



Lutz-Günther Fleischer

Ernährung versus Energetik¹

Nachwachsende Rohstoffe/Energieträger – wissenschaftlich-technische Kongruenzen und soziale Konkurrenzen

Vortrag auf dem GeoMUWA Herbsttreffen am 14.11. 2014

Die teilweise von klassischen Aufsätzen abweichende Anlage dieses Beitrages - als textlich erweiterte Folge von Power-Point-Folien - erklärt sich aus der bewusst beibehaltenen Grundstruktur der ursprünglichen Power-Point Präsentation (einschließlich der 2. Schriftfarbe). Dafür sei um Toleranz gebeten. Das themenrelevante mannigfaltige Faktenspektrum, das (möglichst definitionsnahe, zumindest prägnant zu verfassende) Begriffsverständnis sowie wesentliche Bewertungen und Folgerungen sollten - wegen ihrer geringeren Redundanz - in Thesenform herausgestellt werden. Eine komplexere, eingehendere und umfassendere Abhandlung bietet die inhaltlich direkt korrespondierende Publikation, die die 1. Fußnote belegt.

Gliederung:

- 1) Problemkonturen
- 2) Begriffsverständnis/Definitionen
- 3) Entwicklungstendenzen und Wirkungen
- 4) Bewertungen und Folgerungen

Problemkonturen

Die *themenrelevanten Probleme* resultieren einerseits unmittelbar aus der Ernährung und der Energetik, sind diesen *essentiellen Bedürfniskomplexen* immanent. Andererseits interagieren - mit unterschiedlichen Kopplungsstärken und wenigstens mittelbar - verschiedenartige und selbst hoch komplexe globale Probleme mit ihnen.

Global meint systemisch, alle, weltumfassend: das Weltganze und seine Bevölkerung insgesamt betreffend -allerdings mit erheblich differierenden regionalen und lokalen Ausprägungen sowie evolutionären Konstellationen und Modifikationen.

Der *Kanon der globalen Probleme* ist nicht einheitlich definiert. Zweifellos gehören dazu die Human-kriterien: Frieden, Gesundheit, Bildung, Informationen, Arbeit, menschenwürdige Unterkünfte, ausreichende Mengen und Qualitäten physiologisch ausgewogener Nahrungsmittel (einschließlich sauberen Wassers) für alle. Kritisch bewertet werden mit diesem narrativen Terminus vor allem: die sozial limitierte Teilhabe am wissenschaftlich-technischen und gesellschaftlichen Fortschritt, Intoleranz, das massenweise Unterschreiten ausgewiesener Mindestniveaus im Lebensstandard, die nicht natürlich auszugleichende Inanspruchnahme von Ressourcen aller Art sowie der Mit- und Umwelt (mit dem anthropogenen Klimawandel als exponiertem Element) sowie sich komplizierende generative Verhältnisse der Menschen - die hypothetische Übervölkerung.

*Global denken und lokal handel*n, wird als problemadäquate Maxime proklamiert.

¹ Verbundene Publikation: Vgl. Lutz-Günther Fleischer: Ernährung ‚versus‘ Energetik - mit einigen Facetten zum Toleranzproblem. In: Gerhard Banse & Siegfried Wollgast (Hg.): Toleranz - gestern, heute, morgen. Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Berlin, 2013

Die menschliche Zivilisation ist objektiv mit diversen - auf Lösungen drängenden - vernetzten Entwicklungsproblemen hoher *Komplexität/Kooperativität*, außerordentlicher Konstellationen, Ambivalenzen, Polaritäten, Risiken und Gefahren konfrontiert. Sie schließen ursächlich vor allem *Tendenzen, Triebkräfte und Implikationen* der *gesamtgemeinschaftlichen, wissenschaftlich-technischen und technologischen Entwicklungen* ein, die mit dem erläuterten Begriff globale Probleme umrissen werden. Diese *globalen Probleme* können nur verstanden und gezielt beeinflusst bzw. im Idealfall partiell gelöst werden, wenn *soziale(sozio-ökonomische, sozio-ökologische, sozio-kulturelle und sozio-politische) Determinanten* als wesentliche Komponenten ihrer *komplexen Ursachen* und die mannigfaltigen sozialen Effekte als vornehmliche (auch nicht-intendierte) Wirkungen der final vermittelnden natürlichen und technisch-technologischen Prozesse anerkannt und bedacht werden.

Das *Soziale* ausklammernde, daher inakzeptable reduktionistische Ansätze verfälschen oder negieren Wesenszüge der behindernden systemischen Probleme. Das *Kompendium ambivalenter Probleme* beim *simultanen Sichern* der Ernährung (von Menschen und Tieren) sowie der Energetik - über eine bi- bis multivalente Nutznießung des reichen Spektrums erneuerbarer Biomassen im Speziellen - bedarf gesamtgesellschaftlich effektiver und verantwortbarer Lösungen.

Damit werden Fragen aufgeworfen:

In welchem *objektiven Beziehungsgefüge* stehen die Ernährungs- und die aktuellen bzw. prognostizierbaren Energieprobleme? Das *Versus* im erörterten Thema impliziert vornehmlich den Gegensatz – das *polarisierende Konträre* oder das *ausschließende Kontradiktorische*. Außer den *Konkurrenzen* zwischen der *Ernährung* und der *nichtmetabolischen (technischen) Energieversorgung* existieren - den *mehrfachen Nießbrauch* fördernde - *Kongruenzen* und effizienter gestaltbare *Instrumentalbeziehungen*. Wie können sie verbessert werden? Welche *Kriterien* sind vorrangig zur *qualitativen und quantitativen Bewertung* dieser menschlichen Bedürfniskomplexe in ihren gesamtheitlichen Wechselwirkungen für Entscheidungen und Handlungsoptionen heranzuziehen?

Begriffsverständnis: **Energetik, Ernährung**

Im *dualen technologischen Verständnis* umfasst die *Energetik* [→ *Sach(Prozess)-system*] und *Theorien(Wissens)-system*] den *Entwurf, die Errichtung, den Betrieb und die fortgesetzte Optimierung* der Verfahrenszüge, Prozesse, Anlagen, Maschinen, Ausrüstungen, Geräte und Instrumente sowie die Gesetzmäßigkeiten, die Methoden und Regularien zur *bedarfsgerechten Bereitstellung, effizienten Wandlung, Übertragung und Speicherung* sowie zum effektiven *Einsatz von Energien* der erforderlichen Art, Form und Menge. Die bisher *ambivalente Energetik* formiert als eine technisch-technologische Hauptkomponente die materiell-technischen Bedingungen jeder Gesellschaft. Unter technologischem Blickwinkel kommt der *Energie* (im Sinne der nachfolgenden empirischen und der komplementären wissenschaftlichen Charakterisierung) eine *Doppelfunktion* zu:

Die *Energien* sowie die typischen (Vermögens- und Einkommens-) *Energieträger* sind sowohl *Arbeitsgegenstände* als auch - alle Anwendungsprozesse kennzeichnend - *Arbeitsmittel*. Angestrebt wird die *gezielte Substitution der problematischen Vermögensenergieträger mit Einkommensenergieträgern* im dynamischen Primärenergiemix.

Die *Ernährung (Nutrition)* umfasst die Selektion, Präparation, Aufnahme sowie die biochemischen und biotischen Umsetzungen von Lebensmitteln (Foods) im menschlichen Organismus. Lebensmittel fungieren als *Nahrungs- und Genussmittel*. Ihre *Stoffkompositionen* pflanzlichen und tierischen Ursprungs bilden *komplexe polyfunktionelle, mehr- bis multikomponentige* auch *mehrphasige Matrices*, meist disperse Systeme – von grobdispers, kolloidal bis molekulardispers – Partikel aller Größenklassen und Verteilungen, Suspensionen, Emulsionen, Gele, Sole, Pasten, Lösungen...) Mit Hilfe der vom Organismus aufgenommenen (gegessenen, getrunkenen oder in anderer Form inkorporierten), in der Nahrung vorliegenden Vielfalt anorganischer und organischer Stoffe wird die hoch komplex strukturierte Körpersubstanz stofflich und funktional erhalten, erneuert oder aufgebaut, zugleich die als

Regler sowie Stimulatoren der Lebensvorgänge wirkenden Komponenten zugeführt und der dafür notwendige metabolische Energiebedarf [männliche Erwachsene ≈ 120 W/E, ca. 10 MJ/d] aufgebracht. Die ‚gesunde‘ Ernährung bedingt die physiologisch determinierte und proportionierte *stoffliche Spezifikation* der substrukturieren Inhaltsstoffe. (Vgl. Folie Funktions-Struktur-Beziehungen von Lebensmittelkomponenten)

Funktions-Struktur-Beziehungen von Lebensmittelkomponenten

(vereinfacht)

Funktionale Charakterisierung	Substantielle Charakterisierung
ENERGIETRÄGER	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 u.a.

* Genussmittel lassen sich nicht auf Luxusgüter mit vordergründigen Geruchs- und Geschmacksaffekten reduzieren. Etliche Genussmittel stimulieren die innere Sekretion, aktivieren das Nervensystem, insbesondere die Sinnesorgane, aber auch das Herz-Kreislauf-System und regulieren im Gastrointestinaltrakt bzw. im gesamten Verdauungstrakt.

Definition und Explikationen: **Energie**

ENERGIE: fundamentale physikalische Kategorie, extensive (mengenabhängige) physikalische Größe, allgemeiner Oberbegriff (*Abstraktum*), beschreibt phänomenologisch alle *Eigenschaften von Zuständen, Zustandsänderungen* und *Prozessen*, die einer *ARBEIT äquivalent* sind, d.h. mit ihr identisch, zu ihr gleichwertig, proportional oder auf sie rückführbar und so physikalisch messbar.

Als (additive) *Energieanteile* $[\Gamma_j \cdot P_j]$ sind die *j* Teilenergien *wegunabhängige Zustandsgrößen* und als *Energieformen* $[\Gamma_j \cdot dP_j$ bzw. $\Gamma_j \cdot (dP_j/dt)]$, wie Arbeiten und Wärme(mengen) bzw. mechanische und elektrische Leistungen, *Energieströme etc.*, *wegabhängige Prozessgrößen*, demgemäß technisch-technologisch über den gewählten Weg der Veränderung beeinflussbar.

Generell gilt:

Gesamtenergie: $E_{\text{ges.}} = U + E_{\text{kin.}} = \text{const.}$ *Erhaltungssatz*

innere Energie: $U = \sum \Gamma_j \cdot P_j = T \cdot S + \sum L_i \cdot l_i + \sum \mu_k \cdot m_k$ *generalisierte Euler-Gleichung*

Symbolerläuterungen:

P_j – generalisierte Quantitätsgröße (*state*), Kapazität, systemtheoretisch: räumliche 1-Punkt-Pergröße

Γ_j – generalisierte, zu P_j energie-konjugierte Qualitätsgröße (*rate*), Potential, Intensität

L_i – generalisierte Arbeitskoeffizienten (wie $L_1 = -p$ [Druck], elektrische Feldstärke, ‚magnetische Feldstärke‘)

l_i – generalisierte Arbeitskoordinaten (wie $l_1 = V$ [Volumen], elektrische Polarisierung $\cdot V$, Magnetisierung $\cdot V$)

μ_k – spezifisches chemisches Potential der Stoffkomponente *k* mit der Masse m_k (wobei $m_k = M_k \cdot N_k$ gilt)

Jeder Term der generalisierten Euler-Gleichung repräsentiert eine *Speichergruppe* mit charakteristischen Kapazitäten P_j und dazu energie-konjugierten Intensitäten/Potentialen Γ_j . Für ‚einfache thermodynamische Systeme‘ reduziert sich der additive Term $\sum L_i \cdot l_i$ auf $L_1 l_1 = -p \cdot V$

Jegliches energetische Geschehen in Natur, Technik, Technologien und Gesellschaft unterliegt generellen Gesetzmäßigkeiten: dem *bilanzierenden Energieprinzip* und simultan dem ‚regierenden‘ *Entropieprinzip*, dem ersten und zweiten Hauptsatz der persistenten Physik (der Natürlichen). Das abgeleitete *Exergieprinzip* vereint praktikabel und anschaulich die Aussagen beider Hauptsätze der Thermodynamik/Physik.

Exergie [$\varepsilon\xi$ - $\varepsilon\rho\gamma\omega\nu$): Potential, *Qualitätsmaß der Energien*: arbeitsfähige (freie, unbeschränkt wandelbare) Energie, *technische Arbeitsfähigkeit*, unter definierten Umgebungsbedingungen: $\Gamma_{jU} = \text{const.}$ bei reversibler Prozessführung bis zum Gleichgewicht: $\Gamma_j - \Gamma_{jU} = 0$ *maximal gewinnbare*, beim gegenläufigen reversiblen Potentialaufbau aus dem Umgebungsniveau *minimal aufzuwendende technische Arbeit*. Diese natur- und technikwissenschaftliche Größe ist unproblematisch mit ökonomischen Kategorien kombinierbar. Der unter den *obwaltenden* (natürlich gegebenen oder zweckdienlich gewählten und demgemäß vorgeschriebenen) *Umgebungsbedingungen* des zu bewertenden Systems nicht-arbeitsfähige (nicht-wandelbare, gebundene) Energieanteil, heißt (für eine Negation logisch schlüssig) **Anergie**.

Prinzipiell gilt die formelle Bilanzgleichung:

$$\text{Exergie} = \text{Energie(differenz)} - \text{Anergie(differenz)}$$

Begriffsverständnis: **ENERGIETRÄGER**

ENERGIETRÄGER sind phänomenologische Realitäten, quantifizierbare, d.h. zunächst: grundsätzlich messbare, makrophysikalische *Konkreta*, die *Energie* (überdies - wenig beachtet - Informationen) *enthalten und/oder übertragen*.

Explizit bedeutet das:

Stoffe - Vielfalt von Spezies und Zuständen mit der elementaren Eigenschaft Masse m_k bzw. Stoffmenge N_k

Impulse - präziser: translatorische und rotatorische *Bewegungsgrößen* (*Zustandsgrößen* - [Erhaltungssatz]), wie $m \cdot w_i$ bzw. deren Dichten $\rho \cdot w_i$ mit den Geschwindigkeitskomponenten w_i Impulse (*Prozessgrößen*) ergeben sich als Produkte der gerichtet wirkenden Kräfte und dem Zeitelement dt bzw. Δt .

Felder skalarer [wie ρ , T , p , μ_k], **vektorieller** [wie w_i und Kräfte z.B. K_G , $K_{el.}$, $K_{mag.}$] sowie seltener **tensorieller Größen noch höherer Stufe**. Die Feldgrößen sind räumlich und zeitlich verteilt.

Strahlungen - Teilchen, Wellen mit räumlicher, zeitlicher, raum-zeitlicher und meist breiter spektraler Verteilung der Frequenzen bzw. Wellenlängen [ν , λ mit $\nu \cdot \lambda = c$ und $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]

Nach ihrer **Genesis** sind **Vermögens-** und **Einkommensenergieträger** zu unterscheiden.

Vermögensenergieträger - An Lagerstätten gebundene, erschöpfbare natürliche Ressourcen: fossile und nukleare Energieträger, wie Kohlen [(Lignite)Braun- und Steinkohlen], Kohlenwasserstoffe [Erdöl und Erdgas], Kernbrennstoffe [Uran, Thorium...] für Kernspaltungsreaktoren einschließlich deren vierter Generation.

Einkommensenergieträger- Naturgegebene Energieträger (RETs) die unter definierten Bedingungen fortgesetzt, aber generell mengenlimitiert, zu einem Zeitpunkt (als Energieströme bzw. Leistungen [W]) oder über endliche Zeiträume integriert (als Energiemengen [$W \cdot s = J$]), aus den im Geosystem oder seinen Teilsystemen fließenden natürlichen (periodischen, intermittierenden, regulär und irregulär fluktuierenden, volatilen) primären und sekundären Energie-/Stoffströmen oder aus seinen Bewegungen (wie der Erdrotation) gewonnen werden können bzw. die die Fähigkeit besitzen, sich über stoffliche und energetische Wandlungsprozesse in annehmbaren Zeitintervallen im jeweiligen Bilanzraum zu erneuern (siehe Biomassen).

Dabei sind die *thermodynamisch offenen Systeme* im Interesse ihrer zu sichernden *multiplen Funktionalitäten im stationären Zustand (dynamischen Gleichgewicht) stabil zu (er)halten*.

Grundstruktur der Pedosphäre

In der *Pedosphäre* durchdringen sich interagierend Teile der *Lithosphäre*, der *Hydrosphäre* und der *Atmosphäre*.

[In seinem Porenraum enthält der (vornehmlich kultivierte) Boden Luft und Wasser. Überdies integriert diese komplexe Sphäre als biotische Komponente faktisch das *Edaphon*, die Gesamtheit der im Boden lebenden Organismen - damit biosphärischen Elementen]

Die *Pedosphäre* ist räumlich als Zone zwischen der Atmosphäre und der Lithosphäre angeordnet.

Systemtheoretisch kann sie als *Compartment* mit Speicherinhalten und internen Konversionsprozessen sowie Inputs [neben natürlichen Einwirkungen in der Regel vornehmlich gezielten anthropogenen Einflüssen] und Outputs [darunter nicht-intendierte Folgen] modelliert werden.

[Alle Bilanzgrößen sind *Stoffe*, (freie und/oder gebundene) *Energien*, *Bewegungsgrößen* (ungenau Impulse genannt), Ladungen und Informationen (\rightarrow Informationswechsel).

Informationswechsel: entscheidender Bestandteil des Ensembles *organismischer Metabolismen*, *Feld-Objekt-Kopplungen* mit situativen und permanenten *Organismus-Umwelt-Interaktionen*: komplexen, externen und internen Transferprozessen (Import, Export, Konduktion und Konvektion) von *Informationen* (als gequantelten, gepulsten Größen oder/und *Informationsströmen*) sowie deren meist selbst-instruierender, -referentieller, -organisierender, interner Be-/Verarbeitung. Eine überragende Rolle kommt in den adäquaten Zeitpunkt(Strom)bilanzen der *Entropie* als Zustandsgröße, Zustandsgrößenänderung sowie als Entropieströmung und exponiert der Struktur bildenden oder degradierenden Entropieproduktion zu].

Geowissenschaftlich zählt die *Pedosphäre* als wesentliches Element zur *Ökosphäre*, der natürlichen Umwelt des Menschen, die sich (nach R. Schimmings Terminologie) in toto aus der Geosphäre und Biosphäre konstituiert.

Zum wechselwirkenden Beziehungsgefüge gehört, dass in den emergenten Systemebenen die Ökosphäre und die Anthroposphäre (d.h. die Menschheit und ihre materielle Kultur) hierarchisch im *Erd-system* gipfeln.

Auch die Naturressourcen Boden, Luft, Wasser und Pflanzen erleiden Vergeudungen, unterliegen Verknappungen und Degradationen. Ein fundamentales Nutzungsproblem bilden die Potentiale und Widmungen der Flächen für die unterschiedlichen Biomasseproduktionen und die niedrigen energetischen Wirkungsgrade bei der Überführung solarer Strahlung in chemische Energie während der oxygenen Photosynthese, die (selbst in stark vereinfachten kinetischen Modellen) in C3-Pflanzen aus einem, nicht vollständig aufgeklärten, komplizierten Verbund von mehr als 25 chemischen Reaktionen besteht.

Kurzcharakteristik der Einkommensenergieträger

Einkommensenergieträger (RETs)

sind überwiegend global- und synökologisch vorteilhafte Energieträger sehr unterschiedlicher, flächen- oder volumenbezogener, *Energiedichten*, die periodisch - bestenfalls quasi kontinuierlich - unter definierten Bedingungen (siehe Folie *Energieträger*), generell aber mengenlimitiert, mit (noch immer) erheblichen Investitionskosten sowie grundsätzlich beträchtlichem Flächenbedarf. Sie stellen in erster Linie aus der *Solarstrahlung*, letztendlich längs der *natürlichen exergetischen Entwertungskette* (mit der oberen Erdatmosphäre bei 1361 W/m^2 – Solarkonstante- beginnend) an dafür begünstigten Stellen der Geo-Subsysteme „*extrahierte Exergien, ausgekoppelte Exergieströme bzw. Exergiestromdichten*“ dar. Sie repräsentieren unter bestimmten Bedingungen, (d.h. bezogen auf den natürlichen oder pragmatisch definierten Umgebungszustand mit T_U, p_U, μ_{kU}) *arbeitsfähige Energieanteile* (→ Exergien, überwiegend flächennormierte Exergiestromdichten [W/m^2]) (siehe Folie *Energie*)

Die *Biomassen, die Geothermie und Gezeitenenergien* bleiben in ihrem energetischen Stellenwert weit hinter der primären und sekundären Solarenergie zurück, und sind noch ausgeprägter für dezentrale Verwertungsstrategien prädestiniert.

Nicht nur unter Fachvertretern der Bio- und Technikwissenschaften, die sich spezifisch mit Biomassen (siehe Folie Biomassen) befassen, dominiert die Auffassung, dass eine umfassende und profilbildende energetische Nutzung primären biogenen Materials mehr Probleme schafft, als löst. Insbesondere Agroprodukte, wie Getreide, Ölsaaten und Zucker, stehen im Spannungsfeld zwischen der energie- sowie stoffwirtschaftlichen technisch/technologischen und der metabolischen Nutzung im food-animal feed-Bereich. Über die Nutzungsprioritäten entscheiden in der Regel Marktpreise, die zudem entgleisenden Spekulationen unterliegen. So knebelt eine gewinnmaximierende Ökonomie die dringend gebotene humanistische Ethik.

Erneuerbare Primärenergieträger (PRETs)

dienen in einem Energiemix zunehmend der *energetischen Direktnutzung* oder zur *Konversion in anwender- und bedarfsgerechte Gebrauchsenergien* (Endenergien): elektrische, thermische und chemische [stoffliche] Energien unterschiedlicher Anforderungsniveaus und Parameter.

Die *Gebrauchsennergieträger* konstituieren sich vor allem aus festen, flüssigen und gasförmigen *Brennstoffen, Treibstoffen*, fluiden *Heizmedien* sowie der universell verwendbaren *Elektroenergie - reiner Exergie*. Gemeinsam fungieren sie innerhalb der verlustbehafteten Energiewandlungskette als „Drehtür“ zwischen den Primärenergie- und Nutzenergieträgern.

Begriffsverständnis: **Biomasse**

Der uneinheitlich interpretierte Begriff *Biomasse* umfasst - weit ausgelegt - die Gesamtheit der in definierten **Ökosystemen biochemisch synthetisierten Masse** organischen Materials. (d.h. eines komplex strukturierten Stoffensembles mit den Hauptelementen C, H, O, N, S, P). Dazu gehören die Masse aller Lebewesen, der abgestorbenen Organismen (**Detritus**) und die **organischen Stoffwechselprodukte**. Etwa 60% der Biomasse der **Erde** wird durch **Mikroorganismen** dargestellt.

Die von der Klima- und Vegetationszone abhängende jährliche *Biomasse-Nettoprimärproduktion*

[in g Trockensubstanz (kurz: **TS**) pro m²] erreicht durchschnittlich für den tropischen Regenwald 2220 g TS m⁻², für Kulturland ca. 650 g TS m⁻², für Tundren ca. 130 g TS m⁻²)

Zivilisatorisch dienen bestimmte Biomassen nach Art und Menge der Ernährung (Nahrungs- und Futtermittel), als Grundstoffe der stoffwandelnden (insbesondere der chemischen und pharmazeutischen) Industrie sowie als Ressourcen für Werkstoffe, Baumaterialien in zahlreichen Verarbeitungs- und Fertigungstechnologien und als primäre Einkommensenergieträger. Schon heute verbraucht der Mensch 2/3 der pflanzlichen Primärproduktion auf dem Festland im skizzierten Sinn. Biomassen stehen im Zentrum einer Nutzungskonkurrenz in der Ernährung bzw. der (technischen) Energetik und als nachwachsender Rohstoff.

Die Menge *organischen Kohlenstoffs der pro Jahr* auf der Erde photosynthetisch fixiert wird (NPP), ergibt ca. $173 \cdot 10^9$ t C/a. Das entspricht einem Gesamtbrennwert (früher oberer Heizwert, exakter: $\Delta_r H^0$ (Standardverbrennungsenthalpie) von 3000 EJ [1 EJ = 10^{18} J = 277,77 Mrd. kWh]

Davon entfallen auf den Festlandbereich $118 \cdot 10^9$ t C/a (ca. 2049 EJ), auf den marinen Bereich $55 \cdot 10^9$ t C/a (ca. 954 EJ) Zwei Drittel der auf den nichtbewaldeten terrestrischen Flächen jährlich nachwachsenden Biomassen mit einer Standardverbrennungsenthalpie von insgesamt 600 EJ dienen der *Nahrungsmittelproduktion* mit einer resultierenden Standardverbrennungsenthalpie von 20 bis 30 EJ [Eiweiße und Kohlenhydrate sind mit $17,16$ kJ g⁻¹, Fette mit $39,0$ kJ g⁻¹ zu bilanzieren] der Bereitstellung *pflanzlicher Rohstoffe* (insbesondere Holz) mit 30 EJ und dem *Einsatz als primäre Einkommensenergieträger* mit 50 EJ (davon 42 EJ in Entwicklungsländern)²

Solche Angaben ermöglichen es, den absoluten Bezugs- und Nutzungsrahmen für das Einbetten verschiedener Szenarios und Technologieentwicklungen abzuschätzen sowie diese mit dem dynamischen globalen und lokalen Bedarf zu korrelieren.

Restriktionen und Evolutionspotenziale bei der Gewinnung von Biomassen

Die *natürliche Bildung und gezielte Erzeugung von Biomassen und Bioprodukten* unterliegen einer Reihe natürlicher und technischer Voraussetzungen, Limitierungen und gestaltbaren Bedingungen.

Der *Ertrag* aus der *intensiven Landwirtschaft* wird wenigstens limitiert von der Verfügbarkeit *realen* und *virtuellen Wassers*, den einsetzbaren Phosphat-, Stickstoff-, Treibstoffmengen, dem Pflanzenschutz sowie der Qualität der Agrotechnik, dem Stand der Züchtung und der *komplexen Beschaffenheit des kultivierten Bodens*.

Die aktuelle globale land- und forstwirtschaftliche *Flächennutzung* der Pedosphäre skizziert Sven Kullander³:

² Vgl. Christian Streffer et al: Ethische Probleme einer langfristigen Energieversorgung, 2005

³ Vgl. S. Kullander: Research and developments for global energy needs 2050, Internationales Akademiesymposium "Perspektiven der Energieforschung in Deutschland", Berlin 12.04.2010.

<i>cropland</i>	15 10 ⁶ km ²	(1,5 Mrd. ha Ackerland, Kulturfäche)
<i>pastureland</i>	30 10 ⁶ km ²	(3 Mrd. ha Weidefläche)
<i>forest land</i>	100 10 ⁶ km ²	(10 Mrd. ha Waldbestände),
<i>bioenerg.-related land</i>	0,15 10 ⁶ km ²	(15 Mio. ha „Energiepflanzen“) - (1% vom cropland)

Deutschland verfügt insgesamt über 11,9 Mio. ha Ackerland. [Jedem Deutschen steht für die Sicherung der gesamten (pflanzlichen und tierischen) Ernährung im Durchschnitt eine Fläche von der Größe eines Fußballfeldes zur Verfügung.]

Gegenwärtig existiert ein beachtliches Flächenpotenzial für „energetische Nutzungen“. Es besteht aus Brachflächen, aus umgewidmetem, zeitweise von der Nahrungsmittelproduktion freigesetztem Ackerland und aus strukturell umgenutzten Flächen. Das sind weltweit ca. 500 Mio. ha, in der EU ca. 30 Mio. ha und in Deutschland ca. 3 Mio. ha. Die Verfügbarkeit sinkt allerdings generell, bis 2020 schon beachtenswert.

Zudem wird sich der ‚geerntete‘ Energieertrag (bzw. der energetische Leistungsertrag) pro m² Anbaufläche als ein maßgebliches *energietechnologisches Selektionskriterium* erweisen. [Für EtOH aus Körnermais resultiert z.B. in einer Vegetationsperiode mit 0,35 l EtOH/m² der Brutto-Energieertrag von 8,2 MJ/m²] Unerlässlich sind die Züchtung und der Anbau spezieller energiereicherer Industriepflanzen.

Das *Wassermanagement*: die verbesserte Nutzung des *realen Wasserdargebotes* sowie des (blauen, grünen und grauen) *virtuellen Wassers* ist ein erstrangiges naturales, ökonomisches, ökologisches ethisches und politisches Erfordernis.

Deutschland gehört mit 1545 m³/(E a) *virtuellen Wassers* - 53 % davon eingeführt - zu den 10 größten Importeuren. Der durchschnittliche jährliche *reale Wasserbedarf* pro Einwohner Deutschlands beträgt 47 m³/(E a).

1,2 Mrd. Menschen haben gegenwärtig keinen Zugang zu *sauberem Trinkwasser*, in 25 Jahren könnten es nach Prognosen wahrscheinlich 5 Mrd. sein. Der Zugang zu Wasserressourcen ist zumindest eine Komponente anhaltender und potenzieller kriegerischer Auseinandersetzungen.

Seit mehreren Jahrtausenden werden Kulturlandschaften von der effektiven Wasserverteilung sowie der rationellen Wassernutzung und Wasseraufbereitung geformt. Sie beeinflussen zu allen Zeiten nachhaltig die Lebensqualität der menschlichen Gemeinschaften.

Entwicklungstendenzen und Bewertungen

Die *internationale Handelspraxis für Agrarprodukte und Nahrungsmittel* bedroht vor allem die *Ernährungssicherheit* der Entwicklungsländer.

Jede Tonne primärer *Agroprodukte*, die bislang als Nahrungsmittel und ggf. zukünftig noch verstärkt vor allem als Agrotreibstoff verwendet wird, führt - bereits aktuell feststellbar - zur *Verknappung des Nahrungsmittelangebotes* und tendenziell zur *Preissteigerung bei Agrarrohstoffen*.

Mit jedem Prozentpunkt Preisanstieg für Nahrungsmittel steigt die Zahl der vom Hunger bedrohten Menschen global um 16 Millionen. (1,07 Mrd. Menschen sind – nach Angaben der UN – unterernährt)

Als Folge der *Spekulation von Finanzakteuren eskalieren* die Preise für Nahrungsmittel, zeitweise verdoppelten sich die Weltmarkt-Preise binnen eines Jahres. Der spekulative Handel operiert dabei mit *virtuellen Mengen*, die einem Mehrfachen der Jahreserzeugung entsprechen.

Die immer umfassendere industrielle Produktion von Lebensmitteln (ursprünglich nahezu ausschließlich Produkte pflanzlichen und tierischen Ursprungs) und das anschwellende Fabrizieren von Surroga-

ten können kaum noch von der Erzeugung anderer industrieller Produkte sowie deren radikal ökonomisierten Produktions- und Distributionskriterien unterschieden werden.

Bei *Lebensmitteln* handelt es sich aber um *Produkte* mit *unikalen biotischen Charakteristika, einzigartigen Eigenschafts- sowie lebenswichtigen Anforderungsprofilen*. Die *Lebensmittelqualität* muss ohne Einschränkungen den in der Sache liegenden, gut begründeten und definierten hohen Ansprüchen der Ernährungsphysiologie und der Lebensmittelhygiene genügen.

Unabdingbar sind die faktische Produktverantwortung und ein umfassendes Transparenz-Gebot für die international operierende, profitgetriebene Lebensmittelindustrie. Die *Lebensmittelsicherheit* in der ‚globalisierten Speisekammer‘ nach international verbindlichen, kontrollierbaren und vergleichbaren *Standards* gehört zu den (vorsätzlich?) *unerfüllten elementaren Ansprüchen* der Verbraucher.

Bewertungen und Folgerungen (1)

Im Langzeitmittel speichern die, in *Kulturpflanzen synthetisierten organischen Substanzen* von der, an der Erdoberfläche eingestrahltene Solarenergie - im globalen Durchschnitt 340 W/m^2 - lediglich maximal ca. $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ Kulturfläche})$ als chemische Energie.

Um Größenordnungen bedeutender sind die hoch veranlagte *stoffliche Mannigfaltigkeit*, der stoffliche Reichtum und die ‚Synthesehöhen‘, der gebildeten, im Mengenspektrum breit verteilten biogenen Nähr-, Wert- und Wirkstoffe. Logisch folgt daraus eine *Prioritätenliste* mit dem *Kern kluger stofflicher Nutznießung* und integrierten adäquaten *technologischen Geboten*. Die allein schon aus diesen natürlichen Tatbeständen ableitbaren und unter weiteren (darunter ethischen) Aspekten begründbaren Folgerungen drängen - speziell für *kultivierte Biomassen* - auf *stoffliche Nutzungsprioritäten* sowie dem entgegenkommende *Nutzungspfade*. Verfahrens- und verarbeitungstechnisch sind dabei *Prozessketten und Nutzungskaskaden* zu präferieren.

Prioritätenliste:

- *Lebensmittel* [unter den komplexen Perspektiven der ausreichenden, physiologisch ausgewogenen, bezahlbaren und sicheren menschlichen Ernährung sowie der Gesundheit (nach der WHO-Definition)]
- *Futtermittel* [in Teilmengen mit Qualitäten für Bioprodukte]
- *stoffliche Verwendung von Biomasse(komponenten)* auf ihrer natürlichen Synthesehöhe,
- biochemisch- oder chemisch-energetische (*Ganz*)*pflanzen-Nutzung* [ggf. in stoff- und energiewirtschaftlichen Verbänden]
- physikalisch-energetische *Verwertung biotischer Reststoffe* und *Abfälle* aus der Land- und Forstwirtschaft, der Lebensmittelproduktion und den Haushalten (Biofuels der 2. und 3. Generation)

Die Verminderung der *Flächennutzungskonkurrenz* bei der *stofflichen und energetischen Biomassenutzung* bedarf der Steigerung der Flächenproduktivität und Anbaueffektivität, besserer Ressourcennutzung: des konsequenten *Einsatzes von Reststoffen und Nebenprodukten*, des ergänzenden Nutzbarmachens von Lignocellulose-Rohstoffen, wie Stroh, Waldrestholz, Industrieholz, Schilf, Graspähnten, des Anlegens von Kurzumtriebsplantagen (Pappeln, Espen, Weiden...), der Steigerung landwirtschaftlicher Erträge, des gezielteren Einsatzes neuer Methoden zur biotischen Kohlenstofffixierung (C3-, C4-, CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*)-Pflanzen) sowie eines optimierten Flächenmanagements (Bodenqualität, standortangepasste Anbausysteme und Flächenstrukturen, Mehrfachanbau, vielseitige Fruchtfolgen), der verfahrenstechnisch effizienteren Einreihung der Energie- und Industriepflanzen in die Lebensmittel – und Futtermittelproduktion.

Bewertungen und Folgerungen (2)

Zwischen *Ressourcen*, wie der Vielzahl und Vielfalt ernährungsrelevanter und stoffwirtschaftlich industriell genutzter Naturstoffe sowie erneuerbaren Primärenergieträgern, und den *Gebrauchswerten* (dem angestrebten Nutzen für den Menschen, die Gesellschaft) fungieren immer *evolutionäre Technologien* - in ihrer sich wechselseitig bedingenden Dualität von *anwendungsgerechtem Prozesssystem* und interagierendem, *kooperierendem Wissenssystem*.

Unter dem *Oberbegriff Technologie* wird zunehmend das *effiziente Entwerfen (Konzipieren), Gestalten und Beherrschen jeder zielgerichteten menschlichen Handlung* mit originären oder hinzugezogenen *Assistiven* auf handwerklichem, manufaktuellem oder industriellem Niveau subsumiert. Etwas *detaillierter betrachtet* bedeutet dies, das *finale Zusammenwirken des Menschen* mit technischen Artefakten und/oder operationalen Agentia aller Art (in einem: *Arbeitsmitteln*) zur effektiv gestalteten und effizient zu vollziehenden, systematischen *Veränderung von Stoffen, Energien, Informationen* oder noch *komplexeren Entitäten aus der Tatsachen- und/oder Vorstellungswelt* (in einem: *Arbeitsgegenständen*). Die finalen Änderungen betreffen die räumlichen Positionen, die Zeitkoordinaten, die Form und Gestalt und/oder ihre Qualität (Transformationen).

Der *unersetzbare* und daher *außerordentliche Stellenwert der Technologien* erklärt sich prinzipiell aus ihren *vermittelnden, integrierenden, verändernden und stimulierenden Wirkungen*. Es gibt keine anderen, auch nur annähernd so umfassenden und wirkungsstarken Möglichkeiten zur *Überführung empirischen und wissenschaftlichen Wissens* in das zielgerichtete, koordinierte, organisierte, wertschaffende *menschliche Denken und Handeln* - in Produkte, Prozesse/Verfahren, Innovationen aller Art - in *Kreativität, Produktivität, Effektivität* - *als den von Technologien (im oben charakterisierten Sinn) gewiesenen, getragenen und gesicherten Weg*. Deshalb hat die gezielte und allseitige theoretische sowie praxiswirksame Entwicklung hoch potenter Stoff-, Energie- und Informationstechnologien in ihrer Kooperativität innerhalb emergenter Systeme *gesamtgesellschaftlich* ein *überragendes Primat*. In den soziotechnischen Innovationsprozessen noch einmal exponiert sind die *Schlüsseltechnologien*.

Die *themenrelevanten innovativen Technologien* bedürfen der zu verstärkenden *natur- und technikwissenschaftlichen Grundlagenforschung* (darunter vorrangig die vollständigere Aufklärung der *oxygenen Photosynthese – der Stoffwechselwege, des Elektronentransportes, die räumlich und zeitlich getrennte CO₂-Fixierung, die Assimilation*) der wertstoffspezifischen Pflanzen-Züchtung, der Ertragssteigerung und Resistenz sowie der verlustarmen Speicherung und sicheren Vorratslagerung von Bioprodukten.

Notwendig sind *neue Produkt- und Verfahrensentwicklungen* sowie *Basistechnologien für Biomassen*: Konversionstechnologien, rationelle Trenntechniken für die biotischen Multikomponentensysteme, Biokatalysen sowie die *Diversifikation* der Biomassenutzung, insbesondere *Bioraffinerien*, Verfahren zur effizienten Cellulose- und Hemicellulose-Aufarbeitung, zur Gewinnung von *Proteinpräparaten* mit unterschiedlichen technofunktionellen und ernährungsphysiologischen Eigenschaften für den industriellen und/oder den Food-feed-Bereich.

Die *fundamentalen Fragen nach den Wertmaßstäbe und Bewertungen* derartig *komplexer, multi-kriterieller Prozesse*, die inhärenten Konkurrenzen, die Kongruenzen mit ausgedehnteren Partizipationsmöglichkeiten, die *ambivalenten* Szenarien, vorsätzlichen Selektionen sowie daraus die resultierenden Entwicklungs-Prioritäten und vorrangig *adaptierten* Pfade, müssen ständig neu beantwortet werden. Sie sind grundsätzlich offen und schwierig, weil die (polaren bis antagonistischen) *Prozesse komplex, asymmetrisch sowie nicht linear, chaotisch-deterministisch* verlaufen, zudem wesentliche (mitnichten selbstverständliche) soziale Kriterien erfüllen müssen. Die Fremdorganisation dominiert die prozesstypische Selbstorganisation.

Epilog

Der Beitrag möchte zur erfahrungsgestützten und wissensbasierten Bildung eigener Meinungen, zur persönlichen Orientierung und zur selbstbestimmten Auseinandersetzung mit den hoch komplexen Problemstrukturen: ihren mannigfaltigen Ursachen, der Eigendynamik in ihrer Evolution und den, von verschiedenen gesellschaftlichen Akteuren interessenbasiert verfolgten, auch widerstreitenden Zielen und bewusst genutzten Mittel sowie den denk- und realisierbaren - gleichfalls vernetzten - Lösungsmöglichkeiten für die Teile und das Ganze anregen.

Zwei bedeutungsvolle Erkenntnisse können diesem Vorhaben zur Seite stehen:

„Verstehen heißt zunächst das Feld zu verstehen, mit dem und gegen das man sich entwickelt.“⁴

Und:

„Was ein Mensch sieht, hängt sowohl davon ab, worauf er blickt, wie davon, worauf zu sehen ihn seine visuell-begriffliche Erfahrung gelehrt hat.“⁵

Adresse des Verfassers: fleischer-privat@gmx.de

⁴ Vgl. Pierre Bourdieu: Ein Soziologischer Selbstversuch, 2002, Frankfurt/M

⁵ Vgl. T. S. Kuhn: Die Struktur der wissenschaftlichen Revolution, Frankfurt/M., S.125