AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.

Reimerdes, E. H.: Die zukünftige Entwicklung der Ernährungsindustrie unter dem Einfluß von verändertem Verbraucherverhalten und zunehmendem internationalem Wettbewerb.
In: Bauer, S.; Herrmann, R.; Kuhlmann, F.: Märkte der Agrar- und Ernährungswirtschaft – Analyse, einzelwirtschaftliche Strategien, staatliche Einflussnahme. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 33, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (1997), S.27-41.

Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Bd. 33, 1997, S. 27 - 41

DIE ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER ERNÄHRUNGSINDUSTRIE UNTER DEM EINFLUß VON VERÄNDERTEM VERBRAUCHERVERHALTEN UND ZUNEHMENDEM INTERNATIONALEM WETTBEWERB

von

E. H. REIMERDES*

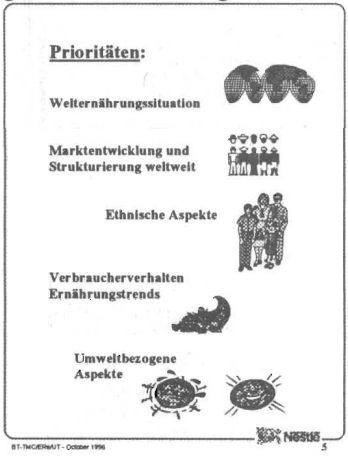
1 Einleitung

Gemeinsame Aufgabe von Landwirtschaft und Lebensmittelindustrie ist die Sicherstellung der ausreichenden Versorgung der Bevölkerung in allen Teilen der Welt mit hochwertigen Lebensmitteln - eine große Herausforderung angesichts der ständig wachsenden Weltbevölkerung. Aus diesem Grunde ist die Zukunft und die weitere Entwicklung der Ernährungsindustrie in einem sehr weiten Rahmen zu sehen. Es müssen die verschiedenen Ebenen von industrialisierten Ländern über Schwellen- und Entwicklungsländer berücksichtigt werden. Eine Bewertung der Aussagen der WHO zur Welternährungssituation zeigt einerseits die großen Unterschiede in der Versorgung der Weltbevölkerung mit Lebensmitteln, andererseits die Ausbildung von spezifischen Schwerpunkten für die Produktion bestimmter Lebensmittelrohstoffe. Ein typisches Beispiel hierfür ist die Produktion von Milch und Milchprodukten für den Export in Ländern wie Neuseeland und Australien.

Die Lösung der zukünftigen Probleme erscheint nur über einen ganzheitlichen Ansatz, der die Rohstoffbereitstellung, Be- und Verarbeitung sowie das Verbraucherverhalten und die Umweltaspekte berücksichtigt, möglich.

Dabei ergeben sich die folgenden Prioritäten (Abb.1):
Die Analyse und Bewertung der Welternährungssituation, die Berücksichtigung weltweiter Marktentwicklung und Strukturierung, die Einbeziehung von ethnischen Aspekten, sowie von Verbraucherverhalten und Ernährungstrends, und schließlich die Berücksichtigung von umweltbezogenen Aspekten, d.h. einer ökologischen Ressourcen-Nutzung. An diesen Punkten wird noch einmal deutlich, daß es heute mehr und mehr notwendig ist, von einem integrierten Ansatz auszugehen, d.h. die Lebensmittelproduktion in einem globalen Zusammenhang - von der Rohstoffproduktion bis hin zur umweltbezogenen Entsorgung - zu sehen. Im Prinzip ist dieser Zusammenhang für alle Beteiligten essentiell, weil eine ausreichende Versorgung wie auch ein optimales Wirtschaftsergebnis nur sichergestellt werden können, wenn alle Bereiche gleichermaßen gewichtet und berücksichtigt werden. Diese Ziele können nur erreicht werden, wenn neben einer Verbesserung der traditionellen Produkte alle Möglichkeiten zur Innovation, von neuen Rohstoffen und neuen Technologien, bis zu neuen Erkenntnissen der Ernährungswissenschaft zur Entwicklung neuer Produkte genutzt werden.
Dazu gehört auch, daß das Ungleichgewicht der

Abbildung 1: Lebensmitteltechnik im globalen Zusammenhang



* Prof. Dr. E. H. Reimerdes, Nestec Ltd., Technology Management Coordination, CH-1800 Vevey/Schweiz

Lebensmittelverfügbarkeit in den verschiedenen Teilen der Erde ausgeglichen wird. Ausgehend von Entwicklungen in den hochindustrialisierten (sog. HighTech-) Ländern, kommt dabei dem "Know-How Transfer" große Bedeutung zu, wobei gleichzeitig spezifische, lokale Gegebenheiten berücksichtigt werden müssen. Ziel muß es sein, lokale Rohstoffe mit moderner Technologie in hochwertige, auch ethnische Produkte umzusetzen. Dabei wird es sicherlich in vielen Bereichen zu einer Neuorientierung kommen, die insbesondere ökologische Aspekte berücksichtigt. So hat die Welthandels-organisation (WHO) auf einer ihrer letzten Sitzungen hierzu Richtlinien erarbeitet, die - falls sie sinnvoll angewendet werden - zu einer Verbesserung der landwirtschaftlichen Rohstoffproduktion führen werden. Auch die "Tokyo Club Foundation" sieht gute Möglicheiten einer Verbesserung der Umweltsituation und der Ressourcen-Nutzung - wobei die internationale Zusammenarbeit Voraussetzung ist.

2 Veränderte Marktsituation

Zusätzlich zur Neuorientierung in der Lebensmittelherstellung kommen bedeutende Veränderungen im Weltmarkt per se. Dieser Strukturwandel ist uns in Europa mit der Bildung des gemeinsamen Marktes eindrucksvoll vor Augen geführt worden. Diese Integration wird mit Sicherheit weitergeführt und macht eine ständige Anpassung erforderlich. Gleichzeitig führt der innergemeinschaftliche Warenverkehr zu einer besseren Lebensmittelversorgung und Diversifikation.

Diese Art der Blockbildung ist weltweit zu beobachten und führt zu spezifischen Marktstrukturen und Wirtschaftsräumen. Typische Beispiele sind die Ausdehnung der NAFTA von Nord- nach Südamerika, die Erweiterung der ASEAN-Freihandelszone oder ähnliche Entwicklungen, besonders im asiatisch-pazifischen Raum. Innerhalb der Blöcke und Freihandelszonen kommt es zu spezifischen Regelungen, wobei der Warenaustausch nicht nur von der Produktionskapazität, sondern auch von wirtschaftlichen Vorausset-zungen geprägt wird. Die Strukturierung der Weltmärkte erfolgt vor allem aufgrund wirtschaftlicher Veränderungen und dazugehörender internationaler Vereinbarungen. Die Gestaltung der GATT-Bestimmungen sowie das politische Geschehen in einzelnen Ländern beeinflussen Aufgaben und Zielsetzungen der Lebensmittelindustrie. Die Bedeutung der Globalisierung der Märkte wird auch an den bevorzugten Handelspartnern, z.B. für die USA und Deutschland deutlich (Abb.2). So war die Ausdehnung der NAFTA von Nordamerika nach Südamerika eine logische Folgerung der Handelsströme, die daran deutlich wird, daß Kanada und Mexiko zu den wichtigsten Handelspartnern der USA gehören. Andererseits wird aber auch die zukünftige wirtschaftliche Bedeutung des pazifischen Raumes deutlich. Dementsprechend ist Japan der zweitwichtigste Handelspartner für die USA. Ganz anders ist die Orientierung für Deutschland. Die wichtigsten Handelspartner machen die starke EU-Orientierung deutlich. Darüberhinaus zeigt sich aber auch hier, daß die Entwicklung im pazifischen Raum für Europa von außerordentlicher Wichtigkeit ist.

Abbildung 2

Dieser weltweit stattfindende Strukturwandel stellt für die Lebensmittelindustrie eine große Herausforderung dar, weil einerseits der Bedarf an Lebensmitteln ständig wächst, andererseits die Aufgaben nur durch einen allgemeinen "Know-How Transfer" bewältigt werden können. Außerdem ergeben sich vor diesem Hintergrund für Landwirtschaft, Verfahrensentwicklung, Anlagenbau und die Produktion von Lebensmitteln sehr unterschiedliche Voraussetzungen bzw. Bedingungen in den verschiedenen Wirtschaftsräumen.

Abbildung 3:

Abbildung 4:

Dieses bezieht sich einerseits auf die traditionelle Lebensmittelproduktion, die zur Herstellung hochwertiger, auch ethnischer Lebensmittel mit lokalen Rohstoffen genutzt werden kann. Andererseits müssen alle Neuentwicklungen und Verbesserungen möglichst schnell umgesetzt werden, wobei nach Perioden von Chemie und Technik der Biotechnologie in Zukunft die größte Bedeutung zukommen wird.

3 Verbraucherverhalten

Wie bereits eingangs bei den Prioritäten für die Lebensmittelherstellung gezeigt, kommt den Verbrauchererwartungen bei der zukünftigen Entwicklung der Lebensmittelherstellung eine entscheidende Bedeutung zu. Für den Verbraucher stehen Qualität, Convenience und Umweltfreundlichkeit im Mittelpunkt. Neben sozio-ökologischen Aspekten kommt es dem Verbraucher im wesentlichen auf eine gesunde Ernährung an, bei gleichzeitiger Forderung nach weitgehender Naturbelassenheit der Produkte.

In einer Analyse hat Nestlé in einem sozio-demographischen Gutachten das Verhältnis von Mensch und Ernährung im Jahre 2000 untersuchen lassen. Auf dieser Basis wurden 42 Thesen zum Thema "Mensch und Ernährung 2000" erarbeitet (Abb.3), die sich letzthin in den folgenden 6 Grundforderungen zusammenfassen lassen (Abb.4). Es wäre ein Thema für sich, jeden der einzelnen Punkte und die dazugehörenden Thesen auf Zukunftschancen für die Lebensmit-

telindustrie zu untersuchen. Es steht jedoch fest, daß Produktqualität und Produktvielfalt bei gleichzeitiger Anpassung an Märkte und Wirtschaftsräume zunehmen.

Auch die Forderung nach Produktqualität orientiert sich am Verbraucher und dessen Erwartungen. Dabei ist Produktqualität ein außerordentlich komplexes Thema und beinhaltet vielschichtige Aufgaben und Zielsetzungen (Abb.5). Wesentliche Punkte sind folglich Produktsicherheit, sensorische Qualität und eine geeignete Verpackung. An die sensorische Qualität stellt der Verbraucher konkrete Anforderungen, die sich an den mit der traditionellen Küche gemachten Erfahrungen orientieren. Hinzu kommen in letzter Zeit mehr und mehr sog. ethnische Produkte, d.h. regionale und nationale Spezialitäten. Die Produkt-sicherheit im Sinne des Verbraucherschutzes wird allgemein als "Standard" vorausgesetzt und immer dann zu einem besonders kritischen Thema, wenn es zu Problemsituationen kommt. Kernthemen bzw. Risikofaktoren in diesem Zusammenhang sind Kontamination und Verderb durch Mikroorganismen, wie z.B. durch Salmonellen und Rückstände verschiedenster Herkunft (Pflanzenschutzmittel, Tierarzneimittel etc.). Auf diese Themen reagieren die Verbraucher verständlicherweise besonders sensibel. Es ist das Privileg der Markenhersteller, einen hohen Qualitätsstandard zu erhalten. Weniger bekannt, aber von zunehmender Bedeutung sind antinutritive und allergene Substanzen. Allergien sind eine Zeiterscheinung, die mit verschiedenen Ursachen in Zusammenhang gebracht werden. Psychologische Faktoren sowie die zunehmende Schadstoffkonzentration in der Umwelt werden als Hauptursachen genannt. Die Probleme für die Lebensmitteltechnik sind bedingt durch die komplexe Zusammensetzung der Lebensmittel und die Vielschichtigkeit der allergenen Substanzen.

Abbildung 5:

Es bestehen technologische Möglichkeiten, gezielt durch Verarbeitung das allergene Potential zu reduzieren. Hierfür sind biotechnologische Verfahren entwickelt worden. Das kann im Bereich der Lebensmittelproteine durch eine Proteolyse (quasi eine Vorverdauung) geschehen. Auch eine Strukturveränderung durch Erhitzen kann die allergene Aktivität von Proteinen verringern. Manche Lebensmittel werden erst durch Hitzebehandlung genießbar. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Zubereitung des Shugo-Fisches in Japan, bei dem ein Protein denaturiert und dadurch entgiftet wird. Auch unverarbeitetes Rizinusöl ist extrem toxisch. Es enthält eines der giftigsten Proteine überhaupt; durch Hitzedenaturierung und anschließender Filtration wird dieses entfernt. Diese Beispiele zeigen deutlich, wie facettenreich Lebensmittel-Bearbeitung und -Verarbeitung sind und bei richtiger Anwendung durchaus Positives bewirken, d.h. für die Produktion qualitativ hochwertiger Lebensmittelprodukte erforderlich sind.

Schließlich müssen auch Verpackungsmaterialien und das Verpackungs-Design im Zusammenhang mit der Lebensmittelqualität gesehen werden. Die Verpackung muß das Produkt schützen, um dessen sensorische Eigenschaften und Sicherheit zu gewährleisten. Sie muß gleichzeitig die vom Verbraucher geforderte, der Produktverwendung entsprechende "Convenience" bieten. Eine vollständige, die Umwelt möglichst gering belastende Entsorgung der leeren Ver-

packung muß angestrebt werden. Insgesamt gesehen bedeutet Lebensmittelqualität eine komplexe Vielfalt von Einzelaspekten, die bei Verbesserung bestehender sowie der Entwicklung neuer Technologien integriert und berücksichtigt werden müssen. Die Qualitätssicherung im modernen Lebensmittelherstellerbetrieb wird mehr und mehr durch Qualitäts-Management-Konzepte geprägt, welche die Vernetzung und Umsetzung des vorhandenen Prozess- und Analytik- Know-How's beinhalten. Wesentlich hierfür ist die Entwicklung von der "Off-Line"-Kontrolle (nachträgliche Überprüfung) zur direkten "On-Line"-Kontrolle von spezifischen, die Qualität bestimmenden Prozeß-Parametern mit dem Ziel der Vermeidung bzw. Minimierung von Fehlproduktionen.

Die Daten dieser "On-Line"-Messungen können außerdem zur Prozeß-Steuerung herangezogen werden. Diese komplexen Zusammenhänge sind noch einmal wie folgt zusammenzufassen (Abb.6). Dabei wird die Vielschichtigkeit, ausgehend von sozio-ökologischen Aspekten, bis hin zu spezifischen Ernährungsfragen noch einmal deutlich. Hinzugekommen ist die ernährungsphysiologische Qualität, bei der folgende Punkte berücksichtigt werden müssen:

- Bedarfsstruktur
- Lebensmittelzusammensetzung
- adäquate Be- und Verarbeitung
- gutes Verhältnis der einzelnen Rohstoffkomponenten.

Da diese Faktoren für jede Zielgruppe neu definiert werden müssen, wird die Vielfalt der Lebensmittelprodukte und die Komplexität ihrer Gestaltung zunehmen.

Qualität bedeutet aber auch die Gestaltung des Speisezettels mit unseren Produkten, wobei auch hier ein grundsätzlicher Wandel stattgefunden hat, der mehr und mehr realisiert wird (Abb.7). Begriffe wie Bio-Food, Fast-Food, Convenience Food, Ethnic Food, Health Food, Functional Food/Nutraceuticals muten im ersten Moment fremd an und lassen uns von den guten alten Zeiten sprechen, nämlich einer guten Küche und Genuß. Wie das Beispiel Fertiggerichte zeigt, werden diese Trends durch typische Entwicklungen in der soziologischen

Abbildung 6:

VERBRAUCHERASPEKTE / QUALITÄTSINDIZES :

- **Verbrauchererwartung (sozio-ökologische Aspekte)**

  Gesunde Ernährung
  Naturbelassenheit

- **Verbraucherschutz**

  Nährstoffdichte: Zielgruppen
  Traditionelle Werte : Frisches Gemüse
  Zusatzstoffe, Additive (Unbedenklichkeit)
  Kennzeichnung
  Haltbarkeit, Distribution
  Convenience

- **Produkthaftung und - sicherheit**

  GMP, GLP, Kontrolle, HACCP, CTCP

T-TMC/ERe/UT - September 1996 Nestlé

Abbildung 7:

Lebensmittel-Qualität
Quo vadis ?

Bio - Food
Fast - Food
Convenience Food
Ethnic Food
Health Food
Functional Food / Nutraceuticals

oder

"Gute Küche und Genuß "

BT-TMC/ERe/UT - September 1996 Nestlé

Struktur geprägt (Abb.8), wobei individueller Lebensstil, Haushaltstechnik und finanzielle Aspekte berücksichtigt werden müssen. Berücksichtigt man auf der anderen Seite, daß in der EU mit ihren Hauptmärkten für Fertiggerichte DM 8 - 10 Mio an guten Wachstumsaussichten umgesetzt werden, macht das die großen wirtschaftlichen Möglichkeiten in diesem Bereich deutlich. Auf der anderen Seite müssen wir erkennen, daß diese neuen Formen des Speisezettels auch wesentliche Chancen zur besseren Verwertung unserer Rohstoffe zu guten Produkten bedeuten.

4 Bedeutung der Landwirtschaft

Der deutschen Landwirtschaft kommt eine Schlüsselrolle bei der Erhaltung und der Verbesserung der Produktqualität unserer Lebensmittel zu. Voraussetzung für die Produktqualität sind hochwertige agrarische Rohstoffe, die einer adäquaten Veredelung, d.h. einer sinnvollen Be- und Verarbeitung unterzogen werden. Wichtig ist, daß negative Veränderungen oder eine zu starke Bearbeitung vermieden werden. Qualität wird damit für den Landwirt, für die Lebensmittelindustrie und auch für den Verbraucher zu einem Begriff. Dabei ist es der Entwicklung der modernen Landwirtschaft zu verdanken, daß zumindest in den industrialisierten Ländern die Lebensmittelversorgung ein hohes Niveau erreicht hat. Wichtig ist für die Weltversorgung, daß dieses hohe Niveau gehalten und erweitert werden kann, wobei Themen wie ein sorgfältiger Umgang mit den Ressourcen in den Vordergrund treten. Es kommt also auch hier zu einem Strukturwandel, der u.a. auf der Agritechnika (Abb.9) deutlich wurde. Wesentlich ist die Erhaltung bzw. Konsolidierung des Erreichten unter Einbeziehung von Innovationen, die einen schonenderen Umgang mit den Ressourcen erlauben. Kernthemen sind dabei traditionelle Verfahren wie Sortenwahl und Züchtung, aber auch die Einbeziehung der modernen Biotechnologie. Effizienz und ökologische Leistungsbilanz lassen sich unter diesem Gesichtspunkt für die zukünftige Gestaltung der Landwirtschaft nutzen.

Abbildung 8:

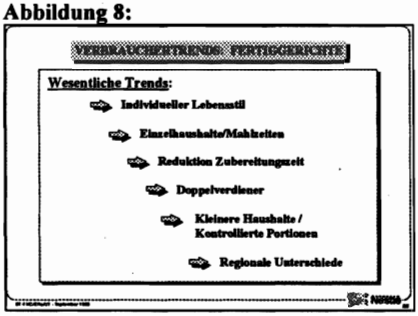
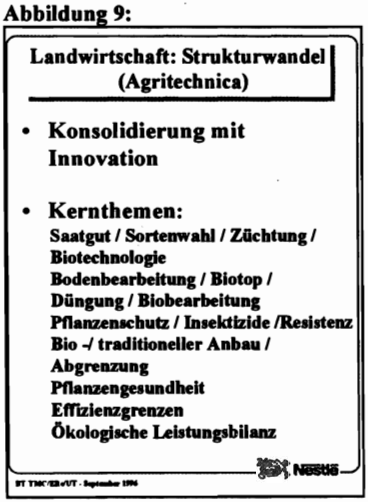


Abbildung 9:



"Mensch, Natur und Technik" ist das Motto der Weltausstellung im Jahre 2000 in Hannover. Ich glaube, es ist ohne Schwierigkeiten möglich, in diesem Zusammenhang - Mensch, Natur und Technik - die deutsche Landwirtschaft zentral zu positionieren, weil sie verantwortlich ist für die Urproduktion hochwertiger Rohstoffe und gleichzeitig durch ihr Handeln, Denken und ihre Kreativität für Natur- und Umweltverträglichkeit sorgt. Ausgehend von dieser gesunden Basis kann über Rohstoffproduktion und Produktqualiät als Voraussetzung für eine Wettbewerbsfähigkeit diskutiert werden. Darüberhinaus ist ein wesentlicher Punkt, daß die Produktion in der Landwirtschaft an die Be-

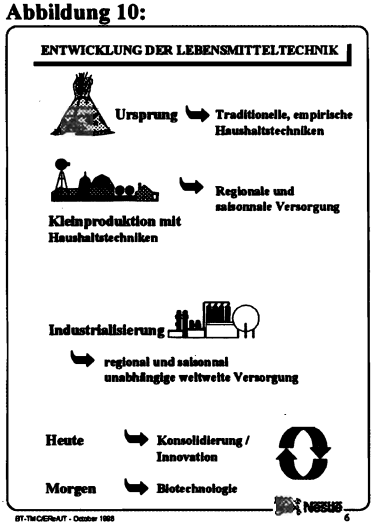
darfsstruktur in den entsprechenden Wirtschafts-räumen angepaßt wird, z.B. die Integration von Ost-Europa mit einem eigenen Produktions- und Roh-stoffprofil. Weitere wichtige Themen für die Landwirtschaft sind die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen und die bessere Nutzung von Nebenprodukten.

Nur wenn auch hier die Synthese zwischen Mensch, Natur und Technik gelingt, wird eine umweltfreundliche, effiziente Produktion von nachwachsenden Rohstoffen realisiert werden können. Hierzu sind neue Modelle für die zukünftige Gestaltung einer effizienten Landwirtschaft erforderlich.

5 Entwicklung der Lebensmittelproduktion

Die industrielle Lebensmitteltechnik hat ihren Ursprung in traditionellen Verfahren und historisch gewachsenen Haushaltstechniken, die weitgehend auf empirisch gewonnenen Erkenntnissen beruhen (Abb.10). Typische Beispiele sind die Nudel-, Käse-, Wein- oder Brot-Herstellung verbunden mit dem Garen und Haltbarmachen sowie die vielfältigen Zubereitungsformen. Wichtigste Aufgabe war stets die Haltbarmachung von Lebensmitteln unter Erhalt des Nährwertes der zubereiteten Produkte. Ein Beispiel für diesen Entwicklungsprozeß und den Einfluß regionaler Bedingungen ist die Pasta-Produktion mit Hartweizen. Dieses Verfahren wurde im Süden Italiens aus einer Haushaltstechnik entwickelt. Hartweizen kam zum Einsatz, weil sich der Rohstoff beim Trocknen der Teigwaren unter den dortigen klimatischen Bedingungen (relativ hohe Luftfeuchtigkeit und Temperatur) bewährte. Um die weltweite Verbreitung der Pasta-Produktion zu ermöglichen, mußte die Herstellung auf andere lokale Bedingungen übertragen werden. Dabei mußten regional verfügbare Weizensorten (ergänzt durch andere Stärkerohstoffe) Verwendung finden.

Abbildung 10:



Dreiphaseneinteilung

Die Entwicklung der Lebensmitteltechnik ist eng verbunden mit den Innovationen in Haushalt und Distribution. Basierend auf der traditionellen Haushaltstechnik, kann sie in die drei Phasen "Kleinproduktion", "Industralisierung" und "Konsolidierung/Innovation" eingeteilt werden.

In der ersten Phase (Kleinproduktion mit Haushaltstechniken) wurde eine regionale und saisonale Versorgung mit Lebensmitteln erreicht. Mit den sich ändernden Lebensumständen in den industrialisierten Zonen der Erde, den daraus resultierenden, ständig wachsenden Anforderungen seitens der Verbraucher und der relativ zügig voranschreitenden Entwicklung in der Technologie allgemein, wurden vor allem in der zweiten Phase zahlreiche bahnbrechende neue Verfahren entwickelt. Die großtechnische Produktion hochwertiger Lebensmittel und damit die Versorgung breiter Bevölkerungsschichten wurde durch diesen Fortschritt erst ermöglicht. Mit der Einführung moderner Haltbarmachungsverfahren, wie Kühl- und Gefriertechniken in Haushalt, Industrie und Handel, ist es heute zum Beispiel möglich, empfindliche saisonale Lebensmittel ganzjährig und lokal unabhängig verfügbar zu machen.

"Top 10" der zweiten Phase
Die "Highlights" der zweiten Phase (Industrialisierung) wurden 1989 durch das IFT Experten Panel für Lebensmittelsicherheit und Ernährung als die "Top 10" der Entwicklung in der Lebensmitteltechnik ausgewählt (Tab.1).

Tabelle 1: Die "Top 10" der Entwicklungen in der Lebensmitteltechnik von 1939 bis 1989

1.	Aseptische Verarbeitung und Abfüllung
2.	Verbesserung der Konservenherstellung
3.	Mikrowellenerhitzung
4.	Gefrorene, konzentrierte Zitrusfruchtsäfte
5.	Verpackung mit Schutzgas für frische Früchte und frisches Gemüse
6.	Gefriertrocknung
7.	Gefrorene Menüs
8.	Konzept der Wasseraktivität
9.	Lebensmittelanreicherung
10.	Kurzzeitsterilisation bei ultrahohen Temperaturen

Wie sehr neue Technologien die Qualität von Lebensmitteln verbessern können, zeigt die Gefriertrocknung. Sie hat insbesondere im Bereich der pulverförmigen Nahrungsmittel, wie Instant-Kaffee oder -Tee und auch bei getrockneten Kräutern, zu wesentlichen Entwicklungen bezüglich Aroma-, Vitamin- sowie Farberhaltung beigetragen.

Verbraucherforderungen nach regionaler und saisonaler Unabhängigkeit in der Versorgung mit Lebensmitteln förderten die Entwicklung von Kühltechniken und Tiefkühlkost. In vielen Produktbereichen kann durch das Gefrieren die nach dem "frischen Produkt" höchste Qualität, sowohl aus organoleptischer als auch ernährungsphysiologischer Sicht, erzielt werden. Komplette Tiefkühlmenüs leisten außerdem einen wesentlichen Beitrag für eine vielseitige und ausgewogene Ernährung. Gleichzeitig entsprechen sie den heutigen Convenience-Anforderungen der Verbraucher. Bei derartigen Produkten, die auch in direktem Zusammenhang mit der Mikrowellenerhitzung zu sehen sind, ist die parallele Entwicklung der Haushaltstechnik eine wichtige Voraussetzung.

Auch andere Konzepte, wie die Kontrolle der Wasseraktivität, tragen zur Verbesserung von Haltbarkeit und damit auch der Distribution bei. Der Wassergehalt wird dabei so stark vermindert, daß sich der Verderb durch Mikroorganismen herabsetzen oder sogar unterbinden läßt. Dieses Konzept hat man heute zur sogenannten "Hurdle-Technology" ausgebaut, bei der durch Kombination mit zusätzlichen Haltbarkeitsfaktoren, wie zum Beispiel Säuerung und Kühlung, die Lagerfähigkeit der Produkte verlängert und ein Verderb verhindert werden kann.

Die Lebensmittelanreicherung mit den für die Ernährung wichtigen Komponenten, zum Beispiel Spurenelementen oder Vitaminen, ist direkt im Zusammenhang mit den neuesten ernährungswissenschaftlichen Erkenntnissen zu sehen. Die Verhinderung bzw. Beseitigung von Mangelsituationen muß hierbei allerdings das eigentliche Ziel sein. Mit den sich ändernden Eßgewohnheiten der Verbraucher, insbesondere bei einseitiger Ernährung, besteht die Gefahr einer Unterversorgung mit bestimmten Nährstoffen, so daß durch gezielte Anreicherung ein wichtiger Ausgleich geschaffen werden kann. Hier stellen im Zusammenhang mit Diätprodukten speziell "Functional Foods" eine bedeutende Entwicklung dar. Auch kann in Mangelgebieten der Erde über die Lebensmittelanreicherung ein wichtiger Beitrag zur Nährstoffversorgung geleistet werden.

Dem Verlangen der Verbraucher nach möglichst geringer Be- und Verarbeitung kommt die Kurzzeitsterilisation bei ultrahohen Temperaturen entgegen. Sie ermöglicht im Zusammenhang mit der aseptischen Abfüllung qualitativ hochwertige, sterile, also längerfristig haltbare Produkte bei weitestgehendem Erhalt der hitzeempfindlichen Inhaltsstoffe, wie zum Beispiel Vitamine und Geschmacksstoffe.

6 Trends in der Lebensmitteltechnologie

Entwicklungspotentiale gibt es im gesamten Be- und Verarbeitungsprozeß, angefangen bei der Rohstoffbereitstellung, über die Produktherstellung, Abfüllung und Verpackung bis hin zur Nutzung von Nebenprodukten (Minimierung von Abfall) sowie Reinigungskonzepten. Wichtig dabei ist die Erkenntnis, daß jeder Schritt in diesem Prozeß einen Einfluß auf die Matrix des zu verarbeitenden Rohstoffes hat und daß am Ende dieser Kette das fertige Produkt steht.

Die Qualität dieses Endproduktes ist abhängig von der Qualität jedes einzelnen Verarbeitungsschrittes. Dieses bedeutet, daß in einem interdisziplinären Ansatz alle Bereiche optimiert werden müssen.

Vor diesem Hintergrund werden im folgenden einige Technologiebereiche mit bedeutenden Entwicklungspotentialen kurz vorgestellt. Alle Produktionsschritte sind im Zusammenhang mit dem Ziel der Herstellung von standardisierten, qualitativ hochwertigen Produkten zu sehen, einschließlich des gesamten Wertschöpfungsprozesses - ein weiterer wichtiger Hinweis auf die Bedeutung eines ganzheitlichen Konzeptes. Schritt für Schritt müssen die einzelnen Verfahren geprüft und so verbessert werden, daß der Herstellungsprozeß möglichst schonend und nährwerterhaltend ist und damit im Endeffekt eine optimale Produktqualität erzielt werden kann. Angesichts der Vielfalt der Lebensmittelrohstoffe und -produkte bedeutet dies eine große Herausforderung für die Lebensmitteltechnologie der Zukunft, wobei in einzelnen Bereichen schon heute wichtige Entwicklungen abzusehen sind.

Haltbarmachung
Bei den Tiefkühlprodukten werden spezifische, sogenannte "anti-freeze"-Proteine und die "ice-nucleation"-Technik zu einer erheblichen Verbesserung von Qualität und Haltbarkeit führen. Durch gezielte Gestaltung des Gefrierprozesses und der Eiskristallbildung können Veränderungen in der Struktur auf ein Minimum reduziert und Textur sowie Geschmack optimiert werden. Dieses gilt insbesondere für ganze Früchte und Gemüse.

Neben der Tiefkühlkonservierung gibt es zahlreiche Weiter- und Neuentwicklungen bei nichtthermischen und thermischen Verfahren, die alle auf neuesten, wissenschaftlichen Erkenntnissen über Wechselwirkungen zwischen Produktmatrix und Energieformen beruhen. Dadurch wird eine exakte, das Produkt schonende Bearbeitung ermöglicht. In Abb. 11 sind die modernen Verfahren zur Haltbarmachung von Lebensmitteln noch einmal zusammengestellt.

Abbildung 11:

Produktherstellung ➡ Haltbarmachung

- **Entwicklungspotentiale**
- **Gefriertechnologie** — **"Ice-Nucleation"**, **"Anti-Freeze-Protein"**
- **Nichtthermische Haltbarmachung**
  - **Hochdrucktechnologie**
  - **Ultraschall**
  - **Temperaturschock**
  - **Hochenergie Lichtimpulse**
  - **Plasmabehandlung**
  - **UV-Bestrahlung**
  - **Bestrahlung**
  - **Elektrische Impulse**
  - **Magnetische Behandlung**
- **Definierte Wasseraktivität**
  - **"Hurdle" - Technologie**

Nestlé

BT-TMC/EBr/UT - September 1996

Ein interessantes Beispiel unter diesen Verfahren stellt die "Ohm'sche Erhitzung" dar, die auf dem Prinzip der Umwandlung von elektrischer in thermische Energie basiert (Abb.12); damit bestimmen Leitfähigkeit bzw. Widerstand der Lebensmittelmatrix das Aufheizverhalten, was deutlich macht, daß das substantielle Wissen über Zusammensetzung und Struktur unserer Lebensmittel immer größere Bedeutung erlangt. Dies gilt besonders für stückige Produkte, die in eine flüssige Matrix eingebettet sind und mittels der Ohm'schen Erhitzung wesentlich schonender verarbeitet werden können. Die Integrität der stückigen Güter als wesentliches Qualitätsmerkmal wird dadurch entscheidend verbessert und die Gefahr einer Überhitzung erheblich reduziert.

Interessante Möglichkeiten zur Verbesserung der Haltbarkeit von frischen und gekühlten Lebensmitteln ergeben sich zudem aus neuen Erkenntnissen über das Zusammenwirken mehrerer Haltbarkeitsfaktoren, die zur sogenannten "Hurdle-Technologie" weiterentwickelt wurden. Dabei sind sowohl Pre- und Probiotica als auch Veränderungen im pH-Wert und der Wasseraktivität wichtig.

Abbildung 12:

Produktherstellung ➡ Beispiel Ohm'sche Erhitzung

Prinzip :	**Umwandlung elektrischer in thermische Energie. Ein Wechselstrom (50 Hz bis 10 kHz) wird an das Produkt angelegt, welches einen Widerstand bildet. Die elektrische Leitfähigkeit des Produktes bestimmt das Aufheizverhalten.**
System :	**Mit PTFE ummantelte, von einem Generator gespeiste Elektroden, die mit elektrisch isolierten Edelstahlrohren verbunden sind, integrierbar in typische aseptische Produktionslinien.**
Vorteile :	**Gleichzeitige, schnelle Erhitzung von Flüssigphase und stückigen Produktanteilen, da unabhängig von der Wärmeleitfähigkeit.** **• Stückanteile bis 80% möglich** **• Gute Integrität der Stück** **• Kein Anbrennen, da keine Wärmeaustauschflächen.**

Nestlé

BT-TMC/EBr/UT - October 1996 26

Eine weitere, derzeit intensiv bearbeitete Möglichkeit zur Haltbarmachung und Verbesserung von Produktstruktur und -qualität bietet die Hochdrucktechnologie (Abb.13), die deshalb nicht unter die "Top Ten" der Entwicklungen in der Lebensmitteltechnologie eingereiht wurden, weil die Erstversuche zur Keimreduzierung in Milch schon 1899 durchgeführt wurden. Durch die Weiterentwicklung der Anlagen und gezielte wissenschaftliche Arbeiten eröffnet sich eine Fülle innovativer Produktmöglichkeiten bei entsprechender Kombination von Druck- und Temperatur-behandlung.

In Japan sind bereits die ersten Produkte, z.B. Säfte, Konfitüren, Sossen, Dressings oder Joghurt im Markt, die mit dem Hochdruckverfahren behandelt wurden und sich durch eine hohe Aromaqualität auszeichnen.

Da die Haltbarkeit und Sicherheit der Lebensmittel direkt mit der Keimzahlbelastung korreliert, bietet die im Pharmabereich bereits etablierte Reinraumtechnik gute Möglichkeiten zur Qualitätsverbesserung, indem die mikrobiologische Rekontamination verringert wird. Zahlreiche Anwendungen machen deutlich, daß dadurch die Bearbeitung erheblich reduziert werden kann.

Membrantechnologie
Membranverfahren werden heute allgemein zur Rohstoff- und Produktaufbereitung eingesetzt (Abb.14+15) und ständig verbessert. Eine neuere Anwendung stellt die Mikrofiltration zur Keimreduzierung dar, die z.B. bei Milch einen interessanten Ansatz zur Verbesserung der Haltbarkeit und Sicherheit unbehandelter Milch aufzeigt. Ein weiterer innovativer Einsatz der Membrantechnologie zeichnet sich für die Herstellung von Lebensmittelemulsionen mit definierter Fetttröpfchenverteilung ab.

Extrusion
Ursprünglich stammt die Extrusionstechnologie aus dem Kunststoffbereich, ist jedoch heute auch in der Lebensmittelherstellung etabliert. Mit der Weiterentwicklung zu Doppelschnecken- und Kalandersystemen ist die Anwendung der Extrusion im Lebensmittelbereich wesentlich flexibler und vielseitiger geworden.

Abbildung 13:

Produktherstellung ➡ Beispiel Hochdrucktechnologie

Non-Food Anwendung

Keramik- und Carbid-Technologie

Anwendung in Lebensmitteln

Milch (1899) Keimreduzierung
Proteindenaturierung (1914)

Hochdruckanlagen für die Lebensmittelindustrie

Inertgas oder Wasser als Medium
Druck bis 7 Kbar
Batchprozeß
Semikontinuierlicher Prozeß

Technologische Möglichkeiten

Gefrierpunkterniedrigung
Kombination mit thermischer Behandlung
- Sporeninaktivierung
- Keimzahlreduzierung
- Enzyminaktivierung
- Matrixveränderung
- Denaturierung von Allergenen

BT-TM CE/Re/UT - October 1996 — NESTLÉ — 1

Abbildung 14:

Produktherstellung ➡ Beispiel: (1) Membranverfahren

Anwendungsbeispiele :

→ Mehrkomponentenauftrennung

→ Protein-, Enzymisolierung

→ Mineralstoffgewinnung : Nanofiltration

→ Konzentrierung : Umkehr-Osmose

→ Substrat-Produkttrennung

→ Fraktionierung (Proteine, Peptide, Aminosäuren)

→ Luftreinhaltung (Biofilter, Absorptionsfiltration)

→ Entsalzung

→ Weinstabilisierung

→ Fruchtsäfte (Konzentrierung, Pektingewinnung)

→ Keimreduzierung (Mikrofiltration)

→ Flüssigextraktion, Verteilungssysteme

BT-TM CE/Re/UT - October 1996 — NESTLÉ — 12

Abbildung 15:

Produktherstellung ➡ Beispiel: (2) Membranverfahren

Mikrofiltration:

➡ Keimreduzierung, z.B. in Milch, Reduktion bzw. Vermeidung von Hitzebehandlung

Größenordnung einiger in Milch enthaltener Komponenten

Komponenten	Partikeldurchmesser / Partikellänge (um)
Hefen	5 - 10
Schimmelpilze	5 - 10
Bakterien	0.5 - 10
Fettkügelchen	0.15 - 0.3
Caseinmicellen	0.01 - 0.3
Caseinstaub	10
Lipoproteine	0.01
Serumproteine	0.0003 - 0.006

BT-TM CE/Re/UT - October 1996 — NESTLÉ — 1

Die Kombination von Scherkräften und Druck, verbunden mit Effekten wie der Energiedissipation, mit gezielter Zusammensetzung der Komponenten, erlaubt neben der bekannten Snack- und Nudelherstellung die vielfältige Anwendung dieser Technik (Abb.16 - 18). Insbesondere für die Herstellung von Emulsionen, wie z.B. Mayonnaisen, zur Stärke- und Proteinmodifikation, sowie zur Herstellung von gefüllten Lebensmitteln oder für die Bildung von Aromastoffen sind neue Entwicklungen realisiert worden. Dabei können manche Produktionsverfahren erheblich vereinfacht und kostengünstiger gestaltet werden, wie das Beispiel der Tablettierung, entwickelt von BASF/KNOLL, zeigt Abb.19. Durch die Extrusionstechnologie kann auf zahl-

reiche Arbeitsschritte, wie Granulieren und Mischen, sowie den teuren Tablettierungsschritt verzichtet werden, so daß sich erhebliche Kosten einsparen lassen.

Abbildung 16:

Produktherstellung ➡ Beispiel: (1) Extrusion

Herkunft : Polymerindustrie

Heute : Vielseitiger Einsatz in der Lebensmitteltechnologie
- **Niedrigtemperatur Extrusion Nass-Extrusion**
- **Hochtemperatur-Koch-Extrusion Trocknung durch Expansion**

Anlagen : Mehrzweckanlagen : Reaktorsysteme
- **Einschneckenextruder**
- **Doppelschneckenextruder**
- **Doppelextruder mit Satelliten**

BT-TMC/ERs/UT - October 1988 14

Abbildung 17:

Produktherstellung ➡ Beispiel: (2) Extrusion

Mechanismus : Scherkräfte ➡ Energiedissipation

Parameter : Druck
Temperatur

Funktionen : Mischen
Zerkleinern
Plastifizieren
Schmelzen

Zusätzliche Funktionen : Erhitzen ➡ Dampfinjektion
Kühlen ➡ Kühlsegmente
Expansion
Zudosieren ➡ Schutz- und Treibgase
➡ Reaktive Substanzen

Produktions-Kontrolle : Sensoren ➡ Druck, Temperatur, Rheologie/Viskosität

BT-TMC/ERs/UT - October 1988 15

Abbildung 18:

Produktherstellung **Beispiel (3) Extrusion**

Anwendungen in der Lebensmittelherstellung

- **Snackherstellung**
- **Modifikation von Proteinen**
  - **Caseinate, Funktionalisierung**
  - **Enzyminaktivierung**
  - **Proteindenaturierung/Proteingele**
- **Emulsionen, Schäume**
  - **Eiskrem**
  - **Mayonnaise**
- **Pellets- und Tablettenherstellung**
  - **Thermoplastische Matrices**
- **Granulation**
- **Stärkemodifikation**
- **Komplexbildung**
- **Co-Extrusion : gefüllte Lebensmittel**
- **Pasta-Technologie**
- **Reaktion-Flavour-Produktion**

BT-TMC/ERs/UT - October 1988 25

Abbildung19:

Produktherstellung **Beispiel (4) Extrusion**

Tablettierung : Gegenüberstellung konventioneller Technik und Extrusion

KONVENTIONELL	EXTRUSION
EINWAAGE	
MISCHEN	
GRANULIEREN	
SIEBEN	EXTRUSION incl. On-Line Einwaage
TROCKNEN	
SIEBEN	
MISCHEN	
TABLETTIEREN	KALANDRIEREN
	KÜHLEN
COATEN	COATEN

BT-TMC/ERs/UT - October 1996 ##

Biotechnologie

Der wohl innovativste Bereich der Lebensmitteltechnik ist in der Biotechnologie zu sehen. Ausgehend von vielen biochemischen Leistungen und Stoffwechselreaktionen in der Natur lassen sich praktisch alle gewünschten Metaboliten und Fermentationen von Vitaminen über Aromastoffe bis hin zur gezielten Biokonservierung durchführen (Abb.20-23). Voraussetzung ist die Auswahl von geeigneten Mikroorganismen, z.B. für die Wein-, Käse- und Joghurtherstellung.

Abbildung 20:

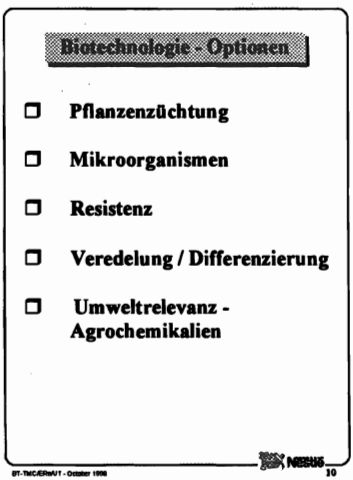
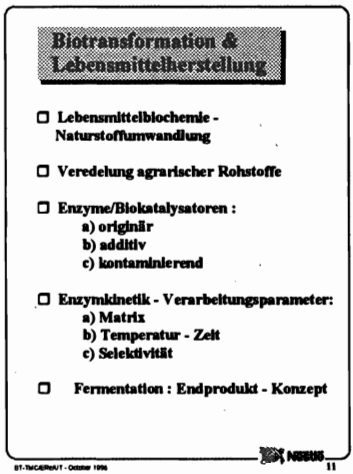
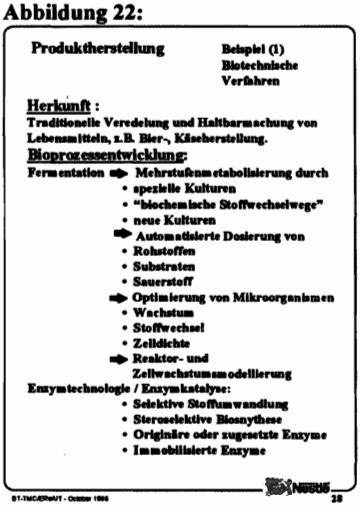


Abbildung 21:



Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch die Nutzung von originären oder zugesetzten Biokatalysatoren/Enzymen, z.B. zur Herstellung von Maltodextrin via Stärkeabbau oder hypoallergener Nahrung durch Proteolyse.

Abbildung 22:



Die traditionelle Biotechnologie hat hier noch viele ungenutzte Möglichkeiten bis hin zur stereoselektiven Synthese von Aromastoffen und Wirksubstanzen. Eine spezielle Weiterentwicklung bedeutet die Immobilisierung von Enzymen und Mikroorganismen zur Durchführung derartiger Metabolisierungsschritte.

Gentechnologie

Obwohl die Biotechnologie und der Einsatz von Biokatalysatoren vor wenigen Jahren als sanfte Chemie gepriesen wurden, wird die Gentechnologie noch außerordentlich kontrovers diskutiert. Es handelt sich hier ausschliesslich um die Nutzung natürlicher Prinzipien. Dennoch wird wegen möglichen Mißbrauchs mit irrationalen Horrorvisionen in der nicht sachkundigen Bevölkerung Angst erzeugt. Fest steht jedoch, daß die anstehenden Welternährungs- und Umwelt-probleme bei ständig wachsender Weltbevölkerung ohne den kontrollierten Einsatz der Gentechnologie kaum zu bewältigen sind (Abb.24-27).

Abbildung 23:

Produktherstellung — **Beispiel (2) Biotechnische Verfahren**

Anwendungen in der Lebensmitteltechnik: Food Bioengineering:

- Veredelung von Lebensmitteln: - Aroma, Flavour, Geschmack
  - Texture
- Biokonservierung: - Säuerung
  - Probiotika
- Proteolyse: - Hyperallergene
- Fettumesterung: - Funktionalität
  - Verdauberkeit
- Emulgatorherstellung: - Mono- und Diglyceride
- Bildung von Stabilisatoren: - Polydextran
  - Xanthan
- Desintegration von Rohstoffen: - Cellulose, Hemicellulose ⇒ Cellulasen
  - Pektin ⇒ Pektinasen
  - Stärke ⇒ Maltodextrin Amylasen
- Beseitigung von antinutriven Substanzen: - Phytinsäure : Phytinase
  - Trypsinhemmer: Proteolyse
- Stereoselektive Biosynthese: - Aromastoffe
  - Emulgatoren
- Entfernung von Bitterstoffen: - Peptide
  - Lipide
- Bildung von Farbstoffen, Vitaminen, Additiven
- Novel Foods / Biomasse : - Quorn
  - SCP
- Ernährungsphysiologie: - Vorverdauung

NESTLÉ

ST-TMCER/UT - October 1994 — 29

Abbildung 24:

WICHTIGE BIOTECHNOLOGIE - ANWENDUNGEN

Qualität / Reifung	- Tomate
Insektenresistenz	- Baumwolle, - Mais - Kartoffel
Herbizidresistenz	- Sojabohne - Baumwolle - Canola - Mais - Squash
Virusresistenz	- Tabak
Zusammensetzung: (Fettqualität)	- Canola - Raps - Baumwollsamenöl

Privatfirmen, Länderregierung (China)
DM 3 - 5 Milliarden - Jahr 2000
DM 6 - 7 Milliarden - Jahr 2005

ST-TMCER/UT - September 1994 — NESTLÉ

Abbildung 25:

BEDEUTUNG DER BIOTECHNOLOGIE

- **Jahr 2050 - Weltbevölkerung ca. 11 Milliarden**

  ⇓

  Verdoppelung bis Verdreifachung der Lebensmittelproduktion erforderlich

- **3500 Feldversuche / 15000 Einzelversuche**
  - **34 Länder**
    - **56 Pflanzenarten**
      - **91% Industrieländer**
        - **1% Osteuropa / Rußland**
        - **8% Entwicklungsländer (ca. 1-2% in China)**
- **Ende 1995 - 35 Anträge / 9 Arten**
  USA 20, Kanada 8

ST-TMCER/UT - September 1994 — NESTLÉ

Abbildung 26:

Transgenic Crops Tested in Field Trials 1986 to 1995

Table 2: List of Transgenic Crops Tested in Field Experiments Worldwide (1986 through 31 December 1995)

Largest number of field trials (approximately one [illegible] per crop)	Medium number of field trials (approximately [illegible] per crop)	Low number of field trials (approximately 1 [illegible])	
Canola/Rapeseed	Alfalfa	Ambrosia beetle	Grape
Cotton	Cantaloupe	Apple	Kiwi
Maize Corn	Carnations	Artificial Gallium	Lettuce
Melon	Rice	Asparagus	Lupine
Potato	Rice	Barley	Papaya
Soybean	Squash	Bellflower	Pea
Tobacco	Sugarbeet	Birch	Peanut
Tomato	Sunflower	Cabbage	Pepper
		Carrot	Petunia
		Cauliflower	Plum
		Chicory	Poplar
		Chrysanthemum	Raspberry
		Clover	Strawberry
		Cranberry	Spruce
		Creeping bent grass	Strawberry
		Cucumber	Sugarcane
		Eggplant	Sunflower
		Eucalyptus	Sweetgum
		Gerbera	Walnut
		Gladiolus	Wheat

ST-TMCER/UT - September 1994 — NESTLÉ

Abbildung 27:

Transgenic Crops Tested in Field Trials 1986 to 1995

Table 1: Total Number of Transgenic Crop Field Trials in Different Countries Worldwide (1986 through 31 December 1995)

Country	Total Number of Field Trials
Argentina	78
Australia	46
Belgium	97
Belize	6
Bolivia	6
Bulgaria	3
Canada	486
Chile	20
China	60
Costa Rica	17
Cuba	12
Denmark	16
Egypt	1
Finland	10
France *	233
Germany	49
Guatemala	3
Hungary	11
Italy	69
Japan	25
Mexico	22
New Zealand	15
Norway	1
Portugal	3
Russia	11
South Africa	23
Spain	22
Sweden	12
Switzerland	1
Thailand	1
The Netherlands	113
United Kingdom	223
United States	1,952
Zimbabwe	1
TOTAL	**3,447**

* Permits issued for more than one year have been counted as one year only.

ST-TMCER/UT - September 1994 — NESTLÉ

7 Resümee

Um Produkte höchster Qualität und Sicherheit unter Beibeziehung von Verbraucheranforderungen und -trends sowie von Umweltaspekten zu realisieren, können lebensmitteltechnische Entwick-lungen heute nur durch einen inter-disziplinären Ansatz unter Beteiligung von Ernährungswissen-schaftlern, Le-bensmittelwissenschaftlern, Verfah-rensingenieuren und Mikrobiologen realisiert werden. Im Rahmen der Optimierung von Produktqualität und Kosten sowie der Umweltaspekte wird es zu einer Neuorientierung in allen Bereichen der Lebensmittelherstellung kommen, die wesentlich von Forderungen der immer kritischer und bewußter werdenden Verbraucher beeinflußt werden.

Darüber hinaus gilt es, eine innovative Konsolidierung der vorhandenen Technologien anzustreben und durch "Know-How-Transfer" weltweit verfügbar zu machen.

Ein wesentliches Zukunftspotential liegt in der Nutzung der modernen Biotechnologie, vorausgesetzt, daß sinnvolle Rahmenbedingungen geschaffen werden. Hierfür ist eine breite Verbesserung unserer Wissensbasis erforderlich (Abb.28), die gleichzeitig Voraussetzung für die zukünftige industrielle Wettbewerbsfähigkeit ist.

Insgesamt gesehen eine Herausforderung an die gesamte Gesellschaft, die nur ganzheitlich und interdisziplinär zu lösen ist (Abb.29). Unsere Zukunft wird davon abhängen, ob es uns gelingt, hierfür die Bereitschaft zu wecken.

Abbildung 28:

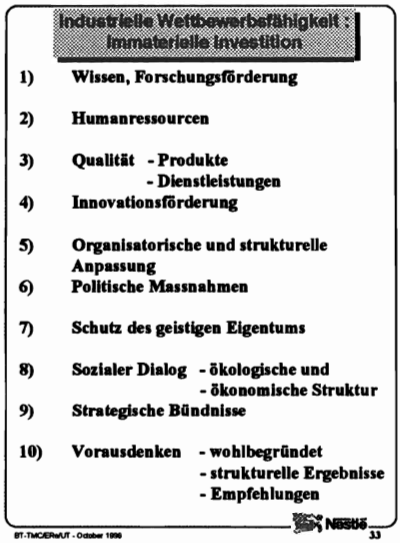
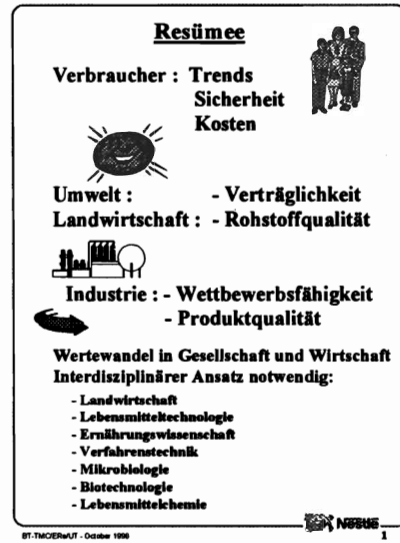



Abbildung 29: