen Unternehmen in der Züchtung wurden und werden durch die Diversifizierung mit ausländischen Sorten aufgewogen, wodurch auch die eigenen Erzeugungs- und Vertriebskapazitäten besser ausgelastet werden konnten. Dies ist unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen einer zunehmenden Internationalisierung und einer zunehmenden Konkurrenz zu den großen Saatgutmultis einem durchaus "normaler" wirtschaftlichen Vorgang, dessen fortgesetzte Tendenz die österreichische Pflanzenzüchtung aber immer stärker marginalisiert.

Die Auslandsabhängigkeit bei Grassamen, Leguminosen und bei Kleinsämereien ist fast vollkommen gegeben. Auch der Anbau von alternativen Feldfrüchten ist fast ausschließlich auf ausländisches Basissaatgut angewiesen (Ausnahme: teilweise Pferdebohne).

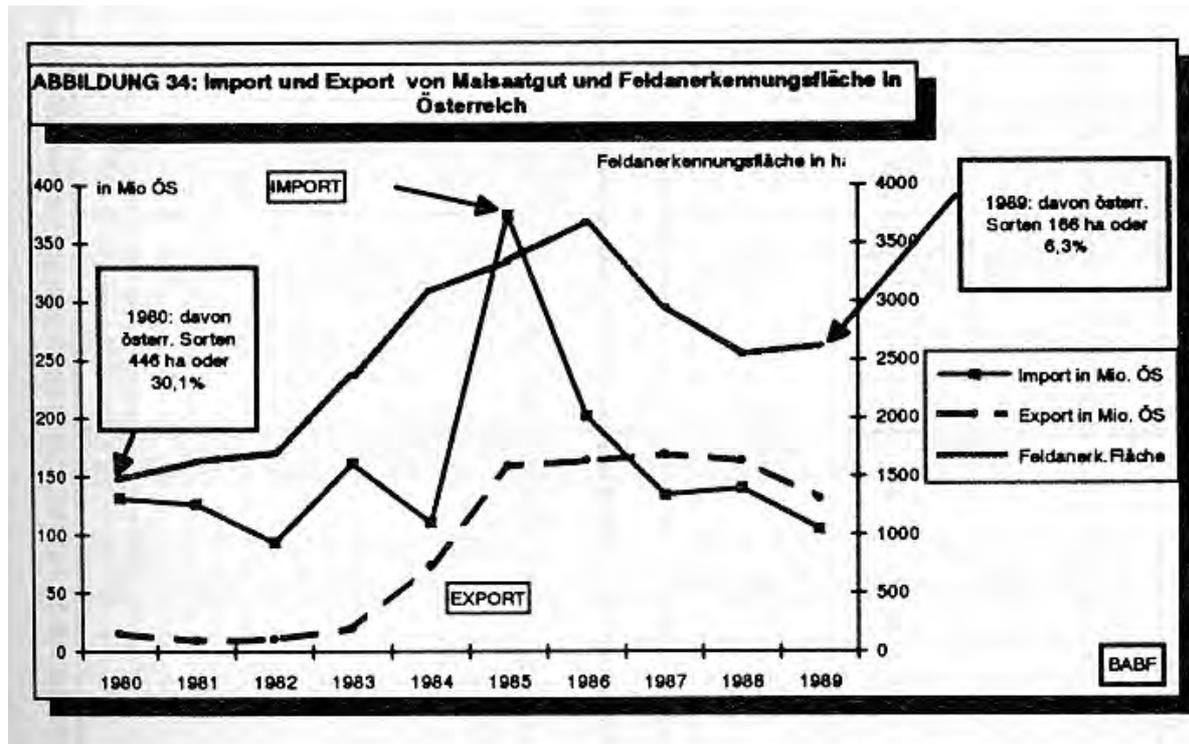
13.6.2. Zukünftige Entwicklungen in der Pflanzenzucht

Die Grundlagenforschung in der Züchtungstechnologie entwickelt sich zunehmend von der empirischen Methodik der Selektion und Kreuzung weg und versucht mit Hilfe molekulargenetischer und biotechnischer Methoden die Züchtung auf eine neue Basis zu stellen. Die Gentechnologie zusammen mit der Zellkulturtechnik, Protoplastenfusion und anderen biotechnischen Methoden hat auch in der Pflanzenzüchtung als Beschleunigungsmittel des Zuchtfortschrittes längst Einzug gehalten, und die Anwendung dieser Technologien mit den ersten herzeigbaren Ergebnissen steht unmittelbar bevor. In der Pflanzenproduktion bietet die Gentechnologie eine Vielzahl von Möglichkeiten, die weit über das Potential der traditionellen Zucht hinausgehen, sowohl was ihr ökonomisches Potential als auch ihre ökologischen Risiken betrifft (Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt, Überschreiten von Artgrenzen).

Diese neuen Technologien und ihre Anwendung können nicht mehr mit den Forschungskapazitäten traditioneller Züchterbetriebe bewältigt werden, sondern benötigen hochtechnisierte, hervorragend ausgestattete Laboratorien und ein hochspezialisiertes arbeitsteiliges wissenschaftliches Personal. Die Ressourcen für diese Entwicklungen können nur von Großkonzernen aus dem Pharma-, Agrochemie-, oder Nahrungsmittelbereich bereitgestellt werden; bzw. wird die Grundlagenforschung auch von einzelnen Universitätsinstituten durchgeführt, die aber wiederum das Geld aus der Großindustrie benötigen. Im Wissen um diese Zusammenhänge haben sich die multinationalen Großkonzerne innerhalb des letzten Jahrzehnts entsprechend potente Saatgutunternehmen über Kauf oder über Beteiligungen zugelegt. Der stagnierende Saatgutmarkt hat zusätzlich eine Konzentration innerhalb des kleinen, mittelständisch organisierten Saatgutsektors ausgelöst, wodurch der Einstieg großer Industrieunternehmen erleichtert wurde.

Bezüglich der Auswirkung dieser neuen Technologien sei lediglich die Herstellung von herbizidresistenten Pflanzen durch Gentechnologie - eine Forschungssparte, die am weitesten gediehen ist - herausgegriffen. Ihre Bedeutung liegt vor allem darin, daß dadurch eine Sorte oder eine Züchtung unmittelbar mit dem dazupassenden Totalherbizid verbunden werden kann und daß Herbizide die weitaus wichtigsten Pflanzenschutzmittel sind (62% des Wirkstoffeinsatzes im chemischen Pflanzenschutz in der BRD sind Herbizide; für Österreich gibt es keine offiziellen Statistiken.) Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet sind Herbizidresistenzen um vieles bedeutender als Krankheitsresistenzen, und herbizidresistente Sorten, die eventuell durch Patente abgesichert sind, könnten eine ähnliche Monopolisierung in der Pflanzenzucht einleiten, wie die Hybridzüchtung am Saatmaissektor (vgl. Abbildung 34 über die Entwicklung beim Maissaatgut in Österreich).

Es kann die österreichische Marktentwicklung am Saatmaissektor als Fallbeispiel für die Strategien internationaler Saatgutkonzerne, herangezogen werden: Zuerst wurden größere Mengen importiert, gleichzeitig die originären inländischen Sorten durch aggressives Marketing und Werbung zurückgedrängt. Der Ausdehnung der Vermehrungsfläche folgt eine Bearbeitung anderer ausländischer Märkte. Die Vermehrungsflächen, die anfänglich für den Export bestimmt waren, werden wieder zurückgenommen und ins Ausland verlagert. Was bleibt ist nur mehr eine gute konkurrenzfähige Vertriebs- und Aufbereitungsinfrastruktur, die aber ausschließlich auf ausländischem Know-how basiert. Und was bleibt, ist auch der Niedergang der eigenen inländischen Pflanzenzüchtung.



Die größeren österreichischen Saatgutunternehmen dürften um die Entwicklungen wissen und deshalb das neue Sortenschutzgesetz als Rettungsanker anstreben, obwohl die internationalen großen Saatgutunternehmen und ihre Mutterbetriebe den Sortenschutz nur als Vorstufe zur gewerblichen Patentierung sehen und primär letzteres vorantreiben. Vom Europäischen Patentamt wurde am 29.3.1989 das erste gewerbliche Pflanzenpatent auf gentechnisch manipulierte Compositen und Leguminosen vergeben. Es gilt auch für Österreich. Die Zusammenhänge zwischen Sortenschutz und Patentrecht sind äußerst unklar und international umstritten.

TABELLE 24: Anteil österreichischer Sorten an den Vermehrungsflächen 1971, 1980, 1987, 1989

	1971			1980			1987			1989		
	INLAND Sortenzahl	AUSLAND Sortenzahl	SUMME Sortenzahl									
Winterroggen	9	1	10	6	2	8	4	4	8	1	1	2
Sommerroggen	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
Winterweizen	19	4	23	20	7	27	23	6	29	23	6	29
Sommerweizen	7	6	13	5	4	9	3	7	10	7	3	10
Sommerdurum	2		2	5		5	6		6	7		7
Wintergerste	3	4	7	4	6	10	9	10	19	10	19	29
Sommergerste	12	6	18	8	9	17	17	15	32	15	17	32
Hafer	5	10	15	2	11	13	2	10	12	10	19	29
Mais	13	6	19	6	16	22	6	35	41	6	41	47
Futterrübe	2		2			2			2		2	2
Zuckerrübe	2	3	5			5	2	4	6	4	6	10
Kartoffel	12	26	38	21	22	43	21	22	43	22	22	44
Rotklee	1		1	2		2	2		2	4		4
Winterraps	1	5	6			6			6	4		10
SUMME	91	79	167	82	85	167	82	85	167	104	132	236
Osterreichs Vermehrungsfläche insgesamt												
			23218			23322			23322			26772
			80,2			80,2			80,2			72,5
			92,8			92,8			92,8			25,0
			16,1			16,1			16,1			7,0
			52,2			52,2			52,2			69,3
			65,2			65,2			65,2			45,6
			34,3			34,3			34,3			52,7
			82,4			82,4			82,4			72,4
			27,6			27,6			27,6			69,9
			82,6			82,6			82,6			100,0
			56,9			56,9			56,9			82,0
			85,5			85,5			85,5			53,5
			95,8			95,8			95,8			100,0
			39,0			39,0			39,0			33,4
			33,0			33,0			33,0			2,5
			84,8			84,8			84,8			85,3
			55,9			55,9			55,9			47,1
			59,3			59,3			59,3			63,7
			54,7			54,7			54,7			49,0
			91,1			91,1			91,1			93,7
			100,0			100,0			100,0			100,0
			100,0			100,0			100,0			66,3
			54,6			54,6			54,6			18,7
			6,7			6,7			6,7			62,6
			100,0			100,0			100,0			100,0
			227			227			227			30581
			32314			32314			32314			35267
			35155			35155			35155			35267
Osterreichs Vermehrungsfläche insgesamt												
Quelle: 1971, 1980 RUCKENBAUER (1981); 1987, 1989 eigene Berechnungen nach den Jahrbüchern und der Sortenbeschreibung der Bundesanstalt für Pflanzenbau, Wien												

13.6.3. Auswirkungen des neuen Sortenschutzgesetzes

a) Die österreichische Saatgutwirtschaft

Nachdem die österreichische Saatgutwirtschaft international mit der Hochleistungs- und high-tech Züchtung nicht mithalten kann, scheint sie strategisch nach dem Motto zu verfahren: "Wen man nicht besiegen kann, mit dem muß man sich verbünden".

- o D.h. Die größeren österreichischen Züchter bauen ihre internationalen Partnerschaften, gestützt auf das neue Sortenschutzgesetz, aus.
- o Dies führt zu einem zunehmenden Konkurrenzdruck innerhalb der österreichischen Saatgutbranche, wodurch einzelne Unternehmen (zumeist kleinere) ausscheiden.
- o Die österreichische Saatgutwirtschaft wird zum Saatgut-vermehrer und -aufbereiter großer ausländischer Saatgutunternehmer.
- o Eventuell kann man sich bei entsprechender Kapitalzufuhr in der einen oder anderen Sparte des Züchtungsgeschehens halten.
- o Auch die eventuelle Erschließung des Saatgutmarktes des Ostens mit ausländischen Hohertragsorten und ausländischem Kapital könnte ein Anreiz sein, sich einer Internationalisierung zuzuwenden.
- o Es kommen ertragreichere und "bessere" Sorten nach Österreich.
- o Es kommt mehr ausländisches Kapital in die österreichische Saatgutwirtschaft. Bessere Verträge mit den großen ausländischen Saatgutfirmen, ein höherer Umsatz mit mehr Saatgutwechsel werden die Folge sein.
- o Wenn eine gesetzliche Abstützung nicht erfolgt, oder kein Alternativkonzept für die Pflanzenzüchtung entwickelt wird, könnte es irgendwann ähnlich wie beim Mais passieren, daß ein ausländisches großes Saatgutunternehmen den österreichischen Markt mit einem aggressiven Marketing inklusive TV-Werbung, einer eigenen Absatzorganisation und mit überlegenen Sorten innerhalb von ein paar Jahren durchdringt und die österreichische Züchtung fast gänzlich vom Markt verdrängt; insbesondere unter dem Aspekt der zunehmenden Liberalisierung der Agrarmärkte. Fraglich ist aber, ob das neue Sortenschutzgesetz und der damit verbundene Beitritt an das UPOV-Übereinkommen überhaupt einen entsprechenden Schutz der österreichischen Saatgutwirtschaft gewährleisten kann.

Für die größeren österreichischen Saatgutunternehmen und für den Saatguthandel bietet das Sortenschutzgesetz ökonomische Vorteile (nicht für die kleinen Züchter) (vgl. Ruckenbauer 1982; vgl. auch Erläuterungen zur Regierungsvorlage). Das pflanzenzüchterische Know-how dagegen stagniert bzw. gehen Teile davon auf Grund der Spezialisierung und des internen Strukturwandels und durch den verschärften internationalen Wettbewerb verloren. Wenn es z.B. in den Erläuterungen der österreichischen Regierungsvorlage zum Sortenschutz heißt: "Der züchterische Fortschritt der Zukunft wird durch eine weitere Verschiebung in Richtung aufwendigere Techniken und Einrichtungen charakterisiert sein. Institute der Züchtungsforschung und praktische Pflanzenzuchtbetriebe werden durch einen gesetzlichen Sortenschutz und durch Lizenzregelungen zu weiteren Leistungen motiviert; damit wird zweifelsohne auch die Konzentration hin zu größeren und leistungsfähigeren Einheiten gefördert. In Kooperation mit solchen Einheiten und aufbauend auf deren Vorleistungen verbleiben jedoch auch einer mittel- bis kleinbetrieblich strukturierten Pflanzenzüchtung umfangreiche Möglichkeiten und Aufgaben. Nicht nur große Einheiten, sondern gleichermaßen kleine und mittlere Pflanzenzuchtbetriebe werden nach ausländischen Erfahrungen durch den gesetzlichen Sortenschutz sehr wesentlich gefördert und wirtschaftlich unterstützt.". Die Frage ist nur, wer hier profitiert: Die großen Saatgutmultis, die kleinen Züchter, die Bauern oder der Konsument? Ein wirtschaftlich neutrales Sortenschutzrecht oder

ein neutraler Eigentumsanspruch auf die Genetik der Pflanzen dürfte wohl eine Fiktion sein, bzw. ist diese Formulierung ein "wirtschaftswissenschaftliches" Kunststück einer verbalen Widerspruchsauflösung. Und wo sind die ausländischen Erfahrungen?

Das Züchtungsgeschehen in Bezug auf seine wirtschaftliche Relevanz betrifft aber nicht nur die Saatgutwirtschaft, sondern beeinflusst auch die ökonomischen Bedingungen zwischen Landwirtschaft, nachgelagertem Bereich und den Konsumenten. Weiters ist die Züchtung auch ökologiepflichtig, denn ihr obliegen die Erhaltung der genetischen Ressourcen, und sie ist auch durch die Umweltstabilität und Resistenz gegen Krankheiten ihrer Ergebnisse ein Schnittpunkt dafür, welcher Betriebsmitteleinsatz den Zuchtsorten zugedacht wird.

b) Die Landwirtschaft

Die Landwirtschaft kauft das teurere und "bessere" Saatgut und dürfte tendenziell einen verstärkten Saatgutwechsel durchführen. Die neuen Sorten bieten einen ökonomischen Vorteil, zumindest für jene, die sie zuerst verwenden, denn die Zuchtzielsetzung erfolgt ausschließlich nach kurzfristigen betriebswirtschaftlichen Kriterien. Längerfristig, nachdem bei begrenztem Marktvolumen die Landwirtschaft als Ganzes nicht wachsen kann, führt dieser Vorgang zu verschärften Konkurrenzverhältnissen innerhalb der Landwirtschaft, wodurch der Strukturwandel angeheizt wird.

Die neueren Sorten haben zumeist höhere Erträge und benötigen deshalb zumeist mehr Düngemittel- und Pflanzenschutzmittel bzw. lohnt sich der Einsatz dieser Betriebsmittel. Spezialisierung, Monokulturen und Konzentration in der Tierhaltung bedingen sich in der Folge gegenseitig (vgl. z.B. Mais im südoststeirischen Flach- und Hügelland bei gleichzeitiger Konzentration der Schweinehaltung und die damit verbundenen Umweltprobleme.) In der Landwirtschaft wird bei gesättigten Märkten durch die Internationalisierung der Pflanzenzucht der Strukturwandel tendenziell beschleunigt, während sich die agrarökologischen Voraussetzungen verschlechtern.

c) Nachgelagerter Bereich

Mehr Umsatz, mehr Überschüsse, mehr Exporte, mehr Handelsvolumen, mehr staatliche Interventionen lassen sich unter einer entsprechenden Monopolisierung innerhalb dieses Sektors in einen wirtschaftlichen Vorteil für diesen verwandeln.

d) Konsumenten

Die Frage nach der Nahrungsmittelqualität bei höheren Erträgen und höherem Einsatz an Düngemittel- und Pflanzenschutzmittel wird zu einer immer relevanteren sozialen, wirtschaftlichen und politischen Problemlage. Die Konsumenten sind immer weniger bereit, die Verschlechterung der Agrarökologie zu akzeptieren (vgl. Grundwasserprobleme). Die Überschüsse und das Überangebot erzeugen unter diesen Rahmenbedingungen einen steten Druck auf die Nahrungsmittelpreise.

e) Staatsbudget

Das Budget und damit die Steuerzahler sind in diesem Prozeß deshalb nicht unwesentlich beteiligt, da sie zur Finanzierung der Überschüsse herangezogen werden bzw. längerfristig die Umweltreparaturmaßnahmen aus dem Budget bestritten werden müssen.

13.6.4. Schlußfolgerungen

Wenn Konsumenten und Staat immer weniger gewillt sind, unter den Bedingungen von Überschüssen und einer sich verschlechternden Agrarökologie das Agrarpreisniveau zu halten, bzw. durch internationale Abhängigkeiten wie z.B. durch die GATT-Regelung Grenzen gesetzt werden, fallen die Folgekosten der Ertrags- und Effizienzsteigerung, wie sie z.B. auch durch das neue Sortenschutzgesetz gegeben sind, voll auf die Landwirtschaft zurück.

Eine der angeführten Gruppen muß den zusätzlichen Umsatz des Saatgutsektors und die quantitativen Erfolge der "besseren" Sorten bei Begrenzung der Nachfrage bezahlen. Das Sortenschutzgesetz, wie es sich in der jetzigen Form präsentiert und der internationale Anschluß an den gewerblichen Rechtsschutz (UPOV-Übereinkommen) determinieren im Zusammenspiel mit den anderen Agrartechnologien und ihren Entwicklungen die Agrarpreise, den landwirtschaftlichen Strukturwandel, die Agrarbudgets und die Umweltprobleme der Landwirtschaft der 90er Jahre. Auch scheint das Gesetz aufgrund seiner ökonomischen und ökologischen Implikationen nicht vereinbar zu sein mit den Zielsetzungen einer ökosozialen Agrarpolitik.

13.6.5. Frage: Gibt es Alternativen?

Unter dem Aspekt einer zunehmenden Internationalisierung der Agrarmärkte und damit auch der agrarischen Vorleistungen ist es auch nicht sinnvoll die nationale Pflanzenzucht ohne zusätzlichen Schutz oder zusätzliche Förderung der Entwicklung einfach auszuliefern, da dies weder den Erfordernissen einer Krisenvorsorge eines neutralen Landes noch der ökologischen Grundvoraussetzung von Vielfältigkeit und Flexibilität entspricht.

Eine starke vom Ausland unabhängige, kleinräumige und vielfältige Pflanzenzucht, die sich an den ökologischen Erfordernissen ausrichtet, zu erhalten oder aufzubauen, müßte das Ziel sein. Dies kann nur mit einer durchaus nicht kleinlich bemessenen öffentlichen Förderung der Pflanzenzucht bewerkstelligt werden, wobei über Modelle unter Einbeziehung aller Züchter noch zu diskutieren wäre. Es könnte dadurch eine andere Zuchtzielsetzung nach volkswirtschaftlichen und ökologischen Kriterien erfolgen und teilweise auch die Grundlagenforschung inklusive mancher der high-tech Sparten sinnvoll eingebaut werden. Letztlich wäre bei entsprechender Ausrichtung eine solche öffentlich geförderte Pflanzenzucht volkswirtschaftlich billiger und effizienter. Eine breite und offene Diskussion der an der Pflanzenzucht Beteiligten und von dieser Betroffenen ist notwendig. Eine solche Diskussion wurde bis jetzt auch im Rahmen der Vorbereitung des neuen Sortenschutzgesetzes nicht geführt.

14. AUSWIRKUNGEN DER GEN- UND MODERNEN BIOTECHNOLOGIE AUF DIE AGRARSTRUKTUR

Die Frage nach der sozialen und wirtschaftlichen Konsequenzen der Gen- und modernen Biotechnologie für den Agrarsektor ausreichend zu beantworten, ist insofern ein schwieriges Unterfangen, als vorauszusetzen wäre, daß es eine einheitliche und überprüfbare Theorie der Sozialwirkung einer Technologie, die zum Großteil erst in den Labors und in den Köpfen von Spezialwissenschaftlern und Industriestrategien existiert, gibt. Nachdem man aber von einer solchen Theorie weit entfernt ist, können nur heuristische Annäherungen an die Problematik vorgenommen werden. Auf eine Theoriebildung kann weiters nicht verzichtet werden, da zumindest "wissenschaftliche" Voraussagen oder Prognosen immer auf einer Abstraktion beruhen, die aus vergangenen und gegenwärtigen Zusammenhängen und deren Dynamik abgeleitet werden.

14.1 Zur Theoriebildung der Sozialwirkung von Technologien

In einer differenzierten analytischen Betrachtungsweise lassen sich folgende Ansatzpunkte einer möglichen Theoriebildung unterscheiden:

- die technologisch-historische Perspektive
- die gesellschaftlich-historische Perspektive
- die wirtschaftstheoretische Perspektive
- die geisteswissenschaftliche-historische Perspektive
- die kausalanalytische Perspektive

Jede einzelne Sichtweise für sich genommen gibt ein eher simplifizierendes Bild einer möglichen Entwicklung; in der Summe vermögen sie zwar unsere Bewegungen in die Zukunft zwar etwas erhellen, doch letztlich bleiben die Wahlmöglichkeiten der Menschen und ihrer sozialen Gebilde bestehen: So schreiben z.B. BINSWANGER et. al. 1988¹⁷⁴ bezüglich der Erfassung von Technologie im wirtschaftswissenschaftlichen Kontext: "In der Tat ist die Vorstellung einer in allen ihren Wechselwirkungen beschreibbaren Technologie für das Gesamtsystem so falsch wie die vollständige Voraussicht und so ungreifbar wie Kants "Ding an sich". Die Technologie wurzelt in Natur und menschlicher Arbeit. Beide sind nur in grober Vereinfachung des Lebensprozesses beschreibbar wie der Ablauf einer Maschine. Es bedurfte und bedarf außerordentlicher Anstrengungen, um dem Menschen die Norm regelmäßiger Arbeit aufzuerlegen, die er kraft seines freien Willens und gemäß seinen Gefühlen und Empfindungen jederzeit wieder in Frage stellen wird. Die Repräsentation der Technologie in wirtschaftswissenschaftlichen Modellen ist, soweit sie nicht bewußt auf die bekannten - und das heißt die wirklich ablaufenden - Prozesse und die bekannten - und das heißt die wirklich gekauften und verkauften - Güter eingeschränkt wird, ein formalisiertes Phantasiegebilde. Man kann die möglichen Technologien mit ihren direkten und indirekten Folgewirkungen im Naturzusammenhang nicht auf der gleichen Ebene wissenschaftlich darstellen wie die Technik, soweit sie vom Markt tatsächlich akzeptiert und ökonomischer Bewertung unterworfen worden ist".

¹⁷⁴ BINSWANGER, H.C.; FRISCH, H.; NUTZINGER, H.G. et al.: Arbeit ohne Umweltzerstörung - Strategien für eine neue Wirtschaftspolitik. Fischer Taschenbuch, Frankfurt am Main August 1988.

Die Qualifizierung einer einzelnen Technologie, wie z.B. die Gen- und Biotechnologie in seinen Sozialwirkungen und seinen Naturwirkungen, wobei auch erst die zukünftige Quantität ihre Qualität bestimmen wird und wobei diese Technologie immer in einem Wechselwirkungsgefüge mit anderen Technologien und sozialen Voraussetzungen zu sehen sein wird, lassen eben nur eine begrenzte Prognostik zu.

14.2 Von der allgemeinen technologisch-historischen Perspektive zur technologischen Determination der industriellen und postindustriellen Gesellschaft

Es wird dabei davon ausgegangen, daß die anwendbare Technologie und die daraus notwendige Arbeitsorganisation unser zukünftiges gesellschaftliches Sein bestimmen. Unter Technologie wird dabei nicht eine Einzelkomponente einer Fertigungs- oder Anwendungsmöglichkeit verstanden, sondern eine Summenwirkung aus allen gegebenen technologischen und organisatorischen Möglichkeiten. (Technologie ist immer nur im Kontext wirksam und nie für sich allein). Eng damit verbunden ist der Komplex des Zusammenwirkens von Technik, Arbeit und gesellschaftlicher Organisation. Technologie bestimmt demnach unter den Verhältnissen einer kapitalistischen Produktionsweise, welche Ressourcen Verwendung finden, wie der Arbeitsprozeß eingeteilt wird, und wer daran wie teilnehmen kann und wer nicht.

Das klassische Beispiel für die Technologie ist der maschinelle Webstuhl, die damit verbundene Arbeitslosigkeit der Handweber und das daraus folgende soziale Elend, der Niedergang von Regionalökonomien durch Eliminierung des dezentralen hauswirtschaftlichen Gewerbes und die ersten Versuche die sozialen und wirtschaftlichen Probleme durch "Maschinenstürmerei" zu lösen. Doch am augenscheinlichsten wird die technologische Perspektive in der Entwicklung der Fließbandfertigung.

Der amerikanische Industrielle Henry FORD (1863 - 1947) schuf auf der Basis von Arbeitsteilung und technologischer Rationalisierung (Einzweckmaschinen) eine klar strukturierte Arbeitsorganisation, wobei ein erhöhtes Produktionsvolumen pro Arbeitskraft und damit ein niedrigerer Preis des Produktes die breite Konsumation dieses ermöglichen sollte. Gleichzeitig kam es zu einer Funktionstrennung zwischen planenden und ausführenden Aufgaben, zwischen Ingenieur und Industriearbeiter und zur Herausbildung einer Arbeitshierarchie. Zur technologischen Innovation kam noch eine soziale Innovation: Ford garantierte einen fixen Stundenlohn und koppelte die Lohnerhöhung an die Produktivitätssteigerung (BIERTER 1988)¹⁷⁵. Und der wirtschaftliche Erfolg dieses Systems war, wie wir alle wissen, durchschlagend. Wissenschaftlich begründet wurde dieser Wirtschaftsstil durch Frederick Wisslow TAYLOR (1856-1915), der die wissenschaftliche Betriebsführung etablierte, mit dem Ziel, die Produktion durch Straffung der Organisation zu vervollkommen. Damit war er der Begründer einer besonderen produktionsorientierten Arbeits- und Zeitökonomie. Letztlich führten der Fordismus oder Taylorismus zu der uns bekannten Trennung zwischen Arbeitszeit und Freizeit. Das System war die Keimzelle für die umfassende Aufteilung der Arbeitsprozesse, es war die ideale Schnittstelle zwischen kapitalistischer Produktionsweise und einer technologischen Bestimmtheit, und es war die Geburtsstunde der modernen produktionsorientierten Leistungsgesellschaft.

¹⁷⁵ BIERTER, W.: Die Frage des Wirtschaftsstils; in *Angepaßte Technologie - Ein neuer Umgang mit Technik*. Gruppe *Angepaßte Technologie* an der TU Wien, Wien 1988.

Technologie, Automation, Arbeitsteilung und straffe Organisation ermöglichen Produktivitätssteigerungen und gleichzeitig auch den Ersatz von Arbeitskräften durch Kapitaleinsatz. Einerseits konnten dadurch komplexe neue Produkte, die von einem universellen Handwerksbetrieb kaum erzeugt werden können, produziert werden, und andererseits konnten aber auch die vormals von Handwerkern erzeugten Produkte und Leistungen des Kleingewerbes vom Markt substituiert werden, sodaß eine Ablösung kleinstrukturierter Wirtschaftseinheiten durch Industriebetriebe erfolgte. Schwer betroffen davon war auch das ländliche hauswirtschaftliche Gewerbe, und der Verlust von Zu- und Nebenerwerbsmöglichkeiten für die (bäuerliche) Landbevölkerung wurde auch zum dynamisierenden Faktor der Industrialisierung.

Voraussetzung war, daß es neben dem Unternehmer, Kapitalgeber, Ingenieur und den Verwaltungsorganen eine größer werdende Anzahl an Menschen oder "Lohnabhängigen" gab, die gezwungen waren, die aus dem Gesamtzusammenhang genommene Teilarbeit durchzuführen, wobei sie sich mit dem insgesamt erzeugten Produkt kaum noch oder überhaupt nicht zu identifizieren brauchten und sich auch nicht identifizieren konnten. Dies führte auch zur weiteren Entfremdung des Menschen von seinem Arbeitsprodukt.¹⁷⁶

Die Konsequenz war aber auch die Herausbildung einer großen relativ homogenen Arbeiterklasse (oder -schicht) und der politische Aufstieg sozialistischer Bewegungen. Ein Kennzeichen dieser Klasse war u.a. das Bewußtsein um die Abhängigkeit vom Lohn, um die Gefahr, entmenschlicht wie Maschinen behandelt zu werden, und um die relativ einfache Ersetzbarkeit eines Arbeiters durch einen anderen. Deshalb bestand auch die Notwendigkeit, die Solidarität unter den Arbeitern zum wichtigsten gesellschaftlichen Wert zu erheben (Gewerkschaftsgründungen). Soziale Inhalte wurden u.a. zu tragenden Beweggründen der Politik.

In der derzeitigen Wirtschaftsentwicklung erfährt die vormals in der Arbeitsorganisation begründete klare Klassenstruktur eine Transformation, einerseits durch Auslagerung arbeitsintensiver Produktionen in Billiglohnländer (zunehmende internationale Arbeitsteilung) und andererseits durch die digitale Automation (Roboterisierung, Computerunterstützte Fertigung, CIM, CAP, CAQ, CAP) und durch die zunehmenden Anforderungen an die Arbeiter (oder neuerdings Angestellte) und die dafür notwendige spezialisierte Ausbildung. Dabei ändert sich aber am Prinzip der Arbeitsteilung und an der Entfremdung der Arbeit nichts, sondern diese Phänomene werden sogar verstärkt, nur daß wir jetzt zunehmend lohnabhängige Spezialisten, Organisatoren, Manager und Marketer werden, die durch Titel und den Konsumstandard ihre Identifikation gewinnen. Spezialisten kann man aber nicht einfach substituieren und tragender Wert eines Spezialisten ist auch nicht mehr die Solidarität sondern "sein Fachgebiet zu beherrschen" und das immer besser zu beherrschen. Moderne Technologie individualisiert den Menschen; er fragt individualisierende Technologie ganz besonders nach und wird dadurch von sozialen Abhängigkeiten entbunden. Gleichzeitig wird er vom technologischen Gesamtsystem in eine immer größere Abhängigkeit gebracht.

¹⁷⁶ Oftmals bekommen die Arbeiter das vermarktbare Produkt gar nicht zu Gesicht, sodaß ihnen das Produkt zumeist vollkommen egal ist. Die in der Waffenproduktion tätigen Arbeiter z.B. verteidigen zumeist auch nicht die Waffen, sondern lediglich ihren Lohn bzw. Arbeitsplatz. Oder den Arbeitern einer Biotechnologiefabrik ist es relativ gleichgültig, ob sie gentechnologisches Rinderwachstumshormon oder ein Arzneimittel erzeugen. Nicht anders verhält es sich bei den Ingenieuren.

Damit gelangen aber auch die vormaligen bestimmenden politischen Institutionen in eine Krise und soziale Inhalte in der Politik verlieren an Gewicht. Know-how und Technokratie sind gefragt, selbst wenn das Gesamte im Verhältnis zu den natürlichen Ökosystemen zu wackeln beginnt, gewinnen die Spezialisten an Macht.

Diese letzte Phase der gesellschaftlichen Umorientierung wurde durch die Einführung der Mikroelektronik und Informationstechnologie in die Produktion und durch die Kombination dieser mit der Maschine eingeleitet.

Somit ließe sich allein durch den Einsatz von Technologie das Veränderungspotential der vergangenen und die gegenwärtige Gesellschaftsstruktur und deren Interessenslage relativ gut erklären. Vorausgesetzt wird aber, daß es einen funktionierenden Markt gibt, in dem die erzeugten Güter abgesetzt werden können und das billigere Produkt das teurere ersetzt. Weiters gibt es in dem Modell keine Restriktionen von Seiten der Ressourcen. Geht man weiters von der Überlegung aus, daß nur jener Unternehmer, der mehr oder überlegene Technologie einsetzt, - Technologie ist aber auch mit Kapital verbunden - Gewinne macht, die er im politischen Ausgleich mit dem "arbeitenden" Teil der Bevölkerung teilt (teilen muß), so läßt sich sogar das gegenseitige Interesse von Gewerkschaften und Unternehmern an immer mehr und besserer Technologie begründen, obwohl Kapitaleinsatz mit neuen Technologien Arbeit substituiert. Wenn es also gleichzeitig gelingt, die Gewinne sowohl in Form neuer Technologien zu reinvestieren, als auch in einen immer größer werdenden Markt von Dienstleistungen bei steigenden Reallöhnen umzuleiten, so ist der Kreis von Technologie erzeugt Technologie geschlossen. Technologie ist der Motor für Gewinne und für wirtschaftliches Wachstum, Technologie schafft den Marx'schen Mehrwert nicht durch direkte primitive Ausbeutung der Menschen - obwohl diese durch Technologie nicht abgeschafft wird, sondern anscheinend nur weltweit anders verteilt wird - sondern schafft den Mehrwert durch Erschließung, Ausbeutung und Belastung immer neuerer Ressourcen.

Es arbeiten sogar immer mehr Menschen an der Entwicklung und Anwendung immer neuerer Technologien mit arbeitssubstituierender Wirkung, wobei dies wiederum eine relativ sichere Arbeit ist, sofern man immer wieder das Neue und Neueste ergreift. Die sicherste und teilweise bestbezahlte Arbeit ist Techniken zu erfinden, die die Arbeit substituieren. Ein wachsender Dienstleistungssektor, der Kampf der Gewerkschaften für Arbeitszeitverkürzung und eine anscheinend systemimmanente Arbeitslosigkeit, aber auch ein zunehmendes Phlegma gegenüber dieser sind die Charakteristika dieser Entwicklung.

Selbst wenn man in einer kritischen Reflexion einer technologischen Determination sozialer Veränderungen letztlich nur sehr bedingt zustimmen kann, denn Technologie ist ja wiederum von sozialen, politischen und kulturellen Verhältnissen abhängig, so zeigt sich doch, daß das Hervorbringen und Annehmen von neuer Technologie und der produktive Umgang damit zum zentralen gesellschaftlichen Moment in den Industrieländern geworden sind. Nicht nur neue Technologien wirken auf und in die Gesellschaft, sondern die Gesellschaft selbst sieht es bereits als ihre zentrale Aufgabe an, andauernd technologisch innovativ zu sein. Unsere Stabilität beziehen wir vom Wirtschaftswachstum, welches nur durch technologische Neuerungen aufrechterhalten werden kann. Sich zu verändern wird damit zum stabilen Faktor. Innovation, Flexibilität und Mobilität sind nicht nur Modewörter, sondern sie verheißen uns soziale Sicherheit und sozialen Aufstieg und bedürfen gleichzeitig einer umfassenden Konsummoral. (Daran nicht teilzunehmen ist geradezu unmoralisch). Sie charakterisieren auch die vorherrschende Ideologie in den westlichen Industrieländern. (Alles was mehr als 10 Jahre Bestand hat, ist schon ein Wunder und ab einer Lebensdauer von 20 Jahren werden die Gegenstände zur Antiquität.) Unser Problembewußtsein reduziert sich auf eine technologische Machbarkeit, das soziale Gefühl kann man durch die Berechenbarkeit

anhand von Statistiken ersetzen, und das Unverständnis für die Probleme der 3. Welt gipfelt in dem Versuch, ihre Probleme mit unseren Technologien zu lösen. Dasselbe gilt für Umweltprobleme.

Technologie wird zunehmend zur gesellschaftlichen Determinante, weil ihr Hervorbringen, ihre Anwendung, ihr Konsum und ihre Vermittlung zur Ideologie erhoben wurde und wird. Auch der Begriff Ulrich BECK's von der Risikogesellschaft ist in diesem Zusammenhang zu sehen (siehe Kapitel 9.1.). Technologie ist zum zentralen Dogma der Industriegesellschaft und der postindustriellen Freizeitgesellschaft geworden. Sie in Frage zu stellen, erzeugt ein ähnliches Verhältnis wie zwischen "Papsttum und Ketzerei" im Mittelalter.

14.3 Technologie und Agrarstruktur: ein geschichtlicher Überblick im politischen Kontext

14.3.1 Zur Entstehung der Agrarstruktur

Ausgehend von der industriellen Entwicklung wäre es unter den gegebenen gesellschaftlichen Voraussetzungen des 19. Jahrhunderts durchaus erwartbar gewesen, daß man die Landwirtschaft nach einer reinen kapitalistischen Produktionsform im industriellen Maßstab - d.h. bei einer Trennung in Kapitalbesitzer und abhängige Lohnarbeiter - organisieren hätte können. So folgerte z.B. Karl Marx aus dem Studium der englischen Verhältnisse, daß durch die Trennung von Produzenten (Landarbeiter, Pächter) und Produktionsmittel (Boden) und der Abschöpfung des Mehrwertes durch den Bodenbesitzer eine Kapital- und Bodenakkumulation einsetzen würde (vgl. KRAMMER 1976¹⁷⁷). Und teilweise konnten solche Entwicklungen nicht nur in England, sondern auch im Osten Europas beobachtet werden. In diesem Zusammenhang beschreibt z.B. PRIEBE 1985¹⁷⁸ das Entstehen des ostdeutschen Junkertums als Folge reaktionärer politischer Verhältnisse: "Am Beginn des 19. Jahrhunderts hatten in der Wirtschaftsstruktur und Bevölkerungsdichte zwischen Ost- und Westdeutschland kaum Unterschiede bestanden. Die anschließende, völlig andere Entwicklung im Osten ist ein Lehrstück für die weitreichenden Folgen einer verfehlten Agrarreform. Aus der "Separation" der einstigen Beziehungen zwischen Grundherren und ländlicher Bevölkerung ging eine völlig veränderte Sozialstruktur und eine andere Landschaft hervor: Die alten Dörfer verschwanden weitgehend, da die breite Schicht der ländlichen Handwerker und Kleinbauern, die in anderen Teilen Deutschlands noch heute den Kern der Dorfbevölkerung bildet, leer ausging. Große Gutshöfe mit ausgedehnten Ländereien entstanden, vielfach von Parks umgeben, in deren Schatten sich die sogenannten Leutehäuser duckten, die armseligen Behausungen ehemaliger Kleinbauern, die keine andere Wahl hatten, als sich den Gütern als billigste Arbeitskräfte zur Verfügung zu stellen oder abzuwandern. Eine Folge der sozialen Erosion war die wirtschaftliche Stagnation der Gebiete".

Man hätte also unter den politischen und gesellschaftlichen Voraussetzungen des 19. Jahrhunderts die europäische Landwirtschaft durchaus zu einem größeren Teil in großbetriebliche Struktureinheiten, die unter industriellen Prinzipien arbeiten, umwandeln können; insbesondere auch unter der Annahme, daß die kapitalistisch-industrielle Produktionsform unter dem Vorzeichen der heranrückenden technologischen Möglichkeiten produktiver als die klein- oder familienbetriebliche Struktur hätte sein können. Nur ging die

¹⁷⁷ KRAMMER, J. 1976: a.a.O.

¹⁷⁸ PRIEBE, H.: Die subventionierte Unvernunft - Landwirtschaft und Naturhaushalt. Siedler Verlag, Berlin 1985.

historische Entwicklung in Europa und auch in Nordamerika andere Wege, wobei u.a. folgende Ursachen ausschlaggebend waren (vgl. dazu vor allem KRAMMER 1976):

- Die Grundherren ließen sich durch die Grundentlastung zwar entschädigen, investierten aber das so gewonnene Kapital in die neu entstehende Industrie, insbesondere in die Verarbeitungsindustrie landwirtschaftlicher Produkte, da diese auch entsprechend Gewinne abwarf.¹⁷⁹
- Die Profitrate in der Landwirtschaft war zu niedrig, um in diese direkt zu investieren, bzw. war es nicht möglich die Preise für Agrarprodukte entsprechend hoch zu halten,
- Die aufstrebende Industrie und deren Vertreter waren an relativ günstigen Nahrungsmitteln, um die Löhne niedrig zu halten, interessiert. (Interessenskonflikt zwischen Gutsherren und liberaler industrieller Bourgeoisie, vgl. dazu auch DJURFELDT 1981)¹⁸⁰
- die kleinen und mittelgroßen Betriebe konnten selbst bei niedrigen Preisen produzieren und schafften, sofern sie den Anschluß an den Markt fanden, zum überwiegenden Teil die Aufbringung der notwendigen Finanzmittel für die Grundentlastung, Servitutenregulierung und -ablösung, Steuern und Erbteile. Sie überstanden auch die Agrarkrise, die durch den Import von billigem amerikanischen und russischen Getreide ab ca. 1860 ausgelöst wurde. Schwerer davon betroffen waren die getreidebauenden Großbetriebe, die folglich auch eine Schutzzollpolitik vor allem gegen die Interessen der viehhaltenden Klein- und Bergbauern durchsetzten (vgl. dazu auch PRIEBE 1985). Die Klein- und Mittelbauern entzogen sich der Konkurrenz durch Schwerpunktverlagerung zur Veredelung und durch Subsistenz. "Sie kalkulierten mit einer anderen Profitrate" (RAIKES 1982)¹⁸¹.
- Existenzgefährdet waren Betriebe, die in marktfernen Gebieten lagen, und jene Betriebe, denen durch die Industrialisierung und Umorientierung der Rohstoffbeschaffung von Holz auf Kohle die handwerklichen und gewerblichen Nebenerwerbsmöglichkeiten und Dienstleistungen entzogen wurden. Liberales Erbrecht mit Realteilungsmöglichkeiten und hohen Erbabfindungslasten, Servitutenregulierung und -ablösung, Verschuldung, die Finanz- und Industriemagnaten und Großgrundbesitzer, die an Jagd- und Waldnutzung, Bodenspekulation und Gewinnanlage interessiert waren, und liberales Bodenrecht und ein Aufschaukeln dieser Faktoren waren die Ursachen für das sogenannte "Bauernlegen" im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts.
- Letztlich wurde aber diese Dynamik der Abdrängung der Bauern aus der Landwirtschaft durch Genossenschaftsgründungen, Schutzzollpolitik und durch die Hereinnahme der Bauern (bei rechtlichen Zugeständnissen) in die konservative Politik zur Abwehr und Stütze gegen eine mögliche sozialistische Revolution gebrochen.

Diese politisch determinierten Verhältnisse hatten Konsequenzen auf die technologische Organisation der Landwirtschaft: Allgemein kann also festgestellt werden, daß es unter den Bedingungen des 19. Jahrhunderts nicht möglich war, die bäuerliche Landwirtschaft in Europa zu modernisieren, sie mit den technologisch möglichen Betriebsmittel auszurüsten und ihre Produktivität in größerem Ausmaß zu steigern, daß die Bauern sich aber auch gleichzeitig dadurch einer Industrialisierung und einer Einbindung in die kapitalistische Produktionsweise entziehen konnten. RAIKES 1982 führt weiters noch als Begründung, warum die familienbetriebliche Struktur erhalten blieb, restriktive Möglichkeiten in der

¹⁷⁹ Es wurden aber nicht alle bei Grundentlastung und bei der Umwandlung der Nutzungsrechte am Gemeindegut gleich bedient. So gingen im allgemeinen Häusler und Inleute leer aus bzw. wurden Keuschler in den Nutzungsrechten eingeschränkt (vgl. KRAMMER 1976).

¹⁸⁰ DJURFELDT, G.: What Happend to the Agrarian Bourgeoisie and Rural Proletariat under Monopoly Capitalism? Acta Sociologica 1981 (24), 3: S.167-191.

¹⁸¹ RAIKES, Ph.: Djurfeldt's "What happend to the Agrarian Bourgeoisie and Rural Proletariat under Monopoly Capitalism?" A Comment, Acta Sociologica 1982 (25), 2: S.159-165.

Arbeitsorganisation landwirtschaftlicher Produktionsvorgänge (gegenüber einer standardisierten, von Umweltfaktoren größtenteils unabhängigen, nach technologischen Kriterien organisierbaren, industriellen Tätigkeit unter Lohnarbeitsbedingungen) an: So sind Saisonalität, klimatische Bedingungen, geographische und räumliche Dezentralität für eine industrielle Organisation hemmend, sodaß Fertigkeit, Erfahrung und Initiative nicht durch kontrollierbare Lohnarbeit wie in einer zentralisierten Industrie ersetzt werden können. Die Vielfältigkeit der notwendigen Tätigkeiten insbesondere bei kombinierten und verschiedenartigen Produktionszweigen und der von der Ökologie her gesehene notwendige Verbund (Feldfutterbau, Pflanzenbau, Fruchtfolge, Veredelung, Tierhaltung und der Umgang mit Lebewesen ...) begrenzen die Möglichkeiten einer Aufteilung der Arbeitsprozesse und somit einer tayloristischen Rationalisierung.

Wenn sich agroindustrielle Produktionseinheiten durchsetzen, so nur im monokulturellen Pflanzenbau oder in der Spezialisierung in einer Tierhaltungssparte mit hohem Kapital- und Technologieeinsatz. Auch unter den politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedingungen, wie sie teilweise in der 3. Welt herrschen, sind heute noch oder auch ganz besonders heute Voraussetzungen gegeben, die Landwirtschaft in Industriestrukturen zu organisieren (vgl. dazu auch DJURFELDT 1981).

14.3.2 Technologie, Agrarstruktur und Politik im Wechselbeispiel

Damit sind die Faktoren, die zur Entstehung der Grundstruktur der europäischen Landwirtschaft und zu ihrer zum Großteil familienbetrieblichen Organisation führten, charakterisiert. Diese Grundstruktur blieb erhalten bzw. waren revolutionierende Änderungen an dieser unter den politischen Voraussetzungen des 20. Jahrhunderts in den sich demokratisierenden westlichen Industriestaaten nicht mehr möglich, obwohl schreckliche Kriege und politische Wirrnisse diese Zeiten prägten. Der Osten Europas nahm bekanntermaßen eine andere Entwicklung. Zwar gab es in Nationalsozialismus, der auch zur entsprechenden gesellschaftsverändernden Gewalt fähig gewesen wäre, einige Vorstellungen und Ansätze zu großbäuerlichen Strukturen, welche sich aber durch den Kriegsverlauf erübrigten (vgl. PRIEBE 1985). Das letzte "Attentat" auf die bäuerliche Agrarstruktur war der sogenannte Mansholt-Plan Ende der 60iger Jahre, welcher aber seiner technokratischen Intention, nur ein Plan zu sein, zum Großteil treu blieb!

Die Dynamik der Entstehung der Agrarstruktur war nicht im geringsten technologiebedingt oder nicht direkt technologiebedingt, sondern sie war politisch motiviert und Nebenprodukt der Industrialisierung und ihrer ökonomischen Konsequenzen. Die Technologie¹⁸², die den Industrialisierungsprozeß getragen hat, war nicht für die Landwirtschaft gemacht und auch nicht dafür gedacht. Wenn Agrartechnologie mit voller Absicht entwickelt wurde, dann nur für die großen Gutsbetriebe, was sich insbesondere aus der Geschichte der Mechanisierung ablesen läßt. So wirkten Justus LIEBIG, Albrecht Daniel THAER, Max EYTH usw. primär für und auf diesen Betrieben. Der Aufstieg der chemischen Industrie hat nicht mit Düngung und Pflanzenschutz begonnen sondern mit Farben, und die ersten Düngemittel waren industrielle Abfallprodukte. Thomasmehl war Abfall der Eisenverhüttung, Kalisalze waren anfangs wertlose Abraumprodukte bei der Steinsalzgewinnung. Ammoniumsulfat wurde aus dem Ammoniak der Kokereien gewonnen (vgl. dazu vor allem HERRMANN 1985)¹⁸³. Auch

¹⁸² Gemeint ist hier und im folgenden industrielle Technologie, die in die Landwirtschaft eingebracht wird.

¹⁸³ HERRMANN, K.: Pflügen, Säen, Ernten - Landarbeit und Landtechnik in der Geschichte. Rowohlt Taschenbuch, Reinbek bei Hamburg, 1985

der biologische Landbau nahm von diesen Betrieben seinen Ausgangspunkt (JURTSCHITSCH 1991)¹⁸⁴.

Doch auch in der Folge determinierten politische und soziale Faktoren das technologische Organisationsniveau der mitteleuropäischen Landwirtschaft. Durch die Entwicklung hin zum allgemeinen und gleichen Wahlrecht wurden die Bauern zu einer bedeutenden politischen Variable. Sie wurden in Mitteleuropa anfänglich von den christlich-konservativen Parteien und später nachdem ihnen diese keinen Schutz boten, von der aufstrebenden christlichsozialen Bewegung organisiert, um die erstarkende Arbeiterbewegung von der Macht fern zu halten. Das Interesse der Bauern an Stabilität und Besitzerhaltung und ihre starke ideologische Befangenheit im Katholizismus machte sie zum Partner des bürgerlichen und konservativen Lagers.¹⁸⁵ Im Gegenzug dafür erhielten sie einen bestimmten Schutz vor dem wirtschaftlichen Mutwillen des Bauernlegens.¹⁸⁶

Überspitzt könnte man die Gesamtentwicklung aber auch so zusammenfassen: Die Bauern stellten das anfängliche Kapital für die Industrialisierung, dann zahlten die Bauern relativ hohe Steuern, lieferten billige Nahrungsmittel, stellten Arbeitskräfte und Soldaten und zuletzt nahm man ihre Wählerstimmen als Tauschobjekt für die Erhaltung ihrer Existenz. Sie waren ein guter Puffer für den aufstrebenden Kapitalismus und für die Stabilisierung der Industrien; als Konsumenten für industrielle Produktionsmittel und als "Unternehmer" wurden sie erst später entdeckt. So begründen z.B. KASER und STOCKER 1986¹⁸⁷ die konservative Tendenz der oststeirischen Bauern - dem dürfte aber Allgemeingültigkeit zukommen - folgendermaßen: "Die oststeirische Bevölkerung war zu dieser Zeit (Zwischenkriegszeit; Anm.) noch eine sehr geschlossene bäuerliche Gesellschaft. Es gab niemanden, der diese Werte in Frage gestellt hätte. Je geschlossener und einheitlicher eine Gesellschaft ist, desto stärker können sich die traditionellen Wertvorstellungen halten. Zu diesen Wertvorstellungen gehörte es auch, daß die Stellung des einzelnen irgendwie gottgewollt war. Der Bauer war Bauer, der Keuschler Keuschler, der Dienstbote eben Dienstbote. Jeder hatte sich mit seiner Rolle im Dorf oder auf dem Bauernhof abgefunden". Daß diese Einstellung nicht gerade förderlich für technologische und für soziale Innovationen war, bedarf wohl kaum einer Erklärung.

Exkurs: Anders verlief die Entwicklung in Amerika. Die Erschließung und Kolonisierung des Landes erforderte den Ausbau des Transportwesens (primär über Eisenbahnen) und damit einen hohen Kapitaleinsatz. Das Einbringen einer großen Zahl neuer Siedler und die Notwendigkeit, möglichst schnell das eingebrachte Kapital rückzugewinnen, indem man die Überschüsse aus dem reichlich vorhandenen und fruchtbaren Land abtransportierte und exportierte, bevorzugte ebenfalls die familienbetriebliche Organisation. (Eine etwas andere Entwicklung nahmen die Südstaaten, deren Struktur aus der Sklavenhaltung hervorging.) Doch war von Anfang an die landwirtschaftliche Erzeugung viel stärker von den technologischen Möglichkeiten getragen bzw. an ihnen orientiert. Mähmaschinen, Traktoren,

¹⁸⁴ JURTSCHITSCH, Au.: Biolandbau in Österreich. Vortrag an der BA. für Bergbauernfragen, Mai 1991

¹⁸⁵ Die ersten agrarpolitischen Programme der sozialdemokratischen Parteien waren auch nicht angelegt das Bauerntum zu erhalten, sondern waren von der Idee der Vergesellschaftung der Produktionsmittel bei gleichzeitiger sozialer Sicherung und Besserstellung der darin Beschäftigten getragen. Dies verschreckte die Bauern sämtlicher Größenordnungen und beließ sie in der Koalition mit den Konservativen.

¹⁸⁶ Es gab zwar bei der Etablierung der Bauernbünde in Österreich einige Versuche zur Selbstorganisation (Niederösterreich, Tirol) oder im Rahmen der nationalliberalen Partei (Kärnten), doch wurden die Bewegungen letztlich an das bürgerliche christlich-soziale Lager herangeführt.

¹⁸⁷ KASER, K.; STOCKER, K.: Bäuerliches Leben in der Oststeiermark seit 1848. Band I und Band II, Böhlau-Verlag, Wien, Köln, Graz 1986.

weitläufiges erschließbares Land und Knappheit an Arbeitskräften ließen die Farmgrößen sich an dem orientieren, was eine Familie gerade noch bearbeiten konnte, während die vermarktbaren Überschüsse zur Investition in Betriebsmittel (hauptsächlich Mechanisierung) dienten. So war die Amerikanische Farmer-Landwirtschaft der europäischen Landwirtschaft insbesondere in der Mechanisierung und damit in ihrer Produktivität überlegen (siehe Tabelle 25). Ihre Struktur war zwar in einer anderen Größenordnung, doch ihre Träger waren ebenfalls die Familienbetriebe, die sogar heute oft noch als "backbone" der amerikanischen Landwirtschaft bezeichnet werden (vgl. OTA 1986¹⁸⁸). Die Größenordnungen paßten sich unter dem liberalen Wirtschaftsstil in Zyklen von ökonomischen Krisen an die Möglichkeiten von technischen Neuerungen an. Vereinzelt entstanden dadurch Großfarmen von 1000 und mehr Hektar oder Massentierhaltungsbetriebe industriellen Ausmaßes, bzw. gibt es auch die Tendenz hin zu Kleinunternehmern mit Saisonarbeitern und einigen Lohnarbeitern. Doch ist auch heute noch in Amerika der Familienbetrieb dominierend, nur daß er mit mehr Kapitaleinsatz, rationeller und spezialisierter und in anderen Größenordnungen geführt wird. Technologie war und ist ein entscheidender Faktor zum wirtschaftlichen Überleben in einem harten Konkurrenzkampf.

Tabelle 25: Schlepperbestand nach Ländern 1925 - 1980 (in 1000 Stück)

	1925	1933	1939	1950	1960	1970	1980
Deutschland ¹	7	24	66	139	855	1368	1469
Großbritannien				325	427	511	500
Frankreich				139	680	1265	1480
UdSSR				430	1122	1977	2515 ²
USA	506	920 ³	1567 ⁴	3685	4700	4584	4370 ²
Afrika				95	218	318	428 ²
Asien				30	152	850	2623 ²

¹ ab 1950 BRD; ² Jahr 1978; ³ Jahr 1930; ⁴ Jahr 1940

Quelle: HERRMANN 1985

Zurück zur europäischen (mitteleuropäischen) Entwicklung: Eine kurze wirtschaftliche Besserstellung rund um den 1. Weltkrieg, doch auch die gleichzeitigen Kriegsfolgen, die Fortsetzung wirtschaftsliberaler Politikinhalt und eine nur begrenzte und selektive Wirkung von Schutzzöllen, ersten Marktordnungen und Förderungen, die Weltwirtschaftskrise und eine folgende zweite Verschuldenswelle in der Zwischenkriegszeit brachten auch kaum Möglichkeiten für technologische Neuerungen mit sich. Das reichliche Arbeitskräfteangebot war zudem auch kein Beweggrund Neues aufzugreifen, und der tägliche Kampf ums "Überleben", eingespannt in eine festgefügte Dorfgesellschaft, machte die Bauern - insbesondere die Klein- und Mittelbauern - nicht gerade risikofreudig. (Not macht anscheinend nicht immer erfinderisch.) Modernisierungstendenzen gab es bei den Groß- und Gutsbetrieben und vereinzelt auch bei den größeren Bauern, welche das notwendige Kapital dafür aufbringen konnten.

¹⁸⁸ OTA: Technology, Public Policy, and the Changing Structure of American Agriculture. Congress of the United States, Office of Technology Assessment, Washington D. C. (Library of Congress, catalog = Card Nr. 85-600632) 1986.

Erst der Nationalsozialismus brachte in Mitteleuropa einen ersten Schub zur Förderung von neuen Agrartechnologien. Sein Ziel war Nahrungsmittelautarkie und Vorbereitung zur Kriegswirtschaft, und seine Wirkung verpuffte in der Zwangsbewirtschaftung und in den "Erzeugungsschlachten" der Kriegswirren. Die konservative Bauernumsiedelung von der "Lebensquelle des Volkes" wurde in die nationalsozialistische Ideologie überführt, wobei PRIEBE 1985 den agrarpolitischen Wechsel folgendermaßen skizzierte: "Im neugebildeten "Reichsnährstand" übernahmen vorwiegend Großbauern die Führung. Die alten Denktraditionen blieben erhalten, und man bemühte sich, die nationalstaatliche Agrarpolitik mit dem Ziel einer außenpolitisch begründeten Nahrungsautarkie fortzusetzen. Zugleich suchte man das bäuerliche Sozialprestige durch sozialromantische Vorstellungen vom "Neuadel aus Blut und Boden" zu heben, die dem Großbauern ein neues Wertbewußtsein geben sollten. Leitbild wurde daher nicht der Familienbetrieb, sondern der "Herrenbauer" mit Gesinde, Knechten und Mägden, wie er dann auch für die eroberten Ostgebiete als Siedlungsform galt. So wurde der Erbhof auch gegenüber den Kleinbauern nach unten hin streng abgegrenzt und als "völkisch-politischer Betrieb" zu einem gesellschaftspolitischen Wertbegriff erhoben".

Der Konservatismus der Bauern blieb also zum Großteil auf der Basis einer besonderen Ideologisierung bis in die Zeit nach dem 2. Weltkrieg bestehen. Die Ideologisierung war eine Ersatzstrategie zum Ertragen der wirtschaftlichen Unbillen und kein Nährboden für Neuerungen, insbesondere auch nicht für solche technologischer Natur. Auch jene Feststellungen, von KASER und STOCKER 1986 zur Nachkriegsgeschichte der oststeirischen Bauern charakterisieren treffend das passive Verhalten gegenüber dem technisch-industriellen Fortschritt: "Da auch unter der nationalsozialistischen Herrschaft die Landwirtschaft nach denselben beziehungsweise ähnlichen Kriterien organisiert war (Zwangsbewirtschaftung Anm.d. Autors), scheint für die Oststeiermark der entscheidende Schritt zur Marktproduktion durchaus nicht aus eigenem Antrieb der Bauern, sondern aufgrund staatlicher Verordnungen erfolgt zu sein" (Band II, Seite 195). Und weiter unten zur Entwicklung der industriellen Kleintierzucht heißt es: "Alle hier erwähnten Produktionsgenossenschaften wurden mehr oder weniger nicht von den betroffenen Bauern selbst initiiert. Die Gründung des Ferkelrings Hartberg wurde - wie schon erwähnt - vom dortigen Betriebsberater Wilhelm Reichert in die Wege geleitet. Auch bei den anderen Gründungen waren offizielle Stellen im Spiel". (Band II, Seite 229)

Die von der Industrie initiierte und getragene Agrartechnologie, der "moderne" Fortschritt und seine äußerst positive Wertung wurde somit primär nicht in der Landwirtschaft von Bauern erzeugt, von ihnen nicht entwickelt und von ihnen auch nicht aktiv nachgefragt und in der Folge auch nicht geistig antizipiert¹⁸⁹, sondern er wurde in sie hineingetragen.

Erst der zunehmende Arbeitskräftemangel ab ca. 1950, die Möglichkeit durch Betriebsmitteleinsatz die Erträge und Einkommen zu steigern, um damit am allgemeinen bürgerlichen Wohlstand teilzunehmen, die ERP-Kredite und Agrarinvestitionskredite, die Beratung, Schulung und Förderung setzten die "Technologiespirale", die Spezialisierung und Intensivierung und damit den Strukturwandel, der begrifflich erst auch damit geboren wurde, in Bewegung.

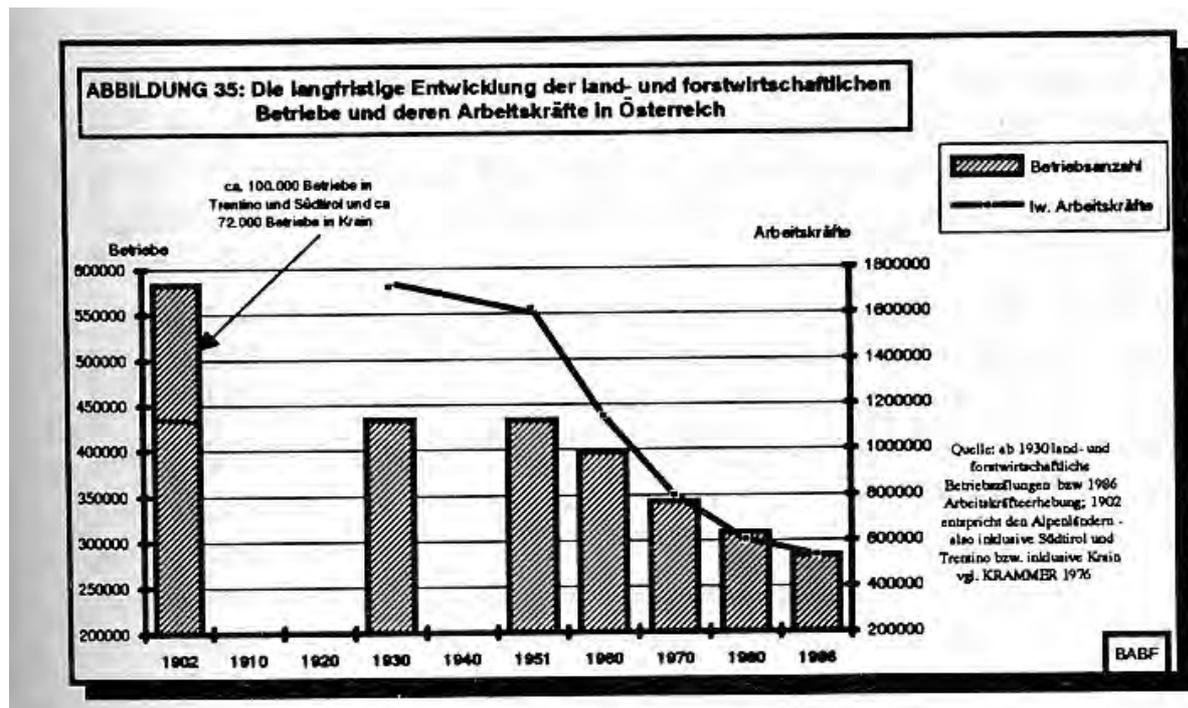
¹⁸⁹ Eine kritische Aufarbeitung, eine kreativ-künstlerische Auseinandersetzung mit dem technologischen Fortschritt ist in der "bäuerlichen" Literatur auch kaum zu finden. So "strotzen" auch heute noch oft z.B. die Bauernkalender und Bauernzeitungen von romantisierenden Bildern vergangener Zeiten und kitschigen Geschichten, während die realen und "modernen Inhalte" nur in Werbebotschaften zu finden sind.

Es wäre jedoch verfehlt zu sagen, es hat in den 150 Jahren vor dem 2. Weltkrieg keinen technologischen Fortschritt im weiteren Sinn gegeben. Trotz der Kriege, Krisen und destabilisierenden Politikkonsequenzen gab es eine stetige Entwicklung in der "biologischen" Methodik durch die Verbesserung und Ablösung der Dreifelderwirtschaft und ihren Ersatz durch die Fruchtwechselwirtschaft, durch die ersten Erfolge in Pflanzen- und Tierzucht, durch die Aufstockung der Viehbestände, Hinwendung zur Milcherzeugung und Veredelung und durch die zunehmende Marktanbindung bei gleichzeitiger Subsistenzwirtschaft und durch die damit verbundenen schrittweisen innerbetrieblichen Veränderungen. Die Landwirtschaft war aber von einer Vielfältigkeit geprägt bzw. war gerade dies ihr besonderes Kennzeichen. Doch war der Fortschritt in seiner strukturellen Konsequenz eher neutral und transformierte nicht die bäuerliche Arbeitsorganisation und die damit verbundenen Lebens- und Sozialbereiche (vgl. dazu vor allem Kapitel 8.2.1., PRIEBE 1985, NIESSLER u. ZOKLITS 1988).

14.3.3 Der moderne Strukturwandel als Ergebnis der industriellen Agrartechnologien

Erst die Kapitalisierung der Landwirtschaft nach dem 2. Weltkrieg wurde zur primären Determinante des Strukturwandels (vgl. Abbildung 35). Zum einen hatte dieser zwar in der allgemeinen Wirtschaftsentwicklung seine Ursachen, da die Landwirtschaft in der Konkurrenz um die Arbeitskräfte mit dem stark wachsenden industriell-gewerblichen Sektor in punkto Einkommen und Arbeitsbedingungen nicht mithalten konnte, sodaß zuerst die unselbständigen Arbeitskräfte abwanderten (NIESSLER 1984¹⁹⁰) zum anderen war der Strukturwandel - d.h. die Wandlung vom Haupterwerb zum Nebenerwerb und das Ausscheiden von Betrieben aus der landwirtschaftlichen Produktion - technologiebedingt. Entweder man kann sich ein ausreichendes Einkommen durch Investitionen und Betriebsmittelzukauf, Spezialisierung und Rationalisierung sichern oder man sucht sich einen Zu- oder Nebenerwerb, was wiederum zur Technisierung Anlaß gibt, oder man überläßt den Boden einem anderen zur Bearbeitung, der sich dann ebenfalls noch einmal entsprechend ausrüstet und umstellt usw. Zudem zwingt die Anwendung industrieller Technologien zu einem verstärkten Marktanschluß, da das notwendige Kapital durch den Verkauf zusätzlicher Produkte gewonnen werden muß. Die Folge war auch ein wachsendes Wettbewerbsverhalten, sodaß sich das dörfliche Sozialgefüge von einer hierarchischen Lebens- und Arbeitsgemeinschaft in eine Konkurrenzgemeinschaft um Produktionsanteile verwandelte.

¹⁹⁰ NIESSLER, R. 1984: Die Einkommensverteilung in der Österreichischen Landwirtschaft. Dissertation an der Fakultät der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften der Universität Wien, Wien 1984.



Die Landwirtschaft hat also den technologischen Fortschritt angenommen - unkritisch betrachtet, vielleicht sogar annehmen müssen -, schneller angenommen als zu erwarten gewesen wäre, denn in fast einer Generation vom Ochsen- und Pferdefuhrwerk bis zur Auseinandersetzung um die Melkroboter und um die Gen- und Biotechnologie zu gelangen, ist nicht gerade eine langsame Entwicklung.

Innerhalb des Strukturwandels lassen sich primär 2 Phasen unterscheiden. Der Strukturwandel kam mit der Mechanisierung in Gang, sodaß zuerst ein Rationalisierungseffekt und damit ein starker Abbau von Arbeitskräften einsetzte bzw. der Verlust der Arbeitskräfte abgefangen werden konnte. Ziel war es die Handarbeit zu erleichtern und Arbeitsvorgänge zu beschleunigen bzw. manche zu substituieren. Dann kam die Intensivierungs- und Spezialisierungsphase. Ging es anfänglich um rationelle Arbeit, so war die logische konsequente nächste Frage nach rationeller Mechanisierung und Anlageinvestition, die nur durch Spezialisierung bewerkstelligt werden konnte. Wenn man sich dann noch spezialisiert, so ist bei einer intensiven Produktionsweise der mögliche wirtschaftliche Erfolg am größten. Die Intensivierungs- und Spezialisierungsphase ist charakterisiert durch den Einsatz chemischer Dünge- und Pflanzenschutzmittel, durch den Zukauf von hochartragreichem Saatgut und leistungsfähigen Tieren (Bedeutung der Genetik) und durch die Bereitstellung von leistungssteigernden Futtermittelmischungen und -zusätzen und durch intensive Beratung von Seiten der Industrie bzw. von Seiten öffentlicher Institutionen. Hinzu kam die Entwicklung und Einführung neuer primär arbeitssparender Tierhaltungssysteme. (KRAMMER und SCHEER 1978¹⁹¹ sprachen von den fünf Dimensionen des agrartechnischen Fortschritts.)

14.3.4 Konsequenzen des industriellen agrartechnologischen Fortschrittes

o Die ökologische Wirkung

¹⁹¹ KRAMMER, J.; SCHEER, G.: Das Österreichische Agrarsystem. Eine Studie des Institutes für Höhere Studien, Wien 1978

Im Zusammenspiel dieser Technologien kam es zu einer Entkoppelung zwischen Ackerbau und Tierhaltung. Die Spezialisierung im Ackerbau führte im Extremen zur Monokultur und die Spezialisierung in der Tierhaltung, gestützt auf Zukaufsfuttermittel und Futtermittelmischungen und Zusätzen, führte zur bodenunabhängigen Produktion in der Geflügel- und Schweinehaltung. Die Kombination mit den neuen Stall- und Haltungstechniken ermöglichte die Massentierhaltung. Die Folge war eine betriebliche Konzentration der Tierbestände und eine regionale Konzentration in jenen Gebieten, die gute Voraussetzungen für einen ertragreichen Ackerfutterbau aufwiesen, und jenen Gebieten, in denen billige Importfuttermittel zur Verfügung standen. Die Exkremente der Tiere, die vormals ein wertvolles Düngemittel waren, wurden zum wertlosen Abfall und zur Gefahr für Boden, Luft und Grundwasser. Im Extremen wurde die Gülle (in den Niederlande) sogar im Meer entsorgt. Spezialisierung und Konzentration veränderten nicht nur die Landwirtschaft als solche, sondern mit ihr auch die Landschaft.

Technologischer Fortschritt erzeugt somit auch externe Effekte und damit externe Kosten (siehe auch KRAMMER und SCHEER 1978) nicht nur durch den direkten Eintrag kontaminierender chemischer Stoffe in die Umwelt, sondern auch in seiner Summenwirkung, indem ökologische Kreisläufe im Kleinen, aber vor allem auch im Großen aufgebrochen werden. In diesem Sinne ist technologischer Fortschritt, Strukturwandel, die Ökologieproblematik und die Ausräumung und Monotonisierung der Landschaft ein paralleler Prozess. Die externen Kosten finden sich teilweise in den Posten des Agrar-, Umwelt- und Wissenschaftsbudgets wieder, doch zum Großteil werden sie den zukünftigen Generationen stillschweigend zugewiesen.

o Die soziale Wirkung

Rationalisierung, Spezialisierung und Intensivierung sowie Konzentration sind eine sich selbst bedingende Folgekette mit einer zunehmenden Eigendynamik. Der Strukturwandel hat sich somit von den direkten politischen Verhältnissen abgekoppelt. Die traditionelle Agrarpolitik, ihre Förderungen und Agrarmarktordnungen, die ja anfänglich dazu entwickelt wurden, den technologischen Fortschritt in Gang zu bringen, können nur in den seltensten Fällen seine Geschwindigkeit beeinflussen und sind in den meisten Fällen systemimmanent bzw. fördern oft noch den verstärkten direkten Konnex zwischen Landwirtschaft und Industrie, der zu einer weiteren Intensivierung und Rationalisierung Anlaß gibt.

Die Transformation des agrartechnologischen Fortschrittes auf die Landwirtschaft geschah jedoch nicht im interessensfreien Raum, sondern wies zwei weitere Charakteristika auf (KRAMMER und SCHEER 1978):

- Die Verkaufsinteressen der oligopolistisch strukturierten nationalen und internationalen Vorleistungsindustrie dominieren das Verhältnis zur Landwirtschaft. Ihr gemeinsames strategisches Interesse, aber auch die Konkurrenz untereinander und ihre interne Logik bedingen, daß sie sich an jener Landwirtschaft orientieren, von der sie das größte Nachfragewachstum nach ihren Produkten erwarten. D.h. sie orientieren sich an den großen Betrieben in agrarischen Gunstlagen.
- Der Einsatz dieser Technologien in den begünstigten Betrieben orientiert sich wiederum an den Einkommenszielen dieser Gruppe.
- Die Erzeugung und Anwendung der modernen Agrartechnologien erfolgte nach betriebswirtschaftlichen Kriterien, die bekanntermaßen in der Landwirtschaft äußerst

unterschiedlich sein können. Produktionsverhältnisse, die natürlichen Voraussetzung, Bodenbeschaffenheit, Klima und Marktanbindung bedingen somit nicht nur eine betriebliche Spezialisierung und Intensivierung, sondern auch eine regionale Differenzierung in diesen Phänomenen und eine unterschiedliche produktive Verwertung der eingesetzten Produktionsfaktoren.

Neben regionalen Auseinanderentwicklungen und Spezialisierungstendenzen erzeugt der industrielle technologische Fortschritt auch eine starke disparitätsfördernde Wirkung innerhalb der Größenklassenstruktur landwirtschaftlicher Betriebe. Nicht konkurrenzfähige Einheiten, vor allem unter ungünstigen regionalen Voraussetzungen sind gezwungen, den Einkommensausfall oder Rückstand durch außerlandwirtschaftliche Erwerbstätigkeit zu kompensieren. NIESSLER 1988¹⁹² schreibt dazu: "Als wichtigster disparitätsfördernder Faktor gilt der technische Fortschritt, dem auf der anderen Seite die Möglichkeit der Abwanderung der "Marginalen" oder die Kombination von Erwerb und Einkommen gegenübersteht. In einer Situation eines gespannten nichtlandwirtschaftlichen Arbeitsmarktes überwiegt zweifelsohne der disparitätserhöhende Effekt des technisch-biologischen Fortschritts".

o Die volkswirtschaftliche Wirkung

Gleichzeitig mit den technologischen Möglichkeiten übte der hohe Kapitalbedarf für Investitionen und Vorleistungen bei gegebenen Einkommenszielen jenen Druck auf die Betriebe aus, ihr Produktionsvolumen möglichst stark zu steigern. Als Konsequenz ergaben sich enorme Agrarüberschüsse, die letztlich auf fossile Energieträger und importierte Futtermittel basieren und unter hohen Kosten wieder am Weltmarkt abgesetzt werden müssen. Der industrielle agrartechnische Fortschritt wurde somit auch volkswirtschaftlich kontraproduktiv (vgl. dazu vor allem das Buch: Die subventionierte Unvernunft" von PRIEBE 1985). Auf eine weiterführende Diskussion über die Prozesse des Strukturwandels insbesondere im Bezug auf seine Widersprüche zum agrarpolitischen Zielsystem und in Bezug auf die fehlende Steuerungskapazität der Markt-, Preis- und Investitionspolitik wird hier nicht näher eingegangen. (Zu verweisen ist bezüglich dieser Thematik auf KRAMMER und SCHEER 1978, PRIEBE 1985 und auf NIESSLER und ZOKLITS 1989)

14.3.5. Die ideologische Dimension des agrartechnischen Fortschrittes

Wichtig erscheint auch, daß der technologische Fortschritt nicht wie ein "Perpetuum Mobile" in Gang gekommen ist, sondern daß er auch in der Nachkriegsgeschichte politischer Leitbildfunktionen und Ideologien bedurft hat, um den Konservatismus der Bauern in eine weitgehende Technogläubigkeit zu verwandeln. Einerseits verlangte die Nahrungsmittelknappheit der Nachkriegsjahre nach Produktivitätskampagnen, Produktivitätsgesinnung und Investitionen und andererseits, nachdem die Landwirtschaft als Abnehmer und Zulieferer der wachsenden Industrie entdeckt war, wurde sie zum Zielobjekt einer breit angelegten Informationsmaschinerie zur Rationalisierung sämtlicher bäuerlicher Lebensbereiche. War dies anfänglich zur Überwindung der Folgeprobleme des Weltkrieges notwendig, so wurde es später zum wohleingübten und rentablen Spiel von Wissenschaft, Beratung und industrieller Werbung. Die agrarpolitischen Konflikte traten erst viel später auf, und man entdeckte auch erst viel später, daß die Agrarpolitik auch Regionalpolitik, Umweltpolitik und Gesundheitspolitik war und ist. "Die Unterwerfung und Reduzierung der Menschen unter ein ökonomisches Nützlichkeitskriterium wurde somit zum offiziellen

¹⁹² aus NIESSLER, R. und ZOKLITS, M. 1988: a.a.O.

Programm erhoben" schreiben KASER und STOCKER 1986¹⁹³. Sie kamen sogar zu einem sehr pointierten Schluß, der nicht nur für die Oststeiermark Gültigkeit hat: "Das Ende des oststeirischen Bauern" bezeichnet hier einen Prozeß der Umwandlung der bäuerlichen Bevölkerung von Menschen, die sich relativ autonom ihr Alltagsleben gestalteten, zu Menschen, die nach den Gesetzen der Marktproduktion zu funktionieren hatten. Es kennzeichnet in weiterer Hinsicht jene Entwicklung, in der sich die ehemaligen "fleißigen" Bauern zu "produktiven" Marktproduzenten gewandelt haben. Vom traditionellen Bauerntum und den ungeschriebenen Gesetzen blieb nicht viel übrig außer ein paar Erinnerungen. Damit ist auch schon gesagt, daß mit der Landwirtschaft auch die Menschen gewissermaßen industrialisiert worden sind. Denn bis auf wenige Ausnahmen funktionieren sie genauso, wie es die Funktionsweise der industrialisierten Landwirtschaft erfordert".

Es muß aber auch mit Nachdruck betont werden, daß diese Entwicklung insgesamt nicht nur negativ zu interpretieren ist, sondern, daß parallel dazu auch äußerst positive Seiten zu vermerken sind. Die Bauern konnten sich in weiten Bereichen ähnlich wie die Arbeiterschaft sozial und politisch in Relation zum "Vorher" emanzipieren. Sie nehmen am Wohlstand und Konsum so wie andere Bevölkerungsschichten teil, ihre Kinder haben adäquate Bildungschancen und "man kann sich was leisten"? Sie sind Teil der modernen Konsumgesellschaft und unterliegen auch der allgemeinen gesellschaftlichen Bewußtseinsentropie. Wie soll man es den Bauern verdenken, daß die Bauern keine Bauern mehr sein wollen? (Wie den Arbeitern verdenken, daß die Arbeiter keine Arbeiter mehr sein wollen?) Diese gesellschaftliche Emanzipation in Kombination mit dem industriellen technologischen Fortschritt führte nicht zur Erhaltung, Weiterentwicklung und Festigung einer kulturellen Autonomie der bäuerlichen Welt, sondern zu einer allgemeinen "Verkleinbürgerlichung"¹⁹⁴. Die Bauern erfahren anscheinend ihre soziale Emanzipation, weil sie parallel mit der industriellen Technologieanwendung verlief, mit dieser kausal zusammenhängend, und passen sich dem technologischen Fortschritt und seiner Botschaft weit mehr an als umgekehrt. Bezeichnend ist auch ein Artikel in der Agrarischen Rundschau¹⁹⁵ über die vier "bäuerlichen" Kardinaligenschaften von "Schicksalsfestigkeit, Familiensinn, Sparsamkeit sowie - alles dies überwölbend und gleichsam sinngebend zusammenfassend eine Art Instinkt für Dauerhaftigkeit", in dem folgende Werbung eingeschoben wurde (Abbildung 36):

¹⁹³ KASER, K.; STOCKER, K. 1986: a.a.O.

¹⁹⁴ Z.B. sollte einem in diesem Zusammenhang zu denken geben, daß sich viele Universitätsprofessoren, Architekten, Ärzte Bauernmöbel (zumeist sehr günstig) zulegen, um ihre Fernseher oder sonstiges darin zu verstecken, während die Bauern Opfer der Möbelgroßkaufhäuser geworden sind.

¹⁹⁵ PEVETS, W.: "Agrarmoral" und gesellschaftliches Wertesystem. In: Agrarische Rundschau 2/91, Wien 1991.

Abbildung 36: Werbung für ein Pflanzenschutzmittel

(Aus eventuell urheberrechtlichen Gründen ist nur eine Beschreibung möglich:)

Links im Bild steht ein jüngerer Landwirt im "Farmer-Look" (in Schnürgummistiefel und Latzhose), der einen doppelt so hohen, übermannsgroßen Getreidehalm in der Hand hält. Aus diesem Getreidehalm sprießen fünf große volle Ähren, die im Verhältnis zum Mann mehr als ein Meter Länge aufweisen und sich schwer über seinem Haupte neigen. Die Getreidekörner würden folglich faustgroßen Früchten gleichen; doch der Mann scheint sich nicht bedroht zu fühlen, denn er blickt mit erfolgsgewohntem Lächeln freudig schräg übers Bild.

Rechts im Bild werden die Pflanzenschutzmittel in den handelsüblichen Verpackungen abgebildet und ihre Hauptwirkungen beschrieben. (Dazu kommt der Name eines großen internationalen Chemiekonzerns)

Quelle: Agrarische Rundschau 2/91

Wer ist hier wohl der moderne Landwirt und Bauer? Der schicksalsfeste, sparsame oder der mit dem übermannsgroßen, fünffachen Getreidehalm? Die Werbeprofessionisten der multinationalen Konzerne, obwohl auch sie ideologisierend und paradigmengestaltend wirken, können es sich jedenfalls kaum längerfristig leisten "danebenzuliegen". Die Werbeinhalte und Botschaften und deren Symbolik primär bei Pflanzenschutz-, Düngemittel und Saatgut führen uns eine erschreckende Zukunft vor Augen und geben gleichzeitig ein Spiegelbild ihrer Zielgruppe. Es ist zu befürchten, daß diese Zielgruppe zu keiner intellektuellen Gegenwehr mehr fähig ist. Das sozialromantische Bild von dem "bäuerlichen" Kardinalmerkmalen ist mehr ein gut gemeinter Heimatroman, wogegen die Realität der sozialen Wertstellung des Bauern mehr mit dem Vokabel der "Bauernfängerei" umschrieben werden kann; was insbesondere auch in Bezug auf das Verhältnis zur Agrartechnologie gilt.

14.3.6 Zusammenfassung zur historischen Relation zwischen Agrartechnologie und Agrarstruktur

In einer Zusammenfassung der historischen Analyse im Verhältnis von Technologie und Agrarstruktur lassen sich folgende Thesen postulieren:

1. Industrielle Technologie war an der Entstehung der Agrarstruktur nicht direkt beteiligt und hatte bis in die Zeit nach dem 2. Weltkrieg keinen Einfluß auf ihre Entwicklung. Die ursprünglichen Agrarstrukturen und ihre Veränderungen waren ein Produkt der politischen und gesellschaftlichen Machtverhältnisse und von deren krisenhaften Entwicklungen.
2. Industrielle Agrartechnologie wurde ursprünglich nicht für die Landwirtschaft entwickelt, sondern war Nebenprodukt der allgemeinen Industrialisierung. Der Maschinenbau und die Chemie hatten an ihrem Beginn, und noch lange nachher, nicht die Bauern als Zielobjekt anvisiert, sondern diese erst viel später als ihre Konsumenten entdeckt. Auch stand der Industrie durch die konservative Ideologisierung und wegen des reichlichen

Arbeitskräfteangebotes und des fehlenden Kapitals keine "neugierige" Nachfrage gegenüber.

3. Es gab zwar einen nicht unbeachtlichen biologisch-technischen bzw. angepassten inneragrarischer Fortschritt in den Bewirtschaftungssystemen und in der innerbetrieblichen Organisation der Betriebe bis zum 2. Weltkrieg. Dieser Fortschritt war aber weitgehend strukturell neutral und gekennzeichnet von einer betrieblichen Organisationsvielfalt.
4. Die Art und Weise des modernen Fortschritts in der Landwirtschaft wurde nicht von den Bauern selbst bestimmt bzw. entwickelt und geistig antizipiert, sondern von außen vorgegeben und in sie hineingetragen. Eine kritische Reflexion darüber fand nicht oder nur mit Ausnahmen statt.
5. Die Ideologisierung der Bauern spielte eine entscheidende Rolle, sowohl was die Nichtanwendung als auch die Anwendung von industriellen Agrartechnologien betraf und betrifft.
6. Die ideologische Umorientierung der Bauern und das Einbringen von Kapital in Form von industriellen Technologien erzeugte den modernen Strukturwandel und löste die Vielfältigkeit des vormaligen biologisch-technischen Fortschritts auf. Der Strukturwandel ist neben der Wirkung der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung primär - und das in wachsendem Ausmaß - technologiebedingt. Die Zunahme in der Arbeits- und Flächenproduktivität und die Konkurrenzstellung zum industriell-gewerblichen Sektor führte zum Ausscheiden einer großen Zahl von Arbeitskräften aus der Landwirtschaft. Rationalisierung, Spezialisierung und Intensivierung und Konzentrationstendenzen (insbesondere in der Tierhaltung) sind eine sich selbst bedingende Folgereaktion, deren "höchste" Entwicklungsstufe die industrielle Massentierhaltung ist.
7. Gleichzeitig entfaltete der technologische Fortschritt ein differenzierendes Potential bezüglich der landwirtschaftlichen Einkommen, in regionaler Hinsicht, bezüglich der natürlichen Voraussetzungen (Produktionserschweris) und unterschiedlichen Betriebsgrößen, was zu sich verstärkenden inneragraren Disparitäten führte. Der industrielle agrartechnische Fortschritt orientierte sich an den begünstigten Gruppen landwirtschaftlicher Betriebe.
8. Der technologische Fortschritt hatte nicht nur große soziale Folgewirkungen, sondern brachte auch vielfältige negative ökologische Konsequenzen mit sich, welche erst mit längerfristiger Zeitverzögerung erkannt werden. Technologischer Fortschritt, Strukturwandel, die Ökologieproblematik und die Ausräumung und Motonisierung der Landschaft sind parallele Prozesse.
9. Industrielle Technologien wurden zur dynamisierenden autonomen Komponente, die traditionellen agrarpolitischen Instrumentarien nicht mehr zur Steuerung zugänglich ist. Bei Ausschaltung von Marktpreismechanismen bzw. bei gleichzeitigem Heranziehen des Preises zur Einkommenspolitik wurde eine Überschußproduktion angeregt, die wiederum Nachfrageeffekte nach industrieller Technologie auslöste. Doch auch bei Gleichgewichtspreisen bleibt der technologische Faktor autonom wirksam. Das übergewichtige Instrumentarium der Agrarpolitik von Markt-, Preis- und Investitionspolitik ist der mikroökonomischen Steuerung und Organisation des agrartechnischen Fortschritts und den daraus erwachsenden Markt-, Sozial-, und Ökologieproblemen nicht adäquat.

10. Die Bauern sind keine kulturelle eigenständige Einheit mehr. Mit der breiten Einführung industrieller Technologien in die Landwirtschaft kam nicht nur der Strukturwandel in Gang, sondern sie transformierten auch die darin tätigen Menschen, ihre sozialen Werte und Verhaltensmuster. Die Bauern wurden industrialisiert und verkleinbürgerlicht.

14.4 Konsequenzen aus der historischen Perspektive für die Diffusion der Gen- und Biotechnologie in die Landwirtschaft

Obwohl es noch kaum für die landwirtschaftliche Praxis relevante Anwendungen der Gen- und modernen Biotechnologie gibt, und diese, weitgehend erst im Forschungs- und Entwicklungsstadium stehend, nur unscharfe Konturen in ihren tatsächlichen agrarischen Anwendungen widergeben, so läßt sich doch aufgrund der sich geänderten Rahmenbedingungen eine raschere Diffusion dieser neuen Technologien erwarten. Die Diffusionsgeschwindigkeit könnte vor allem deshalb höher liegen als bei der Chemisierung der Landwirtschaft,

- da der ursprüngliche Konservatismus der Bauern in eine Technologiegläubigkeit gewandelt wurde. Der Landwirt in der Anwendung moderner agrarischer Technologien selbst industriellen Charakters übt eine bestimmte Leitbildfunktion aus (vgl. z.B. die mediale Präsentation von Gutsbetrieben, die es verstehen, "High-tech-Methoden" anzuwenden). Auch weisen die Bauern ein geändertes Wert- und Verhaltensmuster auf, das sich weitgehend an wirtschaftlichen Nutzenkriterien orientiert.
- da die Gen- und moderne Biotechnologie in seiner agrarischen Anwendung nicht ein industriell-gewerbliches Nebenprodukt ist, sondern absichtlich auf die Pflanzen und Tiere und auf den Boden abzielt. Ohne Land- und Forstwirtschaft ist eine breite industrielle Anwendung der Gen- und Biotechnologie außerhalb des medizinischen Bereichs nicht denkbar. Wenn Gentechnologie eine Zukunftstechnologie werden will, so benötigt sie auf alle Fälle zumindest die Biomasse der Land- und Forstwirtschaft. Die Land- und Forstwirtschaft ist das erstmal ein primäres Zielobjekt industrieller Technologien.
- da die Gen- und Biotechnologie nicht erst ihre eigene Struktur vom Kleinen zum Großen entwickeln muß, sondern gleich auf die Superstruktur der Chemie aufbauen kann.

Dem gegenüber steht zwar die Tatsache, bzw. gehört es zum anerkannten Wissensgut, daß durch die modernen industriellen Technologien die derzeitige Landwirtschaft in nicht unbedeutendem Ausmaß an ökologischen Katastrophen und der allgemeinen Umweltbelastung globaler und lokaler Natur beteiligt ist, und daß diese Art von Landwirtschaft dabei ist, ihre eigenen Ressourcen zu verzehren. Es ist jedoch fraglich, in wie weit dieses Wissen den zu erwartenden Diffusionsprozess der neuen Technologien aufhalten oder abschwächen kann und ob diese Diskussion überhaupt einen Einfluß auf den allgemeinen Technologietrend in der Landwirtschaft hat. Vielfach werden von der betreibenden Industrie und deren Proponenten die neuen Technologien auch als Problemlöser für die Chemisierung der Landwirtschaft oder auch für die Umweltbelastungen auf anderen Gebieten propagiert, (obwohl dadurch nicht Ursachen beseitigt werden, sondern nur "end-of-the-pipe"-Lösungen angeboten werden), sodaß sich für die Betroffenen eine Neutralisierung und damit Passivierung im politischen Meinungs- und Willensbildungsprozess ergibt.

Weiters wurde in der historischen Entwicklung der Agrarstruktur der Widerspruch zwischen kapitalistischen industriellen Prinzipien außerhalb des Agrarsektors (und im vor- und nachgelagerten Bereich) und der familienbetrieblichen bäuerlichen Landwirtschaft dadurch gelöst, daß die Leidenschaft der Bauern in ökonomischer und sozialer Hinsicht der betriebswirtschaftlich kalkulierenden auf Gewinn und Kapitalverwertung ausgerichteten kapitalistischen Produktionsweise überlegen war. Einerseits haben aber mittlerweile die Bauern selbst zum Teil diese nach der Industrie sich orientierenden Produktionsformen und -prinzipien angenommen und andererseits ist im sozialen Gefüge der Industrieländer eine solche Leidenschaft nicht mehr denkbar bzw. deshalb eine solche auch nicht mehr in dem Ausmaß gegeben. D.h. wenn man in und mit der Landwirtschaft nicht mehr an der allgemeinen Wohlstandsentwicklung teilnehmen kann, wird ein Ausscheiden aus der Landwirtschaft immer wahrscheinlicher. Eine Landwirtschaft zu betreiben, ist auch keine Dimension mehr für soziale Sicherheit - wohl aber das Eigentum an Grund und Boden.

Moderne industrielle Technologien werden somit zunehmend zur primären Determinante für den agrarischen Strukturwandel bzw. für dessen zukünftige Dynamik. War die Industrie in der Vergangenheit der Motor für die Agrarentwicklung, weil sie das politische System dominierte, so ist sie auch für die Zukunft als Motor der Agrarentwicklung vorprogrammiert, weil sie zusätzlich das technologische System mit einer zunehmenden Eingriffstiefe vorgibt. Diese Systeme werden derzeit in den Labors und in den Vorstandsetagen der großen Industrieunternehmen und auf den entsprechend technisch-orientierten Universitätsinstituten und im politisch-bürokratischen Verwaltungsapparat für die Zukunft entwickelt und entworfen.

14.5. Die Transformation des Agrarkomplexes durch die Gen- und Biotechnologie

Die Gen- und "moderne" Biochtechnologie ist eine industrielle Technologie, die einerseits in Form neuer Betriebsmittel (Vorleistungen) Eingang finden möchte und die andererseits durch die Veränderung im nachgelagerten Bereich aufgrund der Schaffung einer neuen Nachfrage in Form nachwachsender Rohstoffe die Landwirtschaft umfassend transformieren könnte. Um ein Bild über mögliche zukünftige Entwicklungslinien zu gewinnen, ist es notwendig, den der Landwirtschaft vor- und nachgelagerten Sektor näher zu untersuchen.

14.5.1 Landwirtschaft und Vorleistungsleistungsindustrie

Abbildung 37 beschreibt die Veränderung wichtiger makroökonomischer Kenngrößen der österreichischen Land- und Forstwirtschaft in der Nachkriegsentwicklung in realen Größen.

Während sich die Endproduktion seit 1950 verdoppelte, stiegen die Vorleistungen um ca. 230 % an. Ein typischer Wachstumsverlauf ergibt sich bezüglich Abschreibungen. Stiegen bis zur ersten Energiekrise 1973 die Vorleistungen (Energie, Dünge- und Pflanzenschutzmittel, Futtermittel, Saatgut, Reparaturleistungen ...) überproportional im Verhältnis zur Endproduktion an, so zeigt sich ab diesem Zeitpunkt ein relativ unterproportionaler Verlauf. Eine ähnliche Tendenz läßt sich auch aus dem Verhältnis der Abschreibungen von Maschinen und baulichen Anlagen zur Endproduktion ablesen, sodaß das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs gleichermaßen außer Kraft gesetzt zu sein scheint. Diese Phänomene wurden von ZOKLITS 1988¹⁹⁶ sehr weitgehend diskutiert, wobei dieser die Relationsverbesserung

¹⁹⁶ nach NIESSLER, R. und ZOKLITS, M. 1988: a.a.O.

zwischen Input und Output der Landwirtschaft durch Marktpulse, die von steigenden Betriebsmittelpreisen ausgelöst wurden und durch den mit einem Time-lag von 10 bis 15 Jahren wirksam werdenden züchtungstechnischen Fortschritt erklärte. Zudem kam es parallel dazu zu einem rationelleren Einsatz der Vorleistungen, und Spezialisierung und optimalere Allokation der Produktion auch in regionaler Hinsicht trugen wesentlich zur Effizienzsteigerung bei.

In einer Zusammenschau der realen Größenentwicklung zeigt sich, daß die Wechselwirkung zwischen betrieblicher Organisation und Technologie und natürlichen Voraussetzungen unter den gegenwärtigen Bedingungen und bei den bis jetzt gebräuchlichen Agrartechnologien noch lange nicht ausgereizt sind, und es lassen sich selbst unter relativen technologischen Status-quo-Bedingungen weitere Produktivitätssteigerungen erkennen. Am augenscheinlichsten wird aber das Zusammenspiel zwischen Technik und Organisation in der Entwicklung der Arbeitsproduktivität, die sich seit der zweiten Hälfte der 50er Jahre mehr als vervierfachte. In nominellen Dimensionen beträgt der Anteil der Vorleistungen an der land- und forstwirtschaftlichen Endproduktion Österreichs derzeit ca. 33 bis 36 Prozent und jener der Abschreibungen ca. 22 % (vgl. Abbildung 38). Der nominelle Anstieg des Vorleistungsanteils und Abschreibungsanteils gegenüber der realen Entwicklung (siehe Abbildung 39) spiegelt die Verschlechterung der Austauschrelationen (Terms of trade) wider, was ein allgemein anerkanntes agrarwirtschaftliches Phänomen ist. Die Entwicklung des Verhältnisses von Vorleistungen zu Abschreibungen aber zeigt seit Ende der 60er Jahre einen Trendbruch (siehe Abbildung 38). Wurde anfänglich die Dynamik der Landwirtschaft durch Investitionen in längerfristige Kapitalgüter getragen, so kommt ab den Jahren 1967-68 den Vorleistungen d.h. den kurzfristigen Kapitalgütern vermehrt Bedeutung zu. In einer tiefergehenden Analyse in Abbildungen 40 läßt sich dieses Bild für die letzten 15 Jahre weiter differenzieren. Wenn man den Vorleistungen die Brutto-Anlageinvestitionen gegenüberstellt, so zeigt sich ein relativer Bedeutungsgewinn der Vorleistungen bis 1982 bzw. eine folgende Phase von konstanten Relationen. Gleichzeitig ist jedoch innerhalb der Anlageinvestitionen eine Schwerpunktverschiebung von den Investitionen in bauliche Anlagen hin zu Investitionen in Maschinen und Geräte zu verzeichnen. Wenn aber in Anlagen wie Maschinen investiert wird, so kommen zunehmend Spezialgeräte und -ausrüstungen zum Einsatz (BYE 1989)¹⁹⁷. Der Trend der modernen Landwirtschaft geht -also in Richtung schnelllebigerer Kapitalgüter und in Richtung eines effizienteren Einsatzes immer teurer Vorleistungen (vgl. auch NIESSLER 1988)²⁹.

Diese Umgruppierungen in den agrarischen Betriebsmitteln und Anlagen führte und führt auch zu einer Neustrukturierung und strategischen Neuorientierung des agrarischen Vorleistungssektors (vgl. dazu und im Folgenden BYE 1989). Der Strukturwandel, d.h. Produktivitätssteigerungen, Spezialisierung und Konzentration, in diesem Industriesektor war und ist um nichts geringer als jener in der Landwirtschaft selbst. So betrachtet kam es auf der europäischen Ebene durch die Überschußproduktion bei begrenzten Agrarmärkten und durch die folgenden Preisreduktionen zu einer agrarischen Nachfragekrise nach Vorleistungen, die eben auch den liefernden Industriesektor voll traf. Die Reaktionen waren unterschiedlich.

Die chemische Industrie lenkte ihre Aufmerksamkeit in der Forschung und Entwicklung auf die Erneuerung ihrer Produkte, einer Ergänzung dieser durch biologische Mittel und Methoden und auf die Einbeziehung neuer mechanischer Anwendungsformen. Gleichzeitig

¹⁹⁷ BYE, P.: The Restructuring in the Agricultural Supply Sector and its Consequences on Agricultural Production. In: *Agriculture and Human Values* Vol. VI, Number 1 and 2, Winter-Spring, 1989.

wurde eine geringere Abhängigkeit von den rein agrarischen Märkten angestrebt. Dazu kommt auch das lukrative "Eindringen" der Chemie in Hausgärten und Blumenkisten. In der eigenen Produktion und bei den Zwischenprodukten chemischer Vorleistungen kam es zur Konzentration und Rationalisierungen, sodaß die wirtschaftliche Position gegenüber der Landwirtschaft bei einer gleichzeitigen neuen Produktpolitik in Teilbereichen gehalten werden konnte. Auch durch die verstärkte Internationalisierung in diesem Bereich konnten neue Märkte erschlossen werden.

ABBILDUNG 37: Reale Veränderung der Endproduktion, der Vorleistungen und Abschreibungen (Basis 1975/1977 =100) und die Entwicklung der Arbeitsproduktivität (Basis 1976=100) in Österreichs Land- und Forstwirtschaft

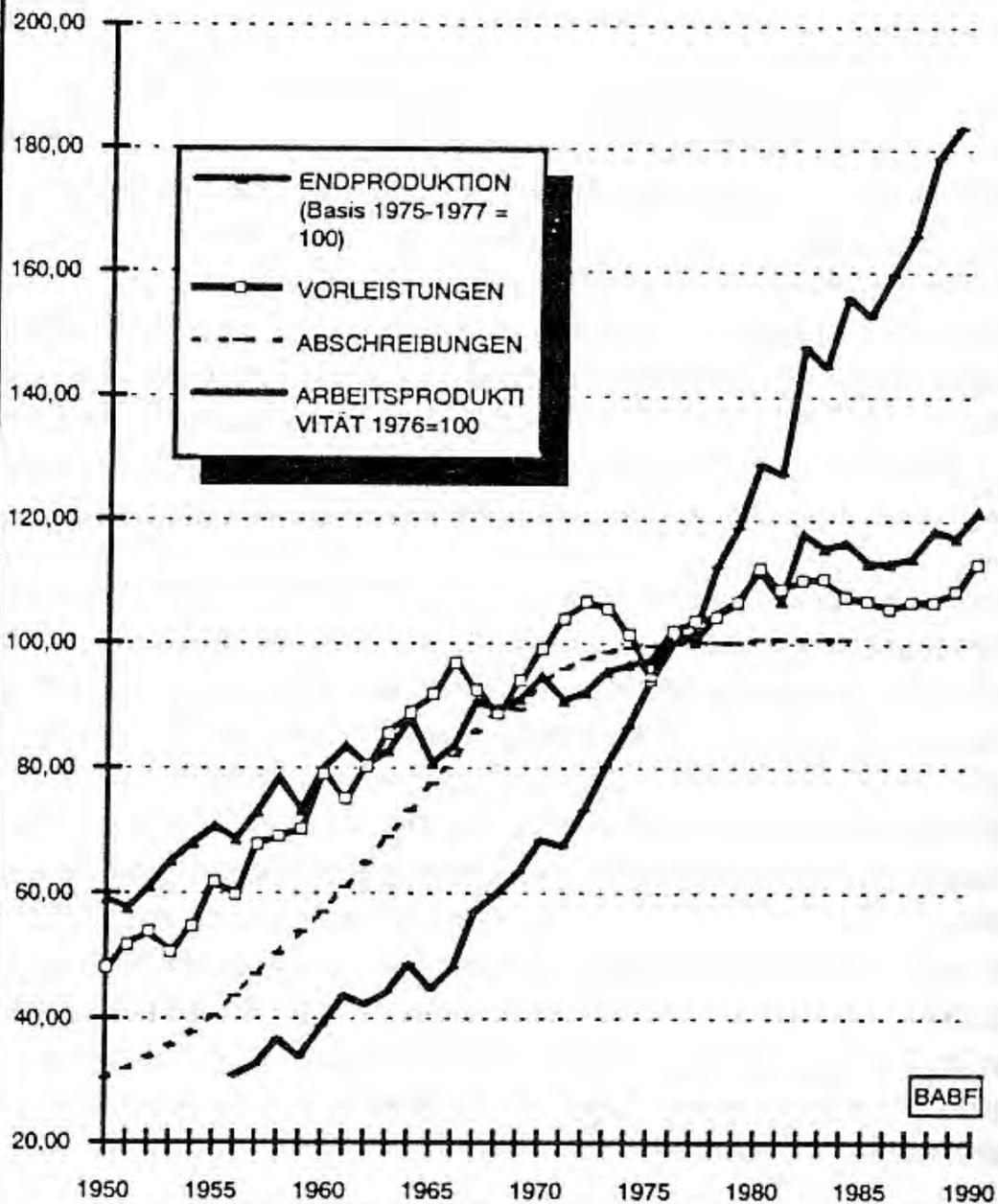


ABBILDUNG 38: Die Entwicklung des Verhältnisses der Vorleistungen und Abschreibungen zur land- und forstwirtschaftlichen Endproduktion in Österreich (nominell)

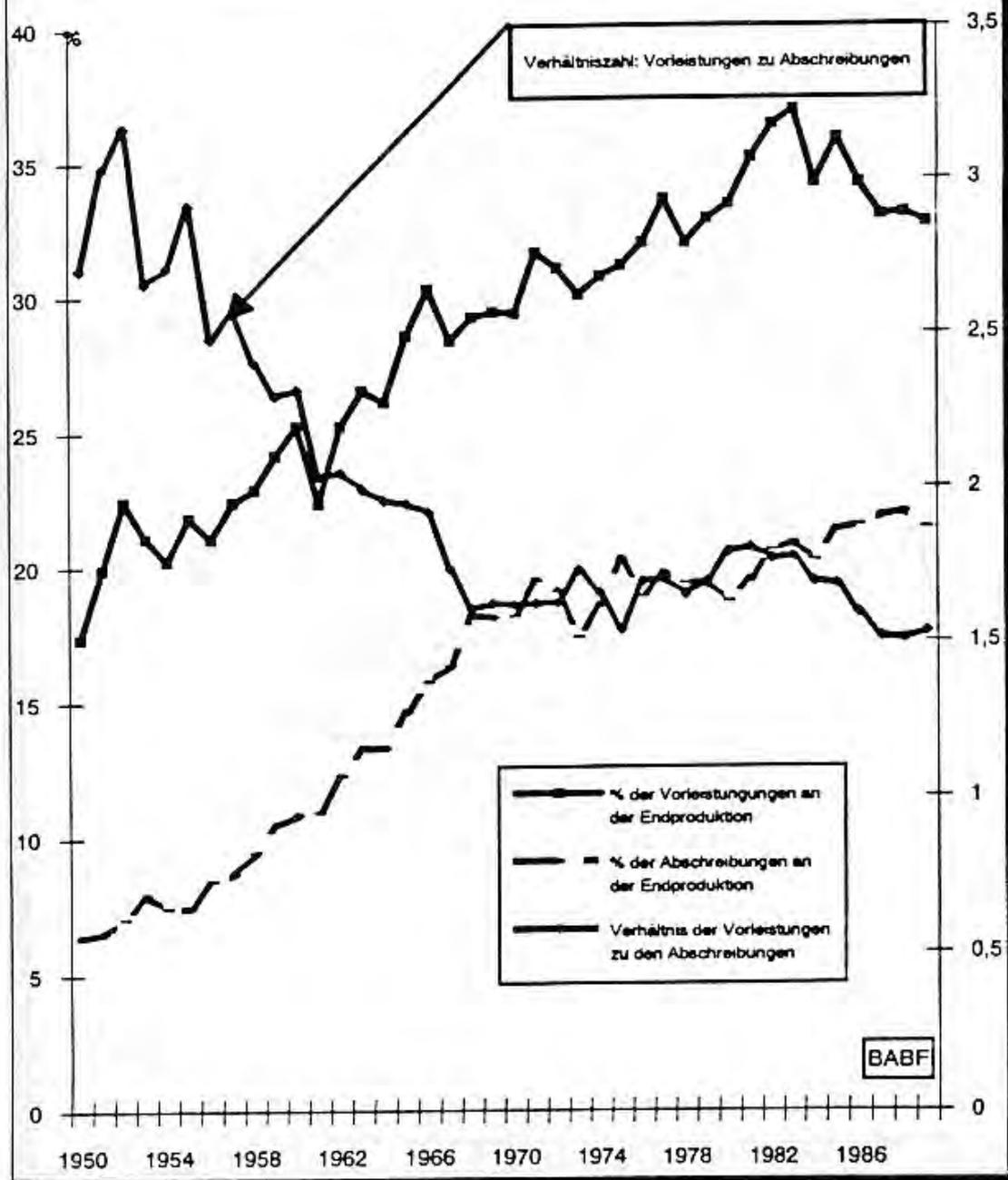


ABBILDUNG 39: Das Verhältnis der Vorleistungen zur land- und forstwirtschaftlichen Endproduktion in Österreich real und nominell

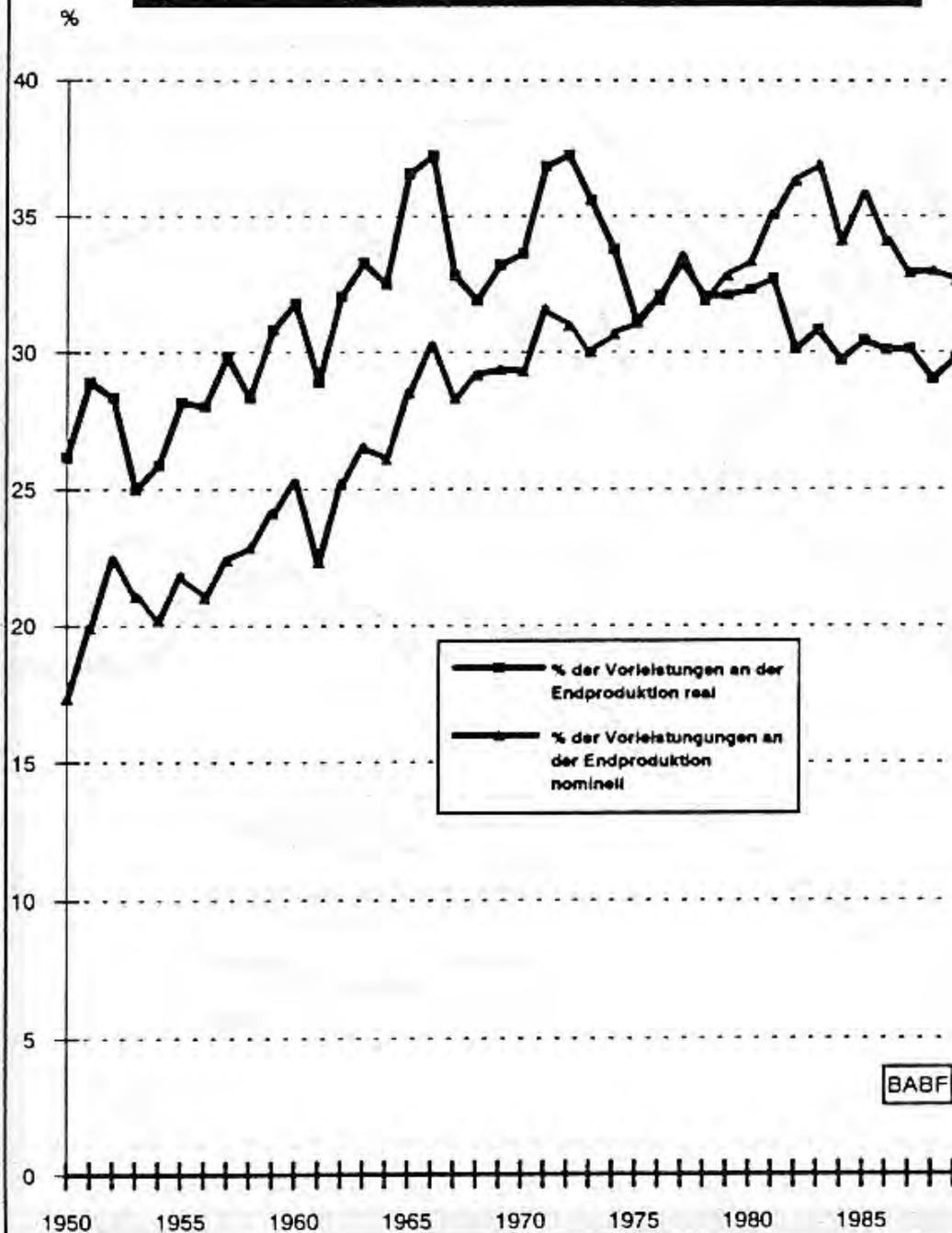
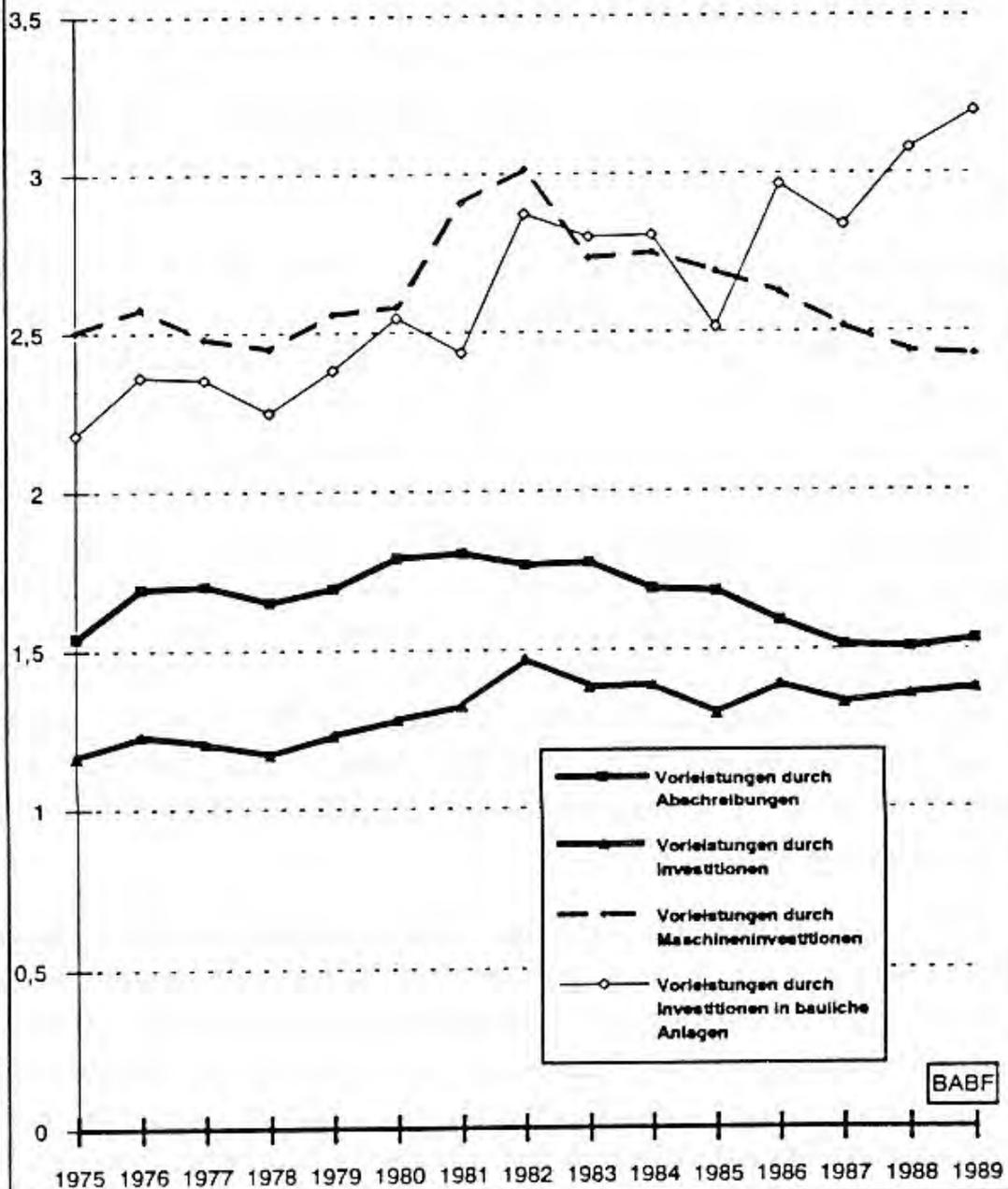


ABBILDUNG 40: Das Verhältnis der Vorleistungen zu den Abschreibungen und zu den Brutto-Anlageinvestitionen in Österreichs Land- und Forstwirtschaft (nominal)



Die traditionelle Landmaschinenindustrie dagegen war bei schrumpfenden Märkten von Rationalisierungs- und Konzentrationstendenzen geprägt und versuchte in der Folge ihre Produkte möglichst zu standardisieren. Auch die Spezialanfertigung bei Traktoren und traditioneller mechanischer Ausrüstung ging zurück. Die Nachfrage nach Spezialeinrichtungen für den Spezialbetrieb wie Tierhaltungseinrichtungen, Gewächshäuser, Bewässerungssysteme, spezielle Ernte- und Bearbeitungsgeräte usw. wiederum erfuhr eine Ausdehnung. Insgesamt war aber die chemische Industrie resistenter gegenüber der agrarischen Nachfragekrise als die Unternehmungen des mechanischen Bereichs. In Anlehnung an BYE 1989 sind vor allem zwei Gründe dafür verantwortlich:

1. Der chemische Vorleistungssektor (insbesondere auch in Europa) ist oligopolistisch organisiert, sodaß Veränderungen bei den Produkten und bei den Preisen kontrollierbar sind. (Ein Dutzend chemischer Unternehmen in der EG z.B. zeichnen verantwortlich für 75 % des Verkaufs an die Landwirtschaft. Die Produktpalette wurde über Jahre stabil gehalten und ganz wenige Produkte und Wirkstoffe dominieren seit Jahrzehnten den Markt (z.B. Gramoxone, Treflan, Atrazin), während Innovationen nur in Randbereichen stattfinden. Beim Großteil der führenden Unternehmen machen 2 oder 3 Produkte mehr als 50 % des Umsatzes aus, und von den 254 Patenten auf Pflanzenschutzmittel werden 50 von 4 großen multinationalen Konzernen gehalten. Auch die Durchsetzung protektionistischer Politikmaßnahmen gelang auf der Basis einer solchen Struktur besser).
2. Die unmittelbare Abhängigkeit der Landwirtschaft von den chemischen Mitteln läßt keinen schärferen Konjunkturerinbruch zu. Während man Investitionen in Maschinen und bauliche Anlagen hinausschieben kann und alternativ entscheiden kann, kommt man bei einem Verzicht auf variable Inputs wie Chemie kurzfristig nicht ohne sichtbare Ertragseinbußen aus. D.h. die chemische Industrie ist kurz bis mittelfristig weniger abhängig von den agrarwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und die Landwirtschaft hat ihre betrieblichen Organisationsformen bereits derart auf die chemischen Vorleistungen ausgerichtet, daß sie kaum kurz- bis mittelfristig in entscheidendem Ausmaß reagieren kann. Zudem ist die Landmaschinenindustrie stärker mit der Betriebsanzahl korreliert, sodaß der agrarische Strukturwandel diese Sparte viel substantieller traf als die chemische Industrie, da deren Güter bekanntermaßen einen starken Flächenbezug aufweisen.

Letztlich sind dies auch Gründe dafür, weswegen die Ökologiediskussion des letzten Jahrzehntes relativ wenig an der dominanten Stellung der chemischen Industrie in der Landwirtschaft ändern konnte, selbst wenn die Thesen der Ökologen zunehmend Anerkennung finden.

Auf eine tiefergehende Analyse des nachgelagerten Sektors wird in diesem Kapitel verzichtet. Auf seine Dynamik in der strukturellen Veränderung wurde in den einzelnen Kapiteln der Anwendung der Gen- und Biotechnologie (Nahrungsmittelbiotechnologie, nachwachsende Rohstoffe, Ernährungstrends) bereits hingewiesen.

14.5.2 Die Integration der Landwirtschaft in den vor- und nachgelagerten Sektor und die Verschmelzung zum Agrobusiness 2000

Innerhalb des chemischen Vorleistungssektors wird seit ca. einem Jahrzehnt in der Forschung und Entwicklung das Schwergewicht nicht mehr auf die Chemie gelegt, sondern auf die Gen- und Biotechnologie. Dabei geht es nur zum Teil um neue Betriebsmittel, die direkt chemische Produkte substituieren sollen, sondern man strebt vielmehr eine umfassende Kontrolle und Standardisierung agrarbiologischer Systeme an. Erforscht, entwickelt und optimiert werden sollen die Interaktionen zwischen Pflanzen und dem System Boden, zwischen der Genetik der

Pflanzen und den alten und neuen Betriebsmitteln, zwischen natürlichen Produktionsbedingungen und Pflanzen, zwischen Futtermitteln und der Genetik der Tiere, zwischen den landwirtschaftlichen Produkten und den Anforderungen an ein standardisiertes Nahrungsmittel oder an einen standardisierten Rohstoff. Entwickelt werden sollten sogenannte Technologiepakete, die nur in einer integrierten Anwendung und unter Anleitung und unter Kontrollinstrumentarien der Industrie zum Erfolg führen. Die Genetik der Pflanzen und Tiere spielen in diesem Zusammenhang eine zentrale Rolle, doch auch das Zusammenspiel mit der modernen Informationstechnologie wird gesucht (siehe dazu auch Übersicht 5).

Technologiepakete können z.B. sein:

- Saatgut oder Pflanzengut, piliert und mit den dazupassenden Wachstumsförderern und Pflanzenschutz- und Düngemitteln umgeben; standardisierte Anbau-, Spritz-, Dünge- und Erntepläne in Verbund mit den entsprechenden Betriebsmitteln, Diagnoseinstrumentarien auf Biosensorbasis, Grundwasser- und Bodenmanagementpläne und entsprechende Maßnahmen

oder

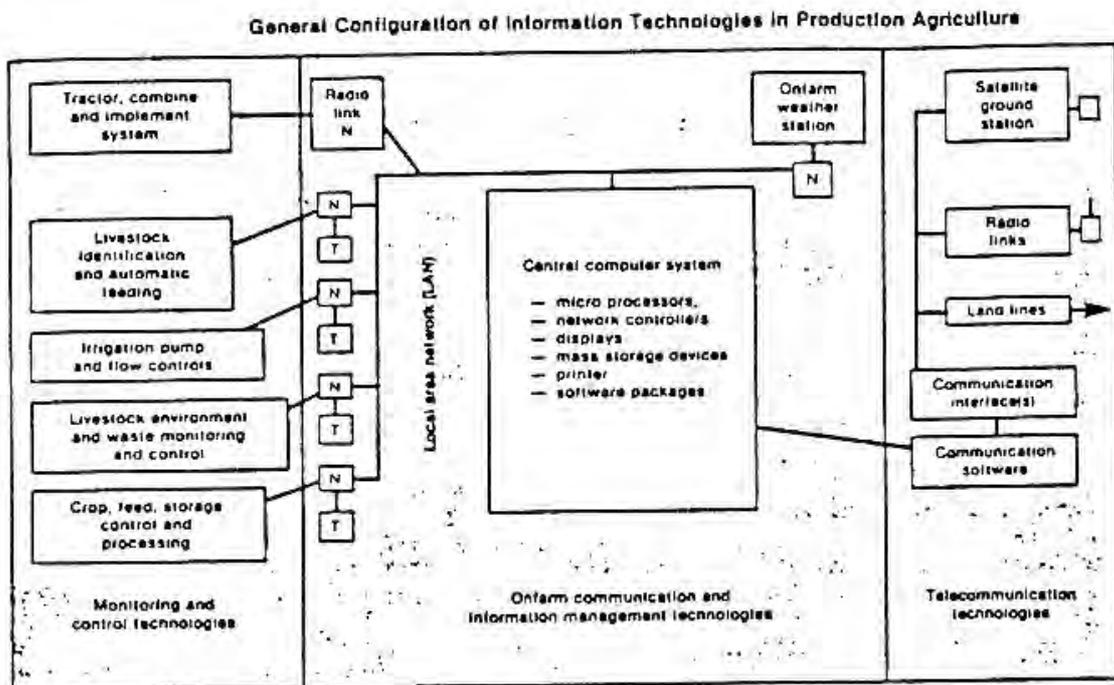
- Embryos, ertragsoptimiert, standardisiert und angepaßt an das industrielle Futtermittel, Krankheits- und Fruchtbarkeitskontrollinstrumente, neue Tierarzneimittel, Wachstumshormone und optimaler Herdenmanagementplan inklusive der Gesundheitsdienste, Leistungen, die mit bestimmten Substanzen ein- und ausschaltbar sind, dazu kommen noch ein integrierter Service- und Dienstleistungsbetrieb inklusive der Finanzierung und Versicherung.

Eine Integration der neuen biotechnologischen Systeme in die Landwirtschaft hat die Kombination mit den neuen Informationstechnologien zur Voraussetzung. Die Erfassung der Spezialität und Ausbreitung von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen, die überbetriebliche und vergleichende Kontrolle von Pflanzen- und Tierbeständen, die Einbindung in regionale und überregionale Produktionsprogramme, die Erhebung von Nährstoff- und Wassergehalt und anderer Bodenparameter und die Abstimmung mit einem wachstumsoptimierenden Betriebsmitteleinsatz und das Angebot des neusten wissenschaftlichen Know-hows dafür, die betriebswirtschaftlichen "Management-Tools" usw. lassen nicht nur eine Computerisierung und Digitalisierung am Betrieb erwarten, sondern erfordern die Einbindung in übergeordnete Informationsnetzwerke. Die folgende Abbildung 41 gibt ein Beispiel für eine Konfigurationsmöglichkeit wieder (OTA 1986¹⁹⁸). Entscheidend wird auch sein, welche Organisationsformen die überbetriebliche Informationssysteme kontrollieren.

Wirtschaftsstrategisch befindet sich die chemische Vorleistungsindustrie gegenüber der Landwirtschaft bereits in einer einmaligen Position: Der Verteilungs- und Vermarktungsapparat ist bereits vorhanden, eine oligopolistische Struktur besteht, und genau die gleichen Unternehmen haben sich bereits in die Saatgutbranche vehement eingekauft oder eine Kooperation angestrebt, und die chemische Agrarindustrie gehört zum Teil bereits zu den "Top-Ten" der weltweit agierenden Saatgutunternehmen (siehe Tabelle 23).

¹⁹⁸ OTA 1986: a.a.O.

Abbildung 41: Die Landwirtschaft im Kommunikationsnetzwerk



N - network node T - Computer terminal
 SOURCE: Office of Technology Assessment.

Quelle: OTA 1986

Übersicht 5: Mögliche Technologiepakete

Übersicht 5: Mögliche Technologiepakete

Packages of Technologies

Beef:		Wheat:	
Package A:	Genetic engineering	Package A:	Plant growth regulators
Package B:	Animal reproduction Regulation of growth and development Animal nutrition Crop residue and animal waste		Plant disease and nematode control Management of insects and mites Weed control Chemical fertilizers Water and soil-water-plant relations Soil erosion, productivity, and tillage Multiple cropping Organic farming Land management
Package C:	Pest control Disease control	Package B:	Labor saving Crop separation, cleaning, and processing Engines and fuels
Package D:	Environment and animal behavior	Package C:	Communication and information management Monitoring and control Telecommunications
Package E:	Monitoring and control Communication and information management Telecommunications		
Package F:	Labor saving		
Swine:		Com:	
Package A:	Genetic engineering Animal reproduction Regulation of growth and development Animal nutrition Pest control Disease control	Package A:	Genetic engineering Plant disease and nematode control Management of insects and mites Water and soil-water-plant relations Communication and information management Monitoring and control Telecommunications
Package B:	Environment and animal behavior Monitoring and control Communication and information management Telecommunications	Package B:	Weed control Chemical fertilizers Soil erosion, productivity, and tillage Multiple cropping Land management
Package C:	Crop residue and animal waste	Package C:	Organic farming
Package D:	Labor saving		
Dairy:		Soybean:	
Package A:	Genetic engineering Animal reproduction Pest control Disease control	Package A:	Genetic engineering Enhancement of photosynthetic efficiency Plant growth regulators Plant disease and nematode control Multiple cropping
Package B:	Regulation of growth and development Animal nutrition Environment and animal behavior Crop residue and animal waste	Package B:	Management of insects and mites Weed control Biological nitrogen fixation Chemical fertilizers Water and soil-water-plant relations Soil erosion, productivity, and tillage Organic farming Labor saving Crop separation, cleaning, and processing
Package C:	Monitoring and control Communication and information management Telecommunications Labor saving	Package C:	Communication and information management Monitoring and control Telecommunications
Package D:	Bovine growth hormone		
Poultry:		Rice:	
Package A:	Genetic engineering Animal reproduction Regulation of growth and development Animal nutrition	Package A:	Genetic engineering Enhancement of photosynthetic efficiency Plant growth regulators Plant disease and nematode control
Package B:	Pest control Disease control Environment and animal behavior Crop residue and animal waste	Package B:	Management of insects and mites Weed control
Package C:	Monitoring and control Communication and information management Telecommunications Labor saving		

Quelle: OTA 1986

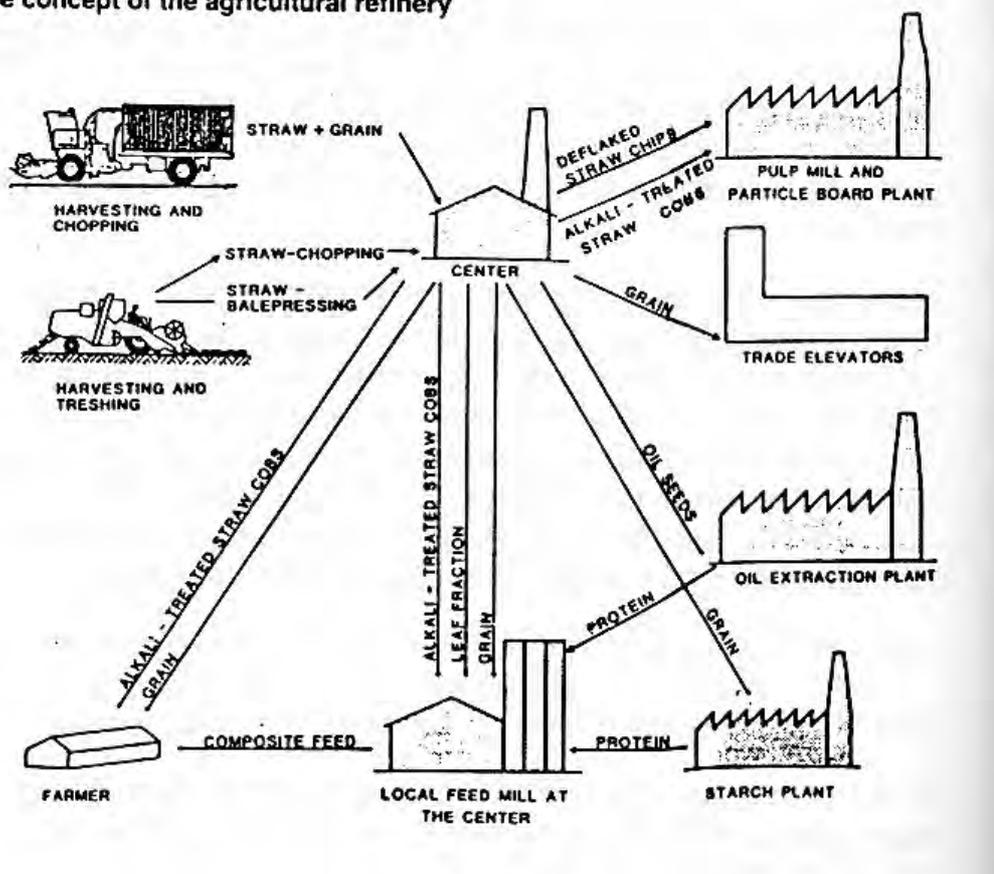
Quelle: OTA 1986

Doch auch der nachgelagerte Sektor des Agrarkomplexes ist in der Gen- und Biotechnologie nicht weniger engagiert. Hinzu kommt noch, daß auch andere industrielle Unternehmen, sei es aus der allgemeinen chemischen Industrie, sei es aus dem Energiesektor oder seien es sogar Maschinenbauunternehmen an den nachwachsenden Rohstoffen und somit an den neuen Agrartechnologien interessiert sind, sodaß auch sie in der Pflanzenzucht tätig wurden. Bezüglich der Verbindung des nachgelagerten Bereiches mit der Landwirtschaft werden derzeit primär zwei Strategien diskutiert (vgl. KLEINHANSS 1989¹⁹⁹)

- das "Agro-Raffinerie-Konzept": Es ist charakterisiert durch Ganzpflanzenerntesysteme, die auf hohe Massenerträge abzielen. Die Pflanzen werden dabei in den "Agroraffinerien" in ihre Bestandteile aufgegliedert, und die Zwischenprodukte an die Chemie-, Futtermittel- und Nahrungsmittelindustrie weitergegeben (das Konzept stammt eigentlich von REXEN, u. MUNCK 1984: "Cereal Crops for Industrial Use in Europe: Report prepared for the Commission of the European Communities, Copenhagen"; vgl. Abbildung 42)
- das "Bio-Factory-Konzept": Hier werden Spezialpflanzen eingesetzt, wobei nur die in ihren Eigenschaften spezifisch veränderten Pflanzenbestandteile in einer Spezialfabrik verarbeitet werden.

Abbildung 42: Das Agro-Raffinerie-Konzept

The concept of the agricultural refinery



Quelle: REXEN u. MUNCK 1984 zit. nach KLEINHANSS 1989

¹⁹⁹ KLEINHANSS, W.: Konzepte zur industriellen und energetischen Verwendung agrarischer Rohstoffe auf der Basis ganzer Pflanzen. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.

In diese industriestrategischen Richtungen zielen auch die großen angewandten biotechnologischen Forschungsprogramme der EG: "ECLAIR" und "FLAIR"²⁰⁰.

Im ECLAIR-Forschungsprogrammorschlag heißt es z.B.:

"Das Programm wird aus folgenden Sektoren bestehen:

1. Erzeugung und Bewertungsversuche zu untersuchender Sorten und Organismen.
2. Industrielle Erzeugnisse und Dienste für die Landwirtschaft werden aus folgenden Elementen bestehen:
 - 2.1 Präzisere und effizientere Betriebsmittel für die Landwirtschaft
 - 2.2 Präzisere und effizientere Extraktion, Verarbeitungs- und Produktionsprozesse
3. Integrierte Vorhaben bestehen aus:
 - 3.1 Gesamtpflanzenernte, Aufbewahrungs- und Trennungssysteme Solche Systeme müssen von einer entsprechenden Größenordnung sein"

Das ganz große Fragezeichen an solchen industriellen Agrarsystemen wird sein, ob man nach dem Abtransport des gesamten pflanzlichen Ernteproduktes in die Fabrik überhaupt noch einen Ansatz eines ökologischen Kreislaufes durch schadstofffreien Rücktransport der organischen Masse aus der Industrie und aus dem Konsum erreichen wird können, oder ob nicht alles in Form von kontaminiertem Müll und Klärschlämmen zu einem gigantischen Einwegsystem wird (oder verkommt). Die Erfahrung lehrt uns bis jetzt fast ausnahmslos, daß die industrielle Logik (Fixkostendegression - economies of scale) keine Rücksicht auf ökologische Notwendigkeiten nimmt.

Während sich die Bauern eingebunden in einen neuartigen Agrobusinesskomplex - noch zusätzlich mit Hilfe der neuen Technologien zu Tode konkurrenzieren, eröffnet sich für die Industrie eine weitere Möglichkeit. Nahrungsmittel und Nahrungsmittelkomponenten werden einfach auf der Grundlage irgendwelcher billiger organischer Abfälle - seien es Klärschlämme oder sei es Biomasse aus der Dritten Welt oder einfach billige Biomasse von unseren Bauern - mit Hilfe der modernen Bio- und Gentechnologie erzeugt: Z.B. wachsen Zitruszellen in Substraten Tag und Nacht unabhängig von der Jahreszeit. Durch Olivenöl und Stearinsäure wird die teure Kakaobutter ersetzt. Aspartame, 200 mal süßer als Zucker (Monsanto), und andere süße Eiweißstoffe - alle aus der Fabrik - schaffen ganz neue Konkurrenzverhältnisse am Zuckermarkt (HOBELINK 1985)(vgl. auch die sogenannten "Light-Products"; Kapitel 8.3.3.). Pflanzliche Fette aus Mikroalgen oder "Fish-farming", wo man versucht Lachse gentechnologisch im Wachstum zu beschleunigen, oder Salate, die in Nährlösungen schwimmend, fabrikmäßig, teilweise sogar unter Kunstlicht erzeugt werden, sind weitere Projekte.

Die Prognos AG schreibt in der Studie "Biotechnologie in Österreich" 1988²⁰¹: "Die Ersetzbarkeit von Feldfrüchten durch andere wird wesentlich erweitert, wenn das "whole crop harvesting"-System (Ganzpflanzenernte) sich ausbreiten sollte. Dabei wird nicht nur die Frucht der Pflanzen wie gegenwärtig verwendet, sondern in einem ersten Schritt in "Agro-Raffinerien" verarbeitet, welche das Zwischenprodukt an die Futter- und Chemieindustrie weitergeben". Weiters heißt es: "Die neue Biotechnologie macht es nun möglich, die

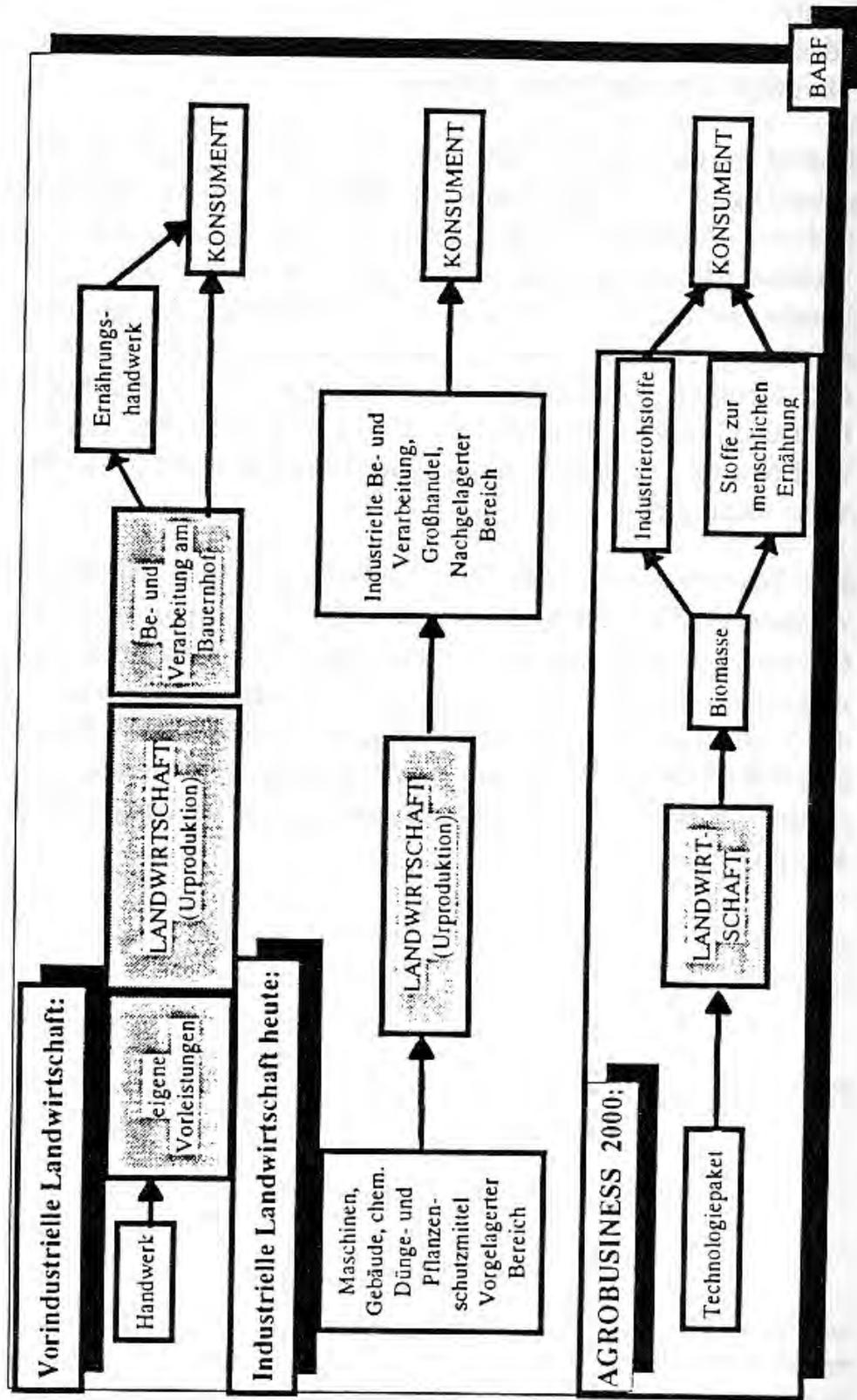
²⁰⁰ Eclair = European Collaborative Linkage of Agriculture and Industry through Research : Europäischer Verbund von Landwirtschaft und Industrie durch Forschung; Flair = Food-Linked Agro-Industrial Research: Nahrungsmittelbezogene agroindustrielle Forschung

²⁰¹ Biotechnologie in Österreich 1988: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung, a.a.O.

Eigenschaften von pflanzlichen Proteinen so zu verändern, daß das Kasein zur Käseproduktion substituiert werden kann. Wenn es z.B. gelänge, Kasein kostengünstig aus Raps zu extrahieren ...". Der "Bioreaktor" Pansen kann also aus den Rindern, Schafen und Ziegen ausgelagert werden, Nirostastahl ersetzt die Haut und Biofilter simulieren das Drüsengewebe. Food-design heißt der neue Fachausdruck.

Zur Konkurrenzsituation innerhalb der Landwirtschaft gesellt sich der direkte Konkurrent Industrie. Man kann sich heute schon ausrechnen, wer den Wettlauf um die Nahrungsmittelmärkte mit erhöhter Wertschöpfung gewinnen wird. Das Konzept des Agrobusiness wird vervollständigt. Aus dem Engespanntsein zwischen industriellem vorgelagerten und nachgelagerten Komplex entsteht das Agrobusiness 2000 (Abbildung 43). Über die Landwirtschaft legt sich ein riesiger industrieller Komplex, während aus unserer derzeitigen Landwirtschaft eine Art Dienstleistungsbetrieb wird. Grund und Boden wird zur Verfügung gestellt, die Arbeitskraft und der Maschinenpark werden mehr oder weniger vermietet. Der Landwirt gliedert sich bzw. wird in die Konzepte und Strategien der Großindustrie eingegliedert. Eine absolute Vertragslandwirtschaft zur Erzeugung von Biomasse wird entstehen, wo ein Maximum an Vorleistungen von der Industrie eingebracht wird.

ABBILDUNG 43: Die Entwicklung des Agrarkomplexes



Daraus ergeben sich auch folgende Tendenzen (vgl. auch BEUSMANN u.a. 1989²⁰²),

- daß die Weltmarktpreise für Agrargüter weiter sinken werden,
- daß Nahrungsmittel billiger werden,
- daß der strukturelle Druck auf die Landwirtschaft enorm zunehmen wird,
- daß auch der vorgelagerte und nachgelagerte Bereich mehr konzentriert wird (siehe vorher).

Betont werden muß, daß einer der strategischen Angelpunkte in zukünftigen wirtschaftlichen Verhältnis zwischen der Landwirtschaft und der Industrie die Durchsetzung der Patente und Lizenzen ist. Werden diese Rechtsansprüche nicht gewährt, so könnte sich die Landwirtschaft leichter aus der industriellen Umklammerung und Abhängigkeit lösen und eigene biologisch integrierte Anbausysteme mit weniger Vorleistungen entwickeln. Die Nachfragekrise nach industriellen Vorleistungen könnte sich entschieden verschärfen. Dem wird bereits jetzt durch Ausweitung des Patentrechts auf Pflanzen und Tiere Rechnung getragen.

Die Transformation der Landwirtschaft in das Agrobusiness 2000 verändert aber auch die Stellung des Agrarkomplexes in der Gesamtwirtschaft. D.h. die Integration erfolgt nicht nur innerhalb des ursprünglichen Agrarkomplexes, sondern dieser wird auch verstärkt in die übrigen Wirtschaftssektoren integriert. Z.B. schreibt SCHNEIDER 1973²⁰³ anhand der Analyse der österreichischen Input-Output-Tabellen 1964 über die mögliche Entwicklung des Agrarkomplexes:

"Aufgrund der gegebenen Produktionsverflechtung kann der Agrarkomplex als ein in sich relativ geschlossener Bereich der Wirtschaft aufgefaßt werden. Änderungen in der Erzeugung von außerhalb des Agrarkomplexes stehenden Sektoren beeinflussen den Agrarkomplex und letztlich die Land- und Forstwirtschaft, die seinen Kern bildet, nur sehr schwach. Entscheidend für die heimische landwirtschaftliche Erzeugung ist die direkte Nachfrage nach Produkten der Landwirtschaft, der Nahrungsmittel-, Genußmittel- und Getränkeindustrie und des Hotel-, Gast- und Schankgewerbes; für die Forstwirtschaft die holzverarbeitende Industrie. Es ist möglich, daß sich mit fortschreitender Wirtschaftsentwicklung der heimische Agrarkomplex noch schärfer von der übrigen Wirtschaft abhebt, da in vielen Sektoren agrarische Rohstoffe bzw. Vorleistungen agrarischen Ursprungs durch Produkte außeragrarischer Herkunft substituiert werden".

Doch genau das Gegenteil wird der Fall sein. Der Agrarkomplex wird sich nicht weiter abheben, sondern in den allgemeinen Industriekomplex stärker verflochten werden, und wenn es nach dem Willen der Industrie geht, letztlich ein integraler Bestandteil dieser werden. Die Landwirtschaft wird in der Folge nicht nur von den eigenen oft naturbedingten Zyklen betroffen sein, sondern in Zukunft auch verstärkt der allgemeinen Industriekonjunktur unterliegen.

Durch diese Zusammenhänge erscheinen auch die Aussagen im OECD-Bericht "Biotechnology - Economic and wider Impacts" in klarerem Licht: (OECD 1989) "Die Chemie- und Nahrungsmittelindustrie werden eine zunehmend zentrale Rolle einnehmen, indem sie Input und Output koordinieren und dadurch die Landwirtschaft in ein globales Agrobusiness transformieren". Oder wie es ein niederländischer Agrar-Professor ausdrückte (AGRA-EUROPE 25/88): "Petrochemie als Vorbild für die Landwirtschaft!" Und es kommt auch nicht von ungefähr, daß die österreichische Mineralölindustrie und der größte

²⁰² BEUSMANN, V.; HINRIEHS, D.; SCHRADER, H.: Sozioökonomische Voraussetzungen und Konsequenzen biotechnischer Fortschritte in der Landwirtschaft. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.

²⁰³ SCHNEIDER, M.: Die Bezugs- und Absatzstruktur der Land- und Forstwirtschaft und der Agrarkomplex in Österreich. Wifo-Monatsberichte 8/1973, Wien 1973, S. 364 ff.

österreichische Agrarindustriekomplex gemeinsam eine Biospritanlage bauen, um 350.000 Tonnen Getreide zu verspritzen.

Wieviel Bauern ein solches System, nur vom technologisch-wirtschaftlichen Ansatz her betrachtet, benötigen würde, läßt sich in relativer Hinsicht leicht beantworten: Die Antwort lautet: "Sehr viel weniger". Der Rest ist Angelegenheit der Agrarpolitik. Die Frage danach ist, ob das Bild vom "Biospritbauern" und "Industriebauern" jenes Leitbild sein wird, das die europäische Politik in Zukunft als unterstützenswert erachten wird, oder ob man nicht letztlich jenen Teil der Landwirtschaft, der in den Industriekomplex integrierbar ist, an die wirtschaftliche Logik der Industrie ausliefern wird.

14.5.3 Studien zur Quantifizierung des technologiebedingten agrarischen Strukturwandels

Die US-amerikanische Studie des OTA (Office of Technology Assessment) mit dem Titel "Technology, Public Policy and the Changing Structure of American Agriculture" (1986) versuchte den zu erwartenden Strukturwandel durch die neuen biotechnologischen und elektronischen Technologien zu quantifizieren. Basierend auf Expertenbefragungen zum möglichen zukünftigen Produktivitätsfortschritt durch die neuen Technologien und durch eine differenzierte einzelbetriebliche Modellierung von regionalspezifischen Betriebsorganisationen kam die OTA zum Schluß, daß zwischen 1982 und 2000 unter dem höchstwahrscheinlich zu erwartenden technologischen Trend ca. 1 Million Farmen in den USA ausscheiden werden. (Das wären ca. 44 % der ursprünglichen Betriebsanzahl.) Diese Veränderung geht primär auf Kosten der kleinen Betriebe und Nebenerwerbsbetriebe, aber auch auf Kosten der mittelgroßen Familienbetriebe vor sich. Letztere würden sich sogar mehr als halbieren. Gewinnen würden Betriebe mit einem Rohertrag von mehr als 200.000\$. Diese Gruppe würde dann 14 % der landwirtschaftlichen Betriebe stellen, während 50.000 der größten Betriebe davon für 75 % der landwirtschaftlichen Produktion verantwortlich zeichnen würden (vgl. Tabelle 26).

Tabelle 26: Most Likely Projection of Total Number of U.S. Farms in Year 2000, by Sales Class

Sales class	1982		2000	
	Number of farms (thousands)	Percent of all farms	Number of farms (thousands)	Percent of all farms
Small and part-time	1,936.9	86.0	1,000.2	80.0
Moderate	180.7	10.0	75.0	6.0
Large and very large	121.7	4.0	175.0	14.0
Total	2,239.3	100.0	1,250.2	100.0

Quelle: Office of Technology Assessment; USA (OTA 1986; a.a.O.)

Auf europäischer Ebene gibt es bezogen auf die Gesamtheit der neuen Technologien keine vergleichbare Studie. Doch wären auch hier ähnliche strukturelle Effekte zu erwarten, wenn in der Agrarpolitik keine anderen Akzente gesetzt werden als in der Vergangenheit.

Hinzuweisen ist auch, daß solche Studien nicht einen eindeutigen Prognosecharakter mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten aufweisen, sondern immer nur als Modell unter bestimmten

simplifizierenden Annahmen für die Zukunft zu sehen sind. Schwierigkeiten ergeben sich schon allein darin, daß einzelne Technologien nicht unabhängig von einander wirken, sondern immer ein Wechselwirkungsgefüge aufweisen, und daß neue Technologien an sich durch eine mögliche Weiterentwicklung eine unvorhersehbare Dynamik aufweisen können. Zusätzlich ist für zukünftige Technologien ein Zeithorizont für ihre Einführung und ein Modus ihrer Diffusion festzulegen und es ist ihre Ertrags- und (oder) Kostensenkungswirkung abzuschätzen. Allein wenn man z.B. das relativ weitgehend zur Praxisreife entwickelte rekombinante Rinderwachstumshormon (rBST) betrachtet, so hat dieses eine gentechnologische Hormon nicht nur einen isolierten Technologieeffekt auf die Milchproduktion, sondern es gibt auch andere Technologiesprünge (z.B. in der Züchtung) und es müssen gleichzeitig auch die Futtermittel und Fütterungstechniken verbessert werden, und es ist zu erwarten, daß vollautomatische Melkanlagen in Zukunft zum Einsatz kommen usw., und das Zusammenwirken und die zukünftigen Wechselwirkungen und der Umfang der dann eintretenden negativen Begleiterscheinungen sind kaum zu erfassen. ISERMEYER et al. 1988²⁰⁴, die sehr eingehend die ökonomischen, ökologischen und sozialen Folgen, sowie das Technologieumfeld des rBST untersuchten, kamen aufgrund dieser Zusammenhänge (obwohl sie sehr umfangreiche quantitative Analysen durchführten) z.B. unter anderem auch zum Schluß, daß "diese Problematik die Technikfolgenabschätzung vor eine kaum lösbare Aufgabe stellt" und daß "die meisten der vorgestellten Perspektiven einer tatsächlichen Anwendung nur qualitative, nicht aber quantitative Berücksichtigung finden können". Bei der Quantifizierung des strukturellen Effektes der Gen- und Biotechnologie insgesamt aber auch in Teilbereichen auf die Landwirtschaft hat man es somit immer mit Modellen, die von großer Unsicherheit gekennzeichnet sind, zu tun. Solche Modelle können aber dazu dienen, relative Tendenzen der Technologiewirkung aufzuzeigen.

14.5.4 Die wirtschaftliche und ökologische Dualisierung der Landwirtschaft durch die neuen Technologien

Wenn wir uns aber die Realität der europäischen Landwirtschaft vor Augen führen, so läßt sich leicht feststellen, daß nicht die gesamte Landwirtschaft in das Agrarbusiness 2000 integrierbar ist. Die Bergbauern und die Bauern unter ungünstigen Klima- und Bodenbedingungen und vor allem die kleinen Betriebe und die Betriebe in strukturschwachen Regionen werden an den Rohstoffstrategien der Industrie nicht teilnehmen können. Sie haben entweder nicht die natürlichen Voraussetzungen dafür, oder weisen eine zu geringe Produktivität und Kapitalverwertung auf, um die Entlohnung der eingesetzten Arbeit zu garantieren, und sie erfordern zu teure Informations-, Beratungs- und Erfassungssysteme. Die variablen Kosten einer Intensivierung in den Gunstlagen sind niedriger als die Entlohnung sämtlicher Produktionsfaktoren in Ungunstlagen bezogen jeweils auf eine Produktionseinheit. Der Einsatz produktivitätssteigernder Technologien, die primär in Gunstlagen wirksam sind, verstärkt diesen Trend zur Auseinanderentwicklung der Agargebiete und dualisiert die Landwirtschaft.

Während der begünstigte Teil der Landwirtschaft sich immer mehr kapitalisiert und die gute Kapitalverwertung zu weiteren Investitionen in immer produktivere und speziellere Vorleistungen nützt, fällt die Landwirtschaft in benachteiligten Gebieten aufgrund ihrer beschränkten Produktivität und ihrer strukturellen Benachteiligung in ihrem Potential, ein dem Arbeitsaufwand und der Wohlstandsentwicklung adäquates Einkommen zu erbringen, immer

²⁰⁴ ISERMEYER, F.; DEBLITZ, C.; DE HAEN, H.; NIEBERG, H.; ZIMMER, Y.: Zusammenhänge und Folgen, insbesondere ökonomische, agrarstrukturelle, soziale und ökologische Folgen. Gutachten im Auftrag der Enquete-Kommission Technikfolgen-Abschätzung und Bewertung des Deutschen Bundestages, Institut für Agrarökonomie der Universität Göttingen, Dezember 1988.

mehr zurück. Dr. NIESSLER 1988²⁰⁵ schreibt in Bezug auf die Dualisierung der Landwirtschaft: Kleinere Betriebe und Betriebe in landwirtschaftlichen Ungunstlagen tendieren wegen ihrer technologischen Unterlegenheiten dazu (im Sinne Kautskys) "sich der Konkurrenz zu entziehen", und weiters: "Es ist aber nicht zu erwarten, daß andere Produzenten, die nicht in dem Maße den Zwängen der Kapitalverwertung unterliegen, zur Gänze aus der Produktion verdrängt werden können. Das heißt, die Konzentrationsentwicklung (und der Strukturwandel) wird in zunehmendem Maße innerhalb des kapitalistisch strukturierten Bereiches selbst stattfinden Es ist im Extremfall ein sich selbst zu Tode konkurrenzierender kapitalistischer Sektor (mit entsprechenden ökologischen Konsequenzen und volkswirtschaftlichen Folgekosten) und ein Randbereich der Hobby- und Küchengartenlandwirtschaft denkbar".

Die breite Anwendung der Gen- und modernen Biotechnologie wird ein besonderer Beschleunigungsfaktor in diese Richtung werden. Mit der wirtschaftlichen Dualisierung geht jedoch auch eine ökologische Dualisierung Hand in Hand, die WEINSCHENK 1989²⁰⁶ in Bezug auf die Liberalisierung der internationalen Agrarmärkte - und die neuen Technologien bringen auch eine Ausweitung des weltweiten Agrarhandels mit sich (vgl. auch OECD 1989) - folgendermaßen charakterisierte: "In den fruchtbaren Gebieten produktionsorientierte intensivste Landschaftsausnutzung durch eine im Prinzip auch nach Öffnung der Binnenmärkte wettbewerbsfähige Landwirtschaft, die alle Möglichkeiten der modernen Technik bei minimaler Beachtung der damit verbundenen ökologischen Risiken nutzt, in den benachteiligten Regionen Verdrängung der mit mäßiger Intensität produzierenden Landwirtschaft, die im besten Fall durch Naturschutz orientierte Landschaftspflege ersetzt wird. Es gibt nicht wenige Ökonomen, die diese Art von Dualität begrüßen, weil nach ihrer Ansicht so nicht nur die Produktion, sondern auch der "Bedarf der Gesellschaft an Natur" nach dem Prinzip der komparativen Kosten, also auf die billigste Weise produziert wird. Ich fürchte jedoch, daß damit die Symbiose aus Landschaft und natürlichem Leben zerstört wird, ...".

14.5.5 Von der Dualisierung und Schizophrenie der Landschaft und Ökonomie

Diese Dualisierung findet seine Entsprechung in der modernen arbeitsteiligen Industriegesellschaft, die sich selbst in der Freizeit und im Urlaub entfliehen möchte. Auf der einen Seite steht eine Arbeitszeit, in der möglichst effizient, rationell und produktivitätsorientiert gearbeitet wird und in der die menschlichen Beziehungen sich auf die Funktionalität der beruflichen Aufgaben beschränken, und auf der anderen Seite steht eine Freizeit, in der man sich den Traum vom Leben zu geben hat, indem man die billig produzierten Produkte entsprechend ihren Botschaften verbraucht und indem man sich das fertige und schönste Essen auf den Tisch stellen läßt und sich Körperlichkeit, Sportlichkeit und Fitness in speziellen Institutionen kauft. Einer funktionellen Arbeitswelt steht eine nicht weniger funktionelle Wohn-, Schlaf- und Freizeitwelt gegenüber, und dazwischen befinden sich Autos, Züge, Bahnhofshallen, Asphalt und Bezingestank. Und im Urlaub, am kurzen oder langen Wochenende versucht man dieser mechanistischen und automatischen Welt zu entfliehen und hineinzutauchen in die unberührte und berührte Natur, in das friedliche und ruhige Land mit seinen Bauernhöfen und -höfchen, mit den muhenden Kühen, saugenden Kälbern und glücklichen Schweinen und Hühnern, hineinzutauchen in die flutenden Wasser, in die Sonnenstrahlen, in die Wildnis der Berggipfel und in die gastlichen Wirtshausstuben.

²⁰⁵ NIESSLER, R.; ZOKLITS, M. 1988: a.a.O.

²⁰⁶ WEINSCHENK, G.: Kritische Bemerkungen zum freien Welthandel mit Agrarprodukten. In: Agrarwirtschaft, Jahrgang 38 - Heft 8, Frankfurt am Main 1989, S.229.

Und man will vor allem auch andere Menschen treffen. Es muß ein Ort sein, wo Kinder mehr erleben können als eine Zimmerpflanze in Hydrokultur. Die Industriegesellschaft ist auch Dienstleistungsgesellschaft mit dem Tourismus als Wachstumsmotor, der durch die zunehmende Mobilisierung weltweit, überregional und regional sich auf bestimmte Gebiete und Landschaften zu konzentrieren beginnt. Verkauft werden Natur, Wasser, Licht, Luft und Sonne, Kultur, auch städtische Kultur, und Landschaften und vor allem auch die Menschen in der Kulturlandschaft. Das vormalig Selbstverständliche erhält direkt oder indirekt (über die Hotelrechnung oder über die Liftkarte) einen Marktwert. Natur und Kultur sind nicht mehr Werte für sich, sondern nur mehr Werte, weil man dafür einen bestimmten Preis verlangen kann. Dasselbe gilt für Landschaften, obwohl sie dem Geschmack eines wankelmütigen Zeitgeistes unterliegen (KOS 1991²⁰⁷: Die touristische Kulturlandschaft), und dasselbe gilt auch für die Bauern in den touristisch erschließbaren Landschaften und für ihre kulturelle Leistung in der Gestaltung der Landschaft. Tourismus ist das Hervorbringen und Realisieren einer Gegenwelt (vgl. dazu und vorher auch KRIPPENDORF 1984²⁰⁸). Die Freizeitwirtschaft interessiert sich nicht für Landschaften mit monokulturellen Äckern, wo tonnenweise Pestizide und leichtlösliche Mineraldünger verspritzt und verstreut werden, sie interessiert sich nicht für fabriksähnliche Stallungen, in denen in nicht artgerechter Form Haustiere in Massen hineingepfercht werden und digital gesteuert - oder auch nicht - automatisch gefüttert werden und sie interessiert sich auch nicht für halbnackte Legehühner in kleinsten Batteriekäfigen - es sei denn vielleicht in der Art eines sonderbaren Expertenexkursionstourismus. Im Gegenteil man ist aus wirtschaftlichen Überlegungen sogar gezwungen, große Teile der Tatsache, wie Nahrungsmittel erzeugt (produziert) werden, vor der Öffentlichkeit zu verschleiern und zu verbergen. So sind heute schon die großen Schweine- und Hühnerbestände in ihren Fabriksstallungen dem Blick der Allgemeinheit entzogen. Die Gentechnologie ist eine weitere Intensivierungs- und Rationalisierungstechnologie und fügt den agrartechnologischen Apparat, eine weitere Möglichkeit hinzu, Tiere und Pflanzen (und Landschaften) zu Nahrungsmittelmaschinen, zu reinen Objekten und Werkzeugen zweckrationalen menschlichen Handelns zu degradieren. WEINSCHENK 1991²⁰⁹ schreibt in Bezug auf die "Ethik und die Ökonomik des sorgsamsten Umgangs mit natürlichem Leben in der landwirtschaftlichen Produktion":

"Tiere und Pflanzen kann man nicht machen. Sie wachsen oder wachsen nicht ... Hühner sind zum Eier legen da, Kühe zum Milch produzieren, Schweine, um Fleisch zu liefern. Daran ist kein Zweifel. Aber sie sind nicht allein für diesen Zweck da. Das Unbehagen an der modernen Landwirtschaft beruht nicht darauf, daß Tiere für Produktionszwecke genutzt und in Verfolgung dieser Zwecke gegebenenfalls getötet werden. Das Unbehagen beruht darauf, daß das Wesen des Lebendigen hinter den Produktionszwecken mehr und mehr verschwindet.

Das Umfeld, in dem Tiere leben müssen, wird mit der Verwendung industrieller Produktionsmittel mehr und mehr auf die Hervorbringung der angestrebten Leistungen und auf die Verringerung des Arbeitsaufwandes für Haltung, Fütterung und Gewinnung des Endproduktes zugeschnitten. Dabei geht die Verformung der Lebensbedingungen so weit, daß sie selbst dem Wesen von Hochleistungstieren, das an die Bedingungen der Haustierhaltung

²⁰⁷ KOS, W.: Die touristische Kulturlandschaft. In: Sommerfrische - Zum kulturellen Phänomen der Erholungslandschaft, Denkmalpflege in Niederösterreich Band 8, Amt der NÖ-Landesregierung, Wien 1991.

²⁰⁸ KRIPPENDORF, J.: Die Ferienmenschen. Orell Füssli Verlag, Zürich und Schwäbisch Hall 1984.

²⁰⁹ WEINSCHENK, G.: Ethik und Ökonomik des sorgsamsten Umgangs mit natürlichem Leben in der landwirtschaftlichen Produktion. In: Agrarwirtschaft, Jahrgang 40 - Heft 6, Frankfurt am Main 1991, S.168 ff.

durch Selektion und Züchtung weitgehend angepaßt ist, mehr oder weniger stark entfremdet sind".

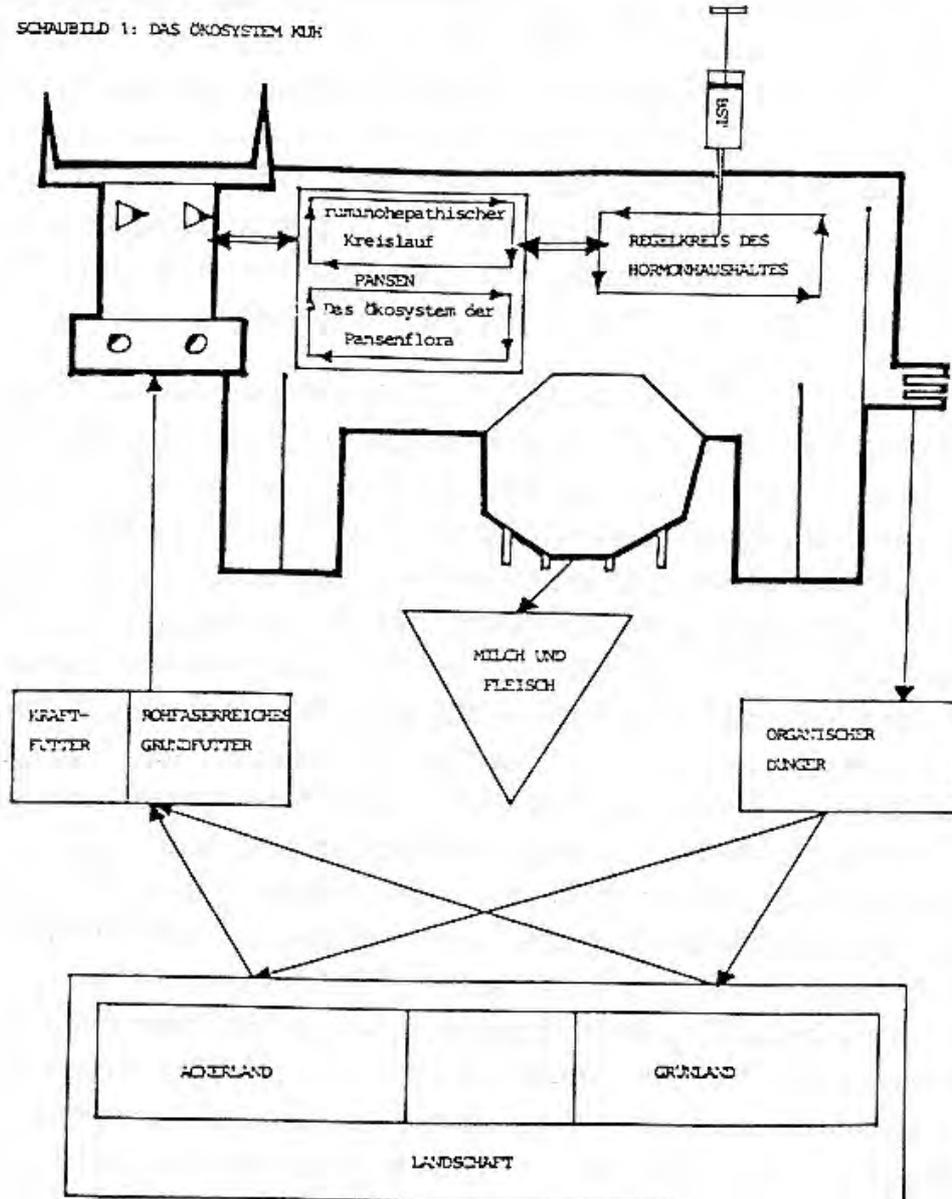
Es scheint als ob die Untrennbarkeit der Menschen und ihrer Gesellschaften von der Fähigkeit, Werte hervorzubringen und zu leben, wie in eine Mechanik kommunizierender Gefäße eingebettet ist. Wenn es Bereiche gibt - insbesondere auch bezogen auf den Modus der Landbewirtschaftung und Haustierhaltung, wo man auf die ethischen Dimensionen menschlichen Handelns verzichtet oder glaubt, auf diese aus "ökonomischen Gründen" verzichten zu müssen, so entstehen erst recht Bereiche, in denen das Bedürfnis nach Werten und ihrem Erleben artikuliert wird. Und man kann dies z.B. auch geographisch sehen. Die zweckrationale Neurose und Schizophrenie des westlichen Menschen, ihre Verdrängung, doch auch ihre Umwege und Verwirrungen durch das Spezialistentum, führten letztlich auch zu einer Neurose und Schizophrenie der Landschaft. (Man wäre geradezu verführt, einen neuen Studienzweig Landschaftspsychologie einzuführen.) Die Krankheiten der Landschaften und ihrer Ökosysteme spiegeln die Krankheiten der Menschen wider.

Um ein konkretes Beispiel aus den Möglichkeiten der Gentechnologie anzuführen, stelle man sich einen Kuhstall mit einer Hochleistungsmilchvieherde vor, in dem gerade die Kühe mit einem leistungssteigernden Wachstumshormon gespritzt werden. (Der "wertfreiere" Begriff wäre subkutane oder intramuskuläre Applikation.) Es ist nicht vorstellbar, daß man dies Touristen, den Konsumenten und ihren Kindern - kurz der Gesellschaft - zeigt, denn sonst könnte ihnen der Appetit vergehen, und ihr harmonisches Bild vom Bauernhof, das der kindlichen Seele in Form von Spielzeughastieren und Spielzeughauernhöfen (oft sogar aus Plastik) eingegeben wurde und wird, könnte einen schweren Knacks bekommen. Solche Kühe und Haltungspraktiken kann man in ihrer vollen Realität nicht herzeigen, oder es wäre krankhaft pervers, wenn Menschen regelmäßig das Bedürfnis nach solchen Bildern hätten. "In Zukunft dürfte es sich auch so abspielen, daß in jenen Regionen, wo die Milcherzeugung mit BST-Einspritzung rentabel ist, die Menschen kaum noch eine Kuh zu Gesicht bekommen; in jenen Regionen aber, wo die Milcherzeugung ökonomisch sinnlos wird, wird man dem Aktivurlauber dann einige wenige glückliche Kühe gegen Entgelt oder indirekte Bezahlung durch Fremdenverkehrsverbände vorführen - teilweise mit künstlichen Showeffekten garniert, wie sie im Tourismus zunehmend üblich werden. Das Bruttosozialprodukt läßt sich dadurch wahrscheinlich optimal steigern, denn ökonomistisch betrachtet kann man erst, wenn eine gesunde und glückliche Kuh knapp wird, dafür Eintritt verlangen." (HOPPICHLER 1988²¹⁰; vgl. auch Abbildung 44)

²¹⁰ HOPPICHLER, J.: BST-Auch Nasenspray scheint möglich. In: Achtung Turbokuh - Sanfte Chemie und die Milchproduktion, Österreichischer Kulturverlag, Thaur in Tirol 1988.

Abbildung 41: Das Ökosystem Kuh

Abbildung 44: Das Ökosystem Kuh

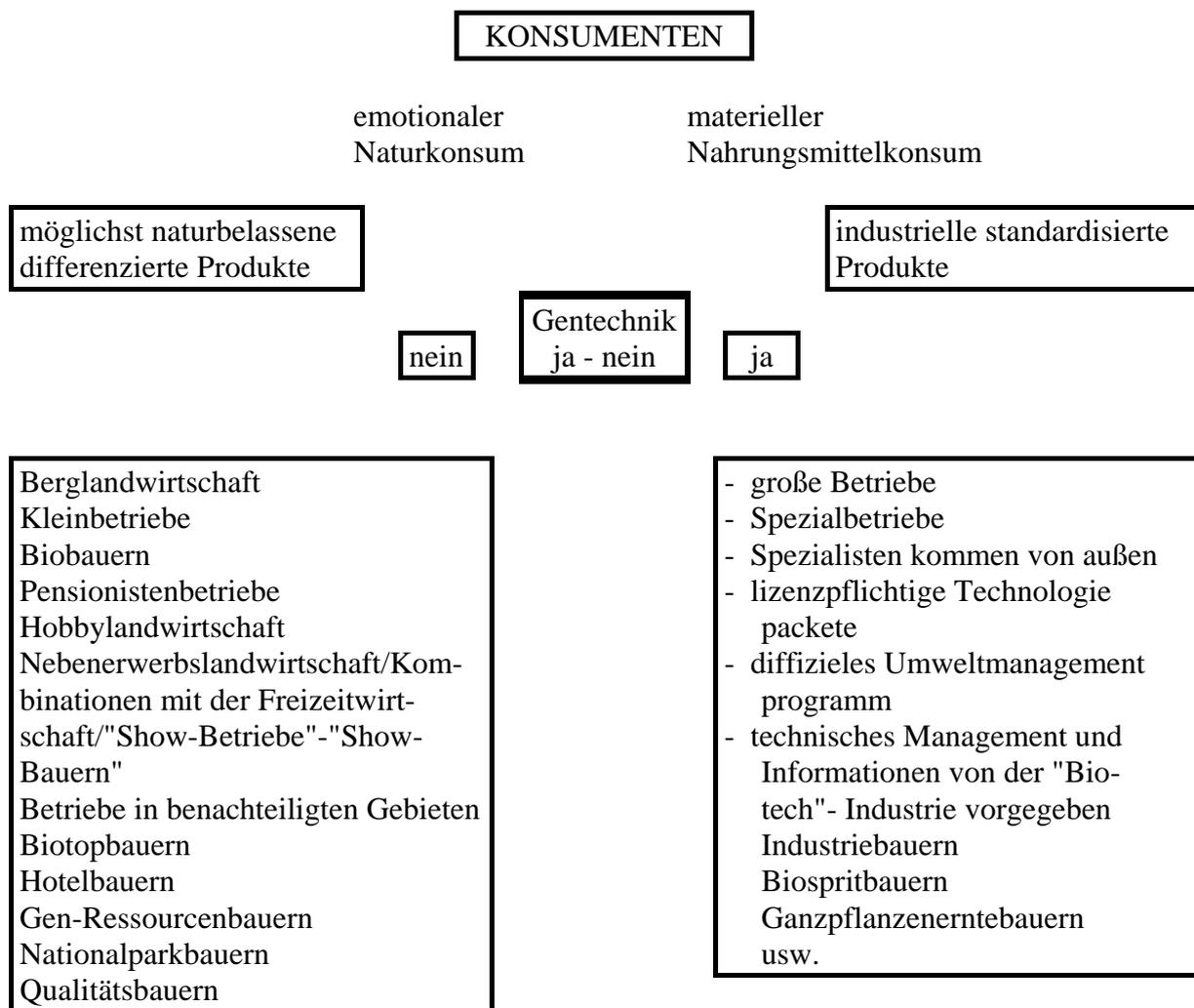


Quelle: HOPPICHLER J. 1988

Die logische Konsequenz der Dualisierung der Landwirtschaft und Ökologie oder das konträre Spiegelbild der "Industriebauern", "Biospritbauern" und "Ganzpflanzenerntebauern" sind die "Showbauern" für die wachsende Freizeitgesellschaft (vgl. Abbildung 45). So ist es durchaus realistisch zu erwarten, daß in intensiver Veflechtung mit der Tourismusindustrie eine Art "History-Land" und "Bio-Land" gigantischen Ausmaßes entsteht, welches sich z.B. über einen Großteil der Alpen erstreckt. Die Gen- und moderne Biotechnolgoie ist nicht die alleinige Voraussetzung dafür, jedoch auch kein unbedeutender Faktor, denn die Erhaltung der Landwirtschaft als solche in strukturschwachen Regionen ist nur über einen

Produktionsauftrag zu gewährleisten. Und genau der läuft in Gefahr, verloren zu gehen, oder man findet sich mit der öffentlichen Museums-, Zirkus- und Schauspielvariante dieser Landwirtschaft ab, oder man stellt die modernen Agrartechnologien zur Diskussion und unterwirft deren Anwendung und Expansion einer ethischen Eingrenzung und einer politischen Steuerung.

Abbildung 45: Duales Landwirtschaftssystem



Es ist letztlich nicht nur die Landschaft schizophran, sondern auch die Ökonomie, oder die Landschaft ist schizophran, weil die Ökonomie so ist, und es gelingt letzterer auch noch zu beweisen, daß dies eine Wohlstandsvermehrung sei. So schreibt z.B. KALTER 1985²¹¹: "If the promises of biotechnology are fulfilled, we can, in the long run, predict greater economic efficiency and improved standards of living".

Eine wertfreie Ökonomie ist gar nichts wert. Eine solche Ökonomie - sie kann nicht einmal ihr eigenes Bewertungsproblem lösen oder begründen - ist ein unreflektierter Spielball der Zeitströmungen, die den kurzfristigen, gesellschaftlichen und politischen Machtverhältnissen entspringen und ist ein billiges Werkzeug, das man so oder so verwenden kann. Eine

²¹¹ KALTER, R.: The New Biotech Agriculture: Unforeseen Economic Consequences. In: Issues in Science and Technology 125-133 (Cornell University Department of Agricultural Economics), Ithaca, New York 1985.

verantwortungsvolle Ökonomie muß sich der sozialen Frage stellen, muß sich den ökologischen und natürlichen Zusammenhängen bei- und unterordnen und muß auf einer Ethik beruhen bzw. sämtliche dieser Wertkategorien kritisch reflektieren. Man kann z.B. nicht an solchen Bildern, die aus einem Tierzuchtlehrbuch stammen, achtlos vorübergehen und zum Schluß auch noch die Rentabilität solchen Handelns beweisen:

Abbildung 46: Ohne Worte



Elektroejakulation beim Schafbock. Die von einem Dynamogerät gespeisten Elektroden sind in den Mastdarm eingeführt. Entsprechend den Stromstößen wird der Samen schubweise ejakuliert.

Quelle: Tierzuchtungslehre, herausgegeben von Gustav Comberg, Ulmer Verlag 1971²¹² und Neuauflage 1984.

Moderne Agrartechnologien überschreiten oft in weiten Bereichen die Grenzen des guten Geschmacks und sind nicht selten sogar kriminell. Eine weitreichende Technikbewertung der Gen- und modernen Biotechnologie auch in ökonomischer Hinsicht kann nicht auf die angeführten Kategorien verzichten, sondern muß seine Basis darin finden.

²¹² COMBERG, G.(Hg.): Tierzuchtlehre. Ulmer Verlag, Hamburg,Berlin 1971;(Neuauflage 1984).

15. BRAUCHT DIE LANDWIRTSCHAFT DIE GENTECHNOLOGIE

Um hier zu einer halbwegs befriedigenden Antwort zu kommen, müßte man die Landwirtschaft und die mit ihr verbundenen Agrarwissenschaften definieren, und dies ist zumindest ein so schwieriges Unterfangen, wie die Gentechnologie von der Biotechnologie zu trennen.

Ohne hier das komplexe Gebilde Landwirtschaft also zu definieren, nur einige Aussagen, die eine ökologisch ausgerichtete Landwirtschaft betreffen:

3 Aussagen von STADELMANN 1988²¹³ (Schweizer Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene):

- 1) Voraussetzung für die Verwirklichung einer ökologisch ausgerichteten Landwirtschaft ist die Kenntnis der und das Empfinden für ökologische Systeme und Zusammenhänge.
- 2) Eine landwirtschaftliche Produktion ist dann umweltgerecht, wenn bei der Produktion Luft, Boden und Wasser nicht unverantwortlich belastet werden, sowie natürliche bzw. naturnahe Ökosysteme ... und Biotope wie Moore, Magerwiesen, Wegrandvegetationen und Hecken Überlebenschancen besitzen.
- 3) Niemand, auch ein Naturwissenschaftler und Agronom nicht, wird je eine garantiert ökologisch sichere Landwirtschaft definieren können.

Von 1988²¹⁴:

- Naturwissenschaftliche Kriterien sind immer eine notwendige aber immer weniger eine genügende Voraussetzung einer umweltfreundlichen Landwirtschaft. HUBER 1988²¹⁵ (Schweizer Philosophieprofessor):
- Die ökologische Krise, deren Ausmaß allmählich erkennbar wird, stellt uns vor eine Aufgabe, die in ihrem Kern einen ethischen und politischen Charakter hat. Von der Wurzel her ist der geistige Konflikt im Verhältnis von Mensch und Natur nur dadurch einer Lösung näherzubringen, daß das Denken sich von der einseitigen Dominanz des Analytisch-Szientifisch-Technischen löst und sich dem Ganzheitlich-Gestalthaften wieder öffnet. FUKUOKA 1975²¹⁶: "Spezialisten aus verschiedenen Disziplinen kommen zusammen und betrachten einen Reishalm. Die Insektenkrankheitsspezialisten sehen nur Insektenbefall, den Spezialisten für Pflanzenernährung interessiert nur die Vitalität der Pflanze. So wie die Dinge heute stehen, ist das unvermeidlich. Als der Herr vom Forschungsinstitut bei mir die Beziehungen zwischen Reis-Blattflöhen und Spinnen untersuchte, sagte ich zu ihm: "Professor, weil Sie über Spinnen forschen, sind Sie nur an einem der vielen natürlichen Feinde der Blattflöhe interessiert. In diesem Jahr gibt es Spinnen in großer Zahl, aber voriges Jahr waren es Kröten. Und davor dominierten Frösche, es gibt unzählige Variationen." Für spezialisierte Forschung ist es unmöglich, die Rolle eines einzelnen Räubers zu einer bestimmten Zeit innerhalb des Beziehungsgeflechtes der Insekten zu

²¹³ STADELMANN, F.X.: Naturwissenschaftliche Kriterien einer ökologisch ausgerichteten Landwirtschaft; Sieben Thesen für heute und morgen. In: "Zukunftsforschung" der schweizerischen Vereinigung für Zukunftsforschung, Hg. Dr.P.Rieder, ETH Zürich 188, S.57 ff.

²¹⁴ VON AH, J.: Naturwissenschaftliche Kriterien einer ökologisch ausgerichteten Landwirtschaft: Rückblick auf die Zukunft der neunziger Jahre. In: "Zukunftsforschung" der schweizerischen Vereinigung für Zukunftsforschung, Hg. Dr.P.Rieder, ETH Zürich 1988, S. 53 ff.

²¹⁵ HUBER, G.: Konflikte im Verhältnis von Mensch und Natur. In: "Zukunftsforschung" der schweizerischen Vereinigung für Zukunftsforschung, Hg. Dr.P.Rieder, ETH Zürich 1988, S. 109 ff.

²¹⁶ FUKUOKA, M.: Der große Weg hat kein Tor - Nahrung, Anbau, Leben. pala-verlag, Tokio 1975, dt. Darmstadt 1990.

begreifen. Es gibt Jahre, in denen es wenig Blattflöhe gibt, weil es viele Spinnen gibt. Es gibt Zeiten, wo viel Regen fällt und Frösche die Spinnen zum Verschwinden bringen, andere, in denen nur wenig Regen fällt und weder Blattflöhe noch Frösche auftreten."

Es gäbe noch sehr viel mehr über die Landwirtschaft zu sagen. Doch eines dürfte klar sein, daß Landwirtschaft mehr ist als die gewinnoptimale Kombination von genetischem Material. Die Landwirtschaft der Zukunft darf sich der Verantwortung für eine "reine" Luft, für ein "sauberes" Wasser, für einen "fruchtbaren" Boden, für "gesunde" und "tiergerecht gehaltene" Tiere nicht entziehen. Diese Attribute bedeuten mehr als das Gerade- Unterschreiten von Grenznormen. Die Landwirtschaft ist derzeit von diesem gezeichneten Idealbild weit entfernt, teilweise sogar das Gegenteil, da sie sich u.a. den reinen Spezialisten aus Wissenschaft und Industrie anvertraut hat. Ob sie sich jetzt den Gentechnologen und der "Bioindustrie" anvertrauen soll, nur weil sie z.B. versprechen, sie könnten eventuell das Wasser wieder reinigen?

Kennt die Gentechnologie das Maß für die Belastbarkeit der Ökosysteme?

Kann man vierzehntägig den Kühen ein leistungssteigerndes Wachstumshormon für 10 bis 15% Mehrleistung spritzen?

Kann man alle diese Manipulationen in ein Agrarökosystem einbringen, ohne zu wissen, wie stabil und wie vielfältig diese Systeme, die selbst von den besten Computern nicht abgebildet werden können, überhaupt sind?

Soll man in einem Wirtschaftsbereich, der neben seinen ökologischen Problemen, an sich schon große soziale Disparitäten aufweist, noch eine Disparität hinzufügen?

Die Landwirtschaft würde sehr viel an ökologischer Forschung bedürfen, um zu gewährleisten, daß langfristig und auch flächendeckend die Lebensgrundlagen und die Artenvielfalt erhalten bleibt und daß sie sich optimal in ein ökologisches Konzept einpassen kann. Eine Forschung, die alle 5 Jahre 10% Mehrertrag erzeugt, dürfte dies kaum gewährleisten.

Wenn man sich die Probleme der Landwirtschaft in sämtlichen ihrer Disziplinen vor Augen führt, so ist die Beantwortung der einleitenden Frage ein leichtes.

16. DIE RAHMENBEDINGUNGEN

Durchsetzung neuer Technologien

Selbstverständlich spielt sich die Gen- und moderne Biotechnologie nicht im "luftleeren" Raum oder im "elfenbeinernen Turm" ab, wo ein "Nein" nur eine Hypothese oder eine Theorie widerlegt, sondern in der sozialen, ökonomischen und politischen Realität. Damit die Gen- und moderne Biotechnologie mit ihrem zugeordneten Potential sich durchsetzt oder nicht durchsetzt, sollte sie bestimmten Kriterien, die in Analogie zur historischen Entwicklung von Technologien (wie z.B. Elektrizität) als kritische Entscheidungspunkte ausgemacht werden, genügen oder eben nicht genügen (vgl. OECD 1989²¹⁷). Und so leicht wird eine Technologie nicht zu einer "schöpferischen Zerstörung durch technische Neuerung", wie es der Nationalökonom SCHUMPETER definierte.

Solche Kriterien, damit eine neue Technologie weitergehende Wirtschaftseffekte hervorbringt, wären (nach der OECD-Studie "Biotechnology - economic and wider Impacts" 1989⁵⁰):

- + technische und qualitative Innovation bei vielen Produkten und Prozessen,
- + erhöhte Rentabilität durch niedrigere Kosten oder qualitative Überlegenheit, oder die Erschließung neuer gewinnbringenden Märkte,
- + einen durchdringenden Effekt in allen Wirtschaftsbereichen
- die Technologie muß sozial und politisch akzeptierbar sein und
- umweltverträglich sein.

Die Gentechnologie und moderne Biotechnologie erfüllt zwar zum Teil die ersten drei Kriterien, hat aber große Probleme, die Kriterien 4 und 5 zu erfüllen. Nur in Teilbereichen der Anwendung in der Medizin dürfte sie die soziale und politische Akzeptanz erreichen, bzw. ist es immer eine Frage, wer wie eine solche Akzeptanz und Umweltverträglichkeit feststellt.

Auf der anderen Seite ist es noch nie dagewesen, daß eine an sich mächtige Technologie, die entwickelt wurde, nicht auch zur Anwendung gelangte, denn eine als verbindlich anerkannte, prospektive Beurteilung einer Technologie hat es noch nie gegeben.

Läßt es unsere ökonomische Realität vom internationalen marktwirtschaftlichen Wettbewerb überhaupt zu, auf Anwendungen ohne Testlauf zu verzichten?

Haben wir überhaupt ein politisches Instrumentarium, eine an sich mächtige aber auch gefährliche Technologie, bevor sie einen sichtbaren Schaden anrichtet, zu unterbinden? Ist die menschliche Gesellschaft, sind die Menschen noch Herr über ihre eigenen, sich beschleunigenden technischen Entwicklungen, oder hat sich das ganze Werk schon ähnlich wie in Goethes "Zauberlehrling" verselbständigt, sodaß die einzige Möglichkeit des Menschen darin besteht, einfach schwimmen zu lernen, egal wieviel Wasser heranflutet.

Trotzdem bedeutet die Tatsache, daß von offiziellen Institutionen, die Frage nach der sozialen, politischen und ökologischen Verträglichkeit neuer Großtechnologien zu stellen, akzeptiert oder zumindest erlaubt wird, einen kleinen qualitativen Sprung im Verhältnis der menschlichen Gesellschaften zu ihrem technologischen Apparat. Auch ist es kein menschlicher Zug - zumindest schon gar nicht für den westlichen Menschen - sich einem

²¹⁷ OECD 1989: Biotechnology, economic and wider Impacts, OECD, Paris 1989

technologischen Fatalismus zu ergeben. Die Lösung dieser Fragen und die Klärung des Verhältnisses zwischen Mensch und Natur wird zur Herausforderung für das 21. Jahrhundert. Und wie der Philosoph Hans JONAS (1984) meint, müßten wir uns mit einem "Moratorium" von Technologien vertraut machen. Wir haben die Wahl zwischen Moratorium und Technologiesteuerung auf der einen Seite und der Idee der Unaufhaltsamkeit der Technologien auf der anderen Seite.

Grundvoraussetzungen einer Technologiesteuerung wären:

- **Eine öffentliche und demokratische Diskussion der Auswirkungen, Gefährung und Risiken der Gentechnologie (keine Bevormundung von welcher Seite auch immer).**
- **Eine Einbeziehung der Gesellschafts- und Geisteswissenschaften in die Bewertung und Beurteilung**
- **Eine unabhängige Risiko- und Technologiefolgenabschätzung**
- **Die Bereitstellung vermehrter Forschungsmittel für eine ökologieorientierte, systemanalytische und kritische Forschung**
- **Die Trennung der wissenschaftlichen Forschung von den Interessen der Industrie**

17. EIN AUSBLICK: DIE POLITISIERUNG UND DEMOKRATISIERUNG DER (AGRAR-) TECHNOLOGIEN

Die Zukunft der sozialen und wirtschaftlichen Organisationsformen der Menschen und damit auch die Zukunft der Formen der Landbewirtschaftung wird bestimmt - und dies weltweit wirkend und gleichzeitig:

- **von der Geschwindigkeit der möglichen Transporte**
- **von der Geschwindigkeit der Information, deren Verarbeitung, Verteilung und Umwandlung**
- **von der Geschwindigkeit der Produktivitätssteigerung der industriellen Be- und Verarbeitung**
- **von der Geschwindigkeit des technischen Fortschrittes; d.h. von den angemeldeten und weltweit durchgesetzten Patenten auf technische Einrichtungen, Maschinen und Güter und von den zu erwartenden Patenten auf Pflanzen und Tiere und deren Produkte pro Zeiteinheit**
- **von der Geschwindigkeit des Konsums und der Zerstörung und der Entwertung der betroffenen Güter**
- **von der Geschwindigkeit des Auftretens des "homo-ökonomikus", d.h. ein möglichst schnell erreichbares einheitliches Verhalten von Menschen und Gesellschaften nach den ökonomischen Nutzkriterien der westlichen Welt**
- **von der Geschwindigkeit der Auflösung von Grenzen, d.h. von der Annäherung an die "Grenzenlosigkeit" (vgl. z.B. EG-Beitritt, GATT)**
- **von der Macht in den Menschen und in den menschlichen Gesellschaften, die schnellere Geschwindigkeit durchzusetzen.**

Diese Faktoren wirken alle gleichzeitig und bedingen sich gegenseitig. Das Ergebnis soll sein, daß überall auf der Erde die gleiche Taktfrequenz herrscht. "Sieger" ist der, der mehr Güter, Menschen und Tiere und Pflanzen pro Zeiteinheit bewegt und verändert und sie verbraucht.

Ob die Landwirtschaft einfach so am "Geschwindigkeitswettrennen" teilnehmen kann? Die Landwirtschaft ist nämlich ein Sektor, der mit der Tatsache leben muß (darf), daß die meisten Pflanzen zumeist 1 Jahr brauchen, um Früchte hervorzubringen, oder daß sich die Tiere immer im fast gleichen Rhythmus mit fast gleicher Anzahl reproduzieren, und daß die bisherige Beschleunigung in den Leistungen zumeist nur unter höchstem technischen und energetischen Aufwand möglich war. (Auch in der Landwirtschaft gilt das allgemeine Energieprinzip).

Wenn die Landwirtschaft hier mithalten soll oder es eben durch technischen Fortschritt kann und "muß", so ist die Auflösung der derzeit noch in weiten Bereichen darin tragenden, "eigentümlichen" sozialen, wirtschaftlichen und kulturellen Organisationsformen die logische Konsequenz. Technischer Fortschritt, der derart vehement auf die Reproduktion von Pflanzen und Tieren und deren Steuerungsmechanismus und die damit verbundenen Ökosysteme zugreift, löst die bäuerlichen Gesellschaften, deren besondere Ökonomie und die bäuerliche Kultur (bzw. deren Reste, soweit sie noch vorhanden sind) ins Allgemeine auf. Dies geht auch Hand in Hand mit einem Bedeutungsverlust ihrer traditionellen Verwaltungsinstanzen, auch dann, oder ganz besonders dann, wenn sie den technischen Fortschritt vorantreiben.

Die schneller wachsenden Pflanzen, die immer höher leistenden Haustiere und die andauernde Störung der evolutionär vorgegebenen Ökosysteme und die schneller werdende Taktfrequenz der Industrie auf den Äckern, in den Wäldern und in den Ställen läßt uns aber alle als "Verlierer" zurück. Zu hoffen wäre, daß die Zukunft des Menschen nicht allein vom Menschen und von seiner anscheinend überlegenen Intelligenz abhängt, und zu hoffen wäre, daß die Reaktionsfähigkeit und Pufferkapazität der natürlichen Systeme uns einen anderen Weg als die Beschleunigung der Geschwindigkeit finden ließe. Vielleicht sind die überlebenden Umweltkatastrophen und die sogenannten Umweltbelastungen von Boden, Luft und Wasser und deren Erkenntnis doch noch ein Glück für die Menschen, indem sie das negative "Feed-back" für die Beschleunigung sind.

Die kausalanalytische Methode des Menschen ist nicht geeignet, eine Antwort zu geben auf die Frage, welcher Wert dem technischen Fortschritt und seinem Wirken im Verhältnis zur Natur und somit im Verhältnis zur zukünftigen Landwirtschaft zukommt. Naturwissenschaft läßt sich nicht durch Naturwissenschaft rechtfertigen. Die Fragen stellen die Menschen - alle Menschen: und die Antworten geben auch alle Menschen. Und wenn wir verantwortlich handeln, so sind wir aufgerufen, überall und zu jeder Zeit Fragen nach dem technischen Fortschritt und dessen Wert für die Zukunft zu stellen und entsprechend zu antworten. Und es ist auch erlaubt "Nein-Danke" zu sagen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Gentechnologie als die Gesamtheit der Methoden zur Charakterisierung und Isolierung von genetischem Material zur Bildung neuer Kombinationen genetischen Materials sowie zur Wiedereinführung und Vermehrung des neukombinierten Erbmaterials in andere biologische Umgebung ist ein menschliches Werkzeug und weist einerseits jene Allgemeinheit mit menschlichen Tätigkeiten auf, daß man sie z.B. mit dem Holzhacken oder mit der Elektrotechnik vergleichen kann und andererseits bringt sie wie jede andere Technologie ganz neue Qualitäten mit sich, die die Einzigartigkeit ihrer Entdeckung begründen.

Ausgangspunkte der Arbeit bildeten zwei Grundthese:

1. Eine Großtechnologie, wie sie die Gentechnologie ist, hat große Auswirkungen auf das "Raumschiff" Erde.

Das betrifft die Natur, die Kultur, die menschliche Gesellschaft und den Menschen als Individuum; und das betrifft jeden von uns, egal ob wir uns als Objekte oder mitdenkende und mithandelnde Subjekte sehen.

2. Die Gentechnologie, nachdem sie einmal gefunden worden ist, wird auch angewendet, weil sie auch einen bestimmten Nutzen für die Menschen verspricht.

(Man kann sich zwar dem hohen idealistischen Ziel verschreiben, zu verhindern, daß sie auch nur irgendwo überhaupt angewendet wird. Jedoch besitzt ein solches Ziel keine realistische Perspektive mehr.) Es geht aber darum, möglichst früh sehr enge Grenzen zu ziehen, um einen katastrophalen Irrtum auszuschließen und prospektiv möglichst umfassend ihr Risikopotential auszuloten. Selbstverständlich kann diese Prospektion - man befindet sich ja auf dem Gebiet der Zukunftsforschung - nur hypothetisch sein. Die gesellschaftliche Akzeptanz einer solchen Vorgangsweise, sie anstatt der Versuchs-Irrtumsmethode zur Grenzziehung für die Anwendung der Gentechnologie heranzuziehen, wäre eine soziale und politische Innovation.

Die qualitativen Dimensionen der Gentechnologie:

Die Erkenntnisse über die sozialen, politischen, ökonomischen und ökologischen Dimensionen von vergangenen und gegenwärtigen (Agrar-) Technologien implizieren, daß auch zukünftige Technologien zu einem möglichst frühen Zeitpunkt - d.h. vor ihrer breiten Anwendung - in ihren Qualitäten einer rationalen Überprüfung unterzogen werden. Einleitend zu dieser Arbeit wurde deshalb auch versucht, die Qualität der Gentechnologie inklusive ihrer Zeit-, Raum- und Kulturwirkung im Verhältnis zur Atomtechnologie und Elektronik auszuloten.

Die Elektronik als Träger der modernen Informationstechnologie ist insofern von besonderer Bedeutung, als sie in den modernen Industriegesellschaften eine relativ hohe Akzeptanz aufweist und eine sehr geringe gesellschaftliche Gegenwehr gegen ihre Einführung bestanden hat und besteht, während die Atomtechnologie auch in ihrer friedlichen Anwendung zweifellos umstritten ist.

Die Gentechnologie ähnelt der Elektronik in folgenden Kriterien mehr als der Atomtechnologie: Sie ist relativ dezentral machbar, wenn auch nur Spezialisten mit ihr aktiv umgehen können. Sie gleicht darin der traditionellen Chemie und ist an Labors gebunden. Die

Informationstechnologie dagegen ist vollkommen dezentral und ermöglicht es fast jedem Benutzer aktiv tätig zu werden. Die Gentechnologie ist nicht wie die Atomtechnologie an wenige Produkte gebunden, sondern ist eine Innovation in vielen Bereichen (Chemie, Pharmazie, Medizin), bringt neue Produkte und bietet sich als Hilfsmittel zur Effizienzsteigerung in traditionellen Sparten der Biotechnologie und der Agrartechnologien an. Ihre industrielle Anwendungsmöglichkeit ist technisch und ökonomisch gegeben und sie kann sogar zum Großteil auf die vorhandene Infrastrukturen der Chemie und traditionellen Biotechnologie aufbauen. Dies ermöglicht aber auch die beschleunigte Überführung der naturwissenschaftlichen Grundlagenkenntnisse in den industriellen Prozess. Die weitere Entwicklung, Erprobung und Kontrolle unterliegt in weiten Bereichen dem ökonomischen Kalkül und den Interessen daraus, ohne daß ein dialektischer Reifeprozess die Technologie begleitet.

Mit der Atomtechnologie verbindet die Gentechnologie die geringe Fehlertoleranz oder - anders ausgedrückt - ihr hohes Schadenspotential bei Fehlern. Sie ist ähnlich wie die Atomtechnologie absolut nicht zum Spielzeug geeignet, und es ist kaum vorzustellen, daß eine neue Kunstrichtung wie die "Ars-electronica" aus ihr hervorgeht.

Auch wirft sie zutiefst die Existenz des Menschen betreffende ethische Fragen auf. Die Frage nach der Verantwortbarkeit, das Sein eines großen Teils der Menschheit oder die Menschheit überhaupt in ihrer Existenz zu gefährden, oder die Verantwortbarkeit dafür, daß die Möglichkeit besteht, die evolutionär entstandene genetische Vielfalt nach menschlichen Nutzenkriterien vollkommen umzubauen, - die existentielle Wette also, daß nichts passiert - steht im Zusammenhang mit der Gentechnologie im Raum und verlangt zweifellos nach einer Antwort oder zumindest nach Grenzen, die von den Menschen rational und emotional akzeptiert werden können.

Die Gentechnologie bringt aber auch ganz neue Qualitäten mit sich. Lebewesen sind zum Erstenmal in ihrer Erbsubstanz relativ gezielt manipulierbar, sofern die Wirkungskette Merkmal - zugrundeliegende Enzymwirkung (oder Enzymwirkungen) - und Gen (bzw. Gene) bekannt ist oder für eine Exaktwissenschaft in ausreichendem Ausmaß als erkennbar erachtet wird. Dies gilt für alle Lebewesen und ihre Wirkungseinheiten - und zu den Lebewesen gehört der Mensch. Beim Menschen wird die Problematik einer notwendigen Grenzfindung am offensichtlichsten.

Wenn z.B. ein Physiker wie Gerd BINNING 1989²¹⁸ schreibt: "Und diese Codes (gemeint ist der genetische Code; Anm. des Autors) sind tauglich als Bauplan z.B. für die Herstellung des Herrn Meier. Wenn ich diesen Code, der in unseren Erbanlagen vorhanden ist, lesen kann, kann ich also Herrn Meier bauen." Bei der Gentechnologie wird somit die Kategorie der Wertfreiheit einer Wissenschaft radikal zur Fiktion.

Die Möglichkeit der Manipulation von Leben, geht den Menschen zu nahe, als daß sie sich eines Werturteiles entschlagen könnten. Es handelt sich nicht nur um Werte und Grenzen, die den Menschen direkt betreffen, sondern auch darum, ob, wie und welche Werte man gegenüber der übrigen Natur gesellschaftlich verbindlich erklären und durchsetzen kann.

Weitere qualitativ eigenständige Aspekte der Gentechnologie sind die Reproduktionsfähigkeit der gentechnologisch veränderten Organismen (GVO's), die hohe Intensität des

²¹⁸ BINNING, Gerd : Aus dem Nichts - Über die Kreativität von Natur und Mensch. R. Piper, München 1989, S.48-50.

Raumanspruches bei Freisetzung in die Umwelt - die veränderten Lebewesen können letztlich überall zu finden sein - und die Schwierigkeit einen einmal begangenen Fehler mit dem Schaden kausal in Verbindung zu bringen, da Schäden im Ökosystem mit komplexen Wechselwirkungen verbunden und zeitlich zumeist erst lange nach dem Auslösungsmoment erkennbar sind. Eine exakte naturwissenschaftliche Bewertung wäre erst nach langen (extrem erst in evolutionären) Zeiträumen möglich. Ein Negativausgang des Experiments bei Nicht-Rückholbarkeit des Produktes ist ein Widerspruch in sich. Teilweise ähnelt die Gentechnologie in der Beanspruchung des Zeithorizontes und in der experimentellen Unzugänglichkeit der Atomtechnologie; teilweise weist sie sogar über jene hinaus, indem man bei erfolgter Freisetzung Abfallprodukte oder nicht mehr nützliche Organismen oder Fehlprodukte nicht wie Atommüll tief in die Erde wegsperren kann, sondern sie der "Natur" überläßt.

Erkenntnistheoretische und ethische Aspekte:

Damit ist auch aufgezeigt, daß erkenntnistheoretische und ethische Kategorien und Momente bei der Beurteilung der Gentechnologie als zukünftige Agartechnologie nicht nur den dafür vorgesehenen Spezialwissenschaften überlassen werden sollten, sondern auch im Konkreten nach einer Anwendung verlangen. Dem wurde auch in dieser Arbeit entsprochen:

**Wir sind als Menschen immer auch mit der Popper'schen Welt 2 - der geistigen Welt oder der Welt der psychischen Erlebnisse - mit dabei.
Naturwissenschaft läßt sich nicht durch Naturwissenschaft in der letzten Konsequenz rechtfertigen.**

Ethikkommissionen genügen überhaupt nicht, sondern erwecken eher den Anschein, als würden die Probleme, ganz wie es einer Gesellschaft von Spezialisten geziemt, nur an die jeweiligen Spezialisten abgeschoben, um von ihnen "technisch" gelöst zu werden, während man so tut, als ob der einzelne Mensch von seiner Freiheit und Pflicht, sich ein Werturteil zu bilden, entbunden sei, weil er technisch auch nicht kompetent sei. Alle Menschen müssen mitreden (dürfen und sollen), denn der Mensch steht zum Menschen plötzlich in einem anderen Verhältnis oder um es im Sinne des Heidegger'schen Existentialismus zu sagen, fällt der Mensch ganz anders in die Hände des Menschen.

Ein anderes Kennzeichen der modernen Tierzuchttechnik ist, daß die Akteure darin die Tiere nicht als leidensfähige Wesen und in ihrem semantischen Gegenteil als lust- und freudensfähige Wesen, die dem Menschen als Mitgeschöpfe anvertraut sind, sehen und sehen können, sondern daß den Tieren nur ein Objekt- und Warencharakter zugesprochen wird, deren Wert ausschließlich in der ökonomischen Leistungsfähigkeit besteht.

Die Anwendung der Gentechnologie in der Landwirtschaft:

Neben einer kurzen Darstellung der molekularbiologischen Grundlagen der Gentechnologie nimmt eine überblicksmäßige Beschreibung der Anwendungsgebiete der Gentechnologie breiten Raum ein. Doch auch dabei lag das Interesse nicht so sehr beim technologisch Machbaren, sondern es wurde primär versucht, das ökologische und ökonomische Beziehungsgefüge zu analysieren.

Direkte landwirtschaftliche Hauptanwendungsbereiche der Gentechnologie sind Tier- und Pflanzenzucht. Doch sind vor allem auch in einem neuen und veränderten Betriebsmitteleinsatz große Veränderungen zu erwarten und es ergeben sich dadurch auch neue Schwerpunktsetzungen und Gewichtsverlagerungen innerhalb und zwischen

den Bereichen der Landwirtschaft und der Industrie. In sämtlichen Bereichen, in denen die Industrie auf die moderne Biotechnologie setzt und mit Großanlagen zu produzieren beginnt, läßt sich direkt oder indirekt - selbst auf oft verschlungenen Wegen - eine ökonomisch und ökologisch bedeutende Verbindung mit dem land- und forstwirtschaftlichen Urproduktionssektor im umfassenden Sinne (z.B. inklusive der Bewirtschaftung der Wälder und der natürlichen Gewässer) herstellen, da die Biotechnologie immer mit organischen Substanzen als Roh- und Nährstoffe arbeiten muß, und diese nur aus der Bewirtschaftung natürlicher Ökosysteme stammen können. Damit wird die Land- und Forstwirtschaft zu einem Schlüsselsektor für eine breite industrielle Anwendung der Gen- und Biotechnologie.

In Anwendung der bisherigen Züchtungstechnologien lag das Grundprinzip darin, daß von den phänotypischen Eigenschaften auf den Genotyp geschlossen wurde. Durch die Einführung der Gentechnologie wird die Ursache-Wirkungsbeziehung in der Züchtung umgekehrt. Man schließt vom Genotyp auf den Phänotyp. Gleichzeitig ist die Gewichtsverlagerung des Züchtungsgeschehens von der relativ gezielten Kombination von ganzen stabilen Organismen einer Art auf die molekulare Ebene der Gene - und das von allen Lebewesen - für die Landwirtschaft ein absolut revolutionärer Schritt. Wenn man das Gen und die zugehörige Enzymwirkung kennt, dann kann man die theoretisch vorteilhafte Kombination herstellen. Die Adaption an die Umwelt und das Abtesten der Umweltwirkung ist erst der zweite Schritt. Die phänotypische Prüfung des gesamten neuen Organismus erfolgt teilweise mit dem Instrumentarium der traditionellen Züchtungstechnologie, teilweise besteht aber auch ein hoher Anreiz, die dem neuen Organismus zuge dachte Umwelt optimal an diesen anzupassen und nicht umgekehrt. Die Stabilisierung der Organismus-Umwelt-Beziehung verschiebt sich verstärkt in Richtung der Abhängigkeit vom Menschen und dessen Technologien.

Aufgrund dieser starken Konkurrenzsituation zur traditionellen Züchtungsorganisation - obwohl auch diese zunehmend an Leistungsgrenzen stößt und die qualitativen Veränderungen der agrarischen Produkte, die zweifellos mit der Leistungszucht verbunden sind, vom Konsumenten zunehmend weniger akzeptiert werden - wird mit der Gentechnologie nicht auf klassische Zuchtziele spekuliert, sondern vor allem auf artüber-

schreitende Kombinationen von Merkmalen oder auf ein beschleunigtes Wachstum von Wildformen, die qualitativ an sich wertvoll, jedoch in der Wirtschaftlichkeit zu ineffizient sind, abgezielt. Auch an eine Veränderung der physiologischen Grundbedingungen in den Stoffwechselwegen wird gedacht.

Weiters wird die Thematik der Auswirkungen der Gen- und Biotechnologie auf die Landwirtschaft im Rahmen dieser Arbeit in einem sehr breiten Kontext gesehen, denn neben der Lebensmittelbiotechnologie haben Anwendungsgebiete, wie Umweltbiotechnologie, neue Chemikalien, Werk-, Naturstoffe, Pharmazeutika usw. die Land- und Forstwirtschaft fast immer als Rohstofflieferant (und/oder als Abnehmer), und die Agrarökosysteme sind vom allgemeinen Industriesystem und dessen Problemen nicht zu trennen. Auch die medizinische Anwendung hat die "Tiermodelle" als Experimentierfeld und die "Erfolge" der Humanmedizin lassen sich bei den anderen Lebewesen, teilweise unmittelbar, in ökonomische Gewinne umwandeln.

Nahrungsmittel und Gentechnologie:

Die Anwendung der Gentechnologie in der Nahrungsmittelverarbeitung erbringt einen zusätzlichen Beschleunigungs- und Effizienzeffekt und ermöglicht, neue Nahrungsmittel, sogar auf molekulargenetischer Ebene definiert, zu kreieren. Sie verstärkt dabei auch die negativen Effekte des "Food-design" und bringt zusätzlich das Risiko mit sich, daß wir die gegenseitige in evolutionären Zeiträumen entstandene Anpassung zwischen natürlichen Mikroflora und Menschen aufs Spiel setzen. Durch die Nahrungsaufnahme sind wir in einen Kreislauf von Organismen und Mikroorganismen eingebunden, der sich von Nahrungsmittelverunreinigungen und Fermentationsmikroorganismen über die Darmflora bis zu den Bodenmikroorganismen erstreckt und der ohne menschliches Zutun klaglos - abgesehen von manchen Krankheitskeimen - funktioniert hat und funktioniert. Es hat einiges mit dem Begriff der Lebensmittelqualität und auch der Lebensqualität zu tun, daß man sich keine Sorgen um horizontal transferierbare Plasmide und deren mögliche ökosystemzerstörende Wirkungen oder um irgendwelche allergenen Proteine oder Enzyme, die u.a. auch von den gentechnologisch manipulierten

Pflanzen oder Bodenlebewesen stammen könnten, machen muß, sondern daß man relativ unbewußt in einer relativ intakten Biozönose leben kann. Wenn es die Gesundheit der Menschen verlangt, daß die Ernährungsweise geändert werden müßte, so sollte als Grundprinzip gelten, daß die Komposition der natürlichen Nahrungsmittel entsprechend dem Bedarf geändert wird und nicht die Nahrungsmittel selbst, in Teilkomponenten zerlegt, neu kombiniert, d.h. geändert werden. Die Zerlegung der Nahrungsmittel in ihre chemischen und genetisch determinierten Einzelbestandteile wird der Ganzheitlichkeit der fundamentalen Beziehung zwischen Mensch und Natur, die zweifellos über die Nahrungsmittel gegeben ist, nicht gerecht.

Die Ernährung wird durch die moderne Lebensmittelindustrie von deren Grundlage Landwirtschaft getrennt. Ernährung und Landwirtschaft ist nicht mehr ein System, wo der regionale Bedarf oder die Notwendigkeit nach Vielfältigkeit in der Ernährung zur regionalen und kleinräumigen Vielfältigkeit in der Landwirtschaft Anlaß gibt oder diese Vielfältigkeit sich wechselseitig bedingt, was auch dem ökologischen Standpunkt entgegenkommt, sondern die vielfältige Ernährung ist nur mehr ein Transport- und Industrieproblem, während die Landwirtschaft lediglich ein Rohstofflieferant ist, der möglichst effizient, d.h. möglichst spezialisiert oder monokulturell, Nahrungsmittelgrundstoffe bereitstellt.

Diese Trennung zwischen Ernährung und Landwirtschaft entbindet die Landwirtschaft von der Verantwortlichkeit für die Qualität der Nahrungsmittel, und auf der anderen Seite beraubt sie den Verbraucher des Wissens darüber (d.h. der Transparenz), wie Nahrungsmittel entstehen, ver- und bearbeitet und verteilt werden.

Rekombinantes bovines Somatotropin, Herbizidresistenzen und gentechnologisch veränderte Stickstofffixierung:

Das wohl bekannteste, in der Öffentlichkeit diskutierte Produkt der agrarischen Anwendung der Gentechnologie ist das sogenannte

rekombinante bovine Somatotropin (Rinderwachstumshormon oder kurz rBST bezeichnet), das durch eine biotechnologische Fermentation mit Hilfe gentechnologisch manipulierter E.-Coli- Bakterien gewonnen wird. Aber auch die Wachstumshormone anderer Nutztiere - neben dem humanen Somatotropin - werden auf dieselbe Weise gewonnen. Der Einsatz von künstlich gewonnenen Wachstumshormonen bei Tieren ist nur bei ganz wenigen Produkten derzeit in der technologischen Erprobungsphase, doch ist für die Zukunft zu erwarten, daß bei sehr vielen Lebewesen in das Wachstum und in das Leistungsvermögen wesentlich tiefer mit Hilfe dieser Technologie einzugreifen versucht wird. Künftige Konfliktfelder sind somit vorprogrammiert. Im Rahmen dieser Arbeit wird das rBST näher behandelt, da seine Wirkungen insbesondere in puncto Milchleistungssteigerung am besten untersucht sind. Auch werden die wichtigsten derzeit bekannten verändernden Wirkungen von rBST auf die Physiologie der Kuh, deren fütterungs- und züchtungstechnisches Umfeld und auf die Milchezusammensetzung und -qualität zusammengefaßt.

Eines der ersten und am schnellsten entwickelten Projekte der Anwendung der Gentechnologie bei Pflanzen war die Herstellung von herbizidresistenten Pflanzen. Man muß dadurch nicht mehr die Pflanzenschutzmittel den unterschiedlichsten Pflanzen anpassen, sondern kann sehr gezielt den umgekehrten Weg gehen. Es werden Resistenzen gegen sogenannte Totalherbizide, die gegen fast sämtliche andere Pflanzen wirken, entwickelt bzw. durch artüberschreitenden Gentransfer übertragen. Obwohl sich einige "Pros und Kontras" für diese agrartechnologische Strategie finden lassen, so bleibt das große Fragezeichen der toxikologischen Aspekte der Herbizide insbesondere in seiner Wirkung auf den Menschen (Herstellung, Anwendung, Konsumieren von Nahrungsmittel), aber vor allem auch in seiner Wirkung auf die Agrarökologie (Böden, Bodenleben, Grundwasser) bestehen. Zusätzlich werden Alternativstrategien zu den Herbiziden durch die zusätzliche Technologie der Kombination mit der Genetik der Kulturpflanzen konterkariert. Dies läßt auf Jahre hinaus die Umweltproblematik der Intensivlandwirtschaft weiter anwachsen, anstatt sie einzudämmen. Ohne daß die Agrarwissenschaften ein durchgehendes und konsistentes Wissen über die Agrochemikalien und deren Umweltwirkung haben, würde derer

Anwendung bzw. die weitere und tiefergehende Abhängigkeit von deren Anwendung durch die Kombination mit der Gentechnologie zementiert. Dies ist ein zusätzliches zur Freisetzungproblematik gentechnologisch veränderter Pflanzen hinzukommendes nicht zu unterschätzendes Ökologierisiko solcher Züchtungsstrategien.

Das gewagteste Projekt, aber auch das Projekt mit der größten potentiellen ökologischen und ökonomischen Wirkung, das man durch den Gentransfer bei Bodenmikroorganismen oder durch den Gentransfer bei Pflanzen anstrebt, ist die Verbesserung der Stickstofffixierleistung bei den bekannten Kulturarten wie Leguminosen, die Ausdehnung dieser Leistung auf andere Kulturarten und die Schaffung neuer fixierender Assoziationen oder Symbiosen. Dies ist ein sehr schwieriges Unterfangen und deshalb von den aufgezählten Anwendungsbeispielen der Gentechnologie in der Pflanzenproduktion am weitesten von einer Realisierbarkeit entfernt, insbesondere da die anvisierten Eigenschaften polygen verankert sind, und Symbiosen auf molekulargenetischer Ebene noch komplizierter identifizierbar sein dürften - sofern überhaupt identifizierbar, da sie aus einem evolutionären Prozeß entstanden sind. Sollte man trotzdem in dieser Forschungsrichtung erfolgreich sein, so sind schwerwiegende ökosystematische Störungen zu erwarten. Auch würden sich weitgehende Veränderungen in den Bodenumsetzungen und im Energiehaushalt der Böden ergeben.

Das Stickstoffproblem betrifft nicht nur das Grundwasser sondern auch die Luft. Unter den in die Luft emittierten N-Verbindungen sind die ausgesprochen umweltrelevanten Gase wie Ammoniak und Lachgas anzutreffen, wobei die Landwirtschaft der Hauptträger des Ausstoßes ist. Wenn man also die Landwirtschaft derart hochintensiviert, ist sie durchaus im Stande auch einen Beitrag zu globalen Umweltproblemen, wie Abbau der Ozonschicht oder zum Waldsterben zu leisten, da N_2O (Lachgas) von der Biosphäre nicht mehr genutzt werden kann und möglicherweise am Abbau der Ozonschicht in der Stratosphäre beteiligt ist, während das NH_3 (Ammoniak) bei entsprechender Konzentration zum Waldsterben beiträgt.

Zur Kritik der Strategie der "nachwachsenden Rohstoffe"

Es werden Anwendungsgebiete für nachwachsende Rohstoffe dargestellt und die Einsatzmöglichkeiten der Gentechnologie dabei diskutiert.

Allgemein ist zum Themenkomplex nachwachsende Rohstoffe, chemische Industrie, Biotechnologie und Gentechnologie zu sagen, daß sich das Gesamte nicht auf die simple Formel bringen läßt, daß Bio- und Gentechnologie die Chemie, insbesondere die Petrochemie ersetzt, sondern daß diese Bereiche eine zunehmende Verzahnung erfahren, wobei die Stoffkreisläufe, will man sie noch mit dem Hintergedanken einer sogenannten "Kreislaufwirtschaft" verfolgen, eine wachsende Komplexität aufweisen, die sich schwerlich logistisch erfassen läßt. D.h. die industriellen Stoffkreisläufe entziehen sich zunehmend einer menschlichen Planbarkeit und Kontrollbarkeit und gelangen in ein immer labileres ökologisches Gleichgewicht.

- Hauptsächliche Grundlage, um aus Pflanzen in großen Mengen industrielle Ersatzstoffe für die Petrochemie zu schaffen, sind primär Kohlenhydrate, die zu Bulkchemikalien umgewandelt werden, die wiederum Kraftstoffe oder Substanzen für eine standardisierte chemische Industrie sein können, oder pflanzliche Öle und Fette, die sich ebenfalls als petrochemischer Rohstoffersatz eignen. Dabei geht es entsprechend der Struktur der chemischen Industrie um große Quantitäten. Kohlenhydrate, pflanzliche Öle und Fette, selbst wenn es sich um spezielle Stoffgruppen handelt, können im Prinzip fast überall auf der Erde erzeugt werden, bzw. lassen sie sich aus den unterschiedlichsten Formen von Biomasse gewinnen. Bei liberalen Agrarmärkten, nachdem es schon schwierig ist, die nationalen oder kontinentalen Lebensmittelmärkte zu schützen (siehe Uruguay-Runde des GATT), wird die Preisbildung bei den nachwachsenden Rohstoffen somit mittelfristig und vor allem längerfristig über den Weltmarkt erfolgen, sodaß die kleinstrukturierte europäische Landwirtschaft wenig Chancen besitzt, auf diesem Sektor länger-

fristig konkurrenzfähig zu bleiben; es sei denn, sie wird entsprechend den industriellen Erfordernissen umstrukturiert.

- Biotechnologie im industriellen Maßstab wird heute primär durch internationale Großunternehmen betrieben, die standortspezifische Vorteile und die geringsten Veränderungen der Weltmarktverhältnisse optimal zu nützen trachten. Produziert wird deshalb mit großen Einheiten an jenen Orten werden, wo die Differenz zwischen den Kosten an Rohstoffen und Produktionsfaktoren und den Erträgen ein Gewinnmaximum ergibt.
- Nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie zu erzeugen, setzt eine intensive Verflechtung zwischen Landwirtschaft und Industrie voraus, die in einen verstärkten Vertragsanbau mit längerfristigen Abhängigkeiten mündet, ohne daß die Chance einer alternativen Umstrukturierung der Landwirtschaft in Richtung eines nachhaltigen Landbaues genützt werden kann.
- Die Industrie wird ihre Machtposition über Integration des Vorleistungssektors, über zusätzliches Know-how-Angebot, über die Durchsetzung von Pflanzenpatenten, über besondere Dienstleistungen und durch Verträge gegenüber der Landwirtschaft auszubauen versuchen. Daß die Landwirtschaft zum gleichberechtigten Schlüsselsektor für die chemische Industrie werden könnte, wird damit vorgebeugt.
- Wie bereits angedeutet, muß die heimische Landwirtschaft, will sie konkurrenzfähig nachwachsende Rohstoffe in größeren Mengen bereitstellen, auch strukturell, produktionstechnisch und organisatorisch umstrukturiert werden. Ganzpflanzenerntesysteme, neue Kooperationsformen beim Abtransport der Ernte und in den ersten Aufbereitungsstufen werden derzeit schon diskutiert.
- Die Wettbewerbsstellung landwirtschaftlicher Produkte wird durch eine weitere Homogenisierung zusätzlich geschwächt. D.h. die Produkte, insbesondere solche wie nachwachsende Rohstoffe, werden noch weniger differenzierbar und damit qualifizierbar, als sie es als Nahrungsmittelgrundstoffe schon waren. Damit entfernt sich die Landwirtschaft weiter vom Konsumenten. Die gleichzeitige Nähe zu großen Konzernen, die allein die Rohstoffstrategie

wahrnehmen können, läßt die Frage auftauchen, ob die Steuerzahler überhaupt bereit sind, eine solche Landwirtschaft zu fördern oder zu subventionieren, denn die Erwartungshaltung der Konsumenten an die Landwirtschaft richtet sich primär in jene Richtung, daß die Landwirtschaft möglichst gesunde und rückstandsfreie Nahrungsmittel produziert und gleichzeitig zur Landschaftsgestaltung und Umwelterhaltung einen positiven Beitrag erbringt. Zunehmend nur unter diesen Gesichtspunkten ist die Budgetsolidarität mit der Landwirtschaft gegeben und nicht für industrielle Strategien zusammen mit dem multinationalen Agrobusiness. Damit gerät die Agrarpolitik insbesondere auch bei der Interessensvertretung einer "bäuerlichen" Landschaft noch weiter in die Defensive.

- Letztlich geht es darum, will man mit Hilfe nachwachsender Rohstoffe Bulkchemikalien erzeugen, große Mengen an verwertbarer Biomasse bereitzustellen. Nachdem diese Pflanzen nicht mehr direkt in die Nahrungsmittelerzeugung gelangen, kann auf das Kriterium, keine Agrochemikalien mit gesundheitlich bedenklichen Rückständen einzusetzen, verzichtet werden.
- Daß es bei der Biomasseproduktion um hohe Masseerträge pro Hektar geht, wo die chemischen Düngemittel und Pflanzenschutzmittel nach dem Grenzkostenprinzip eingesetzt werden und wo sich auch die Pflanzenzüchtung danach auszurichten versucht, möglichst düngungswürdige, hoch ertragreiche Pflanzenarten und -sorten bereitzustellen, dürfte die wahrscheinlichste Option eines Rohstoffpflanzenbaues sein.
- Das Kreislaufprinzip natürlicher Ökosysteme, das auch als grundlegende Dimension - wie vielfach versprochen wird - in den industriellen Prozeß eingeführt werden könnte, läßt sich dadurch nicht oder kaum realisieren:
 - o Da die derzeitige Landwirtschaft selbst 30% bis 50% des eigenen energetischen Outputs, ohne daß die Energie im nachgelagerten Bereich berücksichtigt wird, als Vorleistung benötigt.
 - o Da auch die Industrie nicht ein geschlossenes, sondern ein offenes System ist (z.B. Wasserverbrauch, Chemikalien zur Aufbereitung).

- o Da das Aufbrechen biologisch und ökologisch vernetzter Kreisläufe und ihre Überführung in industrielle Systeme die Einbeziehung in die Vielfaltigkeit und Kleinräumigkeit natürlicher Systeme vielfach ausschließt.
- Von der Agrarökologie aus betrachtet wären vor allem folgende Kriterien zu beachten:
 - * **eine dezentrale Aufbringung (Fruchtfolge, keine Maximalerträge)**
 - * **eine dezentrale Verteilung organischer Produkte und Abfälle bei Rückführung in die Landwirtschaft entsprechend der Aufbringung**
 - * **eine Schadstofffreiheit der organischen Produkte und Abfälle bei Rückführung in die Landwirtschaft**
 - * **eine dem Bedarf angepaßte vielfältige Zusammensetzung der Produkte und Abfälle bei der Rückführung (z.B. reifer Kompost)**

Die industriellen Prinzipien und ihre ökonomischen Implikationen konterkarieren diese Prinzipien fast auf allen Ebenen, es sei denn, es gelänge durch logistisch komplexe Organisationen die gleiche Komplexität bei den "Up-stream-Prozessen" der nachwachsenden Rohstoffe zur industriellen Prozessierung und zum Konsum auch auf die "Down-stream-Prozesse" der Abfälle aus dem Konsum nach eben erwähnten Kriterien anzuwenden.

- Das Potential der landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffe z.B. als Kraftstoffersatz ist in den Industrieländern im Vergleich zum derzeitigen Verbrauch als äußerst gering einzustufen. Z.B. könnten in Österreich durch die Gewinnung von Rapsölmethylester - und dasselbe gilt für die Ethanol- oder "Biosprit"erzeugung" - auf ca. 300.000 ha Überschußfläche lediglich ca. 1,4 % des österreichischen Netto-Energiebedarfes von ca. 750 Mio. GJ ersetzt werden. Dabei ist der Energieverbrauch des Raps- oder des Getreideanbaues und der Energieverbrauch zur Erzeugung des Rapsölmethylesters bzw. des Ethanols gar nicht mit eingerechnet. Z.B. weist nach BRD-Studien Rapsölmethylester ohne Nebenproduktbewertung nur einen Energiebilanzkoeffizienten von 1 : 1,2 und "Biosprit" nur einen solchen von 1 : 1,1 auf.

- Die Verbindung, bevor sie in großem Maßstab angewendet wird, zwischen Biotechnologie, auch ohne Gentechnologie, und der Landwirtschaft auf der Basis nachwachsender Rohstoffe sollte einer gründlichen Umweltverträglichkeitsprüfung unterzogen werden. Dabei müßte es primär um die Frage gehen, ob und unter welchen Bedingungen eine ökologisch ausgerichtete nachhaltige Landwirtschaft in Kombination mit "nachwachsenden Rohstoffen" möglich ist. D.h. eine Prüfung aus ökosystemarer Sicht, was den Bodenschutz und die Erhaltung der Lebensgrundlagen (Grundwasser-, Boden und Artenschutz) betrifft, sollte Grundlage für weiteres agrar- und industriepolitisches Handeln sein.

Diese Defizite in der Strategie der "nachwachsenden Rohstoffe" werden auch am Molkeproblem bei konzentrierter Molkereistruktur und am Problemfall der Energiebilanzen, wenn mit landwirtschaftlichen Produkten Energie zu erzeugen versucht wird, beispielhaft aufgezeigt.

Das Risiko der Gentechnologie:

Den Begriff des Risikos im Zusammenhang mit der breiten Anwendung von modernen industriellen Technologien in der Landwirtschaft zu verwenden, hat seine empirischen Grundlagen darin, daß wir durch die Chemisierung der Landwirtschaft die Erfahrung gemacht haben, daß nicht nur die erwünschten Hauptwirkungen eingetreten sind, sondern daß vor allem die unerwünschten Nebenwirkungen mit schwerwiegenden Kontaminationen unsere Lebensgrundlagen (Boden, Wasser, Luft) heute die Qualität der Landwirtschaft bestimmen. Wenn wir heute feststellen, daß polychlorierte Kohlenwasserstoffe (wie DDT, Heptachlor, Aldrin, Dieldrin, Hexachlorbenzol (HCB) u.a. aus Insektiziden und Fungiziden in der Muttermilch, in der Kuhmilch, im Fleisch oder in pflanzlichen Fetten und Ölen vorkommen oder daß Rückstände aus Tierarzneimitteln und Masthilfsmitteln, seien sie teilweise erlaubt (Antibiotika) oder auch nicht (Hormone), in die Nahrungskette gelangen oder wenn festgestellt wird, daß "beträchtliche Grundwasserreserven (z.B. im Leibnitzer Becken) mit diesen Herbiziden (gemeint sind Atrazin und Simazin) kontaminiert und zum Teil unbrauchbar geworden sind" - und die Liste der

systematischen Vergiftung und Gefährdung unserer Umwelt durch industriell-technologische Praktiken in der Landwirtschaft ließe sich fast beliebig fortsetzen -, so war die Chemisierung und die Einführung von industriellen Praktiken in die Landwirtschaft nicht nur ein Risiko, sondern eben geradezu die optimale Erfüllung des Ungewollten.

So dient ein Großteil der Naturwissenschaften und auch der Agrarwissenschaften nicht mehr zur Erforschung der Natur oder zur "intelligenten" Nutzung der Natur, sondern ist bereits damit beschäftigt, ihr eigenes unzulängliches Ergebnis zu korrigieren - und das mit der gleichen Methodik, sodaß man sich in einem Raum der Problemlösung der eigenen Problemverursachung, d.h. in einem "Faß ohne Boden" befindet. Dies hat schwerwiegende Konsequenzen nicht nur am anscheinend exakten Boden der Naturwissenschaften, sondern vor allem auch gesellschaftspolitischer Natur. Wenn z.B. ein spezialisierter Agrarwissenschaftler einen Artikel mit dem Titel "Auf dem Weg zur schadstofffreien" Milch versieht, so steht damit sofort die Frage im Raum, wie die Schadstoffe dort hineingekommen sind. Wir sind nicht mehr "Opfer einer anscheinend unwirtlichen Natur", sondern schon längst "Schuldige an einer traktierten Natur" und es geht schon längst darum, die von Wissenschaft, Technik und Wirtschaft hinterlassene "second-hand"-Natur mit den letzten vorhandenen Möglichkeiten zu stabilisieren.

Die Erfahrungen, die also die landwirtschaftliche Praxis durch die unkritische Anwendung spezialwissenschaftlicher Ergebnisse und durch ihre breite technologische Umsetzung und durch die unkritische Unterwerfung unter das ökonomische Kalkül gemacht hat, sind geeignet und in ihrer Qualität und Dimension so einschlägig, daß man den neuen Technologien wie der Gentechnologie mit großer Skepsis und mit einem Maximum an kritischem Wissen gegenüber treten muß. Dabei werden diese technologischen Fortschritte in den gleichen universitären und privatwirtschaftlichen Laboratorien erzeugt und von den gleichen Institutionen propagiert, die vormals die Entwicklung der Agrarchemie und die landwirtschaftliche Intensivierung getragen haben und noch immer tragen.

Das Risiko, das vergangene industrielle Agrartechnologien mit sich brachten und das sich letztlich in eine unwirtliche Realität verwandelt hat, dessen Konsequenzen aber vielfach erst in ersten Ansätzen

erkennbar sind, und das Risiko, das die neuen Agrartechnologien mit sich zu bringen drohen, hat nichts mehr mit dem individuellen Risiko des Bergsteigens oder des Autofahrens usw. zu tun, sondern ist ein kollektives Risiko, das eine enorme gesellschaftliche und politische Dimension erhalten hat. In diesem Sinne sind solche Risiken auch nicht mit mathematischen Formeln oder Modellen erfaßbar oder durch Floskeln wie höchst "unwahrscheinlich" eingrenzbar, sondern bedürfen einer umfassenderen Definition. Moderne industrielle Risiken von Großtechnologien besitzen somit immer auch eine gesellschaftspolitische Komponente.

Die Wahrnehmung des Risikos der Gentechnologie hängt auch davon ab, welche Sichtweise über die Natur man als gültig erklärt; ob man ein deterministisches Naturbild sich zurechtlegt, das sich vollständig durch naturgesetzliche Beschreibungen bestimmen läßt, oder ob man die Instabilität und die Dynamik der Natur akzeptiert und respektiert. Auch die naturhistorische Betrachtung - d.h. die evolutionstheoretische Konzeption - die man seinem Denken und Handeln zugrunde legt, ist entscheidend, wie das Risiko der Gentechnologie wahrgenommen wird. Von Bedeutung ist auch die Frage, wer, wie die Sicherheit oder Unsicherheit beweisen muß, und welche Regeln und Machtverhältnisse im gesellschaftspolitischen Entscheidungsprozeß letztlich zur Anwendung gelangen.

In der konkreten Risikodebatte der Gentechnologie geht es primär um zwei Modelle:

- Das additive Modell, das besagt, daß das Gesamtrisiko der Gentechnologie nicht größer sein kann als jenes aus der Summe der beteiligten Organismen und Gene
- Das kontextorientierte Modell, das besagt, daß erst die unterschiedlichen und neuen Interaktionen der Gene und ihr Verhältnis zur Umwelt das Risiko bestimmen, wobei erst in der retrospektiven Betrachtung des Verhaltens in der Umwelt Schädigungen auszumachen sind. "Restrisiken" sind deshalb nicht vernachlässigbar und deshalb analytisch interessant, weil sie nicht nur ein Rest sind, sondern eben das eigentliche Risiko.

Setzt man sich aber mit dem sogenannten "Restrisiko" aus der Blickrichtung des kontextorientierten Modells näher auseinander, so lassen sich sehr leicht Vorstellungen oder Hypothesen über dieses Risiko gewinnen. Die Diskussion erinnert dabei frappant an die Risikowahrnehmung im Zusammenhang mit der vergangenen Kontroverse um die Atomtechnologie und dies kommt nicht von ungefähr. Der Begriff des "hypothetischen Risikos" wurde sogar in der Atomtechnologiedebatte geprägt und weist dabei folgende Charakteristiken auf:

- **Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist möglicherweise gering aber dennoch größer als Null.**
- **Der Kausalzusammenhang zwischen Risikoquelle (d.h. einer bestimmten gentechnischen Manipulation) und dem eingetretenen Schaden ist nicht oder nicht sicher nachweisbar.**
- **Das maximale Schadensausmaß ist untolerierbar hoch,**
- **und das klassische begrenzte Versuchs-Irrtumsverfahren, das wissenschaftliche Experiment, ist nicht mehr anwendbar, sondern die Auswirkungen sind nur mehr im unbegrenzten Versuchs-Irrtumsverfahren, also in der Realität und ihren Zusammenhängen, erlebbar.**

Um ein Beispiel aus der vergangenen Technologieentwicklung zur Verdeutlichung des hypothetischen Risikos heranzuziehen, - auch herkömmliche Technologien beinhalten somit eine Art hypothetisches Risiko, was die wissenschaftliche Methodik der Bestimmung der Realität durch das Experiment grundsätzlich relativiert - sei auf die Entstehung des Ozonlochs unter Beteiligung der Fluorkohlenwasserstoffe (FCKWs) hingewiesen: Wer hätte vor 30 oder 20 Jahren jemals daran gedacht, daß Haarsprays, Körpersprays und sonstige Sprays oder Kühlschrankschrankflüssigkeiten jemals für ein Ozonloch am Südpol - sofern die gegenwärtigen Theorien stimmen - primär mitverantwortlich sein könnten? Welches Gelächter und Unverständnis hätte wohl ein solcher Wissenschaftler um 1955 hervorgerufen, der gesagt hätte: "Bitte keine Duftstoffe unter die Achsel sprühen, weil am Südpol". Hypothetische Risiken haben somit etwas sehr Reales an sich, und retrospektiv sie trotz unseres anscheinend so sicheren objektiven wissenschaftlichen Wissens zu erleben und sich ihrer bewußt zu werden, gibt ihnen eine Qualität, die

an Absurdität grenzt. Die These, daß unsere objektiven Wissenschaften richtig prognostizieren, ist zu bezweifeln, denn falls sie richtig prognostizieren, so immer nur für einen Detailbereich oder Spezialbereich, wobei das im Detail und im Speziellen Richtige etwas ganz Falsches für das Gesamte sein kann.

Selbstverständlich kann man sich beispielhaft eine hypothetische Katastrophe in der Landwirtschaft, verursacht durch Gentechnologie, sehr leicht herleiten, wobei sogar mehr an Kausalität gegeben ist, als in der analogen Retrospektive von FCKW's und Ozonloch am Südpol. Zwei Beispiele:

Man stelle sich eine Ziege oder eine Kuh und einen Menschen vor und beginne sämtliche ökologischen und sonstigen Beziehungen rund um diese beiden Zentren einzuzichnen, und man überlege sich, welche gentechnologischen Manipulationen innerhalb dieser Beziehungen derzeit schon forschungsmäßig in Angriff genommen wurden. Also z.B. eine manipulierte Ziege mit erhöhtem Wachstumshormonspiegel und mit neuen Stoffwechselwegen; manipulierte Pansenbakterien zur Verdauung von Stroh oder für eine erhöhte Kraftfuttermittelerträglichkeit sind auch vorhanden. Diese Ziege gibt eine veränderte Milch (z.B. ohne Laktose oder mit einer anderen Eiweißzusammensetzung). Die Milch wird mit gentechnologisch veränderten Bakterienkulturen und neuartigen Enzymen, wiederum gewonnen mit Hilfe der Gentechnologie, weiterverarbeitet und gelangt dann zusammen mit dem Fleisch, das durch das gentechnologisch gewonnene Enzym Papain aufgeweicht wird, zum Menschen. Gleichzeitig wurde die Ziege mit manipulierten Viren geimpft und vom Tierarzt mit neuartigen Leistungssteigerern versehen. Die Ziege scheidet Kot und Harn aus. Davon wird Biogas gewonnen, aber nicht durch einen gewöhnlichen anaeroben Prozeß, sondern dieser wird mit Hilfe manipulierter Bakterien optimiert. Das gleiche geschieht mit den organischen Abfällen des Menschen. Die verwertbaren Abfallstoffe werden noch mit Hilfe manipulierter Mikroben umwelttechnologisch von chemischen Schadstoffen gereinigt und gelangen wieder auf die Äcker und Wiesen. Dort wachsen manipulierte Pflanzen mit Bakteriengeneten oder Herbizidresistenzen und diese werden zusätzlich von manipulierten Viren gegen Insektenschädlinge geschützt. Neue stickstofffixierende Boden-

bakterien dienen als Superdünger, und die manipulierte Ziege ißt zum Schluß das Gras mit der veränderten und auf sie hin optimierten Proteinzusammensetzung. Und das alles findet in einer Biosphäre mit wachsendem Ozonloch und Treibhauseffekt statt. Der Mensch aber ißt noch andere Nahrungsmittel ebenfalls von manipulierten Pflanzen oder einfach Einzellerprotein aus der Fabrik. Und in jedem Teilbereich möchte irgend jemand seinen ökonomischen Nutzen maximieren.

Man kann nur hoffen, daß die Ökosysteme und der Mensch stabil genug sind, um sämtliche Manipulationen zu überleben. Wenn nicht, ein Pessimist dürfte sagen: die "Ökogaus" sind eingeplant. Ein Optimist wird sagen: Die Umwelt wird zum Dauerpatienten.

Zweites Beispiel: Man stelle sich nur irgendwelche freigesetzten GVO's, die irgend ein neuartiges Enzym absondern, oder irgendwelche physiologisch hochwirksamen neuen Proteine aus der Gentechnologie, die in geringsten Mengen wirken und eine weite Verbreitung in der Umwelt erfahren, vor. Diese Absonderungen oder Substanzen erzeugen beim Regenwurm eine Allergie, sodaß jener nicht gleich abstirbt, sondern "nur" seine Umsatzleistung im Boden und seine Fitness jährlich ein klein wenig reduziert. Nehmen wir z.B. jeweils 5% an, so ergibt es sich, daß nach ca. 20 Jahren nur mehr ein Drittel der Aufarbeitungs- und Bodenverbesserungsleistung gegenüber einer gesunden Population an Regenwürmern vorhanden ist. (Und es gibt noch sehr viele andere für die Landwirtschaft bedeutende Bodenlebewesen.) Eine entscheidende Frage wird dann sein, bis zu welchem Zeitpunkt wir Menschen eine solche schwere Schädigung des Agrarökosystems im nachhinein kausal richtig interpretiert feststellen würden. Zum Schluß müßten die Landwirte den Gentechnologen dann noch dankbar sein, wenn diese ihnen schnell resistente transgene Regenwürmer anbieten könnten. usw.

Das Ökologierisiko der Gentechnologie, allein festgestellt in Analogie zur Chemieanwendung, wird von den Spezialwissenschaften bei weitem unterschätzt und seine Ignoranz sollte nicht die Grundlage für verantwortungsvolle politische Entscheidungen sein.

Freisetzungen gentechnologisch veränderter Organismen in die Umwelt sollten beim derzeitigen ökologischen Kenntnisstand nicht durchgeführt werden, bzw. ist dies auch eine prinzipielle Frage.

Es kommt nicht darauf an, wie man die Einzelfälle und die Einzelstufen der Freisetzung beurteilt, sondern es kommt auf das Gesamte an. Würde man nur von Fall zu Fall oder von Stufe zu Stufe (case by case and step by step) so läßt sich immer irgend ein positives gewichtiges Argument für ein Freisetzungsexperiment anführen. Das Risiko würde sich dann nur mehr in einem Teilbereich, den man auszuschließen versuchen könnte, befinden oder als vernachlässigbares Restrisiko identifiziert werden. Demnach wäre nicht die Gesamtkonzeption falsch, sondern nur "kleine Teile"; nicht bedenkend, daß ein kleiner Teil das Gesamte bestimmen kann.

Auswirkungen auf die Agrarstruktur:

Die Frage nach den sozialen und wirtschaftlichen Konsequenzen der Gen- und modernen Biotechnologie für den Agrarsektor ausreichend zu beantworten, ist insofern ein schwieriges Unterfangen, als voraussetzen wäre, daß es eine einheitliche und überprüfbare Theorie der Sozialwirkung einer Technologie, die zum Großteil erst in den Labors und in den Köpfen von Spezialwissenschaftlern und Industriestrategen existiert, gibt. Nachdem man aber von einer solchen Theorie weit entfernt ist, können nur heuristische Annäherungen an die Problematik vorgenommen werden. Auf eine Theoriebildung kann weiters nicht verzichtet werden, da zumindest "wissenschaftliche" Vorausagen oder Prognosen immer auf einer Abstraktion beruhen, die aus vergangenen und gegenwärtigen Zusammenhängen und deren Dynamik abgeleitet werden.

Sozioökonomische Wirkung von Technologien - Versuch einer Theoriebildung:

Es wird dabei davon ausgegangen, daß die anwendbare Technologie und die daraus notwendige Arbeitsorganisation unser zukünftiges gesellschaftliches Sein bestimmen. Unter Technologie wird dabei nicht eine Einzelkomponente einer Fertigungs- oder Anwendungsmöglichkeit verstanden, sondern eine Summenwirkung aus allen gegebenen technologischen und organisatorischen Möglichkeiten. (Technologie ist immer nur im Kontext wirksam und nie für sich allein). Eng damit verbunden ist der Komplex des Zusammenwirkens von Technik, Arbeit und gesellschaftlicher Organisation. Technologie bestimmt demnach unter den Verhältnissen einer kapitalistischen Produktionsweise, welche Ressourcen Verwendung finden, wie der Arbeitsprozeß eingeteilt wird, und wer daran wie teilnehmen kann und wer nicht.

Selbst wenn man in einer kritischen Reflexion einer technologischen Determination sozialer Veränderungen letztlich nur sehr bedingt zustimmen kann, denn Technologie ist ja wiederum von sozialen, politischen und kulturellen Verhältnissen abhängig, so zeigt sich doch, daß das Hervorbringen und Annehmen von neuer Technologie und der produktive Umgang damit zum zentralen gesellschaftlichen Moment in den Industrieländern geworden sind. Nicht nur neue Technologien wirken auf und in die Gesellschaft, sondern die Gesellschaft selbst sieht es bereits als ihre zentrale Aufgabe an, andauernd technologisch innovativ zu sein. Unsere Stabilität beziehen wir vom Wirtschaftswachstum, welches nur durch technologische Neuerungen aufrechterhalten werden kann. Sich-zu-verändern wird damit zum stabilen Faktor. Innovation, Flexibilität und Mobilität sind nicht nur Modewörter, sondern sie verheißen uns soziale Sicherheit und sozialen Aufstieg und bedürfen gleichzeitig einer umfassenden Konsummoral. Daran nicht teilzunehmen ist geradezu unmoralisch. Sie charakterisieren auch die vorherrschende Ideologie in den westlichen Industrieländern. Alles was mehr als 10 Jahre Bestand hat, ist schon ein Wunder und ab einer Lebensdauer von 20 Jahren werden die Gegenstände zur Antiquität. Unser Problembewußtsein reduziert sich auf eine technologische Machbarkeit, das soziale Gefühl kann man durch die Berechenbarkeit anhand von Statistiken ersetzen, und

das Unverständnis für die Probleme der 3. Welt gipfelt in dem Versuch, ihre Probleme mit unseren Technologien zu lösen. Dasselbe gilt für Umweltprobleme.

Technologie wird zunehmend zur gesellschaftlichen Determinante, weil ihr Hervorbringen, ihre Anwendung, ihr Konsum und ihre Vermittlung zur Ideologie erhoben wurde und wird. Auch der Begriff Ulrich BECK's von der Risikogesellschaft ist in diesem Zusammenhang zu sehen. Technologie ist zum zentralen Dogma der Industriegesellschaft und der postindustriellen Freizeitgesellschaft geworden. Sie in Frage zu stellen, erzeugt ein ähnliches Verhältnis wie zwischen "Papsttum und Ketzerei" im Mittelalter.

Agrartechnologien im historischen Kontext:

In einer Zusammenfassung der historischen Analyse im Verhältnis von Technologie und Agrarstruktur lassen sich folgende Thesen postulieren:

1. Industrielle Technologie war an der Entstehung der Agrarstruktur nicht direkt beteiligt und hatte bis in die Zeit nach dem 2. Weltkrieg keinen Einfluß auf ihre Entwicklung. Die ursprünglichen Agrarstrukturen und ihre Veränderungen waren ein Produkt der politischen und gesellschaftlichen Machtverhältnisse und von deren krisenhaften Entwicklungen.
2. Industrielle Agrartechnologie wurde ursprünglich nicht für die Landwirtschaft entwickelt, sondern war Nebenprodukt der allgemeinen Industrialisierung. Der Maschinenbau und die Chemie hatten an ihrem Beginn, und noch lange nachher, nicht die Bauern als Zielobjekt anvisiert, sondern diese erst viel später als ihre Konsumenten entdeckt. Auch stand der Industrie durch die konservative Ideologisierung und wegen des reichlichen Arbeitskräfteangebotes und des fehlenden Kapitals keine "neugierige" Nachfrage gegenüber.
3. Es gab zwar einen nicht unbeachtlichen biologisch-technischen bzw. angepaßten inneragrarischer Fortschritt in den Bewirtschaftungssystemen und in der innerbetrieblichen Organisation der Betriebe bis zum 2. Weltkrieg. Dieser Fortschritt war aber weitgehend strukturell neutral und gekennzeichnet von einer betrieblichen Organisationsvielfalt.
4. Die Art und Weise des modernen Fortschritts in der Landwirtschaft wurde nicht von den Bauern selbst bestimmt bzw. entwickelt und geistig antizipiert, sondern von außen vorgegeben und in sie hineingetragen. Eine kritische Reflexion darüber fand nicht oder nur mit Ausnahmen statt.
5. Die Ideologisierung der Bauern spielte eine entscheidende Rolle, sowohl was die Nichtanwendung als auch die Anwendung von industriellen Agrartechnologien betraf und betrifft.

6. Die ideologische Umorientierung der Bauern und das Einbringen von Kapital in Form von industriellen Technologien erzeugte den modernen Strukturwandel und löste die Vielfältigkeit des vormaligen biologisch-technischen Fortschritts auf. Der Strukturwandel ist neben der Wirkung der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung primär - und das in wachsendem Ausmaß - technologiebedingt. Die Zunahme in der Arbeits- und Flächenproduktivität und die Konkurrenzstellung zum industriell-gewerblichen Sektor führte zum Ausscheiden einer großen Zahl von Arbeitskräften aus der Landwirtschaft. Rationalisierung, Spezialisierung und Intensivierung und Konzentrationstendenzen (insbesondere in der Tierhaltung) sind eine sich selbst bedingende Folgereaktion, deren "höchste" Entwicklungsstufe die industrielle Massentierhaltung ist.
7. Gleichzeitig entfaltete der technologische Fortschritt ein differenzierendes Potential bezüglich der landwirtschaftlichen Einkommen, in regionaler Hinsicht, bezüglich der natürlichen Voraussetzungen (Produktionserschweris) und unterschiedlichen Betriebsgrößen, was zu sich verstärkenden inneragraren Disparitäten führte. Der industrielle agrartechnische Fortschritt orientierte sich an den begünstigten Gruppen landwirtschaftlicher Betriebe.
8. Der technologische Fortschritt hatte nicht nur große soziale Folgewirkungen, sondern brachte auch vielfältige negative ökologische Konsequenzen mit sich, welche erst mit längerfristiger Zeitverzögerung erkannt werden. Technologischer Fortschritt, Strukturwandel, die Ökologieproblematik und die Ausräumung und Monotonisierung der Landschaft sind parallele Prozesse.
9. Industrielle Technologien wurden zur dynamisierenden autonomen Komponente, die traditionellen agrarpolitischen Instrumentarien nicht mehr zur Steuerung zugänglich ist. Bei Ausschaltung von Marktpreismechanismen bzw. bei gleichzeitigem Heranziehen des Preises zur Einkommenspolitik wurde eine Überschußproduktion angeregt, die wiederum Nachfrageeffekte nach industrieller Technologie auslöste. Doch auch bei Gleichgewichtspreisen bleibt der technologische Faktor autonom wirksam. Das übergewichtige Instrumentarium der Agrarpolitik von Markt-, Preis- und Investitionspolitik ist der mikroökonomischen Steuerung und Organisation des agrartechnischen Fortschritts und den daraus erwachsenden Markt-, Sozial-, und Ökologieproblemen nicht adäquat.
10. Die Bauern sind keine kulturelle eigenständige Einheit mehr. Mit der breiten Einführung industrieller Technologien in die Landwirtschaft kam nicht nur der Strukturwandel in Gang, sondern sie transformierten auch die darin tätigen Menschen, ihre sozialen Werte und Verhaltensmuster. Die Bauern wurden industrialisiert und verkleinbürgerlicht.

Konsequenzen aus der historischen Perspektive für die Diffusion der Gen- und Biotechnologie in die Landwirtschaft:

Obwohl es noch kaum für die landwirtschaftliche Praxis relevante Anwendungen der Gen- und modernen Biotechnologie gibt, und diese, weitgehend erst im Forschungs- und Entwicklungsstadium stehend, nur unscharfe Konturen in ihren tatsächlichen agrarischen Anwendungen widergeben, so läßt sich doch aufgrund der sich geänderten Rahmenbedingungen eine raschere Diffusion dieser neuen Technologien erwarten. Die Diffusionsgeschwindigkeit könnte vor allem deshalb höher liegen als bei der Chemisierung der Landwirtschaft,

- da der ursprüngliche Konservatismus der Bauern in eine Technologiegläubigkeit gewandelt wurde. Der Landwirt in der Anwendung moderner agrarischer Technologien selbst industriellen Charakters übt eine bestimmte Leitbildfunktion aus (vgl. z.B. die mediale Präsentation von Gutsbetrieben, die es verstehen, "High-tech-Methoden" anzuwenden). Auch weisen die Bauern ein geändertes Wert- und Verhaltensmuster auf, das sich weitgehend an wirtschaftlichen Nutzenkriterien orientiert.
- da die Gen- und moderne Biotechnologie in seiner agrarischen Anwendung nicht ein industriell-gewerbliches Nebenprodukt ist, sondern absichtlich auf die Pflanzen und Tiere und auf den Boden abzielt. Ohne Land- und Forstwirtschaft ist eine breite industrielle Anwendung der Gen- und Biotechnologie außerhalb des medizinischen Bereichs nicht denkbar. Wenn Gentechnologie eine Zukunftstechnologie werden will, so benötigt sie auf alle Fälle zumindest die Biomasse der Land- und Forstwirtschaft. Die Land- und Forstwirtschaft ist das erstmal ein primäres Zielobjekt industrieller Technologien.
- da die Gen- und Biotechnologie nicht erst ihre eigene Struktur vom Kleinen zum Großen entwickeln muß, sondern gleich auf die Superstruktur der Chemie aufbauen kann.

Weiters wurde in der historischen Entwicklung der Agrarstruktur der Widerspruch zwischen kapitalistischen industriellen Prinzipien außerhalb des Agrarsektors (und im vor- und nachgelagerten Bereich) und der familienbetrieblichen bäuerlichen Landwirtschaft dadurch gelöst, daß die Leidenschaft der Bauern in ökonomischer und sozialer Hinsicht der betriebswirtschaftlich kalkulierenden auf Gewinn und Kapitalverwertung ausgerichteten kapitalistischen Produktionsweise überlegen war. Einerseits haben aber mittlerweile die Bauern selbst zum Teil diese nach der Industrie sich orientierenden Produktionsformen und -prinzipien angenommen und andererseits ist im sozialen Gefüge der Industrieländer eine solche Leidenschaft nicht mehr denkbar bzw. deshalb eine solche auch nicht mehr in dem Ausmaß gegeben.

Moderne industrielle Technologien werden somit zunehmend zur primären Determinante für den agrarischen Strukturwandel bzw. für dessen zukünftige Dynamik. War die Industrie in der Vergangenheit der Motor für die Agrarentwicklung, weil sie das politische System dominierte, so ist sie auch für die Zukunft als Motor der Agrarentwicklung vorprogrammiert, weil sie zusätzlich das technologische System mit einer zunehmenden Eingriffstiefe vorgibt. Diese Systeme werden derzeit in den Labors und in den Vorstandsetagen der großen Industrieunternehmen und auf den entsprechend technisch-orientierten Universitätsinstituten und im politisch-bürokratischen Verwaltungsapparat für die Zukunft entwickelt und entworfen.

Agrobusiness 2000:

Innerhalb des chemischen Vorleistungssektors wird seit ca. einem Jahrzehnt in der Forschung und Entwicklung das Schwergewicht nicht mehr auf die Chemie gelegt, sondern auf die Gen- und Biotechnologie. Dabei geht es nur zum Teil um neue Betriebsmittel, die direkt chemische Produkte substituieren sollen, sondern man strebt vielmehr eine umfassende Kontrolle und Standardisierung agrarbiologischer Systeme an. Erforscht, entwickelt und optimiert werden sollen die Interaktionen zwischen Pflanzen und dem System Boden, zwischen der Genetik der Pflanzen und den alten und neuen Betriebsmitteln, zwischen natürlichen Produktionsbedingungen und Pflanzen, zwischen Futtermitteln und der Genetik der Tiere, zwischen den landwirtschaftlichen Produkten und den Anforderungen an ein standardisiertes Nahrungsmittel oder an einen standardisierten Rohstoff. Entwickelt werden sollen sogenannte

Technologiepakete, die nur in einer integrierten Anwendung und unter Anleitung und unter Kontrollinstrumentarien der Industrie zum Erfolg führen. Die Genetik der Pflanzen und Tiere spielen in diesem Zusammenhang eine zentrale Rolle, doch auch das Zusammenspiel mit der modernen Informationstechnologie wird gesucht.

Technologiepakete können z.B. sein:

- Saatgut oder Pflanzengut, piliert und mit den dazupassenden Wachstumsförderern und Pflanzenschutz- und Düngemitteln umgeben; standardisierte Anbau-, Spritz-, Dünge- und Erntepläne in Verbund mit den entsprechenden Betriebsmitteln, Diagnoseinstrumentarien auf Biosensorbasis, Grundwasser- und Bodenmanagementpläne und entsprechende Maßnahmen

oder

- Embryos, ertragsoptimiert, standardisiert und angepaßt an das industrielle Futtermittel, Krankheits- und Fruchtbarkeitskontrollinstrumente, neue Tierarzneimittel, Wachstumshormone und optimaler Herdenmanagementplan inklusive der Gesundheitsdienste, Leistungen, die mit bestimmten Substanzen ein- und ausschaltbar sind, dazu kommen noch ein integrierter Service- und Dienstleistungsbetrieb inklusive der Finanzierung und Versicherung.

Wirtschaftstrategisch befindet sich die chemische Vorleistungsindustrie gegenüber der Landwirtschaft bereits in einer einmaligen Position: Der Verteilungs- und Vermarktungsapparat ist bereits vorhanden, eine oligopolistische Struktur besteht, und genau die gleichen Unternehmen haben sich bereits in die Saatgutbranche vehement eingekauft oder eine Kooperation angestrebt, und die chemische Agrarindustrie gehört zum Teil bereits zu den "Top-Ten" der weltweit agierenden Saatgutunternehmen .

Doch auch der nachgelagerte Sektor des Agrarkomplexes ist in der Gen- und Biotechnologie nicht weniger engagiert. Hinzu kommt noch, daß auch andere industrielle Unternehmen, sei es aus der allgemeinen chemischen Industrie, sei es aus dem Energiesektor oder seien es sogar Maschinenbauunternehmen an den nachwachsenden Rohstoffen und somit an den neuen Agrartechnologien interessiert sind, sodaß auch sie in der Pflanzenzucht tätig wurden. Bezüglich der Verbindung des nachgelagerten Bereiches mit der Landwirtschaft werden derzeit primär zwei Strategien diskutiert:

- das "Agro-Raffinerie-Konzept": Es ist charakterisiert durch Ganzpflanzenerntesysteme, die auf hohe Massenerträge abzielen. Die Pflanzen werden dabei in den "Agroraffinerien" in ihre Bestandteile aufgegliedert, und die Zwischenprodukte an die Chemie-, Futtermittel- und Nahrungsmittelindustrie weitergegeben.
- das "Bio-Factory-Konzept": Hier werden Spezialpflanzen eingesetzt, wobei nur die in ihren Eigenschaften spezifisch veränderten Pflanzenbestandteile in einer Spezialfabrik verarbeitet werden.

In diese industriestrategischen Richtungen zielen auch die großen angewandten biotechnologischen Forschungsprogramme der EG: "ECLAIR" und "FLAIR"²¹⁹.

Das ganz große Fragezeichen an solchen industriellen Agrarsystemen wird sein, ob man nach dem Abtransport des gesamten pflanzlichen Ernteproduktes in die Fabrik überhaupt noch einen Ansatz eines ökologischen Kreislaufes durch schadstofffreien Rücktransport der organischen Masse aus der Industrie und aus dem Konsum erreichen wird können, oder ob

²¹⁹ Eclair = European Collaborative Linkage of Agriculture and Industry through Research : Europäischer Verbund von Landwirtschaft und Industrie durch Forschung; Flair = Food-Linked Agro-Industrial Research: Nahrungsmittelbezogene agroindustrielle Forschung

nicht alles in Form von kontaminiertem Müll und Klärschlämmen zu einem gigantischen Einwegsystem wird (oder verkommt). Die Erfahrung lehrt uns bis jetzt fast ausnahmslos, daß die industrielle Logik (Fixkostendegression - economies of scale) keine Rücksicht auf ökologische Notwendigkeiten nimmt.

Während sich die Bauern eingebunden in einen neuartigen Agrobusinesskomplex - noch zusätzlich mit Hilfe der neuen Technologien zu Tode konkurrenzieren, eröffnet sich für die Industrie eine weitere Möglichkeit. Nahrungsmittel und Nahrungsmittelkomponenten werden einfach auf der Grundlage irgendwelcher billiger organischer Abfälle - seien es Klärschlämme oder sei es Biomasse aus der Dritten Welt oder einfach billige Biomasse von unseren Bauern - mit Hilfe der modernen Bio- und Gentechnologie erzeugt.

Die Prognos AG schreibt in der Studie "Biotechnologie in Österreich" 1988²²⁰: "Die Ersetzbarkeit von Feldfrüchten durch andere wird wesentlich erweitert, wenn das "whole crop harvesting"-System (Ganzpflanzenernte) sich ausbreiten sollte. Dabei wird nicht nur die Frucht der Pflanzen wie gegenwärtig verwendet, sondern in einem ersten Schritt in "Agro-Raffinerien" verarbeitet, welche das Zwischenprodukt an die Futter- und Chemieindustrie weitergeben". Weiters heißt es: "Die neue Biotechnologie macht es nun möglich, die Eigenschaften von pflanzlichen Proteinen so zu verändern, daß das Kasein zur Käseproduktion substituiert werden kann. Wenn es z.B. gelänge, Kasein kostengünstig aus Raps zu extrahieren ...". Der "Bioreaktor" Pansen kann also aus den Rindern, Schafen und Ziegen ausgelagert werden, Nirostastahl ersetzt die Haut und Biofilter simulieren das Drüsengewebe. Food-design heißt der neue Fachausdruck.

Zur Konkurrenzsituation innerhalb der Landwirtschaft gesellt sich der direkte Konkurrent Industrie. Man kann sich heute schon ausrechnen, wer den Wettlauf um die Nahrungsmittelmärkte mit erhöhter Wertschöpfung gewinnen wird. Das Konzept des Agrobusiness wird vervollständigt. Aus dem Eingespanntsein zwischen industriellem vorgelagerten und nachgelagerten Komplex entsteht das Agrobusiness 2000. Über die Landwirtschaft legt sich ein riesiger industrieller Komplex, während aus unserer derzeitigen Landwirtschaft eine Art Dienstleistungsbetrieb wird. Grund und Boden wird zur Verfügung gestellt, die Arbeitskraft und der Maschinenpark werden mehr oder weniger vermietet. Der Landwirt gliedert sich bzw. wird in die Konzepte und Strategien der Großindustrie eingegliedert. Eine weitgehende Vertragslandwirtschaft zur Erzeugung von Biomasse wird entstehen, wo ein Maximum an Vorleistungen von der Industrie eingebracht wird.

Betont werden muß, daß einer der strategischen Angelpunkte in zukünftigen wirtschaftlichen Verhältnis zwischen der Landwirtschaft und der Industrie die Durchsetzung der Patente und Lizenzen ist. Werden diese Rechtsansprüche nicht gewährt, so könnte sich die Landwirtschaft leichter aus der industriellen Umklammerung und Abhängigkeit lösen und eigene biologisch integrierte Anbausysteme mit weniger Vorleistungen entwickeln. Die Nachfragekrise nach industriellen Vorleistungen könnte sich entschieden verschärfen. Dem wird bereits jetzt durch Ausweitung des Patentrechts auf Pflanzen und Tiere Rechnung getragen.

Die Transformation der Landwirtschaft in das Agrobusiness 2000 verändert aber auch die Stellung des Agrarkomplexes in der Gesamtwirtschaft. D.h. die Integration erfolgt

²²⁰ Biotechnologie in Österreich 1988: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung, a.a.O.

nicht nur innerhalb des ursprünglichen Agrarkomplexes, sondern dieser wird auch verstärkt in die übrigen Wirtschaftssektoren integriert.

Wieviel Bauern ein solches System, nur vom technologisch-wirtschaftlichen Ansatz her betrachtet, benötigen würde, läßt sich in relativer Hinsicht leicht beantworten: Die Antwort lautet: "Sehr viel weniger". Der Rest ist Angelegenheit der Agrarpolitik. Die Frage danach ist, ob das Bild vom "Biospritbauern" und "Industriebauern" jenes Leitbild sein wird, das die europäische Politik in Zukunft als unterstützenswert erachten wird, oder ob man nicht letztlich jenen Teil der Landwirtschaft, der in den Industriekomplex integrierbar ist, an die wirtschaftliche Logik der Industrie ausliefern wird.

Die Dualisierung der Ökonomie, der Ökologie und der Landschaften:

Wenn wir uns aber die Realität der europäischen Landwirtschaft vor Augen führen, so läßt sich leicht feststellen, daß nicht die gesamte Landwirtschaft in das Agrarbusiness 2000 integrierbar ist. Die Bergbauern und die Bauern unter ungünstigen Klima- und Bodenbedingungen und vor allem die kleinen Betriebe und die Betriebe in strukturschwachen Regionen werden an den Rohstoffstrategien der Industrie nicht teilnehmen können. Sie haben entweder nicht die natürlichen Voraussetzungen dafür, oder weisen eine zu geringe Produktivität und Kapitalverwertung auf, um die Entlohnung der eingesetzten Arbeit zu garantieren, und sie erfordern zu teure Informations-, Beratungs- und Erfassungssysteme. Die variablen Kosten einer Intensivierung in den Gunstlagen sind niedriger als die Entlohnung sämtlicher Produktionsfaktoren in Ungunstlagen bezogen jeweils auf eine Produktionseinheit. Der Einsatz produktivitätssteigernder Technologien, die primär in Gunstlagen wirksam sind, verstärkt diesen Trend zur Auseinanderentwicklung der Agargebiete und dualisiert die Landwirtschaft.

Während der begünstigte Teil der Landwirtschaft sich immer mehr kapitalisiert und die gute Kapitalverwertung zu weiteren Investitionen in immer produktivere und speziellere Vorleistungen nützt, fällt die Landwirtschaft in benachteiligten Gebieten aufgrund ihrer beschränkten Produktivität und ihrer strukturellen Benachteiligung in ihrem Potential, ein dem Arbeitsaufwand und der Wohlstandsentwicklung adäquates Einkommen zu erbringen, immer mehr zurück.

Die breite Anwendung der Gen- und modernen Biotechnologie wird ein besonderer Beschleunigungsfaktor in diese Richtung werden. Mit der wirtschaftlichen Dualisierung geht jedoch auch eine ökologische Dualisierung Hand in Hand, wie sie WEINSCHENK 1989²²¹ in Bezug auf die Liberalisierung der internationalen Agrarmärkte - und die neuen Technologien bringen auch eine Ausweitung des weltweiten Agrarhandels mit sich (vgl. auch OECD 1989) - charakterisierte.

Die logische Konsequenz der Dualisierung der Landwirtschaft und Ökologie oder das konträre Spiegelbild der "Industriebauern", "Biospritbauern" und "Ganzpflanzenerntebauern" sind die "Showbauern" für die wachsende Freizeitgesellschaft. So ist es durchaus realistisch zu erwarten, daß in intensiver Veflechtung mit der Tourismusindustrie eine Art "History-Land" und "Bio-Land" gigantischen Ausmaßes entsteht, welches sich z.B. über einen Großteil der Alpen erstreckt. Die Gen- und moderne Biotechnologie ist nicht die alleinige Voraussetzung dafür, jedoch auch kein unbedeutender Faktor, denn die Erhaltung der

²²¹ WEINSCHENK, G.: Kritische Bemerkungen zum freien Welthandel mit Agrarprodukten. In: Agrarwirtschaft, Jahrgang 38 - Heft 8, Frankfurt am Main 1989, S.229.

Landwirtschaft als solche in strukturschwachen Regionen ist nur über einen Produktionsauftrag zu gewährleisten. Und genau der läuft in Gefahr, verloren zu gehen, oder man findet sich mit der öffentlichen Museums-, Zirkus- und Schaupielvariante dieser Landwirtschaft ab, oder man stellt die modernen Agrartechnologien zur Diskussion und unterwirft deren Anwendung und Expansion einer ethischen Eingrenzung und einer politischen Steuerung.

Es ist letztlich nicht nur die Landschaft schizophren, sondern auch die Ökonomie, oder die Landschaft ist schizophren, weil die Ökonomie so ist, und es gelingt letzterer auch noch zu beweisen, daß dies eine Wohlstandsvermehrung sei.

Es scheint als ob die Untrennbarkeit der Menschen und ihrer Gesellschaften von der Fähigkeit, Werte hervorzubringen und zu leben, wie in eine Mechanik kommunizierender Gefäße eingebettet ist. Wenn es Bereiche gibt - insbesondere auch bezogen auf den Modus der Landbewirtschaftung und Haustierhaltung, wo man auf die ethischen Dimensionen menschlichen Handelns verzichtet oder glaubt, auf diese aus "ökonomischen Gründen" verzichten zu müssen, so entstehen erst recht Bereiche, in denen das Bedürfnis nach Werten und ihrem Erleben artikuliert wird. Und man kann dies z.B. auch geographisch sehen. Die zweckrationale Neurose und Schizophrenie des westlichen Menschen, ihre Verdrängung, doch auch ihre Umwege und Verwirrungen durch das Spezialistentum, führten letztlich auch zu einer Neurose und Schizophrenie der Landschaft.

Um ein konkretes Beispiel aus den Möglichkeiten der Gentechnologie anzuführen, stelle man sich einen Kuhstall mit einer Hochleistungsmilchvieherde vor, in dem gerade die Kühe mit einem leistungssteigernden Wachstumshormon gespritzt werden. (Der "wertfreiere" Begriff wäre subkutane oder intramuskuläre Applikation.) Es ist nicht vorstellbar, daß man dies Touristen, den Konsumenten und ihren Kindern - kurz der Gesellschaft - zeigt, denn sonst könnte ihnen der Appetit vergehen, und ihr harmonisches Bild vom Bauernhof, das der kindlichen Seele in Form von Spielzeughastieren und Spielzeughauernhöfen (oft sogar aus Plastik) eingegeben wurde und wird, könnte einen schweren Knacks bekommen. Solche Kühe und Haltungspraktiken kann man in ihrer vollen Realität nicht herzeigen, oder es wäre krankhaft pervers, wenn Menschen regelmäßig das Bedürfnis nach solchen Bildern hätten. "In Zukunft dürfte es sich auch so abspielen, daß in jenen Regionen, wo die Milcherzeugung mit BST-Einspritzung rentabel ist, die Menschen kaum noch eine Kuh zu Gesicht bekommen; in jenen Regionen aber, wo die Milcherzeugung ökonomisch sinnlos wird, wird man dem Aktivurlauber dann einige wenige glückliche Kühe gegen Entgelt oder indirekte Bezahlung durch Fremdenverkehrsverbände vorführen - teilweise mit künstlichen Showeffekten garniert, wie sie im Tourismus zunehmend üblich werden. Das Bruttosozialprodukt läßt sich dadurch wahrscheinlich optimal steigern, denn ökonomistisch betrachtet kann man erst, wenn eine gesunde und glückliche Kuh knapp wird, dafür Eintritt verlangen."

Eine wertfreie Ökonomie ist gar nichts wert. Eine solche Ökonomie - sie kann nicht einmal ihr eigenes Bewertungsproblem lösen oder begründen - ist ein unreflektierter Spielball der Zeitströmungen, die den kurzfristigen, gesellschaftlichen und politischen Machtverhältnissen entspringen und ist ein billiges Werkzeug, das man so oder so verwenden kann. Eine verantwortungsvolle Ökonomie sollte sich der sozialen Frage stellen, sollte sich den ökologischen und natürlichen Zusammenhängen bei- und unterordnen und sollte auf einer Ethik beruhen bzw. sämtliche dieser Wertkategorien kritisch reflektieren.

Moderne Agrartechnologien überschreiten oft in weiten Bereichen die Grenzen des guten Geschmacks und sind nicht selten sogar kriminell. Eine weitreichende Technikbewertung der Gen- und modernen Biotechnologie auch in ökonomischer Hinsicht kann nicht auf die angeführten Kategorien verzichten, sondern sollte seine Basis darin finden.

Braucht die Landwirtschaft die Gentechnologie:

Dazu nur FUKUOKA 1975²²²: "Spezialisten aus verschiedenen Disziplinen kommen zusammen und betrachten einen Reishalm. Die Insektenkrankheitsspezialisten sehen nur Insektenbefall, den Spezialisten für Pflanzenernährung interessiert nur die Vitalität der Pflanze. So wie die Dinge heute stehen, ist das unvermeidlich. Als der Herr vom Forschungsinstitut bei mir die Beziehungen zwischen Reis-Blattflöhen und Spinnen untersuchte, sagte ich zu ihm: "Professor, weil Sie über Spinnen forschen, sind Sie nur an einem der vielen natürlichen Feinde der Blattflöhe interessiert. In diesem Jahr gibt es Spinnen in großer Zahl, aber voriges Jahr waren es Kröten. Und davor dominierten Frösche, es gibt unzählige Variationen." Für spezialisierte Forschung ist es unmöglich, die Rolle eines einzelnen Räubers zu einer bestimmten Zeit innerhalb des Beziehungsgeflechtes der Insekten zu begreifen. Es gibt Jahre, in denen es wenig Blattflöhe gibt, weil es viele Spinnen gibt. Es gibt Zeiten, wo viel Regen fällt und Frösche die Spinnen zum Verschwinden bringen, andere, in denen nur wenig Regen fällt und weder Blattflöhe noch Frösche auftreten."

Schlußbemerkung:

Die kausalanalytische Methode des Menschen ist nicht geeignet, eine Antwort zu geben auf die Frage, welcher Wert dem technischen Fortschritt und seinem Wirken im Verhältnis zur Natur und somit im Verhältnis zur zukünftigen Landwirtschaft zukommt. Naturwissenschaft läßt sich nicht durch Naturwissenschaft rechtfertigen. Die Fragen stellen die Menschen - alle Menschen: und die Antworten geben auch alle Menschen. Und wenn wir verantwortlich handeln, so sind wir aufgerufen, überall und zu jeder Zeit Fragen nach dem technischen Fortschritt und dessen Wert für die Zukunft zu stellen und entsprechend zu antworten. Und es ist auch erlaubt "Nein-Danke" zu sagen.

²²² FUKUOKA, M.: Der große Weg hat kein Tor - Nahrung, Anbau, Leben. pala-verlag, Tokio 1975, dt. Darmstadt 1990.

LITERATURVERZEICHNIS

- AHUJA, M.R.: Biotechnologie bei Forstpflanzen. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.
- ALTNER, G.: Resumée zum Symposium "Die Rolle der Biotechnologie für den ökologischen Landbau". In: Gentechnik und Landwirtschaft; Alternative Konzepte Stiftung ökologischer Landbau, Karlsruhe 1988, S.185.
- ALTNER, G.: Die nachgebesserte Schöpfung - Philosophische und ethische Aspekte der Gentechnologie. Vortrag an der Univ. für Bodenkultur, Wien 2. März 1990.
- BACKHAUS, H.: Ökologische Aspekte und Sicherheitsfragen bei der Freilandanwendung von gentechnisch-modifizierten Organismen in der Landwirtschaft. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.
- BARTUSSEK, Helmut: Untersuchungen für die Planung und den Bau von Hühnerställen - Versuch eines ganzheitlichen Ansatzes. Dissertation Technische Hochschule, Graz, Druck BA für alpenländische Landwirtschaft, Irnding, 1975, S.133.
- BECK, Ulrich: Risikogesellschaft - Auf dem Weg in eine andere Moderne. Suhrkamp (1365), Frankfurt am Main 1986.
- BERICHT DES BUNDES UND DER LÄNDER ÜBER "NACHWACHSENDE ROHSTOFFE": Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten, BRD, Bonn 1989.
- BEUSMANN, V.; HINRIEHS, D.; SCHRADER, H.: Sozioökonomische Voraussetzungen und Konsequenzen biotechnischer Fortschritte in der Landwirtschaft. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.
- BICKEL, H.; SCHURICH, A.; ZIHLMANN, F.; STUDER, R.; FASSLER, P.: Energieaufwand und Energieertrag in der Tierproduktion. In: Agrarwirtschaft und Energie, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 195, Parey, Hamburg, Berlin 1979.
- BIERTER, W.: Die Frage des Wirtschaftsstils; in Angepaßte Technologie - Ein neuer Umgang mit Technik. Gruppe Angepaßte Technologie an der TU Wien, Wien 1988.
- BILLIG, Susanne: Prädiktive Medizin in neuer Verpackung - EG-Kommission hat Genomforschungspläne aufpoliert. In: Gen-ethischer Informationsdienst Nr.52, Berlin 1990, S.27.
- BINNING, Gerd: Aus dem Nichts - Über die Kreativität von Natur und Mensch. R. Piper, München 1989.
- BINSWANGER, H.C.; FRISCH, H.; NUTZINGER, H.G. et al.: Arbeit ohne Umweltzerstörung - Strategien für eine neue Wirtschaftspolitik. Fischer Taschenbuch, Frankfurt am Main August 1988.
- BINSWANGER H.C.: Agrarpolitische Untauglichkeit nachwachsender Rohstoffe - ökonomische und ökologische Irrtümer. In: Neue Zürcher Zeitung, 7./8. Oktober 1990.
- BIOTECHNOLOGIE IN ÖSTERREICH: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung (Hrsg. und Verlag). Wien 1988, (von UNI CONSULT GesmbH, Wien, Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, Prognos AG, Basel).

- BISHOP, David H.L.: The release into the environment of genetically engineered viruses, vaccines and viral pesticides. In: Trends in Biotechnology (TIBTECH) April 1988 VOL. 7, NO 4 (51), Elsevier Publications, Cambridge 1988.
- BLUM, J.W.: Die Bedeutung des insulinähnlichen Wachstumsfaktors-1 bei Milchkühen. In: Landwirtschaft Schweiz; Band 3(1-2): 3, Posieux 1990.
- BLUM, Winfried: Erkenntnis und Entscheidung - die Wertproblematik in Wissenschaft und Praxis. In: Europäisches Forum Alpach 1987, Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst", Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft, Wien 1987.
- BLUM, Winfried: Umweltrettung durch integrierte Forschungsorganisation. In: Agrarforschungsenquête 1988, Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst", Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft, Wien 1988.
- BOLLER, B.: Die Stickstoff-Fixierleistung von Alexandrinerklee und Perserklee im Vergleich zu Rotklee. In: Landwirtschaft Schweiz Vol. 1(5), Posieux 1988, S. 309-312.
- BREM, G.: Kosten des Embryotransfers in Abhängigkeit von der Erfolgsquote. In: Der Tierzüchter, BRD 1980, S. 52-53.
- BREM, Gottfried: Gentechnologie und Tierzucht. Vortrag am Biozentrum der Universität, Wien 1988.
- BREM, Gottfried: Gentransfer in der Tierzucht. In: Biotechnologie in Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über die Landwirtschaft; Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.159.
- BRUNNER, E.: Bovine Somatotropin: A Product in Search of a Market. Report to the London Food Commission's BST Working Party, London Food Commission 1988.
- BYE, P.: The Restructuring in the Agricultural Supply Sector and its Consequences on Agricultural Production. In: Agriculture and Human Values Vol. VI, Number 1 and 2, Winter-Spring, 1989.
- CHALUPA, W.; L BAIRD; C. SONERHOLM; D.L. PALMQUIST; R. HEMKEN; D. OTTERBY; R. ANNEXSTAD; B. VECCIARELLI; R. HARMON; A. SINHA; J. LINN; F. EHLE; P. SCHNEIDER und R. EGGERT 1987: Response of dairy cows to somatotropin. J. Dairy Sci. 70, Suppl.1, USA 1987, S.176.
- CHANCEN UND RISIKEN DER GENTECHNOLOGIE: Bericht der Enquete-Kommission des 10. Dt. Bundestages, Bonn 1987.
- CHURCHLAND, Paul M. u. CHURCHLAND Patricia Smith : Künstliche Intelligenz II: Ist eine denkende Maschine möglich? In: Spektrum der Wissenschaften 3/90, Heidelberg 1990.
- COLLINS, John: Gentechnologie - Was ist das, und welche Anwendung könnte sie haben? In: Gen-Technik oder Gen-Manipulation - Kritische Anmerkungen zur Zurichtung von Mensch und Natur, Erika Hickel u. Bernd Klees (Hrsg.) Steinweg, Braunschweig 1986, S.26.
- COMBERG, Gustav (Hrsg.): Tierzüchtungslehre. Ulmer, Stuttgart 1971, Neuauflage 1984.
- CONSUMER RESPONSES TO THE INTRODUCTION OF BST TECHNOLOGY. Fine, Travis & Associates, New York 1986.
- DEMBO, David; MOREHOUSE, Ward: Trends in Biotechnology Development and Transfer, Technology Trends Series No. 6, UN - Industrial Development Organisation, New York, June 1987.
- DESSAUER, Friedrich: Streit um die Technik. Freiburg im Breisgau 1959.
- DEVELOPMENT DIALOGUE 1-2: The Laws of Life. Swedish Development Authority (SIDA) published by the Dag Hammarskjöld Foundation, Upsala 1988.
- DIERCKS, Ralf: Alternativen im Landbau - eine kritische Gesamtbilanz. Ulmer, Stuttgart, 1983.

- DJURFELDT, G.: What Happend to the Agrarian Bourgeoisie and Rural Proletariat under Monopoly Capitalism? *Acta Sociologica* 1981 (24), 3: S.167-191.
- DOBEREINER, Johanna u. DAY, J.M.: Nitrogen fixation in the rhizosphere of tropical grasses. In: *Nitrogen Fixation by Free Living Microorganismus* (W.D.P.Stewart, ed.), Cambridge Univ.Presse, Cambridge 1975, pp. 39-56.
- EICHLER, M.: Dimensionen des Agrarrechts. Sonderausgabe - Förderungsdienst, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien 1987.
- ELKINGTON, J.: Gene - Von Erbgutmanipulation und dem Geschäft mit der Genforschung. SV international Schweizer Verlagshaus, Zürich 1985 (deutschsprachige Ausgabe 1987).
- EPPARD, P.J., D.E. BAUMANN, C.R: CURTIS, H.N. ERB, G.M. LANZA und M.J. DeGREETER, 1987: Effect of 188-day treatment with somatotropin on health and reproductive performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 70, 582-591
- ESTERBAUER, H.: Alternative nachwachsende Rohstoffe. In: *Zukunftschance Biotechnologie*, österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Internationales Symposium in Mauterndorf, Wien 1985.
- FALLCONER, Douglas S.: Einführung in die Quantitative Genetik, UTB-Uni-Taschenbücher (1334), Ulmer, Stuttgart 1984.
- FARRIES, E.; PROFITTLICH, CH.; SMIDH, D.: Biotechnologie und Beeinflussung von Stoffwechseleinstellungen am Beispiel des bovinen Somatotropins. In: *Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft; Berichte über Landwirtschaft; Sonderheft 201*, Parey, Hamburg; Berlin 1989.
- FAUST, U.: Bedeutung der Biotechnologie für Chemie und Energie. In: *Zukunftschance Biotechnologie - Internationales Symposium in Mauterndorf*, Österreichische Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien 1985.
- FIECHTER, A.: Nahrungs- und Futtermittel und Biotechnologie. In: *Zukunftschance Biotechnologie*, Österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien 1985.
- FRIEDT, W.; NICKEL, M.: Zuchtmethodische Ansätze zur Beeinflussung von Pflanzeninhalts- und Speicherstoffen unter besonderen Berücksichtigung von Ölpflanzen. In: *Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201*, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.10
- FUKUOKA, M.: Der große Weg hat kein Tor - Nahrung, Anbau, Leben. pala-verlag, Tokio 1975, dt. Darmstadt 1990.
- GASSEN, H.G.: Gentechnologische Produktion von Proteinen und Hormonen am Beispiel des bST. In: *BST-Symposium; Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)*, Braunschweig-Völkerode 1988, S.41
- GERHOLD, S.: Stoffstromrechnung, Pestizide. In: *Statistische Nachrichten 7/1990; ÖStZA*, Wien 1990.
- GERKEN, G.: Ernährung und Genuß - Morgen werden wir anders essen. *Kollogium: Herausforderung 2000*, Frankfurt April 1988.
- GLOBAL 2000: Der Bericht an den Präsidenten. Zweitausendeins, dt. Übersetzung, Frankfurt a. Main, 1980.
- GRAVERT, H.O.: BST, Futtermittel, Futtermittelverwertung. In: *BST-Symposium; Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)*, Braunschweig-Völkenrode 1988.
- GUBITZER, L.: Gentechnologie im Licht Ökonomischer Konzepte. In: *Gen-ethischer Informationsdienst (GID) 54/55; Nr. 5/90*, Berlin 1990. S.24.
- HÄFELE, W. 1976: Hypotheticality and new challenges: The pathfinder role of nuclear energy. *Minerva* 3,S.302-322, zit. nach KOLLEK, R. 1988.

- HÄNSEL, H.: Getreidezüchtung - Erwartungen für das Jahr 2000. Wintertagung 1982, österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien 1982.
- HAMM, R.: Rückstände im Fleisch. In: Ernährungsumschau 31, Nr.1, Kulmbach 1984, S.17.
- HEESCHEN, W.: Auf dem Weg zur schadstofffreien Milch. In: Forschungsreport Ernährung, Landwirtschaft, Forsten 4; Braunschweig, Kiel 1989, S.7.
- HERRE, W. und RÖHRS, M.: Die Entwicklung der Haustiere. In: Tierzuchtungslehre herausgegeben von Gustav Comberg, 2. Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 1971.
- HERRMANN, K.: Pflügen, Säen, Ernten - Landarbeit und Landtechnik in der Geschichte. Rowohlt Taschenbuch, Reinbek bei Hamburg 1985.
- HEYLAND, K.U.; SOLANSKY, S.: Energieeinsatz und Energieumsetzung im Bereich der Pflanzenproduktion. In: Agrarwirtschaft und Energie, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 195, Parey, Hamburg, Berlin 1979.
- HICKEL, Erika: Das Unverständene zerstören. In: Gentechnik oder Gen-manipulation? - Kritische Anmerkungen zur Zurichtung des Menschen, Erika HICKEL und Bernd KLEES (Hsg.), Steinweg, Braunschweig 1986.
- HOBDELINK, H.: New hope or false promise - Biotechnology and Third World Agriculture. published by the International Coalition for Development Action (ICDA), Brüssel 1987.
- HOFFMANN, B.: Biologische Grundlagen des Wachstums, in BST-Symposium der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig-Völkenrode 1988.
- HOLZAPFEL, W.H.; HAMMES, W.P.: Die Bedeutung moderner biotechnischer Methoden für die Lebensmittelherstellung. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.
- HOPPICHLER, Josef: Rinderrassen im Wirtschaftlichkeitsvergleich. Forschungsbericht der Bundesanstalt für Bergbauernfragen Nr. 18, Wien 1988.
- HOPPICHLER, J.: BST-Auch Nasenspray scheint möglich, in Achtung Turbokuh - Sanfte Chemie und die Milchproduktion. Österreichischer Kulturverlag, Thaur in Tirol 1988.
- HOPPICHLER, J.: Technologieentwicklung und Landwirtschaft. In: Politische Bildung 2, 13.Jg., Zeitschrift des Österreichischen Institutes für politische Bildung, Mattersburg 1990.
- HUBER, G. 1988: Konflikte im Verhältnis von Mensch und Natur. In: "Zukunftsforschung" der schweizerischen Vereinigung für Zukunftsforschung, Hg. Dr.P.Rieder, ETH Zürich 1988, S. 109 ff.
- HÜTTERMANN; Aloys, et al.: Der Einsatz von Weißfäulepilzen bei der Sanierung kontaminierter Böden und als Biofilter, In: Bio Engineering 3/88, Braunschweig, München 1988, S 156 ff.
- IDEL, A.: Gentechnik an landwirtschaftlichen Nutztieren. In: Gentechnik und Landwirtschaft-Alternative Konzepte, C.F. Müller, Karlsruhe 1988.
- IDEL, Anita: Hormone für die Milchleistung; in Achtung Turbokuh - Sanfte Chemie und die Milchproduktion. Österreichische Kulturverlag, Thaur/Tirol 1988.
- ISERMEYER, F. et al.: BST-Technologie, Zusammenhänge und Folgen, insbesondere ökonomische, agrarstrukturelle, soziale und ökologische Folgen. Gutachten im Auftrag der Enquete-Kommission "Technikfolgen-Abschätzung und Bewertung" des Deutschen Bundestages, Institut der Universität Göttingen, Göttingen Dezember 1988.
- JANNSEN, Sigrid, et al.: Abwasserreinigung durch anaerobe mikrobielle Prozesse, In: Bio-Engineering 3/88, Braunschweig, München 1988, S.214 ff.

- JONAS Hans: Das Prinzip Verantwortung. Suhrkamp Taschenbuch (1085), erste Auflage 1979, Frankfurt a. M. 1984.
- JURTSCHITSCH, Au.: Biolandbau in Österreich. Vortrag an der BA. für Bergbauernfragen, Mai 1991.
- KALTER, R.: The New Biotech Agriculture: Unforeseen Economic Consequences. In: Issues in Science and Technology 125-133 (Cornell University Department of Agricultural Economics), Ithaca, New York 1985.
- KAMPHAUSEN, R.: BST und gesundheitliche Folgen. In: Achtung-Turbokuh! - Sanfte Chemie und die Milchproduktion; Braumir Soucek (Hg.), Österreichischer Kulturverlag, Thaur/Tirol 1988. (Gegenüberstellung der Industrie- und Kritikerposition sowie sozioökonomische und politische Implikationen).
- KARG, H.; SCHAMS, D.; MAYER, H.: Endokrine Grundlagen der Laktation und Nährstoffverteilung. In: BST-Symposium der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig-Völkenrode 1988.
- KASER, K.; STOCKER, K.: Bäuerliches Leben in der Oststeiermark seit 1848. Band I und Band II, Böhlau-Verlag, Wien, Köln, Graz 1986.
- KEIL, G.M.: Ansätze, Entwicklungsstand und Perspektiven biotechnologischer Forschung und Entwicklung im Agrarbereich. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft; Sonderheft 201, Parey, Hamburg; Berlin 1989.
- KIPER, M.: Gentechnik und biologische Waffen, Vortrag am 13.12.1988 am Biozentrum der Univ. Wien, Wien 1988.
- KLEES, Bernd: Der gläserne Mensch im Betrieb. In: Nachrichten-reihe 45, Frankfurt am Main 1988.
- KLEINHANSS, W.: Konzepte zur industriellen und energetischen Verwendung agrarischer Rohstoffe auf der Basis ganzer Pflanzen. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.
- KOLLEK, R.: Verrückte Gene. Die inhärenten Risiken der Gentechnologie und die Defizite der Risikodebatte. In: Ästhetik und Kommunikation, Heft 69, Berlin 1988, S.30.
- KOS, W.: Die touristische Kulturlandschaft. In: Sommerfrische - Zum kulturellen Phänomen der Erholungslandschaft, Denkmalpflege in Niederösterreich Band 8, Amt der NÖ-Landesregierung, Wien 1991.
- Kommissionsvorschlag für ein biotechnologisches EG-Forschungsprogramm - "ECLAIR". In: Dokumentation des Agra-Europe 3/88.
- KRAMMER, J.: Analyse einer Ausbeutung I - Geschichte der Bauern in Österreich. In: In Sachen, 2. Jahrgang, Wien 1976.
- KRAMMER, J.; SCHEER, G.: Das Österreichische Agrarsystem. Eine Studie des Institutes für Höhere Studien, Wien 1978.
- KRÄUSSELICH, H.: Zuchtziele in der Rinderproduktion. In: Agrartagung 1985 - Zukunft des Agrarmarktes - Europäische Rinderproduktion im Überschuß, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 1986.
- KRESBACH, G.: Gewerblicher Rechtsschutz und Gentechnologie nach österreichischem Recht. In: Gentechnologie im österreichischen Recht, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung, Wien 1991.
- KRIPPENDORF, J.: Die Ferienmenschen. Orell Füssli Verlag, Zürich und Schwäbisch Hall 1984
- LEDERER, J.A.: Pinzgauer 2.000, Konzept eines Zuchtprogrammes für die Rasse Pinzgauer. Rinderzuchtverband Maishofen, Salzburg 1987.
- LINDEMANN, K.: Erfahrungen aus dem Großanbau von Sonnenblumen, Soja und Raps in Westeuropa unter besonderer Berücksichtigung der Düngung. In: Wintertagung

- 1988 - Produktionsalternativen, Österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien 1988.
- MAHER, T.J.; WURTMAN, R.J.: Possible neurological effects of aspartame, a widely used food additive. *Environ Health Perspect*, 75 53-7, USA 1987.
- MAITZ, J.: Die Gewährung von Urheberrechten an Pflanzenzüchtungen und der Schutz pflanzengenetischer Ressourcen durch internationale Organisationen. Diplomarbeit am Institut für Völkerrecht der Universität Graz, Graz 1988.
- MEADOWS, De.; MEADOWS, Do., ZAHN, E.; MILLING, D.: Die Grenzen des Wachstums - Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1972.
- MESSNER, K.; ERTLER, G.; JAKLIN-FARCHER, S.; BAHA, A.: Reinigung von Abwässern aus der Zellstoffbleiche durch das Mycopor-Verfahren. In: *Biotechnologie in Österreich - Stand, Chancen, Initiativen*, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Wien 1988.
- MEUSSDOERFER, F.; HIRSINGER, F.: Neue Chance für die Landwirtschaft durch biotechnische Methoden und Verfahren im Bereich nachwachsender Rohstoffe. In: *Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201*, Parey, Hamburg und Berlin 1989.
- MUNCK, L.: Man as organizer of genes and society. Referat bei der Tagung: Gentechnik in Biotechnologie, Land- und Forstwirtschaft an der Univ. für Bodenkultur, Wien 1990 (vgl. auch Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst", Wien 1990).
- NEUBERT, Karola: Die Entwicklung biotechnischer Verfahren in der Land- und Ernährungswirtschaft (historischer Abriss). In: *Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201*, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.12.
- NIEMANN, H.; RATH, D.; SMIDT, D.: Biotechnologische Verfahren bei der Reproduktion landwirtschaftlicher Nutztiere. In: *Biotechnologie in der Agrar und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft, 201*, Parey, Hainburg, Berlin 1989.
- NISSLER, R. 1984: Die Einkommensverteilung in der Österreichischen Landwirtschaft; Dissertation an der Fakultät der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften der Universität Wien, 1984
- NISSLER, R.; ZOKLITS, M.: Agrarpolitik-theoretischer Diskurs. Forschungsbericht Nr. 19 der Bundesanstalt für Bergbauernfragen, Wien 1987.
- OECD: *Biotechnology - Economic and wider impacts*. OECD, Paris 1989.
- ÖKO-INSTITUT-FREIBURG: Freisetzungorientierte Forschungsprojekte in der BRD. Genethisches Netzwerk und Öko-Institut Freiburg, e.V., Freiburg 1988.
- OTA : *Technology, Public Policy, and the Changing Structure of American Agriculture*. Congress of the United States; Office of Technology Assessment, Washington D.C. 1986 (Library of Congress, catalog = Card Nr. 85-600632)
- PEEL, C.J., L.D. SANDELES, K.J. QUELCH und A.C. HERINGTON, 1985: The effect of long-term administration of bovine growth hormone on the lactational performance of identical-twin dairy cows. *J. Anim. Sci.* 41, 135-142
- PEEL, C.J. und D.E. BAUMANN, 1987: Somatotropin and lactation. *J. Dairy Sci.* 70, 474-486.
- PEVETS, W.: "Agrarmoral" und gesellschaftliches Wertesystem. In: *Agrarische Rundschau* 2/91, Wien 1991.
- PFANNHAUSER, W.: Die Auswirkungen landwirtschaftlicher und industrieller Verfahren auf die Nahrungskette. In: *Ernährungs/Nutrition Vol 12/Nr. 4/1988*, Wien 1988, S.243.

- PFEFFER, E.: Tierernährung und Futtermittel. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft; Sonderheft 201, Parey, Hamburg; Berlin 1989.
- PICKL, A.: Energiebilanzen der wichtigsten Feldfrüchte. Studie von Dipl.Ing.Dr. Anton Pickl, Graz 1979.
- POPPER Karl R.: Objektive Erkenntnis; Ein evolutionärer Entwurf. Hoffmann und Campe, 4., verb. u. erg. Auflage 1984, S.158, (1. Auflage 1973).
- PRÄVE, D.; FAUST, U.; SITTIG, W.: Handbuch der Biotechnologie. 2.-Auflage, München/Wien 1984.
- PRIEBE, H.: Die subventionierte Unvernunft - Landwirtschaft und Naturhaushalt. Siedler Verlag, Berlin 1985.
- PRIGOGINE, I.: The philosophy of instability. In: Futures, August 1989; Vortrag zum 20. Jahrestag des Club of Rome im Oktober 1988.
- PÜHLER, A.: Chancen und Risiken der Gentechnologie - Gentechnik in der Biotechnologie. Vortrag am Biozentrum der Univ. Wien, Wien 5. 12. 1988.
- RAIKES, Ph. : Djurfeldt's "What happend to the Agrarian Bourgeoisie and Rural Proletariat under Monopoly Capitalism?" A Comment, Acta Sociologica 1982 (25), 2: S.159-165.
- REGAL, Philip J.: The planned introduction of genetically engineered organismus, ecological considerations and recommendations. Vortrag bei der Internationalen Konferenz: Delibarate Release into the Inoironment of GVO's vom 22. und 23.2.1989 in Brüssel: Vorstellung der gleichlautenden Stellungnahme der "Ecological Society of America" zur Freisetzung von GVO's (1988).
- REHM, Hans-Jürgen: Biotechnologie - eine "neue" Wissenschaft. In: Zukunftschance Biotechnologie-Tagungsband der Österreichischen Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik und der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), Wien 1985, S.12.
- REHRL, K.: Der Energiebedarf der Landwirtschaft. Landtechnische Schriftenreihe ÖKL, Heft 18, Wien 1976.
- REICHART, G.: Pflanzenproduktion in geschlossenen Systemen. In: Bio Engineering 3/88, Braunschweig, München 1988, S. 100.
- RIEDL, Rupert: Die Ordnung der lebendigen Systembedingungen der Evolution, Piper, München 1975.
- RITTERSHAUS, E. et al.: Großtechnologische Fermentation von pflanzlichen Zellkulturen. In: BioEngineering 3+4/89, Braunschweig, München, 1989, S.56.
- RIVÈRE, J.W. Maurits la: Bedrohung des Wasserhaushalts. In: Spektrum der Wissenschaft 11/89, Heidelberg 1989, S. 80.
- RÜHL, G.F.; MENGE-HARTMANN, U.; DAMBROTH, M.: Neue und verbesserte Rohstoffpflanzen für den Industriepflanzenanbau durch Biotechnologie. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.
- RUCKENBAUER, P.: Pflanzenzüchtung und Saatgutproduktion in Österreich. In: Wintertagung 1982 - Kooperation zur Verbesserung von Produktion und Vermarktung, Österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien 1982.
- RUCKENBAUER, P.: Gentechnik in der Pflanzenzüchtung. In: Gentechnik, in Biotechnologie, Land- und Forstwirtschaft, Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst", Wien 1990.
- SCHÄFER-MENUHR, A.; MIX, G.; RÜHL, G.F.; DAMBRUTH, M.: Zell- und Gewebekulturtechniken für landwirtschaftliche Pflanzenzüchtung, In:

- Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.80.
- SCHAMS, D.: Analytik des endogenen und exogenen Wachstumshormons beim Rind. In: BST-Symposium der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig-Völkenrode 1988.
- SCHEFER, K.: Konkurrenzfähige Energie vom Acker? In: DLG-Mitteilungen 13/1989, Frankfurt a. Main 1989.
- SHELLANDER, K.: Gentechnik in der Tierzucht. Vortrag bei der Tagung Gentechnik in Biotechnologie, Land- und Forstwirtschaft, Univ. für Bodenkultur, Wien März 1990.
- SCHINNER, F.: Biohydrometallurgie in Österreich. In: Biotechnologie in Österreich - Stand, Initiativen, Chancen, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Wien 1988.
- SCHNEIDER, M.: Die Bezugs- und Absatzstruktur der Land- und Forstwirtschaft und der Agrarkomplex in Österreich. In: Wifo-Monatsberichte 8/1973, Wien 1973, S. 364 ff.
- SCHNEIDER, P.L., B. VECCIARELLI und W. CHALUPA, 1987: Bovine somatotropin and ruminally inert fat in early lactation, J. Dairy Sci. 70, Suppl. 1, 177
- SEARLE, John R.: Künstliche Intelligenz I: Ist der menschliche Geist ein Computerprogramm? In: Spektrum der Wissenschaften 3/90, Heidelberg 1990.
- SEJERSEN, KRIS, J. FOLDAGER, M.T. SORENSEN, R.M. AKERS und D.E. BAUMANN, 1986: Effects of exogenous bovine somatotropin on pupertal mammary development in heifers. J. Dairy Sci. 69, 1528-1535.
- SMIDT, D.: Forschungskonzepte in der Biotechnologie der Tierproduktion. In: BST-Symposium der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig-Völkenrode 1988, S.12.
- SOBOTIK, M.: mündliche Mitteilung. BA. für alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein (Steiermark) 1990.
- SONDERGUTACHTEN: Umweltprobleme der Landwirtschaft. Der Rat für Sachverständige für Umweltfragen, W. Kohlhammer, Stuttgart und Mainz 1985.
- STADELMANN, F.X.: Naturwissenschaftliche Kriterien einer ökologisch ausgerichteten Landwirtschaft: Sieben Thesen für heute und morgen. In Zukunftsforschung, Schweizerische Vereinigung für Zukunftsforschung, Prof. Dr. P. Rieder (Hg.), ETH-Zürich 1988.
- STIGLER, H.: Energiewirtschaftliche Nutzung solarer Strahlungsenergie durch Verwertung forstlicher Biomasse. Diplomarbeit am Institut für Energiewirtschaft der Technischen Universität Wien, Wien 1978.
- TAPPESER, B.: BRADISH, P. 1988: Food-Design: Gen- und Biotechnologie in der Verarbeitung und Produktion von Nahrungsmittel. In: Gentechnik und Landwirtschaft, Stiftung ökologischer Landbau, C.F.Müller, Karlsruhe 1988.
- TEUBER, M.: Moderne mikrobielle und enzymatische Verfahren in der Milchverarbeitung. In: Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201, Parey, Hamburg, Berlin 1989.
- TEUBER, M.: Gentechnik in der Lebensmitteltechnologie. Vortragsmanuskript bei der Tagung Gentechnik in Biotechnologie, Land- und Forstwirtschaft, Univ. für Bodenkultur, Wien 1990.
- The Economist, 13 May 1989.
- THIEDE, G.: Milcherzeugung im Somatotropin-Zeitalter, Agra- Europe 37/87.
- TJEPKEMA, J.D.; EVANS, H.J.: Nitrogen fixation Associated with *Juncus Balticus* and other Plants of Oregon Wetlands. In: Soil Biol.Biochem. Vol. 8, Pergamon Press (GB) 1976, pp 505 to 509.

- TYRRELL, H.F., A.C.G. BROWN, P.J. Reynolds, G.L. HAALAND, C.J. PEEL und D.E. BAUMANN, 1982: Effects of growth hormone on utilisation of energy by lactating holstein cows. *Energy Metabolism* 10-13.
- VON AH, J.: Naturwissenschaftliche Kriterien einer ökologisch ausgerichteten Landwirtschaft: Rückblick auf die Zukunft der neunziger Jahre. In: "Zukunftsforschung" der schweizerischen Vereinigung für Zukunftsforschung, Hg. Dr.P.Rieder, ETH Zürich 1988, S. 53 ff.
- WACKERNAGEL, W.: Aspekte der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen. Referat bei der Tagung: Gentechnik in Biotechnologie, Land- und Forstwirtschaft an der Univ. für Bodenkultur, Wien 1990, (vgl. auch Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst", Wien 1990).
- WEBER, Th.: Wirkung von Rekombinantem Bovinen Somatotropin (BST) bei Milchkühen in zwei aufeinanderfolgenden Laktationen. Inauguraldissertation an der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel 1988.
- WEBER, W.: Die Wärme die vom Weizen kommt. In: DLG-Mitteilungen 1/1989, Frankfurt a. Main 1989.
- WEINSCHENK, G.: Kritische Bemerkungen zum freien Welthandel mit Agrarprodukten. In: *Agrarwirtschaft*, Jahrgang 38 - Heft 8, Frankfurt am Main 1989, S. 229.
- WEINSCHENK, G.: Ethik und Ökonomik des sorgsamem Umgangs mit natürlichem Leben in der landwirtschaftlichen Produktion. In: *Agrarwirtschaft*, Jahrgang 40 - Heft 6, Frankfurt am Main 1991, S.168ff.
- WEIZSÄCKER, Ernst U.: Verantwortung im Widerstreit. In: *Gentechnologie-Symposium-"Chancen und Grenzen der Gentechnologie"*, H. & L-Verlag, Wien 1989 (Sponsoring: IMMUNO AG).
- WENZEL, G. a: Gentechnische Methoden der Pflanzenzüchtung. In: *Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 201*, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.87.
- WENZEL, G. b: Neue Strategien in der Resistenzzüchtung. In: *Biotechnologie in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Berichte über Landwirtschaft: Sonderheft 201*, Parey, Hamburg, Berlin 1989, S.96.
- WICKLICKLY, L.: Raiffeisen - Bioforschung - erste Ergebnisse. In: *Wintertagung 1988 - Produktionsalternativen*, Österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien 1988.
- WILLI, J.; FLIRI, F.: Unseren täglichen Biosprit gib uns heute? *Dokumente zur Politik*, Nr. 2, Eigenverlag Innsbruck, Baumkirchen, Tirol 1984.
- WULLSTEIN, L.H.; BRUENING, M.L.; BOLLEN, W.B.: Nitrogen Fixation Associated with Sand Grain Root Sheaths (Rhizosheaths) of Certain Xeric Grasses. In: *Physiologia Plantarum* 46: 1-4, 1979.
- ZELCER, A.: Cellengineering by protoplastfusion: Implication for plant improvement. Vortrag an der Universität für Bodenkultur beim Symposium *Biotechnologie*, Wien am 6.10.1989.