

Lutz-Günther Fleischer

Ambivalenzen und Komplexität stoffwandelnder Technologien – Widersprüche aufheben, Chancen entwickeln

1. Zur Einordnung des Problems

Die sich gegenwärtig rasch entwickelnden, vor allem qualitativ verändernden *Technologien der Stoffwandlung*, prägen zahlreiche Industriezweige von maßgeblichem Stellenwert für das *gesellschaftliche Produktionsniveau und die Lebensqualität* mit all ihren materiellen und ideellen Elementen.

Die Biotechnologie, die Lebensmittel-, Pharma-, Kosmetik-, Chemie-, Metall-, Textil- und Baustoffindustrie, die Abfallwirtschaft sowie die Wasser-, Boden- und Luftreinigung dominieren bezüglich der grundsätzlich neuen, wesensgemäß auch widersprüchlichen Resultate und Wirkungen im final orientierten Ensemble stoffwandelnder Technologien. Beobachtbar sind sowohl Innovationen als auch Destruktionen.

Die *gebrauchswertschaffenden und -steigernden Wandlungen* der meist hoch komplexen, insbesondere mehrkomponentigen und mehrphasigen Stoffsysteme bilden hinsichtlich ihrer stofflichen Eigenschaften und Zusammensetzung unter methodischen und präferiert prozesstechnischen Aspekten den Gegenstand der technologisch exponierten *Verfahrenstechnik* (process engineering).

Ziele sind effektiv geschaffene und obligate Gebrauchswerte, höchste Perfektion der Funktionalität, Zuverlässigkeit und Sicherheit sowie in letzter Konsequenz sozialer Fortschritt.

Es gibt erwiesenermaßen keinen anderen Weg zur *Überführung* empirischen und wissenschaftlichen Wissens in das zielgerichtete, koordinierte, werteschaftende menschliche Denken und Handeln als jenen über Technologien. Nur er kann zu neuen Produkten, Prozessen/Verfahren, steigender Produktivität, Effektivität, Kreativität und Humanität führen.

Der *außerordentliche und unersetzbare Stellenwert* der Technologien erklärt sich grundsätzlich aus ihren vermittelnden, integrierenden, verändernden und stimulierenden Funktionen und Wirkungen. *Technologien sind also*

Ziel und Mittel. Sie fungieren immer in ihrer sich wechselseitig bedingenden Dualität von anwendungsgerechtem, stofflich, energetisch oder informationell akzentuiertem realen *Prozesssystem* sowie einem interagierenden, kooperierenden, adäquaten *Wissenssystem*.

Die *strukturell und funktionell hoch komplexen und demgemäß kooperativen Stoffwandlungssysteme* sind ganzheitliche Beziehungsgefüge mit charakteristischen System-Element- und System-Umwelt-Beziehungen. Sie nutzen – zumeist in zunehmend komplizierteren Kombinationen und zu *typischen Verfahren verflochtenen inneren und äußeren Netzwerken* – simultan und gekoppelt physikalische (mechanische, thermische, elektrische), kernphysikalische, chemische und biotische *Prozesse, um die Stoffe/Substrate bis in die Nanosphäre in ihrer inneren Struktur, ihrem Zustand und/oder ihrer Zusammensetzung zu beschreiben* sowie nach multipolaren Anforderungsprofilen mit konkurrierend und/oder instrumentell verbundenen Elementen innerhalb multidimensionaler Möglichkeitsfelder gezielt *zu verändern*, um neue Gebrauchswerte zu generieren oder präformierte effektiv und effizient zu erhöhen.

Zu fordern sind also neben zweckgerechten Funktionalitäten, hochgradiger Zuverlässigkeit und Sicherheit, die gebührende Berücksichtigung sozialer, ökologischer und ethischer Kriterien. Allein schon diese Komplexität bildet – *wegen der Vielfalt der Verhaltensmöglichkeiten und der Veränderlichkeit der zumeist nichtlinearen Wirkungsverläufe* – die *entscheidende Ursache für doppelwertige Wirkungen und nicht intendierte Nebenwirkungen*. Sie verursacht das „naturgemäße“ Nebeneinander widersprüchlicher Ergebnisse: die weiter zu differenzierenden Chancen und Risiken unterschiedlicher Graduierung, vom *ubiquitären Restrisiko* über die *Gefährlichkeit* bis zur *manifesten Gefahr*.

Grenzen des Wissens, prinzipielle Imponderabilien, das Wesen *deterministisch chaotischer Prozesse* bieten Räume für *Zufälligkeiten*, beschränken die Sicherheit, verursachen damit nicht vorhersehbare und kaum operationalisierbare Risiken.

Gesetzmäßig treten *erwartete und unerwartete Fehler* auf. Beide Fehlergruppen haben nicht nur innerhalb der Technik und den Technologien ihre Quelle darin, dass in Aktionen (darunter dem exponierten Denken und Handeln, ja, dem gesamten Verhalten des Menschen) die *Komplexität und ihre charakteristischen Verknüpfungen* mit der Zeit nicht zureichend beherrscht werden. In diesen Zusammenhängen ist insbesondere das *scheinbar zufällige deterministischen Chaos* als Systemzustand und Prozessmerkmal zu nennen.

Ihm kommt eine herausragende und dominierende strukturelle/funktionelle Rolle in vielen Geschehnissen zu.

Unter dem Aspekt des Zeitverhaltens und der Vorhersagbarkeit der Zustandsänderungen lässt es sich, gut begründet als „*gedoppelte Mitte*“ (Georg Wilhelm Friedrich Hegel), als dialektisches Zusammenwirken zwischen den begrenzenden, antonymischen Polen der *regulären* und der *stochastischen Prozesse*, einordnen.

Die *deterministisch chaotischen Prozesse* werden von einem irregulären Zeitverhalten sowie den namensgebenden Beschreibungsmöglichkeiten mit deterministischen Differenzen- bzw. Differenzialgleichungen – zumindest in der physikalischen Ebene – charakterisiert. Das aus der Persistenz der Physik resultierende und in höheren Emergenzebenen eigengesetzliche irreguläre Zeitverhalten, die scheinbare Zufälligkeit und die Nichtlinearität der Prozessabläufe werfen wesensgemäß auch für die Technik und Technologien grundsätzliche Fragen nach der prognostizierbaren Sicherheit, der Rektifizierbarkeit der Zufallspfade und den Optionsbewertungen auf.

Die *unerwarteten Fehler* reichen demgemäß bei weitem über prognostizierbare und erfassbare Abweichungen von Normen und Mittelwerten, also prinzipiell und gesetzmäßig *erwartete Differenzen*, hinaus.

Operationalisiertes *Verfügungswissen (techné)* – Erfahrungen und Erkenntnisse vom überwiegend kalkulatorisch-algorithmischen Typus – und fundiertes *Orientierungswissen (epistémé)* – Begründungen und Erkenntnisse vom vornehmlich axiomatisch-deduktiven Typus – zu gewinnen, zu systematisieren und praktisch umzusetzen, bildet die grundsätzlichsste Voraussetzung zur Minimierung der Fehlerquellen.

Wegen der Interdependenzen prägen sich mit steigenden Komplexitätsgraden (den Maßstäben der Kompliziertheit sowie der Kooperativität) und höheren Emergenzebenen neben der Systemqualität die auf diese Weise in der Natur der Sache liegenden *Ambivalenzen* stärker aus.

Wahrscheinlich sind die Komplexitätsgrade und die Ambivalenzen selbst inhärente Indikatoren des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts und anderer systemischer Evolutionen.

2. Komplexität – ihre Merkmale und deren Charakterisierung

Im Interesse der geschlosseneren Darstellung und der Verständlichkeit sind nachfolgend einige Thesen eingebunden, die im Beitrag „Komplexität, Inter- und Transdisziplinarität“ weitergehend und ausführlicher erörtert werden (vgl. Fleischer 2010).

Der *Begriff Komplexität* ist *ubiquitär* und *autologisch*:

- Er umfasst sowohl *ontische* als auch *logische Sachverhalte und Konstrukte* – was bezüglich der dualen Technologie außerordentlich bedeutsam ist.
- Er kennzeichnet generell die *Qualität* einer gegen das „natürliche Unendlich“ gehenden Anzahl jeweils *objekt- und/oder prozessspezifischer Systemelemente*, deren *innere* sowie *äußere Interaktionen und Relationen*. Sie prägen die *Binnenstruktur*, aber auch die *Quantität und Qualität der systemimmanenten hierarchischen Ebenen oder/und heterarchischen Interaktanten*.

Komplexität besitzt eine reich gegliederte natürliche oder artifizielle *Architektur*, ist – ableitbar aus dem Sinn der involvierten Begriffselemente „techné“, „texere“ – *Entworfenes, Gestaltbares, Gestaltetes*, d.h. *Handlungsfertigkeit* und *latente Wirkfähigkeit*, vereint demgemäß *Aktualität* und *Potenzialität*.

Komplexe Strukturen bestehen aus qualitativ verschiedenartigen, konstituierenden Elementen und zugehörigen Relationen unterschiedlicher Mengen und Wertigkeiten. Sie formieren den *Komplexitätsgrad*, d.h. letztlich die *Kompliziertheit*. Sie begründen und tragen neue *Kooperationsformen*.

Aus der Vielfalt der *strukturellen Möglichkeiten* bzw. *Organisationsmodelle* seien die *Symmetrien, Kombinationen und Aggregationen*, wie Cluster, Hierarchien und Heterarchien, lediglich genannt.

Netzwerkarchitekturen gehören sehr wahrscheinlich zu den allgemeinen, skaleninvarianten *Struktur- und Funktions-(Organisations-)Prinzipien* natürlicher, technischer, ideeller und anderer komplexer multikomponentiger Systeme im Möglichkeitsfeld von Chaos und Kosmos. Deren meist selbst dynamischen Elemente sind über permanente oder sich zeitlich ändernde Beziehungen natürlich bzw. synthetisch (technisch-konstruktiv) vernetzt.

Natürliche Vernetzungen sind Voraussetzungen und Ergebnisse der systemimmanenten Strategie der Selbstinformation. Selbstinstruktion und Selbstorganisation.

Unbegrenzte Folgen von Prozessen der Selbstorganisation konstituieren unter geeigneten Bedingungen die *Evolution*: den *qualitativen Auf- und Ausbau adaptierter, neuartiger komplexer Strukturen und Systeme*. Sie hinterlassen indes häufig auch störenden Ballast.

Im Umkehrschluss sind *selbstorganisierende Systeme notwendigerweise komplex*, zudem *selbstreferenziell* (d.h., das Systemverhalten ist rückkopplend und determiniert in operationaler Geschlossenheit seinen Zustand), *autonom* (d.h., das System bestimmt seine charakteristischen internen

Relationen und Interaktionen selbst, obwohl es stofflich, energetisch und gegebenenfalls informationell mit der Umgebung interagiert), *redundant* (d.h., die Systemelemente sind ohne Hierarchie und Differenzierung potenziell multifunktionell organisierende, gestaltende, steuernde, regelnde Akteure).

Jedes *System* (noch treffender: *jeder Organismus bzw. Superorganismus* – im weitesten Sinn jede *funktionsdeterminierte, dazu strukturadäquate Gesamtheit*) repräsentiert auf seiner physikalischen, chemischen, biotischen, sozialen, technischen oder gesellschaftlichen Emergenzstufe ein *komplexes dynamisches, (hierarchisch und/oder heterarchisch gegliedertes), kausal agierendes, ganzheitliches System*, dessen *Teile gleichzeitig Mittel und Zweck bzw. Ziel der Veränderung in Raum sowie Zeit* sind und in dem Teilfunktionen *selbstorganisierend* oder *zielorientiert implementiert* und „arbeitsteilig“ zu *Gesamtfunktionen verknüpft* sind.

Die *Komplexität* erfasst also zugleich die *Modalitäten*, die Bedingungen sowie die Art und Weise, *der quantitativen und qualitativen Änderung des Systemzustandes*, in Teilen und/oder als Ganzes, die linearen oder nichtlinearen *Zusammenhänge von Ursache(n) und Wirkung(en)*, die *Interaktionen* sowie *Kooperationsformen* verschiedener Skalierungen und Wertigkeiten, die *Bewegungen*, deren *Kinetik und Dynamik*, die *Evolution* (gegebenenfalls die Ko-Evolution) und deren *Ontogenien*.

Im Übrigen plädiere ich dafür, die im ontischen oder logischen (gnoseologischen, kognitiven) *Entwicklungsprozess* herausgebildete *faktische Komplexität* konsequent als *Ordnung* zu charakterisieren, um deren *neue Qualität* ausdrücklich zu kennzeichnen. So wird die faktische Information als Zustandsgröße von der *potenziellen Information* als einem Unsicherheit testierenden Strukturindikator der Komplexität getrennt.

Da *zwischen den Ursachen und Wirkungen* der „*intervenierende*“, mehr oder minder steuernde und regelnde Einfluss ganzer Gruppen endogener und exogener Variablen, interner und externer Größen mit inhibierenden oder verstärkenden *Mechanismen* liegt, resultieren die verursachten Wirkungen aus den hoch dimensionalsten *Möglichkeitsfeldern* in der Regel mit bestimmten *Wahrscheinlichkeiten*.

Die *statistischen Gesetze*, denen solche *komplexen Veränderungen in Raum und Zeit* mit ihrer überwiegend *nicht linearen Dynamik* unterliegen, führen zu den bereits erwähnten *Zufällen*, zu generell nicht vermeidbaren *Unsicherheiten und Restrisiken*. Im Gefolge des Wirkens objektiver Zufälle können – abhängig von bestimmten, mit empirischen und theoretischen Bedingungsanalysen mehr oder minder genau erfassten, bereits existierenden

oder im Wirkungsverlauf, in der Kette von der Anfangsursache bis zur Endwirkung, entstehenden Bedingungen – *Ereignisse mit bestimmten a-priori Wahrscheinlichkeiten* $p_i \leq 1$ eintreten, so dass sich *das i-te Risiko* R_i als *Produkt aus der Differenz des sicheren Ereigniseintritts* $p_i = 1$ sowie dem *Erwartungswert der relativen Häufigkeit des i-ten Ereignisses* und der *Ereignisschwere bzw. dem Schadensausmaß* ergibt.

Die *Reduktion der Unsicherheit* der i-ten Nachricht aus einer ergodischen Quelle oder der Ungewissheit des Eintretens eines Ereignisses i

$$I_{\text{pot.}, i} = - \text{ld } p_i$$

bzw. deren Ensemble-Mittelwerte $\langle I_{\text{pot.}} \rangle$ (der potenziellen Information) als Erwartungswert der Shannonschen Informationsentropie $\langle I_{\text{pot.}} \rangle = H_{\text{Sh}}$.

$$H_{\text{Sh}} = - \sum p_i \text{ld } p_i$$

generiert maßgebende Werte für nutzerorientiertes Wissen, für merkmalsbezogene und finale Entscheidungen in Domänen aller Art.

Im Kontext des Diskurses sei darauf hingewiesen, dass sich die *Kolmogorowsche Komplexität* – eigentlich ein Maß der „Unordnung“, da sie mit dieser per definitionem wächst, im Wesen nicht von der Shannonschen Informationsentropie unterscheidet.

In diesem Verständnis erweist sich die *Reduktion der Unsicherheit* als Komplexitäts-Reduktion, als Zunahme des faktischen Wissens und der „Ordnung“.

Offenbar gehören *Ambivalenzen* vorherrschend zum *Wesen komplexer Systeme und Prozesse*. Sie lassen sich demzufolge nicht als prinzipiell vermeidbare Attribute der technologischen Entwicklung wegdiskutieren. Es gilt vielmehr, diese *Widersprüche* auch für *Stoffwandelnde Technologien* zu denken, sich bietende Chancen zu entwickeln und negative Folgepotenziale dialektisch zu begreifen und aufzuheben.

Die *Komplexität* ist offenbar ein „*Ingredienz*“ aller (quasi-)statischen und – in noch höherer Qualität – dynamischen Systeme bzw. Objekte. Sie gehört nicht bloß untrennbar zu ihnen, sondern *modelliert* vielmehr *herausragende Wesenszüge*.

Die *Komplexität* selbst wirkt *generell anhaltend ambivalent*: Sie offeriert einerseits die enorme *Fülle sichtbarer sowie verdeckter Chancen* und konfrontiert uns andererseits mit einem *dynamischen Cluster von Herausforderung*.

Die Komplexität hat, bezogen auf das jeweilige System und dessen Verhalten, objektive und subjektive, reale und virtuelle, interne und externe Komponenten und Wirkungsfelder.

Das bedeutet und widerspiegelt vor allem: Vielfältigkeit, Vielgestaltigkeit, Vielseitigkeit, Vielschichtigkeit, Verschiedenheit – *Variabilität* – in ihrer Dialektik mit den, mehr vereinheitlichenden Aspekten der *Mannigfaltigkeit* und denen, das Differenzierende, das Unterschiedliche, akzentuierenden der *Diversität*.

Bei dieser Beschreibung sind den „natürlichen Sprachen“ –in praxi gut nachvollziehbar – leider objektiv enge Grenzen gesetzt.

Die *Komplexität* – der stets interagierenden, u.U. kooperierenden, autonomen oder vernetzten Systeme bzw. Objekte – soll mit ihren sie immerhin *skizzierenden Merkmalen Dimensionalität, Systemdynamik* sowie *Mannigfaltigkeit* (im Sinn der dialektischen Synthese von Vielfältigkeit und Verschiedenheit), umschrieben werden.

Jede dieser drei *Multifunktionalitäten* weist variable potenzielle und faktische (aktuelle) *Intensitäten* u.U. mit *Operationalisierungen*, wie Ausmaßen, Ausdehnungen, Ausprägungen, Abstufungen, Graduierungen etc. auf. Sie schließen - auf fortgeschrittenem Erkenntnisniveau skalierte - *Polaritäten* mit Polen, Gegenpolen und gebrochenen (doppelten, neutralen) Mitten sowie charakteristischen Differenzierungs-, Integrationsebenen und –niveaus ein. Derartige Indikatoren kennzeichnen und bemessen den Komplexitätsgrad, die Kompliziertheit und Kooperativität der Systeme.

Die einzuordnenden, einzelnen komplexen Systeme bzw. Objekte, können in einem prinzipiell *metrisierbaren* „Bedingungs-, Anschauungs- und Gestaltungsraum“ – in einer Topologie der Komplexität – repräsentiert werden (vgl. Fleischer 2010).

3. Die Komplexität der Technologie

Die Technologie ist ein hoch komplexes wissenschaftliches, technisches und gesellschaftliches Phänomen.

Ihre Komplexität muss unter zwei – sich wechselseitig bedingenden – Aspekten erfasst und beherrscht werden: der *inneren Komplexität* der Strukturen der jeweiligen realen Systeme bzw. Objekte und der Theorienmodule, aber auch des gesamten Theoriengebäudes sowie der *äußeren Komplexität* der physikalischen, chemischen, biotischen, technischen, technologischen und gesellschaftlichen *Rand- bzw. Umgebungsbedingungen*.

Die Komplexität der inneren Strukturen wird mit theoretischen Konzepten erschlossen oder vorwiegend empirisch beschrieben und optimiert.

Der *Oberbegriff Technologie* subsumiert nach meinem Verständnis generell

das erfahrungsgestützte oder/und theoretisch begründete Gestalten und Beherrschen zielgerichteter menschlicher Handlungen, bzw., weiter aufgelöst und damit präzisiert,

das intensionale und finale Zusammenwirken des Menschen mit technischen Artefakten oder operationalen Agentia (Arbeitsmitteln, AM) aller Art zur effektiv gestalteten und effizient zu vollziehenden Einflussnahme auf Stoffe (Materialien), Energien und Informationen sowie andere zu verändernde Entitäten (Arbeitsgegenstände, AG)

Mit dem Oberbegriff sind Bewusstseistechnologien, Kognitionstechnologie etc. als Ziel und Mittel eingeschlossen.

Zur Grobstruktur der Technologie und *deren produkt- und prozessorientierten Klassen* gehören die Akteure (ggf. Arbeitskräfte AK) mit ihrer Bildung, ihrem Bewusstsein, ihren Motivationen, Intensionen und Interessen, die artefaktischen und operationalen Arbeitsmittel (AM) und die Arbeitsgegenstände (AG). Sie fügen sich ebenfalls in ein kontinuierliches Spektrum der Komplexitätsgrade ein.

Den *Kern*, der den wahrhaftigen Fortschritt der gegenständlichen Produktivkräfte trägt, bilden freilich die flexiblen *Produktionssysteme* und demgemäß die *Produktionstechnologien*.

Die begriffliche Dualität der *Produktionstechnologie* umfasst, analog zu den Technologien im umfassenderen Sinn, einerseits komplexe *produktionspraktische Prozesssysteme* und andererseits die damit korrelierten, empirischen sowie *theoretischen Wissenssysteme*, d.h. die theoretischen Maßstäben zum Erkunden, Erklären und Beherrschen spezifischer Seiten des Objektiv-Realen.

Gegenstand des Prozesssystems ist die produkt- und/oder prozessbezogene Art und Weise, mit der Menschen die Gegenstände ihrer Arbeit (Stoffe, Energien, Informationen) mit Hilfe bestimmter Wirkprinzipien und eigens dafür geschaffener Arbeitsmittel (technischer Artefakte, wie Werkzeuge, Maschinen, Apparate, Anlagen und operationelle Stoffe, Energien und Informationen) unter Nutzung bestimmter Kooperations- und Organisationsformen zielgerichtet, effizient und effektiv verändern.

Umfangreiche und spezifizierbare Gruppen technologischer Operationen dienen der *Ortsveränderung*, der, lediglich die Quantitäten innerhalb einer

Qualität der Arbeitsgegenstände betreffenden, *Parameteränderung* (einschließlich der geometrischen Form) und/oder der *qualitativen Wandlung innerer Strukturen* – der Konversion von Stoffen, Energien und Informationen.

4. Die Rolle der äußeren Struktur- und Funktionsbedingungen der Technologien

Der herausragende gesellschaftliche Stellenwert der Technologie ist unbestritten.

Er erklärt sich aus systemischen Entwicklungen, deren Bedingungen und wechselseitigen, hoch dimensional sachlichen, zeitlichen und räumlichen Abhängigkeiten.

Die Innovationen, die heute überwiegend aus einer Vielzahl von Resultaten verschiedenster Wissenschaftsdisziplinen hervorgehen, äußern sich primär in der Art, Menge, Qualität und den Kosten der Erzeugnisse, in der manifesten Produktionstechnik, der integrierenden Produktionstechnologie und den ökologischen Konditionen.

Technologische Innovationen unterliegen der wissenschaftlichen und einer systemtypischen wirtschaftlichen Logik. Sie sind dominant interessengeleitet, aber auch institutionell überformt und daher nur als sozial strukturierter Prozesse zu verstehen. Das gilt für die Veränderungen der technologischen Produktionsweise selbst und die Modalitäten, unter denen sie sich vollziehen.

Technologien bergen objektiv in einer breit skalierten Widersprüchlichkeit *intendierte und nicht intendierte Resultate/Folgen*, also Chancen, Gefahren und Möglichkeiten des Missbrauchs.

Als Metapher für diese Zwiespältigkeit steht der altrömische Gott Janus. Der Zwiegesichtige verweist in dieser, ihm zusätzlich auferlegten Rolle auf gegensätzliche Ziele und Entwicklungen.

Mit den *gesellschaftlichen Determinanten* und *signifikanten Umsetzungsbedingungen* werden bei der *Entwicklung und Nutzung von Technologien* – neben ihrem inneren Wirkgefüge, das, wie bereits ausgeführt, wesensgemäß Ambivalenzen einschließt – ganz bewusst *verabsolutierte Eigeninteressen*, *Intensionen* der jeweils *gruppenspezifischen, endogenen Ethik* sowie *inkompatible* (bis diametrale) *Wertvorstellungen implementiert* und *Präferenzen* realisiert.

Sie können ebenfalls typische *Widersprüche* – bis zum bewussten und vielfältigen *Missbrauch* – bewirken.

In diesem Kontext ist festzuhalten, dass das, was wissenschaftlich und technisch trägt oder sogar prägt, nicht zwangsläufig von Sinn gebenden und ethisch konstruktiven Werten, von einem *moralischen Grundkonsens* und dem *humanistischen Menschenbild* getragen ist und begleitet wird.

Das menschliche Sozialverhalten resultiert generell aus der Natur und der Kultur (mit der Technik als einem ihrer prägendsten Elemente). Sie werden bei der Deutung des real *bio-psycho-sozialen Verhalten* des Menschen leider nicht selten wechselseitig ignoriert oder sogar als unvereinbare Gegensätze apostrophiert, obwohl leistungsfähige evolutionstheoretische Modelle die wechselseitigen Bedingtheiten und Bestimmtheiten verifiziert haben.

Auch die leitende und lenkende *Vernunft* ist ein dynamisiertes Produkt der unaufhörlichen evolutionären Anpassung des Menschen an die objektive Realität mit all ihren interagierenden Teilbereichen. Sie ist insbesondere die Folge des *Informationswechsels*, der, wie der Form- und Stoffwechsel, die *Organismus-Umwelt-Interaktionen* bestimmt.

Beim Informationswechsel bewirken induzierende informationelle Inputs (incoming informations in Form von Daten und Nachrichten) eine koordinative, adaptive und reaktive Neuorganisation des interagierenden komplexen Systems/Organismus. Diese Äquilibration beeinflusst das Verhalten von Elementen des Organismus oder ihn als Ganzheit.

Für das *menschliche Denken* bedeutet Äquilibration insbesondere Anpassung an neue Wahrnehmungsschemata, die Entwicklung der intellektuellen Disposition zur Problemlösung, die Ausbildung neuer Denkstrukturen, das Erarbeiten erweiterter und vertiefter Erkenntnisse mit daraus resultierenden Verhaltensweisen: bedingungsangepassten Haltungen und kompetenten Handlungsmustern.

Unter *Verhalten* seien die von außen beobachtbaren Ein- und Umstellungen des Organismus/Systems sowie die sie verursachenden Bewegungen subsumiert. Es kann nach mehrheitsfähigen verhaltenswissenschaftlichen Auffassungen *orientierend, motivierend und final realisierend* sein.

Aus der kommunikativen Umwelt empfängt der Organismus Informationen mit dem Charakter von Nachrichten, die bereits vom „Sender“ mit Bedeutungen belegt sind. Die „nichtkommunikative Umwelt“ transferiert Informationen (mit dem Charakter von Daten), die der Organismus erst mit Bedeutungen (für sich ggf. auch für andere) belegt. Daneben gibt es direkte Reflexe des Organismus auf strukturell-funktionelle Informationen aus seiner unmittelbarsten Eigenumwelt (vgl. Tembrock 1981, S. 67ff.).

Im widersprüchlichen Geflecht von Chancen, Herausforderungen und Bedrohungen, gilt es, die Chancen zu erkennen, positiv zu selektieren und zu entfalten sowie die *Ursachen* zu differenzieren.

Der *Missbrauch* repräsentiert eine Gruppe *bewusst herbeigeführter* – aus der Sicht gesellschaftlicher Majoritäten – negativer Auswirkungen. Sie *resultieren nicht zwingend aus dem Wesen*, aus der inneren Komplexität der Technologien, ihrem Werden und Gewordensein, in dem sich tatsächlich die Umgebung der Vergangenheit als „genetische“ Mitgift oder Bürde manifestiert, *sondern aus der direkten zweckbestimmten und zielgerichteten (intentionalen, finalen) Einflussnahme über die äußere Komplexität der aktuellen Umgebung*.

Dazu gehören als Akteure vor allem *Subjekte*, wie Interessengruppen der jeweiligen Gemeinschaft oder Gesellschaft mit ihrer spezifischen „Wertewelt“. *Werte* zählen als externe Faktoren zu den wenigen *systemsteuernden und regelnden Ordnungsparametern*.

Werner Ebeling verdanken wir – im Kontext mit der Konkurrenz und dem Wert als bestimmenden Faktoren der Selbstorganisation und Evolution komplexer Systeme – die Hinweise, dass *erstens* komplexe Systeme in der Regel nur wenige Ordnungsparameter (Maße der Ordnung) haben, an denen eine Steuerung ansetzen kann, und *zweitens*, dass zum „Versuch einer Steuerung gesellschaftlicher Prozesse möglichst einfache Mechanismen verwendet werden sollten, um nicht riskante Instabilitäten auszulösen“ (Ebeling 2008, S. 10).

Bezogen auf das Denken und menschliche Handeln heißt das, humanistische Werte als exogene, unabhängige Variable, als Regressoren, aufzurufen, die entweder verpflichtend axiomatisch vorgegeben oder von der mehrheitsfähigen, d.h. umfassenderen, als einer gruppenspezifischen (endogenen) Ethik bzw. den partikulären moralischen Vorstellungen determiniert werden. In kompakterer Prägung sind humanistische Werte nach Herbert Hörz das Wohlergehen und die Sicherheit der Menschen (vgl. Hörz 2002, S. 54).

Im Gegensatz zum objektivierenden *wissenschaftlichen Urteil*, sind *Werturteile* interessen geleitete Objekt-Subjekt-Relationen, deren Subjektivität als Extremum nicht selten dem philosophischen Standpunkt des Pragmatismus frönt, für den das wahr ist, was bedürfnisorientiert dem urteilenden Subjekt nutzt.

Einzufordern ist hingegen der demokratische Modus, dass jene die Dinge entscheiden, die am meisten und Nachhaltigsten davon betroffen sind oder werden.

„Als *Fehler* bezeichnet ein *Subjekt* angesichts einer Alternative jene Variante, die von ihm – bezogen auf einen damit korrelierenden Kontext und ein spezifisches Interesse – als so ungünstig beurteilt wird, dass sie unerwünscht erscheint“ (Weingardt 2004, S. 234).

Fehler sind kontextuell – also auch hermeneutisch und damit der Subjektivität, der Voreingenommenheit, u.U. der *entstellenden Einseitigkeit*, der *Parteilichkeit*, unterworfenen – deplacierten, *inadäquate*, unerwünschte Wahlmöglichkeiten, nicht erfüllte Forderungen.

Im Falle des *Irrtums* sind die Subjekte (d.h. die Individuen, Gruppen, Klassen, Gemeinschaften etc.) von der *Wahrheit ihrer kontextuell falschen Annahmen*, Behauptungen, Schlüsse, Meinungen, Glaubensmaximen, ...) außerdem *überzeugt*.

Diese Konstellation unterscheidet die Fehler und Errata und hebt die Kategorie Widersprüche hervor.

Der dialektische Widerspruch vereint bekanntermaßen die Koexistenz und Wechselwirkung zweier Gegensätze im Verhältnis der Einheit und des Widerstreits, des Kampfes, als Ursache der Bewegung/Veränderung. Dialektische Widersprüche finden wir real in Dingen und Erscheinungen und in der Sphäre des Denkens in gedanklichen Verknüpfungen. Alles Wesentliche und Bleibende wird bei den Veränderung im Sinne des Gesetzes der Negation der Negation und der Dialektik des Wortes „*aufheben*“, aufbewahrt (konserviert), trotzdem beseitigt (aufgegeben) und überdies unter den obwaltenden Bedingungen in einem Möglichkeitsfeld weiterentwickelt (auf eine höhere emergente Stufe gehoben).

Möglichkeiten bestehen also aus *objektiv wirkenden Gesetzen* und *objektiv existierenden (äußeren und inneren) Bedingungen*.

Das Ausmaß, der Umfang, in dem die objektiven Gesetze der Natur, der Gesellschaft, des Denkens, der Technik und anderer Cluster objektiver Realitäten über Bedingungen verwirklicht sind oder werden, determiniert die Einordnung in die qualitative Skala der *abstrakten und konkreten Möglichkeiten* und damit der qualitativen Entwicklungsstadien.

Reale (konkrete) *Möglichkeiten* und die *Wirklichkeit* eines Objekts/Zustandes/Ereignisses (in ihrer dialektischen Einheit von Möglichkeit und Notwendigkeit) sind in der *Realdialektik* der *Entfaltung der Wirklichkeit* zwei *quantitativ verschiedene Entwicklungsstadien dieser Entitäten* – des objektiv Realen. Dessen Daseinsweise ist damit übereinstimmend die Entwicklung.

Eine *Quintessenz* lautet: *Unsichere und fehlerbehaftete Folgen von Handlungen* der Subjekte und/oder Ereignissen resultieren in der Regel aus be-

grenztem Wissen und Zufällen, wobei die *Komplexität, Nichtlinearität und Asymmetrie* der *Prozesse* dafür entscheidende Ursachen offenbaren.

Die *stochastischen Gesetze*, denen Veränderungen aller Art, insbesondere die Entwicklung- der *Arbeitsgegenstände* in ihren vernetzten materiellen (stofflichen, energetischen und informationellen) Aspekten, unterliegen, führen zu zwar minimierbaren, aber nicht generell vermeidbaren *Unsicherheiten, Restrisiken und Gefährdungen*.

Objektive Zufälle und Ambivalenzen gehören untrennbar zum Wesen solcher Systeme und lassen sich als Attribute der Technik und der technologischen Entwicklung nicht prinzipiell eliminieren. Vielmehr gilt es, derart skalierte, graduierte Widersprüche auch für Technologien denkend zu erfassen, dialektisch zu begreifen, die Chancen zu entwickeln und aktuell oder potenziell negative Folgen – im Sinne von *tollere, expedire, conservare und elevare* – aufzuheben.

5. Exemplarisches aus den Lebensmittel- und Biotechnologien

Zu den *bedeutendsten und auffällig ambivalenten stoffwandelnden Technologien* gehören die *Lebensmittel- und Biotechnologien*. Deshalb sind sie hinsichtlich der konkreten Einzelbelege in dem Beitrag exponiert.

Grundsätzlich sei jedoch zunächst *dreierlei angemerkt*:

- Die Herausbildung und Integration grundlagenorientierter Elemente der – zunehmend interagierenden, in bestimmten Teilen sogar konvergierenden – *Bio- und Lebensmitteltechnologien* konsolidieren, wie erwartet und gezielt zu fördern, neue Qualitäten.
- Die *Bio- und Lebensmittelmaterialwissenschaften* erschließen außerordentlich bedeutsame wissenschaftliche und praxisrelevante *Potenziale* für die *Ernährung und die Gesundheit*, die in Speisen sowie Getränken und für Pharmaka genutzt werden.

Für beide hoch komplexen Stoffklassen gehören die Aufklärung und bewusste Nutzung der Zusammenhänge von Struktur-/Zustandsänderungen der Substrate im Kontext mit der Änderung funktioneller Eigenschaften in Verarbeitungs- und Applikationsprozessen, eingeschlossen vorgelagerte Wachstums-, Ernte- und Lagerungsprozesse, dazu. Daraus begründet sich übrigens die materialwissenschaftlich erklärte Bezeichnung *Lebensmittelfunktionalität*.

Lebensmittelrelevante funktionelle Eigenschaftsgruppen/-klassen, die ausdrücklich die *metabolisch energetischen* Aspekte ausschließen, sind z.B. das Bindungsvermögen für Wasser, Fett und Aromen, die Strukturie-

rungsneigungen zu Emulsionen, Suspensionen, Gelen, Plaques, Filmen, Schäumen und deren Stabilität sowie emergente Eigenschaften dieser dispersen Systeme.

Solche über die physikalischen, chemischen und biochemischen Eigenschaften hinausgehenden, aus *der kombinatorischen Vielfalt der Strukturelemente resultierenden Charakteristika der Lebensmittel* werden primär von den *energetisch determinierten Wechselwirkungen* der Partikel bzw. Polymere (insbesondere der Proteine und Polysaccharide sowie deren Komposite) untereinander und mit den umgebenden Stoffen geprägt. Die Strukturierung der Komponenten selbst, vollzieht sich über verschiedene Bindungsarten und wird häufig von der Bildung unterschiedlicher Wasserassoziate flankiert.

Einige Eigenschaften disperser Stoffsysteme – darunter der food hydrocolloids – werden erwiesenermaßen (vgl. z.B. Tolstoguzov 2003) weit stärker von den Wechselwirkungen zwischen den Komponenten als von den individuellen stofflichen Eigenschaften der Interaktanten beeinflusst. Zahlreiche dieser Moleküle und Molekülverbünde zeigen Bioaktivitäten mit einem breiten Wirkungsspektrum. Sie fungieren z.B. als Rezeptoren, Promotoren, Inhibitoren, aber auch als biochemische Katalysatoren bzw. Regulatoren auf molekularer Ebene. Das zeichnet sie in besonderer Weise aus.

Jede Dynamik, d.h. die zeitliche Änderung eines Zustandes unter bestimmten Bedingungen, hat zudem ihre Ursache in derartigen internen und externen Interaktionen zwischen Systemkomponenten, aber auch in Aktoren und Akteuren, die selbst Systeme repräsentieren können.

- Mit den wissenschaftlich-technischen und gesellschaftlichen Determinanten sowie den bereits existierenden Umsetzungsbedingungen, werden bei der Entwicklung und Nutzung von *Lebensmittel- und Biotechnologien* neben Unwissenheit, Ungewissheit und Zufällen vom Menschen *über ökologische, soziale, ethische und andere humane Kriterien auch Ziel- und Wertvorstellungen implementiert*, u.U. Präferenzen realisiert, die typische Ambivalenzen in der Wirkungsgeschichte auslösen und den bewussten Missbrauch bewirken können. Das unterscheidet sie grundsätzlich von der eingeforderten technischen Sicherheit. Sie kann, realistisch betrachtet, nur als „begrenzt Risiko“ definiert/gedeutet werden.

Zu dem *exemplarisch* aus den *Bio- und Lebensmitteltechnologien* Vorzustellenden gehören in erster Linie das *genetic engineering*: Die *Genmanipulation* ist, wegen ihrer gravierenden Eingriffe, das avantgardistischste und demge-

mäßig umstrittenste Instrumentarium innerhalb der modernen Biotechnologien. Mit deren *Applikationsbreite* entfalten sich außerdem die eher verwirrenden „Farbspiele“ um die weiße, grüne, rote, graue, blaue und braune Biotechnologie. Die *Patentierung genetischen Materials*: von genetisch veränderten Tieren und Pflanzen, Saatgut, aber auch von *Wirkstoffisolaten* aus dem Pflanzenpool der Welt wird von den vermutlich oder tatsächlich Geschädigten beanstandet und als *Biopiraterie* gebrandmarkt.

Zu erörtern wären – unter den Aspekten der Chancen, Risiken und des Missbrauchs – im Einzelnen ebenso die

- *scharfen Konfliktlinien und Brüche*, die sich bei der *kompetitiven stofflichen und/oder energetischen Nutzung von Biomassen* (als nachwachsenden Rohstoffen sowie Trägern metabolisch und technisch verwertbarer Energie) in den verschiedensten Stoff und Energie wandelnden Technologien ergeben.
- *Spannungsfelder* bezüglich der Technologien zur Sicherung der unverzichtbaren und umfassenden Lebensmittelqualität.
- *Widersprüche* beim Einsatz von Lebensmittel-Zusatzstoffen (316, teils sehr umstrittene Zusatzstoffe [E's] mit unterschiedlicher Wirkungsspezifität wurden bereits in der EU genehmigt, weitere beantragt. Allein für Brot, Brötchen und Feinbackwaren sind konventionell 199 Zusatzstoffe zugelassen. Selbst die Öko-Verordnung gestattet in dieser Warengruppe den Einsatz von 36 Zusatzstoffen).
- *Divergenzen* bei der *Produktakzeptanz*, hauptsächlich beim product engineering, dem Design und dem Testen *funktioneller Lebensmittel*, die einen zusätzlichen gesundheitlichen Nutzen aufweisen, zudem lebensmitteltypische Darreichungsformen haben sollen.
- *Probleme* hinsichtlich der *Konzentrierung von health ingredients*.
- *kontroverse Auffassungen* bezüglich der *Integration bioaktiver Inhaltsstoffe* in neuartige Lebensmittel (*novel food*) bzw. mit gesundheitsrelevanten Komponenten angereicherten *Nahrungs-Ergänzungsmitteln*, beim Einsatz sekundärer Metabolite und Enzyme in *designer food*, darunter Lebensmittelaliuds.

Den Stellenwert und das gesellschaftliche Gewicht solcher Aufgaben und Probleme verdeutlicht der *grundlegende Tatbestand*: Die *Ernährung* ist die *elementare Voraussetzung* für die Lebenserhaltung und die Gesundheit jedes biotischen Systems. *Ernährung* bedeutet *geregelt* Zufuhr von *Lebens- bzw. Futtermitteln* oder Nährstoffen in geeigneter *Art, Form, Zusammensetzung und Menge*, d.h. die Aufnahme mehrkomponentiger Stoffe, die der Organis-

mus in „ausgewogenen“ (vom Lebensalter und den Lebensumständen abhängigen) Mengenverhältnissen zum Aufbau und Erhalt seiner Strukturen sowie seiner (Lebens)funktionen benötigt.

Eine hilfreiche Übersicht über die komplexen Funktions-Struktur-Relationen der Stoffgruppen, die vorwiegend den stofflichen und energetischen Ernährungsbedürfnissen der Menschen dienen, bietet das Schema in Abbildung 1.

Funktionelle Charakterisierung	Strukturelle Charakterisierung
Energiespender	Kohlenhydrate, Fette, (Eiweiße)
Aufbaustoffe	Eiweiße, Mineralstoffe, (Fette)
Reglerstoffe, grob	Ballaststoffe: Cellulosen, Hemicellulosen, Pektine, resistente Stärken u. a.
Reglerstoffe, fein	Vitamine, Enzyme, Spurenelemente, Gewürze, Aromastoffe (Psychoregler)
Genussmittel	Kaffee, Tee, Alkohol, Gewürze u. a.
Zusatzstoffe	natürliche, naturidentische oder synthetische Stoffe: Konservierungs-, Dickungs-, Überzugsmittel, Farbstoffe, Enzyme, Emulgatoren, Antioxidantien

Abbildung 1: Funktionelle und strukturelle Charakterisierung von Nahrungsinhaltstoffen
Quelle: modifiziert nach Westphal et al. 1991, S. 9

Beschränken wir uns bei der phänomenologischen „Diagnose“ im Weiteren auf die *menschliche Ernährung* und damit die *Lebensmittel*.

Die *industrielle Produktion von Lebensmitteln* international operierender Konzerne kann, trotz der objektiv gebotenen besonderen Sicherheits- und Qualitätskriterien, schon heute kaum noch von der anderer industrieller Produkte unterschieden werden. Lebensmittel verlieren mehr und mehr ihre zu Recht eingeforderten, weil objektiv unentbehrlichen Alleinstellungsmerkmale.

Industriell prozessierte Lebensmittel, deren Geschmack, Textur und Convenience-Charakter lediglich variiert oder aber weitergehend verändert ist, dominieren die Märkte mit volatilen, allerdings tendenziell steigenden Preisen. Unter den Keywords *Nahrungsmittel*, *Geschmacksmaskierung*, *Aktivstoffe*, *Stabilisierung* suchte beispielweise ein deutsches Unternehmen Partner mit der nachfolgenden Begründung:

Die stetig steigende Zahl an Nahrungsergänzungsmitteln und Zusatzstoffen stellt die Nahrungsmittelindustrie vor wachsende Herausforderungen, neue Technologien zur Geschmacksmaskierung und/oder Stabilisierung von Aktivstoffen zu entwickeln. Beispiele in der Lebensmittelindustrie sind die (Mikro-/Nano-)Verkapselung unterschiedlichster Geschmacksstoffe, die Stabilisierung hydro- und/oder lipophiler Aktivstoffe sowie die gleichzeitige Solubilisierung lipophiler Aktivstoffe.

Die Annonce bedarf keiner weiteren Interpretation. Das absolut dominierende technologische Ziel ist unumwunden angesprochen.

Handlungsleitende *Ziel-Mittel-Relationen* müssten sich indessen aus den folgenden Charakteristika ableiten, begründen und nach dazu adäquaten Kriterien kontrollieren lassen.

Bei *Lebensmitteln* handelt es sich um *essenzielle biotische Produkte* pflanzlichen und tierischen Ursprungs mit bestimmten unikalen Charakteristika, ausschlaggebenden „*sensiblen*“ und *wesentlichen Anforderungsprofilen*.

- *Lebensmittel* sind polyfunktionelle Stoffe und Stoffgemische (mehr- bis multikomponentige, meist mehrphasige disperse Systeme) pflanzlichen und tierischen Ursprungs zur Befriedigung von *Nahrungs- und Genussbedürfnissen*, die – in der Diktion des Lebensmittelgesetzes – in unverändertem, zubereitetem, be- oder verarbeitetem Zustand vom Menschen gegessen, getrunken oder auf andere Weise aufgenommen werden.
- *Lebensmittelinhaltsstoffe fungieren* als Nahrungsmittel, Genussmittel, Reglerstoffe und Zusatzstoffe. (siehe funktionelle und strukturelle Charakterisierung von Nahrungsinhaltsstoffen).
- *Nahrungsmittel sichern* das Wachstum, die Erhaltung und Funktionstüchtigkeit des menschlichen Organismus (einschließlich seines Immunsystems) – befriedigen vorwiegend die stofflichen und energetischen Ernährungsbedürfnisse.
- *Genussmittel stimulieren* die Sekretion, das Nervensystem, insbesondere die Sinnesorgane.

Die Ernährungsphysiologie, die Sensorik und die Lebensmittelhygiene determinieren maßgeblich die nachhaltig zu schützende *Lebensmittelqualität*.

Damit sind in der gebotenen Kürze *objektive Gegebenheiten* und *unabweisliche Notwendigkeiten* dokumentiert.

Schlaglichter und Analysen zeigen aber andererseits: Die *Lebensmittelproduktion und der Lebensmittelhandel* unterliegen – ohne nennenswerte positiv flankierende Maßnahmen – allen Konditionen und Widersprüchen der Weltwirtschaft. Die globale Finanzwirtschaft (*Finanzindustrie*) ordiniert

auch über diesen Teil der Realwirtschaft eine „obskure Macht“. Verabsolutierte und diametrale *Interessen* von *Wirtschaft, Politik und Öffentlichkeit* (der Gesamtheit aller Umstände, die für das Formieren der öffentlichen Meinung wichtig sind) sowie inkompatible, egozentrische „Logiken“ führen zu bitteren *Konfliktlinien* und *Bruchstellen*.

Ein symptomatischer *Missbrauchsvorwurf* richtet sich darauf, dass trotz des in der Welt weit verbreiteten Hungers selbst (*Grund-*)*Nahrungsmittel* als ein bevorzugtes *Spekulationsobjekt* an Rohstoffbörsen fungieren:

- Verabsolutierte *Preis-Profit-Mechanismen* und intensivierte Verteilungskämpfe verschärfen gegenwärtig die Problemlösungs-Situation in den wechselwirkenden Feldern exorbitant.
- Die profitorientierte *Ökonomie* fungiert noch immer als „Scharfrichter“ im Ensemble der *Entscheidungskriterien*.
- *Nachhaltigkeit*, die mehr sein will als eine Kategorie, die sich allein oder primär mit den Kriterien der Ressourcenökonomie erfassen und bewerten lässt, also per definitionem *wesentliche Kriterien der Ethik erfüllen muss*, spielt eine nachrangige Rolle.

Grundsätzliche Fragen hinsichtlich der *Wertmaßstäbe und Bewertungen* solcher *komplexer, multikriterieller Prozesse*, der Konkurrenzen und Selektionen sowie resultierender Entwicklungs-Prioritäten, ambivalenter Szenarien und *adaptierter* Pfade müssen ständig neu beantwortet werden. Sie sind offen und schwierig, weil auch diese (polaren bis antagonistischen) *Prozesse komplex, asymmetrisch und nicht linear* verlaufen.

Der *Anteil industriell prozessierter*, dabei erheblich veränderter, nicht selten dennoch nur flüchtig getesteteter und/oder unzureichend gekennzeichneteter *Lebensmittel* wächst in der „*globalisierten Speisekammer*“ ständig.

Zu den auffälligen, unten ausführlicher diskutierten Beispielen gehören die umstrittenen, im Handel und der Gastronomie vertriebenen bzw. verdeckt eingesetzten „*Lebensmittelaliuds*“, vorrangig enzymatisch „geklebte“ Fleisch-, Wurst- und Fischwaren.

Einige dieser Entwicklungstendenzen nähren bewusst und unbewusst wirkende Ängste. Versuche und Versprechen, diese *Ängste* aufzufangen und abzubauen, sehen sich selten dem einzig konsequenten Weg verpflichtet, dem der rationalen Aufklärung.

Grundsätzlich zu fordern sind: humane, *ressourcenschonende Technologien*, die *faktische Produktverantwortung* insbesondere für alle, von Menschen konsumierten Substrate, wie Nahrungs-, Genuss- und Arzneimittel, sowie ein *Transparenz-Gebot* für die Lebensmittelindustrie und die *umfas-*

sende *Lebensmittelsicherheit* nach international verbindlichen, vergleichbaren und kontrollierbaren Standards. Das Nichteinhalten vorgeschriebener technologischer Parameter war bekanntlich die Ursache der verhängnisvollen Verbreitung von BSE.

Unbegrenzt und unerschöpflich reihen sich die historischen und aktuellen Beweise dafür, dass Technologien jedes Typus und jeder Genesis keineswegs nur jene Wirkungen hervorbringen und die Ergebnisse zeitigen, die die *Technologieschöpfer* kreieren sowie projektieren und die die *Technologiebegleiter* – durchaus auch evolutiv – ausführen.

Diese Tatbestände müssen nicht ausgiebig illustriert, wohl aber in ihrer Ursächlichkeit erkundet und aufgeklärt werden. Die anschließenden lebensmittel- und biotechnologischen Beispiele wollen dazu beitragen.

5.1 Revolutionierende genetische Veränderungen und Programmierungen

Mit der strukturellen *Entwicklung der DNA-Doppelhelix* – übrigens ohne eigene Realexperimente, allein im „intelligenten Spiel“ von James Crick und Francis Watson mit Molekülmodellen und Röntgenbeugungsbildern im Jahr 1953 – ist ein überragendes Beispiel für die revolutionierende Kraft der Wissenschaft und ein Netzwerk ambivalenter Folgen gegeben.

Die Desoxyribonukleinsäure-Helices aus interagierenden mehrfädigen Makromolekülen mit den nach innen gerichteten, die Hauptstränge über Wasserstoffbrücken bindenden paarigen Nucleobasen Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin, bilden – wie wir heute wissen – über die „Emergenzebene“ der Nucleotide (aus jeweils einer Phosphorsäure, Desoxypentose und Pyrimidin- bzw. Purinbasen in charakteristischen N-glykosidischen bzw. Ester-Bindungen) bestimmende *Strukturelemente der Gene*. Die Helices und deren Substruktur verhelfen zu entscheidenden Einblicken in die Funktion der Gene als Informations-Speicher (genetischer Code) und Quelle replizierbarer genetischer Strukturen.

Die nachfolgenden und anhaltenden Entwicklungen im sogenannten „*molekulargenetischen Zeitalter*“ fundierten die Erkenntnisse zum Lebenden und Leben, brachten einzigartige innovative Verfahren und chancenreiche Technologien der radikalsten Informations- und Stoffwandlung hervor, weckten Begeisterung für das Faszinosum des Erkennens und Gestaltens, *potenzierten* dabei *Hoffnungen und nährten Ängste*, eröffneten logischerweise grundsätzliche Dispute zum prinzipiell Gestaltbaren, Erstrebenswerten, Gewollten und Tolerierbaren.

Zu den unabweisbaren Realitäten gehören offenbar affektive, voluntäre und intellektuelle Ambivalenzen und Diskurse zu Risiken.

Die Genmanipulation, das genetic engineering, ist – selbst wenn, wie hier, die Humangenetik ausdrücklich ausgeklammert wird – wegen der gravierenden Eingriffe, das avantgardistischste und demgemäß umstrittenste Instrumentarium innerhalb der modernen Biotechnologien. Mit deren Applikationsbreite entfalten sich auch die vielmehr verwirrenden als aufklärenden „Farbspiele“ um die *weiße, grüne, rote, graue, blaue und braune Biotechnologie*.

Ein Gutteil der vermuteten und tatsächlichen Risiken der *grünen Biotechnologie* resultiert aus den faktischen Unbestimmtheiten. Dennoch stellt sich grundsätzlich die Frage nach abzuwendenden Gefahren und den unschätzbaren Vorteilen der Gentechnik für eine zukunftsfähige Landwirtschaft. Dabei ist z.B. an *genetische Modifikationen* gedacht, die ertragreicher und nutzungsfähiger sind, Resistenzen gegen Schädlinge aufweisen, mit weniger Wasser auskommen oder Frost und Wassermangel in bestimmten Grenzen tolerieren. Immer vorausgesetzt, dass davon keine neuen Gefährdungen ausgehen.

Noch grundsätzlicher sind die bewusst „gestaltenden Eingriffe“ der sich gerade herausbildenden, erkenntnisfördernden und anwendungsorientierten *Synthesebiologie*. Ihre Akteure erforschen und nutzen das Erbgut der Zellen, um austauschbare und kombinierbare, standardisierte DNA-Module (*biobricks*) zu designen, die fundamentale biotische Funktionen codieren, um neue Proteine eigenschaftsorientiert zu „konstruieren“ und zu synthetisieren oder um existente Proteine für neue Anwendungen zu modifizieren, zu funktionalisieren, selbst Schaltkreise aus biomolekularen Bausteinen und Genen zu kreieren, Lebewesen zu „programmieren“ oder gar synthetisches Leben zu erschaffen. Im Jahr 2010 gab der amerikanische Biochemiker/Genetiker Craig Venter bekannt, dass er das natürliche Genom einer Zelle vollständig synthetisch substituiert habe. „Genetiker erschaffen Kunst-Lebewesen“, schrieb die Welt am Sonntag vom 23.05.2010 und bewertete dieses Faktum unter der Überschrift „Wir sind Gott!“ als „Jahrtausendsensation“. Waren das Honneurs an das Pfingstfest?

Solche Resultate und Ziele führen aber auch zu seriöseren Wertungen und Fragestellungen darunter, warum und wie selbst die „life-science“ zur Technikwissenschaft mutiert.

Das inter- und transdisziplinäre *Engineering* hat die Ambition „to design and build structures, machines, devices, systems, materials and processes that

*safely realize improvements to the lives of people*¹ und wendet dafür alle nutzbaren praktischen und wissenschaftlichen Erkenntnisse an. Das genetic engineering und die Synthesebiologie bewegen sich auf diesen Pfaden.

5.2 Effektive Nutzung agrarischer Biomassen – Kontroversen und Antagonismen

Agrarische Biomassen können als *Lebens- und Futtermittel der Ernährung*, der *stofflichen Nutznießung* im Non-Food-Bereich oder der *energetischen Verwertung* als Brennstoffe und Treibstoffe zugeführt werden.

Daraus resultiert ein internationales, ja, globales Dilemma: die ungelösten Prioritätskonflikte. Das Problem der prioritären Nutzung prinzipiell begrenzter Mengen und der „satisfaktionsfähigen“ Entscheidungskriterien polarisiert sich bei Kulturpflanzen, wie den Cerealien, den Ölsaaten, Zuckerrohr und Zuckerrüben.

Die volkswirtschaftlich wichtige stoffspezifische Nutzung der natürlichen Synthesehöhe und die stoffliche Konversion für den Non-Food-Bereich, die zu einer umfassenden Palette wertvoller Produkte führt, wird im interdisziplinären Diskurs der faktisch *triadischen Konkurrenz* um agrarische Biomassen m.E. absolut unzureichend reflektiert. Sachdienliche Erkenntnisse lassen sich allein schon aus dem Einsatz nativer, modifizierter und stofflich gewandelter Stärken gewinnen. Die Anhydroglucose-Struktureinheiten sind prinzipiell reich an funktionellen Gruppen. Sie bieten ein enormes Reservoir für Dereaktivierungen.

Inkompatible „Eigenlogiken“ gesellschaftlicher Gruppen, verabsolutierte Eigeninteressen und bedenkenloses Gewinnstreben führen auch in diesem Fall zu Konfliktlinien, politischen, ökonomischen und wissenschaftlichen Bruchstellen von kaum prognostizierbaren Folgen.

Gegenwärtig werden weltweit größere Mengen agrarischer Produkte für die drei *konkurrierenden Einsatzfelder* gebraucht als erzeugt. Die globalen *Anbauflächen* sind zudem aus verschiedenen Gründen regressiv. *Klimaänderungen* wirken überdies negativ verstärkend: Ernteauffälle infolge von Dürreperioden und großflächigen Überschwemmungen häufen sich.

Es bahnt sich ein *Ernährungsdrama* an: Eine Milliarde Menschen hungert, eine weitere Milliarde Menschen ist tendenziell unterernährt.

Genaue systemische und systematische Analysen sind deshalb ebenso unverzichtbar wie das Eruiieren der denk- und realisierbaren Perspektiven mit

1 Engineering. – URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Engineering> (H.d.V.; L.-G.F.).

natur-, technik-, sozial-, wirtschafts- und kulturwissenschaftlicher Expertise, die Erweiterung des funktionsstrukturierten Spektrums der Möglichkeiten (z.B. mit Szenarien) und die Installation integrativer Forschungsprojekte entlang essenzieller *stofflicher, energetischer* und *informationeller Prozessketten*.

Erforderlich ist die Selektion im politischen Konsens lösbarer und offener, weil hochpolarer und extrem wertebeladener, Fragen, die Offenlegung der Interessen. Es ist wichtig zu wissen, welche Werte Manifestationen welcher Interessen sind.

Angesichts der Konstellation, dass Kongruenzen und Kooperativitäten weitgehend in der Wissenschaft dominieren, während bei der Applikation ihrer Resultate Konkurrenzen überwiegen, drängen sich Fragen auf: Welche politischen, sozialen, ökonomischen, technologischen und wissenschaftlichen Optionen und Bewertungsmaßstäbe existieren prinzipiell, welche Bedingungen und Ziele haben Priorität (Stabilität des Gesamtsystems, Humanität, Effektivität, Effizienzsteigerung, Nachhaltigkeit, maximierte Gewinne, ...)?

Es bleibt kein anderer akzeptabler Weg, als ein hinreichend begründetes, konsensfähiges, dynamisches Ranking nach gesamtgesellschaftlichen Entscheidungen zu bestimmen und dafür u.a. die zivilgesellschaftlichen Funktionen der Kompromisse gezielter zu nutzen.

Betroffen sind hinsichtlich der landwirtschaftlichen *Biomassen* die gesamten, mannigfaltig vernetzten *vertikalen Ketten* von der Erzeugung agrarischer Produkte über die globale industrielle *Lebensmittelproduktion, -distribution* und den *Lebensmittelhandel* mit ihren vielfältigen Prozessen der gewollten und unerwünschten Stoffwandlung unter verschiedensten lokalen, regionalen und globalen Bedingungen und deren Vernetzungen.

Überwiegend unter dem Aspekt der Konkurrenz wird in Deutschland die Primär-Produktion von Nahrungsmitteln in der *bäuerlich-ökologischen* oder *agroindustrielle Landwirtschaft* gesehen und verfolgt. Und das, obwohl in unserem Land zur bäuerlich-ökologischen Landwirtschaft lediglich ca. 350.000 Betriebe mit 850.000 Beschäftigten gehören und der Bedarf an deren Produkten offenkundig ist.

Erinnert sei vor allem aber an die, primär unter finanziellen Aspekten, wählbare, bereits konvergente „Alternative“, *Lebensmittelrohstoffe* als *Nahrungsmittel* oder *Agrotreibstoffe* einzusetzen und zudem das euphemistische Etikett „Biotreibstoff“ zu protegieren. Die Devise „Teller oder Tank“ koppelt

die Lebensmittelpreise faktisch an den Erdölpreis. D.h. außerdem, dass Energiesubventionen und Energiesteuern die Lebensmittelpreise treiben.

Selbst öffentlich-rechtliche Medien bereiteten in ihren Nachrichtensendungen im April 2011 die deutschen Verbraucher auf weitere Preiserhöhungen von mehr als 20% bei Fleisch und Fleischwaren sowie von 15% bei Milch und Milchprodukten als Folge dieser *kompetitiv antagonistischen* energetischen Ressourcennutzung vor. Nach internationalen Recherchen gehen gegenwärtig mindestens 15% der globalen Preiserhöhungen für Lebensmittel auf den Einsatz von Agroprodukten im Energiesektor zurück.

Besonders abnorm ist der Tatbestand, dass primäre *Nahrungsmittel* und prozessierte *Lebensmittel* in einem perfektionierten System an internationalen Börsen als *Spekulationsobjekte* dienen.

Ein beredtes Beispiel: Weizen, das nach Mais am zweithäufigsten angebaute Getreide der Welt (2008 laut FAO, Faostat, 690 Mio. t) hat für die globale menschliche Ernährung eine grundlegende und quantitativ herausgehobene Bedeutung. Begründete neuere Schätzungen gehen davon aus, dass weltweit mehr als 40% der Nahrungsmittel auf Weizen zurückgehen. Zudem wird Weizen – ebenso wie Mais – in wachsenden Mengen zur Ethanolproduktion als Treibstoffzusatz eingesetzt. Nicht zuletzt deshalb fungiert Weizen an den *Rohstoffbörsen* als ein *bevorzugtes Spekulationsobjekt*. Auch ohne echte Warenbewegung unterliegt Getreide – selbst zu Zeiten gut gefüllter Speicher – enormen, mit Derivaten zudem überproportional nachvollzogenen Preisschwankungen und hoch virulenten bis explodierenden Preisen.

Die in dieser „Marktwirtschaft“ in der Regel, lediglich, virtuell „verschobenen“ Mengen übersteigen absurderweise nicht selten die globalen Erntemengen um ein Mehrfaches.

Daneben hat sich u.a binnen eines Jahres der *Zuckerpreis* verdoppelt und Experten sehen weitere „Aufwärtspotenziale“. Das macht Zucker zum Objekt von Preiswetten und lohnenden Investments an Rohstoffbörsen. „*Gehebelte Versionen*“ verdoppeln in der Zucker-Rallye die Gewinne. Mit anderen Papieren können „Pessimisten“ aber fast ebenso profitabel auf fallende Kurse setzen.

Solche „Aktivitäten“ an *Derivatebörsen* und Wetten auf Preisentwicklungen verschärfen weltweit zugleich die Hungersnöte. 1% Preiserhöhung für Grundnahrungsmittel auf dem Weltmarkt erhöht die Zahl der Hungernden um 16 Mio. Die Weltbank konstatierte im April 2011, dass innerhalb eines Jahres die Lebensmittelpreise im Durchschnitt um 36% gestiegen sind.

Welches Attribut verdient eine derartige „Marktwirtschaft“ und wer verhindert die Exzesse, die überdies nicht ohne Parallelen zu anderen Anlageobjekten (oder noch zutreffender: Entitäten) obskurer Elemente der Finanzindustrie sind?

Perverse Spekulationen sind offenkundig in nahezu jeder Hinsicht „out of limits“.

5.3 Lebensmittelaliuds – Gebrauch und Missbrauch mikrobieller Transglutaminasen

Zu Recht erwarten die Verbraucher von der Lebensmittelindustrie und den Distributeuren neben gesicherten und weiter steigenden Lebensmittelqualitäten eine der Ernährung förderliche Diversifikation der Produktpalette.

Die Lebensmittelindustrie hat allerdings auch in ihrem produktbezogenem – vor allem am Gewinn orientierten – „Erfindungsreichtum“ kaum Skrupel, wie die wachsenden Mengen und die zunehmende Vielfalt im Handel und der Gastronomie vertriebener bzw. verdeckt eingesetzter Aliuds belegen.

Die Rede ist u.a. von Analog(Kunst)käse, von „geklebten“ Lachs-, Nuss- und Rohschinken, enzymtechnisch ebenso „veredelten“ Steaks, Fischwaren und anderen kostengünstigeren Imitaten und Substituten.

Dabei richten sich die kritischen Einwände nicht grundsätzlich gegen diese „Produkte eigener Art“, sondern primär gegen die Verbraucher-Täuschung, gegen die Tatsache zumindest der irreführenden Tarnung der Aliuds gegenüber dem Verbraucher mit traditionellen, erfahrungstragenden und definierten Produktnamen, gegen die fehlende Kennzeichnung der „Kunstprodukte“ selbst sowie die ausbleibende Benennung ihrer Eigenart und vorwiegend lebensmitteluntypischen Genesis.

Verletzt sind damit berechnete Verbrauchererwartungen sowie Grundsätze der redlichen Herstellungspraxis und solider Verkehrsbezeichnungen – also wesentlicher Elemente der leider nicht rechtsverbindlichen, trotz allem maßgeblichen *Verkehrsauffassung*.

Eine Konsequenz *fehlender Rechtsnormen* demonstrierte unlängst in Verbindung mit der Finanz-Katastrophe ein „führender“ deutscher Wirtschaftsberater im öffentlich-rechtlichen Fernsehen mit der Feststellung, dass alles ethisch sei, was nicht ausdrücklich rechtsverbindlich verboten ist.

Worin bestehen die substanzbezogenen Einwände und Probleme? Das derzeit bedeutendste Beispiel für Aliuds im Lebensmittelbereich liefert der skizzierte Einsatz *mikrobieller Transglutaminasen (MTGA)*, genauer: vom Bakterium *Streptomyces mobaraensis* stammender *Protein-Glutamin-Gam-*

maglutamyltransferasen. Mit diesen, den namensgebenden Transfer chemischer Gruppen und ihrer Funktionalitäten katalysierenden und demzufolge strukturierenden Enzyme können innerhalb und zwischen den Proteinen der eingesetzten Lebensmittel Quervernetzungen generiert werden. Solche synthetisierenden, relativ stabil verknüpfenden, *intra- und intermolekularen Isopeptidbindungen* beeinflussen u.a. die physikalische Konsistenz und die volumetrische Textur – verfestigen und verkleben, vereinfacht beschrieben, bestimmte proteinhaltige Stoffsysteme – und werten so das Produkt scheinbar oder u.U. faktisch auf.

Unzureichend geklärt sind bisher allerdings die *Wirkungsspektren und -ketten des TGA-Einsatzes*, darunter die Auswirkungen auf die biotische Wertigkeit der nativen tierischen und pflanzlichen Nahrungsproteine, besonders jedoch die möglichen Risiken *physikochemischer Modifizierungen* und solcher *biokatalytischer Stoffwandlungen* in Nahrungsmitteln. Bekannt ist, dass *humane Transglutaminasen* bei einigen neurodegenerativen Krankheiten, wie Morbus Alzheimer, die Bildung cytotoxischer Proteinaggregate (Assoziate) bewirken, im Falle der Zöliakie – einer Überempfindlichkeit bzw. Unverträglichkeit gegen das Getreideprotein Gluten – die Enterocyten- und Antikörper-Produktion anfachen können.

Obwohl die physiologische Funktion der Transglutaminasen (TGA) weitgehend ungeklärt ist, nehmen deren industrielle Anwendungen intensiver seit 1990 zu, weil die *technologischen Potenziale* dieser *operationalen technischen Mittel* (AM) für die Endprodukte und die Lebensmittelverfahrenstechnik erheblich sind. Sie zielen nicht nur auf die volumetrische Textur und wesentliche Teile des Deformationsverhaltens, wie die Festigkeit, die Elastizität und die thermische Beständigkeit von Fleisch- und Wurstwaren.

Die mit MTGA's erreichte Quervernetzung von Casein, Soja- und Molkenproteinen z.B. verbessert daneben deren Löslichkeit (Solubilisierung), die Gelbildungsfähigkeit und/oder Emulgierbarkeit – die Phasenstabilität.

Die analoge Behandlung von Getreideproteinen verändert insbesondere technologisch, nicht jedoch ernährungsphysiologisch maßgebende rheologische Eigenschaften des Teigs, die den technischen Energieaufwand neu „dimensionieren“, d.h. erheblich reduzieren.

Das Problem ist demgemäß weit umfassender, vor allem jedoch grundsätzlicher als derzeit in der Öffentlichkeit diskutiert. Die beschwichtigende Aussage, die Aktivität von Transglutaminasen erschöpfe sich von selbst oder sei andernfalls thermisch inhibierbar, sind zwar prinzipiell zutreffend, aber eben nicht hinreichend.

Mit der Reduzierung der Kosten für die biotechnologische Produktion mikrobieller Transglutaminasen fächerte sich deren Einsatz im Bereich der Lebensmittelproduktion schon seit 1989 – dem Jahr der Entdeckung kostengünstigerer technischer Synthesemöglichkeiten – von der Öffentlichkeit weit gehend unbeobachtet auf.

Es sei angemerkt: Ernährungsphysiologisch und organoleptisch relevante Eigenschaften sind meistens nicht das Ziel, sondern bestenfalls angenehme Nebenergebnisse solcher enzymtechnologischer Beeinflussungen. Auch in diesen Applikationsfällen darf indes nicht die Enzymtechnologie, sondern muss der final orientierte, intransparente Umgang mit ihr angeprangert und behoben werden.

Es handelt sich offenbar nicht um inhärente Ambivalenzen, sondern um bewusste Programmierungen, bei denen der „Empfänger“ zudem die „Nachrichten“ nur nach den Vorgaben des „Senders“ entschlüsseln und aufnehmen soll.

Intransparenz ist ein Kernproblem der asymmetrischen, gewinnorientierten Kommunikation von weltweit operierenden Lebensmittelkonzernen mit den Verbrauchern. Jede Intransparenz reduziert die Souveränität der Verbraucher und das heißt, ihre originäre *Entscheidungskompetenz*.

5.4 Funktionelle Lebensmittel – Erwartungen: Chancen und Risiken

Funktionelle Lebensmittel sollen definitionsgemäß einen gesundheitlichen Zusatznutzen aufweisen, insbesondere prophylaktisch wirken, aber eindeutig von Pharmaka zu trennen sein. Hippokrates verlangte vor mehr als zwei Jahrtausenden: „Eure Nahrungsmittel sollen Eure Heilmittel sein. Eure Heilmittel sollen Eure Nahrungsmittel sein“.

Heute sind die Erwartungen ebenso groß wie das Spektrum der Krankheitsbilder: Herz-Kreislaufstörungen, Stoffwechselstörungen (bis zum metabolisches Syndrom), Insuffizienzen des Bewegungs- und Stützsystem, Krebs stehen an der Spitze der Hoffungsliste. Die Erwartungen können lediglich mit Termini benannt werden.

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.

Zu den exponierten funktionellen Lebensmitteln gehören *Probiotika*, *Präbiotika* und *Synbiotika*. Ihre Funktionalitäten werden in Abbildung 2 dargestellt.

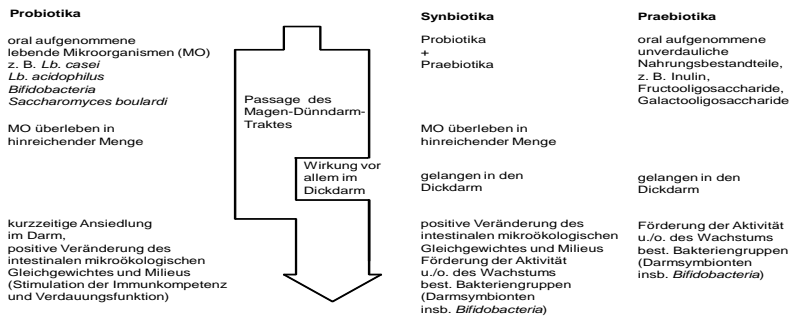


Abbildung 2: Funktionalität der Probiotika, Präbiotika und Synbiotika

Quelle: modifiziert nach Institut Kuhlmann 1996²

Die gesundheitsrelevanten Wirkungen *funktioneller Lebensmittel* gehen vom komplexen biotischen Substrat – meist Mikroorganismen (MO), in einigen Fällen von bestimmten bioaktiven Stoffen, den *health ingredients* – aus. Über das *food design* werden solche *health ingredients*, aber auch *food ingredients* in Lebensmittel (*novel food*) integriert. Eine neue (nicht unumstrittene und unproblematische) EU-Verordnung zu *novel food* regelt einige Modalitäten.

In Deutschland sind die zulässigen Werbeaussagen speziell für probiotische Lebensmittel – dessen ungeachtet für alle funktionellen Lebensmittel typisch – im § 18 des LMBG geregelt. In einer zusammenfassenden Darstellungsweise lauten sie (vgl. Spillmann 1997, S. 515ff.):

- Stärkung der natürlichen Abwehrkräfte;
- positive Beeinflussung der Darmflora;
- Unterdrückung unerwünschter Bakterien;
- Anregung der Stoffwechselfunktionen;

2 Vgl. www.institut-kuhlmann.de.

- Beitrag zur gesunden Ernährung.

Ein Vergleich dieser Angaben mit Abbildung 2 „Funktionalität der Probiotika, Synbiotika und Praebiotika“ und Tabelle 1 „Probiotische Wirkungen von Spezies der Ordnung Lactobacillales“ empfiehlt sich, um den „aufklärenden“ Wert derartiger Werbeaussagen für den Verbraucher selbst einzuschätzen.

Zu den Zielen und Methoden des *Funktionalisierens von Lebensmitteln* sowie den *Wirkungen* funktioneller Lebensmittel enthält der Beitrag „Evolutorische Lebensmitteltechnologie und ihre Implikation mit der Allgemeinen Technologie“ ausführlichere Darstellungen (vgl. Fleischer 2004).

Für den erwarteten gesundheitlichen Zusatznutzen von health ingredients unterschiedlichster stofflicher Struktur und Genesis existieren etliche zuverlässige Anhaltspunkte.

Das gilt z.B. für resistente Polysaccharid-Konformationen insbesondere resistente Stärken, immunmodulierende Beta-1,3,1,6 -D-Glucane aus Zellwänden der *saccharomyces cerevisiae*, einige „Immunokosmetika“, bestimmte bioaktive Flavanoide sowie eine Reihe von Lactobacilli (siehe dazu Tabelle 1).

(Fast) alle lebensmitteltechnologisch verwendeten *Lactobacilli* sind in Deutschland als sicher (S1) eingestuft.

Zu den angemessen bestätigten *Wirkungen* gehören:

- Förderung der physiologischen Mikroflora
- Fähigkeit zur Zelladhärenz
- Verhindern oder Vermindern pathologischer Adhärenz, insbesondere die Prävention
Rotavirus-induzierter Durchfälle
- Reduktion der Schwere und Dauer bei Rotavirus-induzierten Durchfällen
- Reduktion der Schwere und Dauer Antibiotika-bedingter Durchfälle
- Reduktion von Symptomen der Lactoseintoleranz

Noch weitergehend und, bezogen auf das Evidenzniveau, genauer zu untersuchen sind:

- Probiotische Wirkmechanismen in vivo, insbesondere am Menschen – Immunologische Stimulation (Interleukin-6, Interleukin-10, TNF- α , ...)
- Präventive Kolonisation im Intestinum (Invasion, Adhäsion, Translokation)
- Metabolismus, Mutagenese (insbesondere des Kolonkarzinoms)
- Produktion antimikrobieller Substanzen, wie Bakteriozine, H₂O₂, ...
- Kausalität gesundheitsrelevanter probiotischer Effekte

Tabelle 1: Probiotische Wirkungen von Spezies der Ordnung Lactobacillales
Eigene Zusammenstellung

Nur in wenigen Fällen sind die unverzichtbaren *kausalen Zusammenhänge* zwischen der stofflichen Struktur, der Einbindung und damit der Bioverfügbarkeit der Wirkkomponenten in die *komplexen Lebensmittelmatrices* sowie die notwendigen Konzentrationen (Dosis) gesichert.

Von den Chancen und Probleme konnten wir uns bei der Entwicklung funktioneller, milchsauer fermentierter Getränke auf cerealer Basis selbst überzeugen. Dieses kooperative Forschungsprojekt einer meiner Arbeitsgruppen begann beim Screening potenziell probiotischer Eigenschaften homofermentativer Milchsäurebakterienstämme aus einer eigenen Sammlung mit 280 nativen Stämmen. Es führte über deren experimentelle Testung hinsichtlich der Wachstumskinetik sowie des „Überlebens“ einer hinreichenden Menge Kolonie bildender Einheiten in einem in-vitro Magen-Darm-Modell und endete bei der Sensorik, der Wirksamkeit und der Stabilität der entwickelten funktionellen Getränke.

Die Komplexität der Stoffsysteme, die Variabilität der verfahrenstechnischen Methoden und der Technologien zur Anreicherung, Isolierung oder gezielten Modifizierung reproduzierbarer Wirkstoffe, die komplizierte Pharmakognostik für sicher verfügbare Komponenten und die umgebenden komplexen Matrices erschweren und verteuern die aufwendigen Humanstudien.

Eine gewisse Ausnahme bilden die Pflanzensterole, mehrere Polysaccharide sowie bestimmte Flavanoide und einige Varietäten von *Lactobacillales*. *Pflanzensterole* sind sekundäre Metabolite und reduzieren nachweislich die Cholesterinaufnahme im menschlichen Körper und damit einhergehend das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Die absoluten Mengen der lebenswichtigen Zoosterine und die Mengenverhältnisse der HDL- und LDL-Cholesterine gilt es in relativ engen physiologischen Grenzen einzuhalten. Dazu muss das – über komplexe Mechanismen geregelte – Gleichgewicht zwischen dem benötigten, dem im menschlichen Körper synthetisierten und den mit der Nahrung aufgenommenen Cholesterinen reguliert werden. Auch hierbei wirkt, wie vorn generell erörtert, der *steuernde und regelnde Einfluss* ganzer Gruppen *endogener und exogener Variablen, interner und externer Größen mit inhibierenden oder verstärkenden Gewichten*.

Im Spannungsfeld von Hoffnungen und vermuteten oder als „Anfangsverdacht“ indizierten Gefahren steht insbesondere der rasch zunehmende Einsatz von *Nanoteilchen und Nanotubs* in Lebensmitteln und Bedarfsgegenständen. Dieses drängende Problem bedarf einer separaten und ausführlicheren interdisziplinären Diskussion.

Auch ohne ausreichende Kenntnis von Ursache-Wirkungs-Korrelationen als unabdingbare Basis für zuverlässigere Voraussagen und vertrauenswürdiger Risiko-Abschätzungen, ja, selbst bei nicht erwiesenem gesundheitlichen Nutzen werden weltweit Milliarden Euro bzw. Dollar Gewinne mit funktionellen Lebensmitteln und Nahrungs-Ergänzungsmitteln erzielt. Auch die vage umschriebene oder lediglich versprochene Gesundheit wird honoriert.

Zu den grundlegenden fachlichen Problemen gehören die Steigerung der *Bioverfügbarkeit*, die Erhöhung der *Stabilität* und das *Modifizieren* gesundheitsfördernder Lebensmittelinhaltsstoffe sowie effektive und effiziente Methoden zur Anreicherung bzw. Isolierung von food and health ingredients - die Herstellung von Konzentraten und Extrakten über Agro-Food-Biotechnologien bzw. die Lebensmitteltechnologie.

Maßgebend für nachhaltige wissenschaftliche Fortschritte und technologische Innovationen sind vor allem

- die Vertiefung und Erweiterung der wissenschaftlichen Erkenntnisse über Struktur-, Zustandsänderungen → funktionelle Eigenschaften → Verarbeitungseigenschaften und
- die weitere Qualifizierung der strukturellen und funktionellen Analytik komplexer hochmolekularer Strukturen (Proteine bzw. Peptide, Lipide und Kohlenhydrate sowie Symplexe), die den Stoffwechsel sowie die Humanphysiologie tragen, katalysieren bzw. regulieren.

6. Bilanz

Es ist generell festzuhalten, dass das, was wissenschaftlich und technisch trägt oder sogar prägt, nicht zwangsläufig von Sinn gebenden und ethisch konstruktiven Werten und Normen, von einem moralischen Grundkonsens und dem humanistischen Menschenbild getragen ist und begleitet wird.

Im widersprüchlichen, multipolaren Geflecht von Chancen, Herausforderungen, Konflikten und Bedrohungen, kommt es darauf an, interdisziplinär und verantwortungsbewusst mit den Realitäten umgehend, sowohl die Chancen zu erkennen, positiv zu selektieren und konsequent weiter zu entwickeln, als auch reale Gefahren zu diagnostizieren, zu bewerten, einzudämmen oder gänzlich abzuwenden.

Das gilt für das hoch komplexe gesellschaftliche und wissenschaftliche Phänomen, die Technologie, generell sowie deren produkt- und prozessorientierten Klassen im Speziellen und in besonderer Weise für die Gruppe der Lebensmittel- und Biotechnologien.

Literatur

- Ebeling, W. (2008): Konkurrenz und Wert als bestimmende Faktoren der Selbstorganisation und Evolution komplexer Systeme. In: Plath, P.; Haß, E. Chr. (Hg.): *Vernetzte Wissenschaften. Crosslinks in Natural and Social Science*. Berlin, S. 3-14
- Fleischer, L.-G. (2010): Komplexität, Inter und Transdisziplinarität. In: LIFIS-ONLINE [15.04.10] – Internetzeitschrift des Leibniz-Instituts für interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS). – URL: www.leibniz-institut.de/archiv/fleischer15_04_10
- Fleischer, L.-G. (2004): Evolutorische Lebensmitteltechnologie und ihre Implikationen mit der Allgemeinen Technologie. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): *Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie*. Berlin, S. 49-67 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 75)
- 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, H.7)
- Spillmann, H. (1997): Probiotika und probiotische Mikroorganismen: Lebensmittel oder Heilmittel ? – Ein Vergleich. In: *Deutsche Molkerei-Zeitschrift*, Jg. 12, S. 515-525
- Tembrock, G. (1981): Moderne Verhaltensforschung. In: Fleischer, L.-G.; Hess, H. (Hg.): *Wissen aus erster Hand. Erkenntnisse, Erfahrungen, Erfolge der Wissenschaft*. Berlin, S. 63-80
- Tolstoguzov, V. B. (2003): Some Thermodynamic Consideration in Food Formulation. In: *Food Hydrocolloids*, Vol. 17, pp. 1-23
- Weingart, M. (2004): Fehler zeichnen uns aus. *Transdisziplinäre Grundlagen zur Theorie und Produktivität der Fehler in Schule und Arbeitswelt*. Bad Heilbrunn
- Westphal, G.; Lipke, B.; Kroh, L. (1991): *Lebensmittelchemie*. 1. Lehrbrief. Dresden