

Lutz-Günther Fleischer

Evolutorische Lebensmitteltechnologie und ihre Implikationen mit der Allgemeinen Technologie

1 Die Dualität Technologie und ihre Dialektik von Einzelem, Besonderem und Allgemeinem

Der Begriff *Technologie* umfasst – nach meinem Verständnis – sowohl produktionspraktische *Prozess-Systeme* als auch korrelierte empirische und theoretische *Wissens-Systeme*, Wissen in Form kognitiver Gehalte und pragmatisches Wissen im Sinne des Könnens, des „sich auf etwas Verstehens“, beides auf unterschiedlichen Entwicklungsniveaus und historisch sowie aktuell mit stark differierenden Entwicklungsgeschwindigkeiten. Die Lebensmitteltechnologie, die prinzipiell ebenso strukturiert ist, evolviert und qualifiziert sich gegenwärtig in besonders beeindruckender Weise, wofür nach dem Erörtern einiger grundlegender Aspekte des Themas spezielle Sachverhalte vorgestellt und diskutiert werden.

Der *erste Begriffsteil* der Dualität, das *Prozess-System*, charakterisiert das Wie, die produkt- und/oder prozessbezogene Art und Weise, mit der Menschen die Gegenstände ihrer Arbeit (Stoffe, Energien, Informationen) auf der Grundlage bestimmter Wirkprinzipien mit eigens dafür geschaffenen Arbeitsmitteln (Werkzeugen, Denkzeugen, Maschinen, Apparaten, Anlagen, operationellen Stoffen, Energien, Informationen), Kooperations- und Organisationsformen so verändern, wie es ihren Interessen und Bedürfnissen entspricht. In diesem Sinne sind Technologien final orientiert und bedürfen der sozio-ökonomisch-technischen Analyse und Bewertung. „Bleibt man bei den Konstruktions-, Material- und Verfahrensregeln stehen, dann wird die wachsende Komplexität von Aufgaben und Entscheidungssituationen nicht beachtet, die natürliche, technische, gesellschaftliche, kulturelle und mentale Faktoren verknüpft. *Technologieentscheidungen* sind nicht nur politische und ökonomische, sondern auch kulturelle und soziale Entscheidungen, die die Entwicklung und die Existenz soziokultureller Identitäten prinzipiell beeinflussen. Eine Allgemei-

ne Technologie muss sich auch dem Verhältnis von Humanität und Effektivität widmen“ (Hörz 2001, S. 53f.). Von der Gestaltung der Prozess-Systeme, von der Art und Weise der Verfahrensführung hängt auf dem jeweiligen Niveau der interagierenden Produktivkräfte im entscheidenden Maße die Qualität der *technologischen Produktionsweise* ab (siehe Abb. 1).

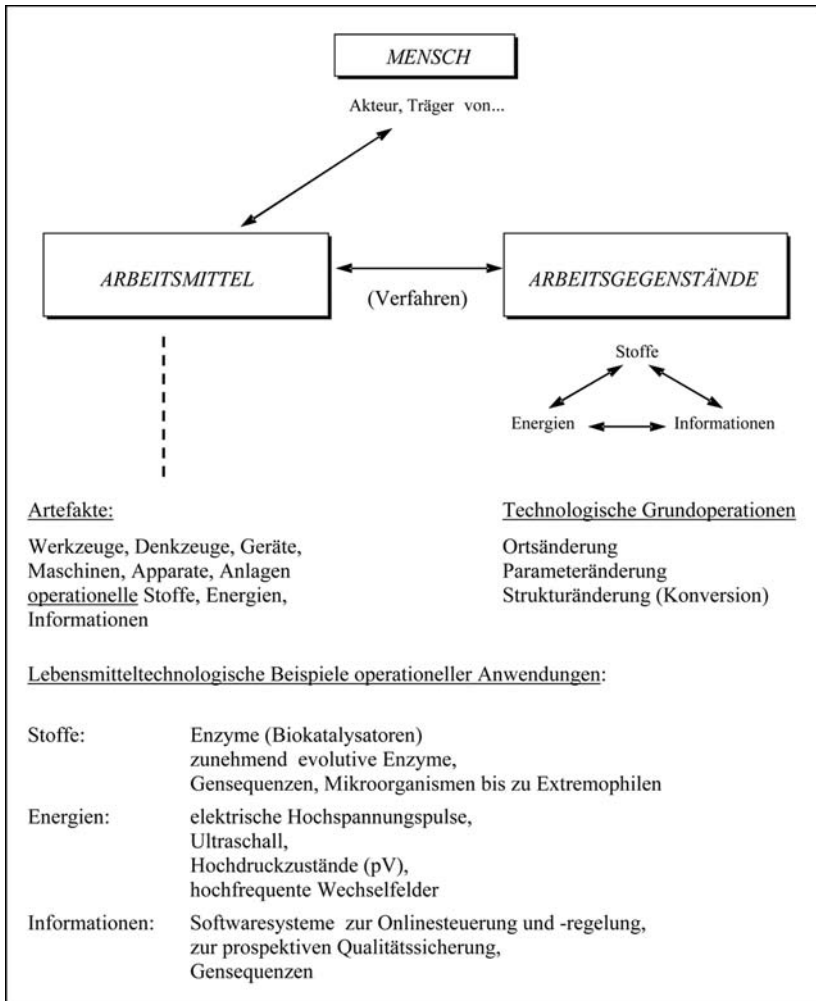


Abb. 1: Wechselbeziehungen in Technologien

Klaus Hartmann und Wolfgang Fratzscher heben hervor, dass stoff- und energiewirtschaftliche Produktionssysteme, wie die der chemischen Industrie und der Lebensmittelindustrie, Prozess-Systeme sind (vgl. Hartmann/Fratzscher 2004; sie auch den Beitrag von Hartmann und Fratzscher in diesem Band). Der prozessindustrielle Verfahrensbegriff integriert folgerichtig technische Konstrukte (Arte-Faktisches). In logischer Konsequenz führt der heute übliche Weg bei Verfahrensentwicklungen von prozessbasierten Verfahrenskonzepten zur „technischen Hülle“. In diese überzeugende Sichtweise ist m. E. ergänzend die Kategorie Information einzubeziehen. *Informationen* bilden den dritten materiellen Aspekt (siehe Abb. 1) und unterliegen, ebenso wie *Stoffe* und *Energien*, in charakteristischen *technologischen Operationen* der *Ortsänderung*, der lediglich Quantitäten betreffenden *Parameteränderung* bzw. der qualitativen *Wandlung innerer Strukturen* – der stofflichen, energetischen und/oder informationellen Konversion.

Der *zweite Begriffsteil* der Dualität Technologie, das *Wissens-System*, umschließt seit dem Bestreben von Johann Beckmann (1739–1811), überwiegend Empirisches aus den erfahrungsreichen Handwerken zu sammeln, zu beschreiben, zu klassifizieren, zu bewerten und theoretisch zu verallgemeinern, eine Gruppe nunmehr außerordentlich komplexer, sich qualitativ deutlich wandelnder und weiter verflechtender Wissenschaften. Dies sind die Verfahrens-, Verarbeitungs- und Fertigungstechnik, die eigentlich Technologien heißen müssten. Häufig sind in der Lebensmitteltechnologie die verfahrens- und verarbeitungstechnischen Aspekte verbunden.

Die speziellen, vor allem die produktorientierten technologischen Wissenschaften haben über oft komplizierte und parallele Entwicklungswege insbesondere mit Hilfe der abstrakt-theoretischen Erkenntnisfähigkeit ihr heutiges Entwicklungsniveau erreicht. Sie bilden gemeinsam mit den Material(Werkstoff)wissenschaften und den Konstruktionswissenschaften die *Klasse der Technikwissenschaften*. Der gegenüber den Werkstoffwissenschaften erweiterte Begriff Materialwissenschaften erstreckt sich als Ursache-Wirkungs-Kette auf Struktur-, Eigenschafts- und Wirkungsbeziehungen sowie auf Funktions-, Herstellungs-, Verarbeitungs- und Einsatzbedingungen und erfährt gegenwärtig eine besondere Ausprägung als *Lebensmittelmaterialwissenschaft*. Ihren Schwerpunkt bilden physikalisch-chemische, strukturelle sowie funktionelle Eigenschaften und Eigenschaftsänderungen, Zustände, Zustandsänderungen und Prozesse, die Phasenreaktionen einschließen. Deren besondere Qualität resultiert daraus, dass *Lebensmittel hochkomplexe Matrizes* sind: fluid disperse oder fest disperse, multikomponentige, mehrphasige Stoffsysteme pflanzlichen oder tierischen Ursprungs.

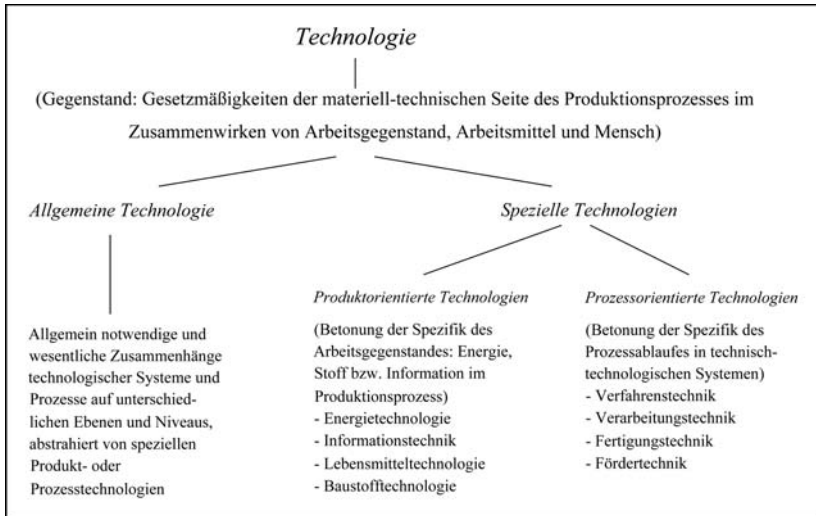


Abb. 2: Klassifikation der Wissenschaft Technologie

Jede spezielle, d. h. prozess- oder produktbezogene Technologie (siehe Abb. 2) hat als Wissenschaft – wie die sich gegenwärtig auf dem Wege vom industriezweigspezifischen Produktbezug (z. B. in der Zuckertechnologie, Brautechnologie, Getreidetechnologie, Milchtechnologie, Fleischnologie) zur übergreifenden Prozess- und Methodenorientierung qualitativ wandelnde und entfaltende Lebensmitteltechnologie – primär in der materiell-technischen Seite der jeweiligen Produktionsprozesse, deren inneren Beziehungen sowie bestimmten äußeren Verflechtungen arbeitsteilig einen eigenen dynamischen Gegenstand, ein angemessenes evolvierendes System von Begriffen, methodischen Konzepten, Vorgehensweisen sowie ein – besonders in unserer „technologischen Hoch-Zeit“ quantitativ beachtlich wachsendes, sich qualitativ wandelndes, selbstorganisierendes, vor allem vertiefendes und vernetzendes – Reservoir von Erkenntnissen verschiedener wissenschaftlicher Abstraktions- und Verifikationsgrade.

Unabhängig von ihrer alternativen oder – nach Günter Ropohl – „scheinalternativen“ Interpretation als allgemeine Technik- oder Verfahrenswissenschaft (vgl. Ropohl 2004) ist die *Allgemeine Technologie (AT)* eine abstrahierende Aggregation, ein Kanon wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden hoher Komplexität – ein Theorie-System in statu nascendi, das empirisches Wissen in theoretisches Wissen überführt, es abstrakt-theoretisch

weiter integriert, klassifiziert und generalisiert, dabei Wissen über allgemeine Struktur- und Funktionsprinzipien der Sachsysteme generiert und mit großen Teilen der Wissenschafts- und Technikentwicklung interagiert. Beispiele lebensmitteltechnologischer Entwicklungslinien und Entwicklungserfordernisse werden dies in den Abschnitten 2 und 3 skizzieren.

Wie diese Entwicklungsprozesse im Einzelnen, vom Konkreten zum Abstrakten I, vom Abstrakten I zum Abstrakten II aufsteigend verlaufen, ist noch weitgehend unerforscht. Inwieweit zudem objektiv real existierende technologische Gemeinsamkeiten, wie z. B. typisierte Grundprozesse, Grundverfahren, unifizierte Grundstrukturen, fundamentale technologische Wirk- und Verfahrensprinzipien, Forschungsmethoden, Technikgesetze invariant sind, damit dem Allgemeinen – der AT – oder aber akzentuiert der vermittelnden dialektischen Ebene des Besonderen zugehören, wäre selbst mit ausgewählten Invarianzbeziehungen schwer zu beurteilen.

Mit dem Problem der Existenz des Allgemeinen und seines Verhältnisses zum Besonderen und Einzelnen befasst sich bekanntlich die Philosophie seit der Antike. Auch für die Technologie gilt: Die AT existiert nur in den und mit den speziellen (produkt- und prozessorientierten) Technologien. Sie koexistieren. Die AT umfasst wesensgemäß nicht die gesamte Mannigfaltigkeit und Vielfalt spezieller Technologien, wohl aber Generalisierungen, Abstraktionen entscheidender und wesentlicher Aspekte von ausgewiesen hohem praktischen und theoretischen Wert. Gerhard Banse sieht für die Weiterentwicklung der AT zwei idealisierte Vorgehensweisen: die deduktiv-konkretisierende und die induktiv-generalisierende. „Deduktiv-konkretisierend bedeutet hier, von einem umfassenden theoretisch-philosophischen Entwurf (‚Gesamtschau‘) auszugehen und in Richtung konkreter technischer Einzelheiten zu untersetzen bzw. zu präzisieren. Induktiv-generalisierend soll dagegen eine Vorgehensweise bezeichnen, die von den einzelnen technischen Gegebenheiten ausgeht und aus diesen (z. B. vergleichend und klassifizierend) Gemeinsamkeiten (‚Allgemeines‘) ableitet. Jede konkrete ‚allgemeintechnologische Hervorbringung‘ basiert m. E. auf einer Kombination dieser beiden Vorgehensweisen, braucht Abbild des Konkreten und Entwurf des Übergreifenden. Unterschiedlich ist gewiss das ‚Maßverhältnis‘ zwischen beiden, so dass dem einen ein Ansatz zu spekulativ erscheint, der einem anderen noch zu sehr dem Konkreten verhaftet ist. Es gibt aber kein zeitloses Maß, sondern immer nur zweckbezogene Kombinationen beider Vorgehensweisen – deshalb sind vorhandene Ansätze an ihrem jeweiligen Zweck (‚Anspruch‘) zu messen“ (Banse 2002, S. 24f.).

Deutliche Fortschritte bei der Herausbildung und Konsolidierung der AT, zugleich aber auch herausragende wissenschaftliche Ansprüche resultieren

vor allem aus den anhaltenden prozessualen, *technologierelevanten Entwicklungstendenzen* und *-faktoren* der

- *Technisierung* – der immerwährenden Ausdehnung und Qualifizierung des Einsatzfeldes der artefaktischen und nunmehr auch maschinenlosen Technik – dem dynamischsten Element der Technologien (siehe Abb. 1) – als einem zivilisationsgeschichtlichen Kernprozess mit gesellschaftsprägendem Einfluss;
- *Mathematisierung* – der Entwicklung der gesamten Mathematik als „Schlüsseltechnologie“, der Integration mathematischer Mittel, Betrachtungsweisen und Methoden vornehmlich in die Natur- und Technikwissenschaften im Interesse der Symbolisierung, metatheoretischen Formalisierung, Algorithmisierung, theoriebasierten Modellierung und Simulation;
- *Physikalisierung* – der Herausbildung und Konsolidierung neuer Teilgebiete der Physik, der physikalischen Durchdringung und Reduktion von Makroprozessen auf wesentliche Mikroprozesse (wie molare und molekulare Energie-, Impuls-, Stofftransport- sowie Wandlungsprozesse) und deren physikalisch-mathematische Modellierung;
- *Biotisierung* – der raschen und allseitigen Entwicklung biologischer Spezialgebiete, wie der Molekularbiologie, der Genetik, der Bioinformatik, diagnostischer und therapeutischer Methoden der Biotechnologie etc., der Modellierung, Simulation komplexer biotischer Strukturen und Funktionen, der Erforschung und Nutzung biotischer Prinzipien, Gesetze, Gesetzmäßigkeiten der Lebensprozesse, lebender Objekte (Mikroorganismen, pflanzlicher und tierischer Zellen, Zellverbände, molekularer Vehikel, Gensequenzen, ...) sowie zellinterner Enzymstrukturen, sekundärer Pflanzenmetabolite (phytochemicals), Biosensoren und Biosonden in Produktions- bzw. Schutzsystemen.

2 Die Herausbildung und Konsolidierung der Lebensmitteltechnologie

Die *systematische Lebensmitteltechnologie* (LMT) entwickelte sich als integrative Einheit – in Deutschland erst mit den siebziger Jahren des 20. Jh.s deutlich erkennbar – aus mehreren produktionspraktisch und wissenschaftlich sehr erfolgreichen speziellen *landwirtschaftlichen Technologien* auf dem Wege der Verallgemeinerung und Spezialisierung, also auf der technologischen Ebene sowohl induktiv-generalisierend als auch deduktiv-konkretisierend und unter Aufnahme bewährter *Plattformtechnologien* aus den verschiedensten Prozess- und Wissens-Systemen.

Vorbildlich wirkten dabei in Deutschland als produktorientierte Technikwissenschaften von Weltgeltung vor allem die Zuckertechnologie – die in einigen wissenschaftlichen Grundlagen bis auf den Direktor der Physikalischen Klasse der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Franz Carl Achard (1753–1823) zurückgeht –, die Technologie des Bierbrauens und die Milchtechnologie.

Die Entwicklung industrieller Großanlagen, deren wachsende Komplexität, rasch zunehmende Verflechtungs- und Automatisierungsgrade, die Chancen bzw. Erfordernisse der Mess- und Computertechnik sowie zumeist restriktive energiewirtschaftliche, ökologische und ökonomische Optimierungskonditionen, aber auch höhere Ansprüche an die Qualität der Nahrungs- und Genussmittel, deren Vielfalt sowie die rationelle Zubereitung katalysierten und erzwangen diesen qualitativen Sprung.

Einige technologische Fakten aus der *deutschen Zuckerindustrie* sollen diese Tendenzen exemplarisch skizzieren.



Vertikale kontinuierliche Kristallisatoren (VKT)	Weißzucker: 5 Kammern Rohzucker: 4 Kammern Nachprodukt: 4 Kammern
Reduzierung des Heizdampfdrucks bei Weißzucker	konventionell: 0,95 bar Doppeleffekt: 0,20 bar Kristallisationszeit: 4,5 h

Abb. 3: Kontinuierliche Kristallisation mit Doppeleffektverdampfung als energiesparendes Verbundsystem

Als optischer Beleg (siehe Abb. 3) sei zunächst auf die kontinuierlichen Zuckerkristallisatoren einer deutschen Neubaufabrik, einem Apparateverbund hoher stoff- und energiewirtschaftlicher Effektivität, verwiesen. Mit der Verdampfung und der Kristallisation werden zwei qualitätsentscheidende und energieökonomisch dominierende Verfahrensstufen der *modernen Zuckertechnologie* hervorgehoben. Ihr Entwicklungsniveau hat – neben den oben erörterten Tendenzen – einen maßgeblichen Anteil daran, dass die Zuckerindustrie Deutschlands in fast allen Fabriken die im Weltmaßstab fortgeschrittenste *technologische Produktionsweise*, zumindest einen der höchsten technisch-technologischen Standards erreichte.

Beispielsweise ermöglichte die aus empirischen und theoretischen Erkenntnisfortschritten resultierende Anwendung von Vorlagekristallisaten definierter Kristallgrößen und -mengen den Qualitätssprung von der Batchkristallisation zur kontinuierlichen Kristallisation der Saccharose in großtechnischen Dimensionen. Die positiven Auswirkungen dieses Wandels der technologischen Produktionsweise fördern die Zuckerqualität, betreffen Effektivitätssteigerungen: den sinkenden Energiebedarf, reduzierte Heizmitteltemperaturen und sie erleichtern die anschließende Zentrifugation der Magma (Kristallsuspensionen). Auch die zunehmend eingesetzten effektiven Plattenfallstromverdampfer führen infolge ihrer deutlich höheren Wärmedurchgangskoeffizienten, der nutzbaren minimalen Temperaturdifferenzen und der bis zu sieben Stufen reichenden mehrstufigen Verdampfung zu erheblich reduziertem Dampfbedarf, was sich nachhaltig auf die gesamte Energieökonomie der Zuckertechnologie auswirkt.

Ein Blick auf die zurückliegenden fünf Jahrzehnte lässt typische Entwicklungslinien und Effektivitätssteigerungen noch deutlicher hervortreten. Mit der Herausbildung großer Produktionseinheiten reduzierte sich die Zahl der deutschen Zuckerfabriken erheblich von ca. 200 Betrieben 1954 – mit einer Zuckerproduktion von ca. 2 Mio. t/a – auf 26 Werke 2004 mit mehr als der doppelten Zuckerproduktion pro Jahr und einer werksbezogenen durchschnittlichen Tagesverarbeitung von rund 11.000 t/d. Im Jahr 2004 wurden so ungefähr 26 Mio. t Rüben mit einer Zuckerausbeute von fast 90% verarbeitet.

Besonders beeindruckend ist die vornehmlich technologisch begründete Abnahme des Primärenergiebedarfs pro Dezitonne (dt) Rübe bzw. pro Tonne (t) Zucker (siehe Abb. 4). Der spezifische Elektroenergiebedarf wurde aus optischen Gründen in der Darstellung mit dem Faktor 5 multipliziert.

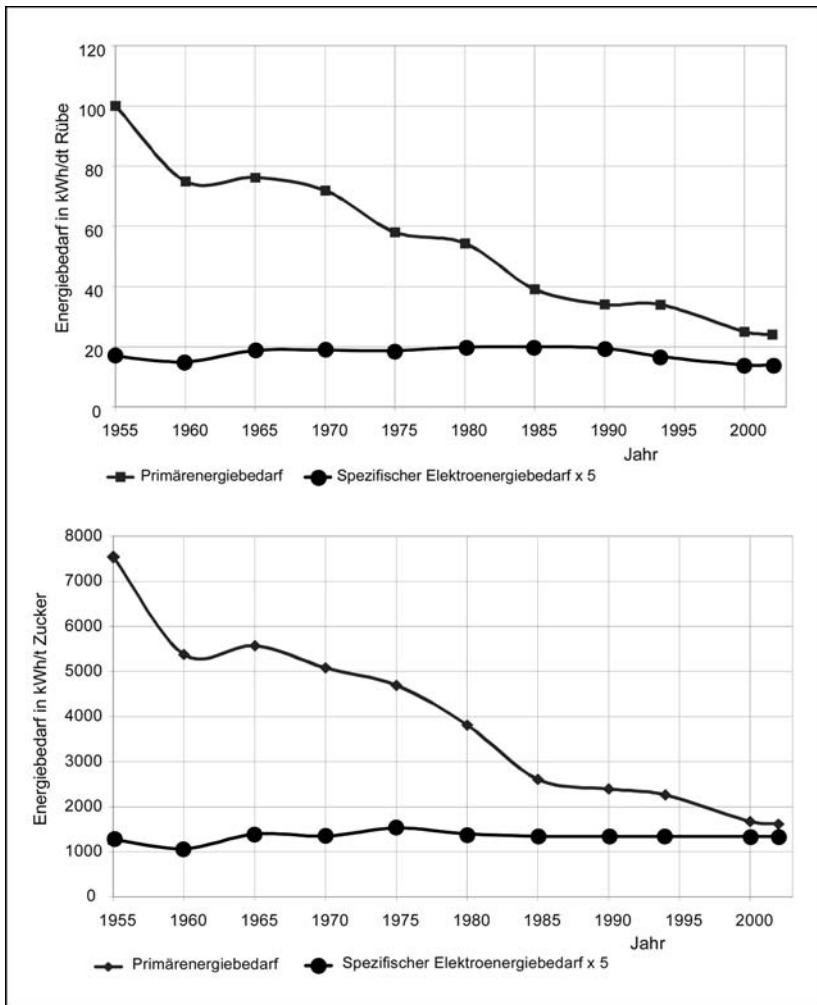


Abb. 4: Entwicklung des Energiebedarfs bei der Rübenzuckerproduktion in Deutschland

Der stoff- und energiewirtschaftliche Verbund der Rübenzuckerfabrikation ist technologisch weitgehend optimiert, wozu die Wärme-Kraft-Kopplung, die Nutzung vertiefter prozesstechnischer Erkenntnisse für nahezu alle Verfahrensstufen, die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie der Apparate- und Maschinenbau entscheidend beitragen. Der bisherige technologische

Fortschritt hat dazu geführt, dass in der deutschen Zuckerindustrie bereits 75% der Produktionskosten auf den Rohstoff Rübe und Personalkosten entfallen. Das ist gleichermaßen ein überzeugender Erfolg und ein limitierender Faktor für weitere „bezahlbare“ technisch-technologischen Fortschritte. Die Zuckertechnologie partizipierte dabei – wie die LMT als integrative Einheit – vom gesamten wissenschaftlich-technischen Entwicklungsniveau sowie den generellen wissenschaftlichen Entwicklungstendenzen der Mathematisierung, Physikalisation, Chemisierung, Biotisierung, deren Wesenszüge – mit Ausnahme der gut bekannten Chemisierung – vorn skizziert sind.

Technologie als Prozess-System bedarf mit ihrer fortschreitenden Entwicklung immer zwingender der *Verwissenschaftlichung*, d. h. der Überführung des faktisch Bewährten in ein Wissens-System mit kognitiven Gehalten sowie Handlungsalgorithmen, und sie ermöglicht die Transformation mit dem entwicklungstypischen tendenziellen Fortschreiten vom weniger Strukturierteren, Differenzierteren, Integrierteren zum Strukturierteren, Differenzierteren, Integrierteren (vor allem Komplexeren, Komplizierteren, Organisierteren). Rückkoppelnd nutzt das kognitive Wissen beim Konzipieren, Realisieren, Steuern und Optimieren der beherrschenden großtechnischen Systeme. Es wird zum Gestaltungs- und Verfügungswissen, zur „*instrumentellen Vernunft*“ und mit Ziel-Mittel-Relationen, die aus der finalen Orientierung der Technologien resultieren, zur „*bewertenden Vernunft*“.

3 Aktuelle Tendenzen der Forschung und Entwicklung der Lebensmitteltechnologie

Lebensmittel soll zumindest ihr ernährungsphysiologischer Wert, ein hoher Genusswert, ihre ausgeprägte Lagerstabilität und die garantierte Lebensmittelsicherheit auszeichnen. Der ernährungsphysiologische Wert steht zumeist in enger Verbindung mit der weitgehenden Naturbelassenheit, also einem *minimal processing*, einer schonenden Prozessführung während der Verarbeitung, einer *optimalen Nährstoffdichte* (d. h. hohen Anteilen an essentiellen Nährstoffen, wie Vitaminen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren, Mengen- und Spurenelementen, einem ausreichenden Anteil an Ballaststoffen sowie Schutznährstoffen, insbesondere antioxidativen Mikronährstoffen, die als Reduktone wirken) und einer *optimalen Energiezufuhr*.

Die zahlreichen Verfahrensschritte sowie die vielfältigen physikalischen, chemischen, biochemischen, biotischen, technischen und ökologischen Möglichkeiten sowie Bedingungen der Verarbeitung pflanzlicher und tierischer Rohmaterialien zu hochwertigen Nahrungs- und Genussmitteln gilt es in mo-

dernen Lebensmitteltechnologien so zu gestalten, dass sie in jeder Hinsicht der Eigenart und Spezifik der Lebensmittel und den Ernährungserfordernissen u. U. bis zur medizinischen Prävention (mit health ingredients in functional food) gerecht werden.

Obwohl sich Lebensmittel – einschließlich der Rohstoffe und Zwischenprodukte – hinsichtlich ihrer qualitätsrelevanten mechanischen Eigenschaften nicht grundsätzlich von denen anderer Materialien unterscheiden, bilden – wie bereits kurz erwähnt – die äußerst komplexen, überwiegend *multikomponentigen, mehrphasigen Nahrungs- und/oder Genussmittel* eine außerordentlich vielfältige und variable Gruppe *disperser Stoffsysteme* unterschiedlichster Konsistenz. Ihr Spektrum reicht mit fließenden Übergängen vom Mineralwasser über Milch, Obst- und Gemüsesäfte unterschiedlicher Konzentrationen und Phasenvolumina, Pulver und Mehle Pasten, Rahms, Pürees, Mehlteige, Lyo- und Xerogele bis zum Brot, zu Früchten und Fleisch – also *fluid dispersen, fest dispersen Stoffsystemen*, einschließlich zellstrukturierter Materialien. Das ist eine neue stoffliche Qualität, die technologische Notwendigkeiten begründet und Möglichkeiten eröffnet. Lebensmittel unterliegen zudem mannigfaltigen natürlichen stofflichen und damit einhergehenden strukturellen Veränderungen oder werden lebensmitteltechnologisch bewusst physikalisch, chemisch, enzymatisch, biotisch gewandelt, strukturiert/texturiert. Daraus resultieren einerseits zahlreiche lebensmitteltechnologische Probleme, aber auch ein einzigartiges Möglichkeitsfeld modifizierbarer Gebrauchs- und Verarbeitungseigenschaften, hervorragende stoffadaptive Chancen der verfahrenstechnischen und verarbeitungstechnischen Gestaltung der stoffwandelnden, stoffformenden und formändernden Prozesse der Lebensmitteltechnik (Food Process Engineering) unter definierten Milieus, Temperaturen, Drücken und externen Beanspruchungen. Die Variation des technologischen Parameters Druck erstreckt sich in der Lebensmitteltechnologie inzwischen bis zu 10.000 bar. Die diskutierten Aspekte sind für die *Lebensmittelwissenschaft* – als Teil der life sciences – insgesamt charakteristisch und so prägend, dass sich daraus ihre unverwechselbare, aus dem Gegenstand und mit den Methoden begründete, *wissenschaftliche Eigenständigkeit* sowie die ihrer geschlossenen Wissenschaftsgebiete: der Lebensmittelchemie, Lebensmittelsicherheit, Lebensmittelmaterialwissenschaft, Lebensmittelverfahrenstechnik, Lebensmittelanlagentechnik, Lebensmittelbiotechnologie und gegebenenfalls anderer Konstituenten der strukturierten Lebensmittelwissenschaft ergibt.

Ziel und Basis der Lebensmitteltechnologie sind, in einem groben Raster dargestellt, erweitertes empirisches Wissen, vertiefte wissenschaftliche Erkenntnisse, Struktur-Eigenenschafts-Wirkungsbeziehungen, Prinzipien, Regeln,

Gesetze, Gesetzmäßigkeiten, ... zur Prozessgestaltung und Verfahrensführung bei der Modifizierung, vor allem der „Veredelung“, biotischer Ausgangsstoffe zu verbrauchergerechten Lebensmitteln sowie zur Vermeidung (zumindest zur Reduzierung) unerwünschter Veränderungen während ihrer Herstellung und Lagerung.

Das *Verstehen* und *Beschreiben* auf der Ebene der *Mikroprozesse* ergänzt und erweitert in der *evolutorischen Lebensmitteltechnologie* immer nachhaltiger die erfolgreiche bisherige, induktiv-generalisierende empirische und phänomenologische Prozessbeschreibung und -modellierung. Beide Vorgehensweisen werden auch weiterhin koexistieren. Einige auf *innovative Produkte*, *Prinzipien* und *Prozesse* bezogene Forschungs- und Entwicklungstendenzen enthält Tab. 1.

<i>Innovative Produkte</i> (höchste Qualitätsstandards, medizinische Prävention, ernährungsphysiologische Vielfalt)	<i>Innovative Prozesse und Prinzipien</i> (neue Technologien)
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Convenience products</i> • <i>Health ingredients</i> (native und modifizierte bioaktive Peptide, Proteine, Oligo-Polysaccharide, spezielle mehrfach ungesättigte Lipide und deren Konjugate, sekundäre Pflanzenmetabolite, z. B. Polyphenole, Flavonoide) • <i>Functional food</i> (Prae-, Pro-, Synbiotica, Antioxidantien) • <i>Novel food</i> (z. B. Cerealien mit präventiven Wirkungen, Nahrungsmittel mit verringertem allergenem Potential) 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>invisible processing</i> • <i>Minimal processing</i> (z. B. Elektropasmolyse von Pflanzenzellen) • <i>Sophisticated processing</i> Hochdruckbehandlung, Nutzung von Hochspannungspulsen, energiereichem Ultraschall, Mikrowellen, ...) • <i>Kombination thermischer und nichtthermischer Wirkprinzipien</i> • <i>Mikrobielle Produktionssysteme</i> • <i>Biotechnology and genetical engineering</i> • <i>Prozessintegrierte bzw. prozessnahe Verwertung organischer Produkte und Energien</i> • <i>Kombination von Food- und Nonfood-Technologien</i> • <i>Quality management, hazard analysis of critical control points</i>

Tab. 1: Tendenzen der Forschung im Bereich der LMT

Ein etwas detaillierteres Bild daraus resultierender Herausforderungen an die Lebensmittelwissenschaft ist in Tab. 2 skizziert. Sie können und sollen in diesem Beitrag nur vorgestellt, nicht ausführlich erörtert werden.

- Vertiefung und Erweiterung der wissenschaftlichen Erkenntnisse über Struktur-, Zustandsänderungen \Rightarrow Verarbeitungseigenschaften \Rightarrow funktionelle Eigenschaften
- Weitere Qualifizierung der strukturellen und funktionellen Analytik komplexer hochmolekularer Strukturen (Proteine bzw. Peptide, Lipide und Kohlenhydrate), die den Stoffwechsel sowie die Humanphysiologie tragen, katalysieren bzw. regulieren; Weiterentwicklung der chemischen und biochemischen Analysen essentieller bzw. toxischer niedermolekularer Substanzen (wie Spurenelemente, Metallionen, Pro- und Antioxidantien)
- Prozessoptimierung etablierter Lebensmitteltechnologien nach qualitätserhaltenden und qualitätsverbessernden lebensmittelfunktionellen Gesichtspunkten
- Optimierung der Menge, Zusammensetzung, Bioverfügbarkeit, Unbedenklichkeit und Wirksamkeit von food ingredients (FI) in Lebensmittelrohstoffen und zu verarbeitenden Lebensmitteln
- Quality management, hazard analysis of critical control points for functional food and food resources
- Gewinnung von health ingredients und Verarbeitung zu functional food/novel food
- Ermittlung und Modifizierung technologischer Eigenschaften von food and health ingredients
- Transdisziplinäre Integration \Rightarrow Lebensmittelbiotechnologie \Rightarrow life science

Tab. 2: Herausforderungen an die Lebensmittelwissenschaft

Exemplarisch – weil in Vielem aufschlussreich und für die Lebensmitteltechnologie entwicklungstypisch – seien aus den Produkt-, Prozess- und Verfahrensentwicklungen die funktionellen Lebensmittel hervorgehoben. *Funktionelle Lebensmittel* („functional food“ oder Nutraceuticals) erheben den Anspruch eines über die Ernährungsaspekte hinaus gehenden gesundheitsrelevanten Zusatznutzens; sie ähneln im Erscheinungsbild den traditionellen Lebensmitteln und sollten wie diese als Teil der normalen Ernährung verzehrt werden. Sie bilden keine klar definierte Produktgruppe, die eindeutig von konventionellen Lebensmitteln, diätetischen Lebensmitteln, Nahrungsergänzungs-, Arznei- und Naturheilmitteln abgegrenzt werden kann und gehören nicht selten in den diffusen Grenzbereich zwischen Lebensmitteln und Arzneimitteln. Weder das nationale Lebensmittel- noch das deutsche Arzneimittelrecht wird ihnen gegenwärtig gerecht. Vor allem in Europa existieren zahlreiche und verschiedenartige Forschungs-, Entwicklungs-, Produktions-,

Marketing-, u. U. auch Akzeptanzprobleme und gesellschaftliche Herausforderungen, insbesondere schwierig zu bewältigende lebensmittelrechtliche „Balanceakte“. Da functional food keine Arzneimittel, sondern auf „normale“ Art und Weise konsumierte Lebensmittel sein sollen, müssen bei ihrer Entwicklung – neben dem besonderen gesundheitlichen Wert – alle anderen wesentlichen Qualitätsmerkmale der Lebensmittel berücksichtigt werden. Nur eine derartige ganzheitliche Betrachtungsweise wird eine ausgewogene und erfolgreiche Entwicklung und Vermarktung dieser „erklärungsbedürftigen“ Produkte ermöglichen. Die Verbraucher werden langfristig nur solche functional food akzeptieren, die neben dem nachgewiesenen spezifischen gesundheitsbezogenen Wert auch die für Lebensmittel üblichen Qualitätsmerkmale der Lebensmittelsicherheit, des Ernährungswertes, des Genusswertes, des Gebrauchs- und Eignungswertes sowie des verarbeitungsbezogenen Wertes (insbesondere einzelner Komponenten bei der Herstellung zusammengesetzter und texturierter Lebensmittel – novel food, engineered food) hinreichend erfüllen.

Die *Entwicklungskonzepte* für functional food zielen auf *prozessinduzierte health effects*, d. h. spezifisch aufbereitete, modifizierte (funktionalisierte) Lebensmittelbestandteile (food ingredients) bzw. lebensmitteltechnologisch in strukturierte, texturierte Lebensmittel integrierte natürliche Lebensmittelkomponenten (*health ingredients*) (siehe Abb. 5), die im besonderen Maße (physiologisch oder/und psychologisch) gesundheitsfördernd wirken, (nachweisbare!) präventiv-medizinische Effekte (Zusatznutzen!) haben, zumindest das körperliche und geistige Wohlbefinden und damit die Leistungsfähigkeit fördern.

Die mikrobiellen und pflanzlichen Quellen dafür sind kaum erkundet, noch weniger lebensmittelwissenschaftlich erschlossen oder gar bioverfügbar und ausreichend konzentriert, in Lebensmitteln in größerem Umfang genutzt. Die Wirkmechanismen sind nur in einigen Grundzügen und häufig lediglich phänomenologisch erforscht. Nachweise auf zellulären und subzellulären Ebenen, Beschreibungen der molekularen Grundlagen der Mechanismen und Effekte sind seltene Ausnahmen. Eine solche bilden immunologische Mechanismen bestimmter (1→3),(1→6)-β-D-Glucan-Wirkungen.

Das konventionelle Screening (allein der vermutlich ca. 10.000 in Lebensmitteln enthaltenen sekundären Pflanzenmetabolite), das high-throughput Screening nach neuen Bioaktivitäten und weitere zu bewältigende Forschungs- und Entwicklungsprobleme (siehe Abb. 5) stellen komplexe, nur interdisziplinär und transdisziplinär zu bearbeitende, methodische, material-

wissenschaftliche, prozesstechnische, verfahrenstechnische, ernährungsphysiologische und medizinische Herausforderungen mit hohem wissenschaftlichen, technisch-technologischen und ökonomischen Aufwand dar.

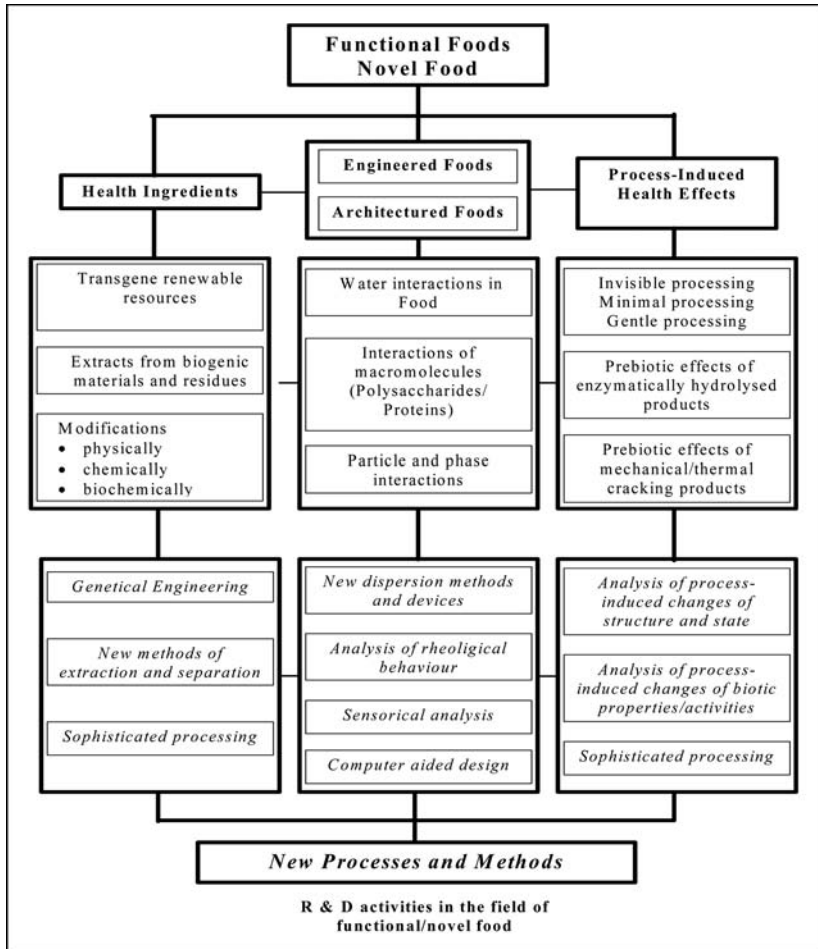


Abb. 5: R & D Activities in the Field of Functional/Novel Food (nach Kunzek/Fleischer 2000)

Der erwartete gesundheitliche Zusatznutzen betrifft vor allem:

- das Wachstum und die Differenzierung zellulärer (auch entarteter) Strukturen,
- die Wachstums- und Aktivitätsförderung bestimmter Bakteriengruppen, der Mikroflora des Besiedlungssubstrates,
- die Stimulation und Regulation des Stoffwechsels von Makronährstoffen,
- die Physiologie des gastrointestinalen Traktes,
- die verbesserte spezifische und unspezifische Stimulation von Immunreaktionen (immun enhancement),
- die Bindung reaktiver Oxidantien,
- das Herz-Kreislauf- sowie das Bewegungs- und Stützsystem,
- das Wachstum und die Entwicklung ganzer Individuen,
- die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit.

Tab. 3: *Wirkungen funktioneller Lebensmittel*

Tab. 3 demonstriert das hochdimensionierte Spektrum erhoffter oder/und realer Regulationen spezifischer Funktionen und Lebensprozesse auf verschiedenen biotischen Strukturebenen bis hin zur physischen sowie mentalen Verfassung und der Entwicklung von Individuen – den zusätzlichen Nutzen für den Verbraucher.

Es existieren zahlreiche und sehr verschiedene, wesensgemäß vom Ziel determinierte, natur- und technikwissenschaftliche Ansätze, um Lebensmittel zu funktionalisieren: bioaktive Lebensmittelinhaltsstoffe zu „aktivieren“, anzureichern bzw. health ingredients zu isolieren und in Lebensmittel zu implementieren (siehe Tab. 4).

- Verbesserung der Bioverfügbarkeit und Erhöhung der Stabilität gesundheitsfördernder Lebensmittelinhaltsstoffe, von food ingredients, health ingredients [delivery systems, controlled release]
- Entfernung oder Wandlung negativ wirkender Lebensmittelbestandteile (allergener Proteine, z. B. bei Zöliakie, Lactose-Intoleranz; toxischer Glycosyanide über züchterische, genetische oder technologische Maßnahmen)
- Anreicherung oder Isolierung von food ingredients (Konzentrationserhöhung über Agro-Food-Biotechnologien bzw. die Lebensmitteltechnologie ⇒ Konzentrate, Extrakte)
- Substitution oder Mengenreduktion ernährungsphysiologisch zu limitierender Lebensmittelbestandteile, insb. Makronährstoffe (Fettsäuremuster), Einsatz präbiotischer Fructane, Zuckerersatzstoffe, Zuckeraustauschstoffe
- Integration von health ingredients in Lebensmitteln ... food design (novel food)

Tab. 4: Ziele und Methoden zum Funktionalisieren von Lebensmitteln

Gegenwärtig dominierende und hoffnungstragende Technologien zur Erforschung von health effects und health ingredients, zur Gewinnung funktioneller Lebensmittelbestandteile und zur Herstellung funktioneller Lebensmittel, die weltweit in überdurchschnittlich wachsenden Mengen als Pro-, Prae- und Synbiotika gehandelt werden, enthält Tab. 5. Die aufgeführten Anwendungsbeispiele lassen die Größe der wissenschaftlichen Ansprüche, des Aufwandes und – allein schon aus dem Stichwort Gentechnik ableitbar – die Polarität der gesellschaftlichen Auseinandersetzungen erahnen. Unabweisbar sind auch in diesen speziellen Zusammenhängen die Bewertung der Folgen der Technologien und der mit ihnen erzeugbaren funktionellen Lebensmittel, humane Strategien für die Nutzung der produktiven Kräfte, „verpflichtende“ Humankriterien, die Entscheidungen zugunsten von Humanität und Effektivität zeitigen.

<i>Technologien</i>	<i>Anwendungsbeispiele</i>
Gentechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Gentechnisch veränderte Pflanzen mit verändertem Fettsäuremuster, erhöhtem Vitamin E-Gehalt, erhöhtem Gehalt an bestimmten sekundären Pflanzenstoffen • Probiotische Mikroorganismen mit gentechnisch veränderten Eigenschaften (z. B. verbesserte Ansiedlungsfähigkeit im Darm, erhöhte Magensäureresistenz)
Fermentationen	<ul style="list-style-type: none"> • Entfernung antinutritiver Substanzen • Anreicherung mit Vitaminen • Verbesserung der Bioverfügbarkeit • Fermentative Herstellung von Vitaminen, PUFAs, sekundären Pflanzenstoffen
Enzymatische Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> • Gesteuerter Abbau von Inulin zu Fructooligosacchariden (Praebiotika) • Herstellung von Praebiotika durch Transglycosylierung • Herstellung von Praebiotika mit anderen biologischen Eigenschaften durch enzymatische Modifikation • Herstellung strukturierter Lipide • Herstellung bioaktiver Peptide
Konventionelles Screening	<ul style="list-style-type: none"> • Suche nach unkonventionellen Lebensmittelrohstoffen als Quelle für relevante Bestandteile funktioneller Lebensmittel • Suche nach neuen Probiotika
High-throughput-Screening	<ul style="list-style-type: none"> • Suche nach sekundären Pflanzenstoffen mit interessanten biologischen Aktivitäten
Extraktion, Fraktionierung, chromatographische Trennverfahren	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung bestimmter bioaktiver Peptide aus Milch • Herstellung bestimmter Milchfraktionen mit definiertem Mineralstoffgehalt und Bioverfügbarkeit • Herstellung neuer Praebiotika aus pflanzlichem Zellwandmaterial
Membrantrennprozesse	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung von Membrantrennverfahren zur schonenden, qualitätserhaltenden Raffination von Ölen und Fetten
Verpackung unter kontrollierter und modifizierter Atmosphäre	<ul style="list-style-type: none"> • Erhalt der antioxidativen Eigenschaften von Antioxidantien
Hochdruckbehandlung, Ultraschallbehandlung, <i>high intensity electric field pulse technology</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Steigerung der Ausbeute bei der Isolierung sekundärer Pflanzenstoffe aus pflanzlichem Material • Selektive Veränderung der Zusammensetzung von Lebensmitteln • Gefriertrocknung von Probiotika bei gleichzeitigem Erhalt ihrer Lebensfähigkeit • Herstellung probiotikahaltiger Produkte ohne Beeinträchtigung der Lebensfähigkeit der Probiotika
Überkritische Kohlendioxidbehandlung	<ul style="list-style-type: none"> • Schonende und abfallarme Isolierung funktioneller Inhaltsstoffe
<i>delivery systems</i> (Liposome, Mikroverkapselung, Emulsionen)	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrollierte Freisetzung von funktionellen Inhaltsstoffen (z. B. bioaktiven Peptiden) an bestimmten Orten im menschlichen Körper • Verbesserung der Bioverfügbarkeit • Erhöhte Lebensfähigkeit von Probiotika durch Mikroverkapselung

Tab. 5: *Technologien zur Erforschung von Health Ingredients (Zusammenstellung von Hüsing et al. 1999, S. 42f., aus Knorr 1998 u. Diplock et al. 1999)*

Literatur

- Banse, G. (2002): Johann Beckmann und die Folgen. Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Berlin, S. 17–46 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd.50, Jg. 2001, H. 7)
- Diplock, A. T.; Aggelt, P. J.; Ashwell, M.; Bornet, F.; Fern, E. B.; Roberfroid, M. M. (1999): Scientific Concepts of Functional Foods in Europe: Consensus Document. In: British Journal of Nutrition, vol. 81, Supplement 1, pp. 1–27
- Hartmann, K.; Fratzscher, W. (2004): Grundlagen der Herausbildung einer Allgemeinen Technologie der Stoffwirtschaft – Neue Tendenzen und Entwicklungen. In: Thesen/Kurzreferate zum Symposium der Leibniz-Sozietät „Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie“. Berlin, S. 20–23
- Hörz, H. (2002): Technologie zwischen Effektivität und Humanität. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Berlin, S. 47–77 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 50, Jg. 2001, H. 7)
- Hüsing, B.; Menrad, K.; Menrad, M.; Scheef, G. (1999): Functional Food – Funktionelle Lebensmittel. Gutachten im Auftrag des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). Berlin
- Knorr, D. (1998): Technological Aspects Related to Microorganisms in Functional Foods. In: Trends in Food Science and Technology, vol. 9, pp. 295–306
- Kunzek, H.; Fleischer, L.-G. (2000): Focusthemen der Fakultät für Prozesswissenschaften. Berlin (Technische Universität)
- Ropohl, G. (2004): Die Dualität von Prozess und System in der Allgemeinen Technologie. In: Thesen/Kurzreferate zum Symposium der Leibniz-Sozietät „Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie“. Berlin, S.11–12