

Herausforderungen für die Stoffwirtschaft, Landnutzung und Energieerzeugung vor dem Hintergrund einer prekären wirtschaftspolitischen Situation in Deutschland

Prof. Dr. Hans-Georg Petersen, Universität Potsdam und
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin

Einleitung

Angesichts zahlreicher makroökonomischer Probleme und erheblicher Verwerfungen in den Arbeits- und Gütermärkten hat Deutschland seine Position als führende Wirtschaftsmacht in den meisten Effizienzrankings, wie sie von der OECD und anderen internationalen Organisationen durchgeführt werden, schon seit längerer Zeit verloren. Diese Negativentwicklung war überwiegend verursacht durch eine Vielzahl politischer Fehlleistungen, mit denen die öffentlichen Ausgaben für Forschung, Entwicklung und Ausbildung nicht nur auf der gesamtstaatlichen Ebene, sondern auch regional stark verringert worden sind. Darüber hinaus besteht auch auf der europäischen Ebene ein gewaltiger Reformstau; die Tatsache, dass immer noch rund 50 % der EU-Ausgaben an den Agrarsektor fließen, obwohl dieser nur geringfügig zu den nationalen Inlandsprodukten beiträgt, demonstriert die Fehlleitung der gegenwärtigen finanziellen Ressourcen und der daraus folgenden europäischen Budgetstrukturen. Aufgrund der gebotenen Kürze konzentriert sich die folgende Darstellung auf zwei Probleme: (1) die regionalen Verantwortlichkeiten für das Ressourcen- und Landnutzungsmanagement sowie die Energieproduktion und (2) wie der landwirtschaftliche Sektor in diesen Managementprozess besser eingegliedert werden kann, um eine größere Bedeutung für das lokale und regionale Wachstum zu erreichen und zugleich die Nachhaltigkeit zu sichern, verbunden mit einer steigenden Zahl von Arbeitsplätzen bei höherer Lebensqualität.

Für eine derart umfassende politische Entwicklungsperspektive sind im interdisziplinären Sinne gut ausgebildete Akademiker von Nöten, die Problemlösungsstrategien zu erarbeiten haben für immer dringlichere politische Problemlagen, welche insbesondere durch menschliches Anspruchsdenken und Fehlverhalten verursacht worden sind, die zum großen Teil auf eine Fehleinschätzung der langfristigen Wirkungen anthropogener Interventionen beruhen. In diesen Sachzusammenhängen sind in aller Regel die Informationen mangelhaft, die wissenschaftlichen Fakten unsicher, individuelle und kollektive Wertvorstellungen umstritten – aber politische Entscheidungen im höchsten Maße dringlich. „In general, the post-normal situation is one where the traditional opposition of ‘hard’ facts and ‘soft’ values is inverted. Here we find decisions that are ‘hard’ in every sense, for which the scientific inputs are irremediably ‘soft’“ (FUNTOWICZ/RAVETZ, 1991, p. 138).

In solchen typischen Problemsituationen haben die traditionellen Experten und Spezialisten wie die Fachwissenschaften in der Öffentlichkeit zunehmend das Vertrauen verloren, zumal auch dem durchschnittlich gebildeten Bürger immer deutlicher vor Augen tritt, woher eigentlich der „Durchschnittspolitiker“ die Expertise hernehmen soll, die fähigsten Experten als Berater auszuwählen. Bei unserem gegenwärtigen Wissensstand bleibt als eine der wichtigsten Vorsichtsmaßnahmen, interdisziplinär geschulte Generalisten in die Entscheidungsprozesse einzubeziehen und interdisziplinäre Lösungsansätze zu entwickeln. Einerseits leiden wir unter enormen Ungewissheiten hinsichtlich des Wissensstandes, aber auch der moralischen

Wertungen, die oft noch viel schwerer inhaltlich korrekt begründet werden können. Andererseits sind die Ökonomen und Ökologen mit der Herausforderung konfrontiert, möglichst schnell die Bedingungen für eine nachhaltige Entwicklung zur Sicherung des Überlebens auf unserem „Raumschiff Erde“ (BOULDING 1973) zu formulieren. Informationsmangel und komplexe moralische Wertungen sind oft verbunden mit einem harten gesellschaftlichen Diskurs; in erfolgreichen demokratischen Gesellschaften sind aber solche Diskurse von grundlegender Wichtigkeit, wenn auch früher oder später konsensuale Lösungen gefunden werden müssen.

Regionalpolitik, Landnutzung und Energieerzeugung

In der ökonomischen Klassik – insbesondere in den Schriften von Ricardo und Malthus – wurde die landwirtschaftliche Nutzfläche und die natürlichen Ressourcen als knappe Inputfaktoren für den agrarischen und industriellen Produktionsprozess betrachtet, so dass die Natur selbst eine natürliche Begrenzung für die menschlichen Produktionsmöglichkeiten darstellte. Deshalb wurde die ökonomische Wissenschaft auch als „Elendswissenschaft“ bezeichnet. Da in den Industriestaaten das Malthus Gesetz¹ insbesondere durch den technischen Fortschritt und das folgende wirtschaftliche Wachstum als falsifiziert erschien, hat in der sich entwickelnden neoklassischen Wirtschaftstheorie zunächst der Einfluss sinkender Bodenqualitäten als Folge einer Ausweitung der Agrarproduktion und die zunehmende Erschöpfung nicht erneuerbarer natürlicher Ressourcen keine besondere Aufmerksamkeit erfahren, sondern ist zum Teil sogar völlig vernachlässigt worden.² Die meisten neoklassischen Modelle argumentieren mit nur zwei Inputfaktoren: Arbeit und Kapital. Beide werden häufig in simple Cobb/Douglas-Produktionsfunktionen gefasst, die mathematisch leicht lösbar erscheinen. Deshalb kann es nicht überraschen, dass für viele Ökonomen die treibenden Kräfte des wirtschaftlichen Wachstums und des damit verbundenen gesellschaftlichen Wohlstands ein hochqualifiziertes Humankapital und eine zufriedenstellende Kapitalausstattung sind. In der Folge wird wirtschaftliches Wachstum nur durch Steigerungen in der Arbeits- und Kapitalproduktivität hervorgerufen, während der technische Fortschritt eine exogene Bedeutung hat, also nicht erklärt werden kann, sondern „wie Manna vom Himmel fällt“. Damit werden Arbeits- und/oder Kapitalknappheit zu den eigentlich beschränkenden Faktoren für das wirtschaftliche Wachstum: Die Ökonomie ist ein selbst-perpetuierendes System und als solches völlig unabhängig von der Natur.

Biophysikalische Sicht

Unter Berücksichtigung der ökonomischen Dogmengeschichte wird offensichtlich, dass diese zuletzt beschriebene Situation sehr extrem ist und – hoffentlich – nur von einer Minderheit der lebenden Ökonomen geteilt wird. Allerdings hat diese Extremposition die bedauerlich schlechte Reputation begründet, welche die Ökonomik als Wissenschaft und die Ökonomen als ihre Vertreter in den Augen mancher Kollegen aus den geistes- und gesellschaftswissen-

¹ In aller Kürze besagt dieses Gesetz, dass die Nahrungsmittelproduktion mit arithmetischer Reihe (linear) zunimmt, während die Bevölkerung mit geometrischer Reihe (also exponentiell) wächst; das Ergebnis ist eine zunehmende Überschussnachfrage nach Nahrungsmitteln, welche zu Masseneleid, Epidemien, Krankheiten und Kriegen („repressive checks“) führt, die alle eine ansteigende Sterblichkeit in der Bevölkerung auslösen und somit die Überschussnachfrage verringern; vgl. MALTHUS (1826/1912) und PETERSEN/HÜTHER (1987).

² Das ändert sich erst, nach dem HOTELLING (1931) seine Theorie der optimalen Ressourcenausbeutung entwickelt hatte.

schaftlichen Schwesterdisziplinen hat.³ Mit den Grundlagen des von den klassischen Ökonomen geschaffenen Wissens im Bewusstsein dürfte eine große Mehrheit der Ökonomen der Aussage zustimmen, dass nicht Arbeit und Kapital, sondern Energie mit niedriger Entropie und Materie die eigentlichen primären Produktionsfaktoren sind. Aus einer biophysikalischen Weltsicht „...both cannot be physically produced inside the economic system“ (CLEVELAND 1991, p. 294). Im Gegensatz zur neoklassischen Sicht sind Arbeit und Kapital sowie technischer Fortschritt und Wandel vielmehr interne, interdependente und intermediäre Produktionsfaktoren des ökonomischen Systems (vgl. COSTANZA 1980; HALL et. al. 1986). „The services of labour and capital and certain properties of land (i.e., soil fertility) are produced from low entropy energy-matter“ (CLEVELAND 1991, p. 294).⁴

Der technische Wandel hängt im übrigen stark vom Energieinput ab, obwohl eine enge positive Korrelation zwischen dem Energieeinsatz, technischen Fortschritt, der Produktion und dem wirtschaftlichen Wachstum nicht besteht. Betrachtet man die Entwicklung in den hochindustrialisierten Ländern seit den späten 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts wird offensichtlich, dass die enge Korrelation zwischen realem Wachstum und Energieeinsatz umgekehrt worden ist. Als Ergebnis zunehmender Anstrengungen bei der Energieeinsparung und der technischen Verbesserung der Wirkungsgrade ist reales Wachstum sogar bei sinkendem Energieeinsatz möglich geworden – eine Tatsache, die oft Kollegen aus den Naturwissenschaften nicht ausreichend würdigen. Dabei ist allerdings nicht zu übersehen, dass der biophysikalische Ansatz die Tatsache in den Vordergrund rückt, dass zunehmende Verknappungstendenzen bei einigen Metallen, aber auch fossilen Energieträgern (Kohle und Erdöl) zu beobachten sind. Darüber hinaus darf nicht verkannt werden, dass der enorme Anstieg in der Arbeits- und Kapitalproduktivität verbunden war mit einem außerordentlichen Anstieg in der Nutzung fossiler Energieträger, was insbesondere für den Agrarsektor gilt. Kurz zusammengefasst: der steigende Energieeinsatz hat direkt oder indirekt den Arbeitseinsatz subventioniert. „As a result, labour costs declined while energy costs increased sharply“ (CLEVELAND, 1991, p. 314).

Erste Hypothese

Eine sinkende Qualität der nicht-energetischen Ressourcen erfordert einen zunehmenden Einsatz energetischer Ressourcen, insbesondere fossiler Energieträger. Als Folge steigt die Ausbeutung und Verknappung der fossilen Energieträger, was sich in steigenden Preisen an den Märkten ausdrückt. Deshalb besagt die erste Hypothese, dass die fossilen Energieträger sich zunehmend verknappen werden, was Preissteigerungen nach sich zieht, welche den Energieinput in den Produktionsprozess verringern werden. Die Verknappung des Energieangebots mag zukünftig beispielsweise durch den Einsatz von Fusionsreaktoren überwunden werden, aber bei der gegenwärtigen Geschwindigkeit des technischen Fortschritts in diesem Bereich wird diese Technologie erst zum Ende des laufenden Jahrhunderts zur Verfügung stehen. Darüber hinaus wird die Hypothese auch durch die mit den fossilen Energieträgern verbundenen negativen externen Effekte gestützt. Alle in jüngerer Zeit intensiv diskutierten Probleme der globalen Umwelt sind mit dem Einsatz fossiler Energieträger verbunden: die globale Erwärmung, der saure Regen, der Abbau der Ozonschicht, der klimatische Wandel etc. Obwohl

³ Einige dieser mehr oder weniger überzeugenden Verortungen sind sogar von namhaften Ökonomen gemacht worden; vgl. z.B. AARON (1994).

⁴ Der Ansatz der evolutorischen Ökonomik, entwickelt in den letzten beiden Dekaden, unterstützt derartige Ansichten; hier wird die enge Beziehung von Biologie und Ökonomik hervorgehoben, die sich beispielsweise in den Begriffen von Mutation und Innovation, Vererbung und Imitation, Genen und Routinen, Selektion und Wettbewerb ausdrückt. Zu Einzelheiten vgl. NELSON/WINTER (1985), DOSI (1988), PETERSEN (1993, S. 16 ff.).

der gegenwärtige Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse in diesen Beispielen – wie bereits oben erwähnt – höchst ungewiss ist und die meisten Simulationsmodelle in diesem Bereich dem GIGO-Prinzip⁵ folgen, verpflichten uns ethisches Denken und die Verantwortung für die zukünftigen Generationen dazu, dem Vorsichtsprinzip zu folgen, welches fundamental für eine nachhaltige Entwicklung ist.⁶

Es ist offensichtlich, dass diese globalen Problemfelder von außerordentlicher Bedeutung für die regionale Nachhaltigkeit sind, insbesondere wenn man eine nachhaltige regionalpolitisch Perspektive entwickeln will. Glücklicherweise sind zum einen die regionalen Umweltprobleme zumindest graduell leichter zu definieren und zu bewältigen. Das gilt insbesondere für die Beispiele der Boden- und Wasserverschmutzung, während das dritte Umweltmedium, die Luft, zum Teil regional, aber zum Teil auch global belastet wird. In den folgenden Ausführungen wird das Schwergewicht auf Boden und Wasser gelegt, das Problem der Luftverschmutzung (einschließlich des sauren Regens) also vernachlässigt. Zum anderen ist das Problem zu berücksichtigen, dass die natürlichen Grenzen der belasteten Regionen nicht zwangsläufig mit den Grenzen der Gebietskörperschaften übereinstimmen, was übergreifende staatliche Koordination erforderlich macht.

Internationale und interregionale Kooperation

All die erwähnten negativen Entwicklungen unterstreichen die Notwendigkeit einer interregionalen und internationalen Kooperation, ausgewogenen Lastenteilung und eines entsprechenden Finanzausgleichs. Die Voraussetzungen dafür liegen in einer klaren Definition internationaler und interregionaler Umweltstandards und einer eindeutigen Diagnose der Verschmutzungsursachen und -quellen in den Regionen. Das ist – wie lange, leidvolle Erfahrungen zeigen – bereits auf nationaler Ebene eine schwierige politische Aufgabe angesichts heterogener Präferenzsysteme und differierender individueller und kollektiver Interessen. Während ein generell reduzierter Einsatz fossiler Energieträger bei der menschlichen Produktion die Ressourcen schont und auch die globalen Folgen mildert, muss die lokale und regionale Verantwortlichkeit auf die Sicherung der Umweltqualität und der Artenvielfalt gerichtet sein.⁷ Die Industrialisierung und der Wechsel von einer nahezu geschlossenen bäuerlichen Produktionsweise in einen Agrarsektor, der die Bezeichnung „Bio-Industrie“ verdient, war begleitet von stark zunehmenden negativen externen Effekten. „The population growth and economic expansion involved a major change in land use, resulting in the nearly complete disappearance of wild lands and natural forests“ (BRAAT/STEETSKAMP 1991, S. 285). Dabei traten folgende bedeutsame regionale Umweltbelastungen in Erscheinung: Bodenerosion und -verschmutzung, Nitrat- und Pestizidverseuchung des Grundwassers, Oberflächenwasserverschmutzung durch industrielle und landwirtschaftliche Produktion sowie durch Haushalte und Müllhalden, Erschöpfung der Grundwasserreserven und Verlust an Wald und unberührten Landflächen als produktive und reproduktive Subsysteme für die Gesellschaft.

⁵ „Garbage In, Garbage Out“; vgl. FUNTOWICZ/RAVETZ (1991, S. 140).

⁶ Das Vorsichtsprinzip wird näher bei PERRINGS (1991) erläutert. Das folgende Zitat fasst den Inhalt kurz zusammen: „A common thread in the various interpretations of sustainable development in the wake of the Brundtland report is the necessity to preserve the options available for future generations. Intergenerational equity, in this view, will be satisfied if the activities of the present generation do not impose irreversible costs on future generations“ (S. 165).

⁷ Die World Commissions on Environment and Development (WCED) definiert den Prozess der nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung als Ressourcenschonung, Umweltqualität und Artenvielfalt; vgl. WCED (1987).

Zweite Hypothese

Die gegenwärtige und zukünftige Lebensqualität hängt insbesondere von einer gesunden Umwelt und einer zufriedenstellenden Artenvielfalt ab. Die heute existierende Umwelt ist vielmehr durch die Kultur als die Natur geprägt, was mit enormen Konsequenzen für die Zusammensetzung und Vielfalt der Arten verbunden war. Der andauernde Prozess der Evolution war immer mit einer natürlichen oder genetischen Selektion verbunden. Durch die anthropogenen Einflüsse wurde der Prozess der natürlichen Selektion durch einen Prozess der „kulturellen Selektion“ (PETERSEN 1993, S. 188) begleitet mit dem Ergebnis, dass immer mehr Pflanzen und Tiere ausgestorben sind. Während der letzten einhundert Jahre hat sich die Aussterberate nahezu der Rate des menschlichen Populationswachstums angenähert (vgl. MARKL 1991, S. 321). Infolge eines Bewusstseinswandel vor allem in den Bevölkerungen der Industriestaaten werden die Kosten der ökonomischen Expansion neu bewertet. Daher lautet unsere zweite Hypothese: Umweltqualität und Biodiversität von Regionen werden als superiore Güter bewertet, was bedeutet, dass beide umso stärker nachgefragt werden, je höher das Einkommen in der betreffenden Region ist. Nur Regionen mit einer gesunden Umwelt werden innovative Menschen attrahieren und erfolgreich im interregionalen und internationalen Wettbewerb bestehen.

Partnerschaft mit der Natur

Wenn unsere grundlegende Diagnose der regionalen ökologischen Probleme geteilt wird, kann eine einfache, aber durchaus generalisierende Therapie abgeleitet werden: „A growing group of thinkers from various disciplines is converging on the same overall vision: a globe with thousands of locally managed, self-reliant economies, based on ecologically meaningful boundaries and comprising culturally and historically integrated communities. The goal is to strengthen meaningful participation in a shared community while creating identification with the communally managed local resource base. Re-establishing and expanding traditional communal systems could help them regain community bonding while ensuring sustainable development“ (CLARK 1991, S. 413). „Small is beautiful“ stellt eine Formel dar, die nicht nur bei Ökonomen sich einer großen Beliebtheit erfreut. Wenn man beide der hier formulierten Basishypothesen ernst nimmt, müssen Natur- und Gesellschaftswissenschaften technologische Strategien entwickeln, die auf dem Ansatz der „partnership with nature“ (ODUM 1971) basieren. Ein solches ökologisches Engineering stellt das Herz der evolutionären, multidisziplinären Forschung und Ausbildung dar (vgl. ZUCHETTO 1991). „It is the prescriptive rather than descriptive discipline of ecology in that it utilizes ecological principles, the self-design or self-organizational capabilities of natural ecosystems, and the sustainability of solar based ecosystems rather than fossil fuel based technologies to achieve environmental quality“ (MITSCH 1991, S. 428). Im Folgenden soll eine nähere Erläuterung einer derartigen Forschungsstrategie am Beispiel der Landwirtschaft verdeutlicht werden.

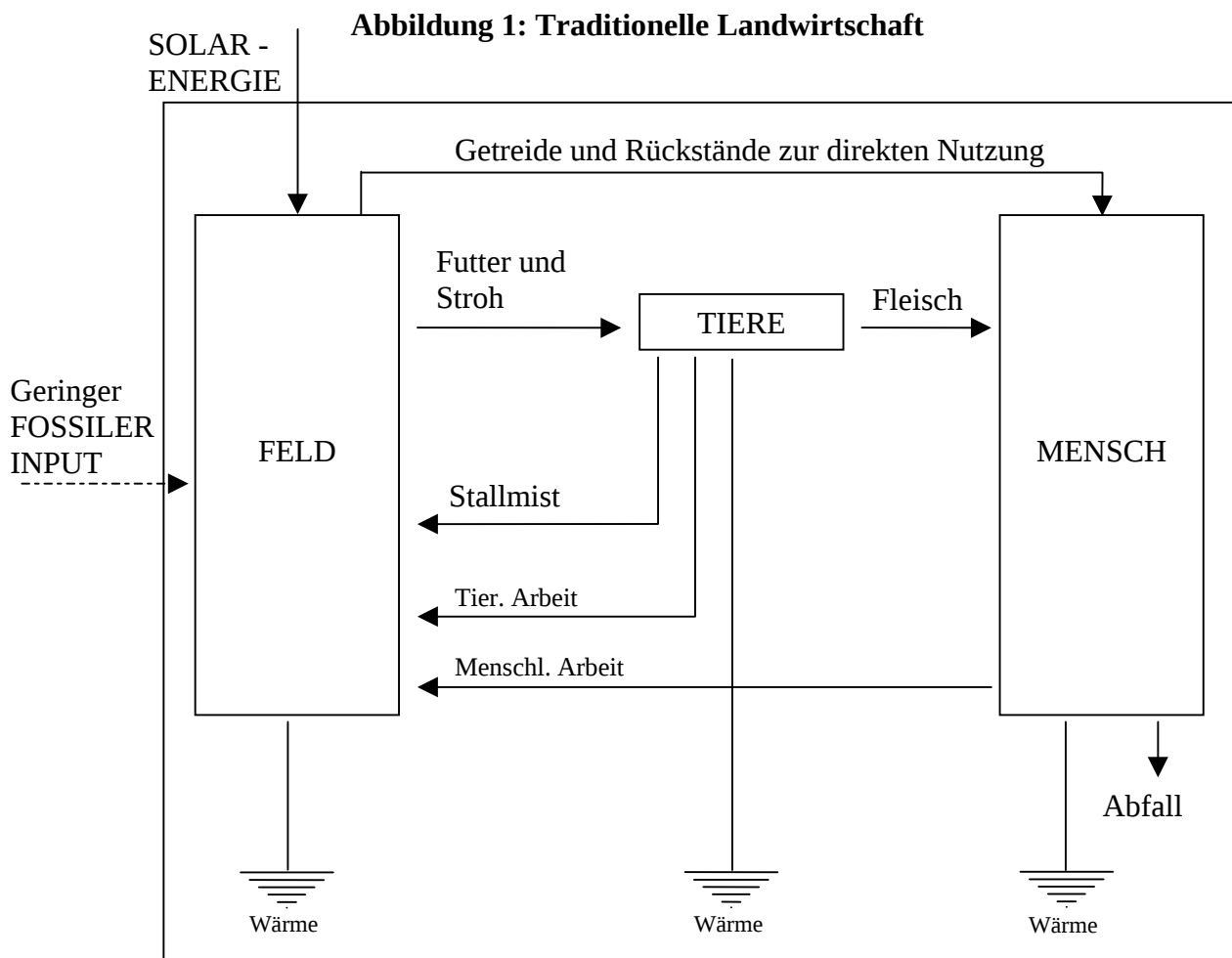
Nachhaltigkeit und der Agrarsektor

Historische Perspektiven sind besonders hilfreich, will man ökologische Probleme verstehen. Wenn wir beispielsweise die Produktionsmethoden einer nicht-industrialisierten Landwirtschaft analysieren, finden wir sehr enge Beziehungen zu einem Ökosystem, welches in die Natur integriert ist und sich in einem Fließgleichgewicht befindet. „The system remains constant in its composition, in spite of continuous irreversible processes, import and export, building up and breaking down, taking place“ (BERTALANFFY 1968, S. 142). Solch ein semi-natürliches Ökosystem basiert auf einem Netzwerk natürlicher Verknüpfungen, in dem die Rückstände einiger lebenden Arten die Nährstoffe für andere lebende Arten bilden. „This gives a triple result: 1. Each species finds its primary material and the energy necessary for its

development. 2. The residues produced by a species do not accumulate. 3. A continuous cycle of primary elements (carbon, nitrogen, oxygen, etc.) and trace elements is created so that they do not become immobilized in stable structures“ (TIEZZI/MARCHETTINI/ULGIATI 1991, S. 461). Die Autoren weisen auf die Tatsache hin, dass derartige Ökosystem über sogenannte kogenerative Kräfte verfügen, welche im Zusammenhang mit der Produktion von Elektrizität und Wärme entstehen, so dass die Umwandlung solarer Energie maximiert wird.

Traditionelle Landwirtschaft

Folgt man dem kogenerativen Ansatz, stellt die Landwirtschaft eine subsistenzwirtschaftliche Produktionsweise dar, die vor allem den Input menschlicher und tierischer muskulärer Energie nutzt, abgesehen vom dem energetischen Input des Solarsystems. Eine solches landwirtschaftliches System wird in der Abbildung 1 dargestellt. Der Input fossiler Energieträger kann vernachlässigt werden, weil das gesamte System durch einen Prozess des natürlichen Recyclings aller Rückstände gekennzeichnet ist. Infolgedessen ist auch die Umweltverschmutzung minimiert. Ein solches System beruht auf einer ausgeprägten Diversifikation der agrarischen Produktion; Fruchtwechsel und die Kuppelproduktion pflanzlicher und tierischer Nährstoffe unterstützt die kogenerative Produktionsweise, weil gerade die pflanzliche Nahrungsmittelproduktion insbesondere von den tierischen Rückständen (Mist und Gülle) abhängig ist. Unglücklicherweise ist zum einen die Arbeitsproduktivität sehr niedrig, der Kapitaleinsatz zum anderen wenig rentabel. Infolgedessen war die traditionelle agrarische Produktionsweise nicht in der Lage, die exponentiell wachsende Erdbevölkerung in einem befriedigendem Maße mit Lebensmittel zu versehen.



Monokulturelle Bioindustrie

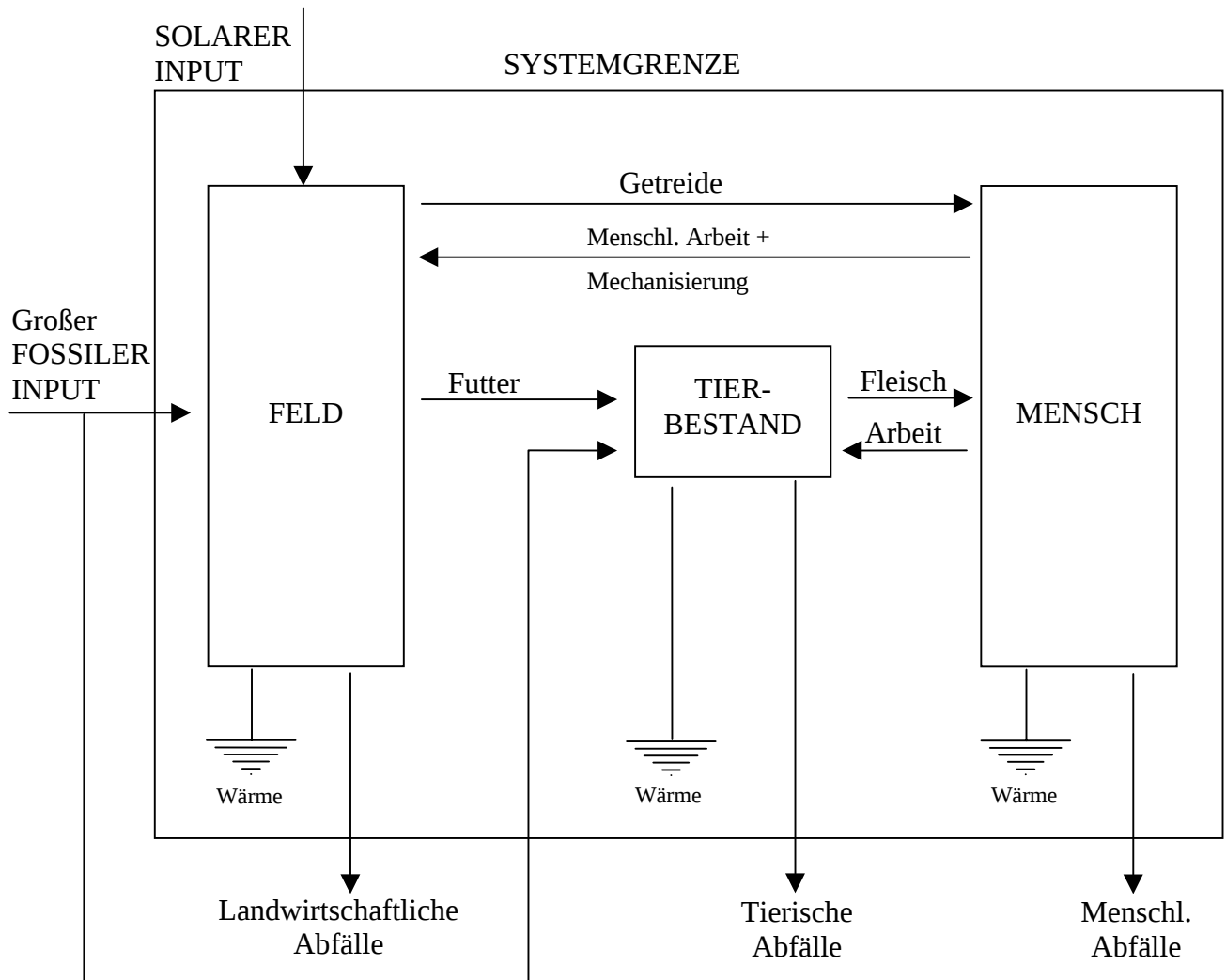
Entsprechend der industriellen Entwicklung wurden die Methoden der modernen Produktion auf die Landwirtschaft schrittweise übertragen; Arbeitsteilung, Spezialisierung, Kapitalbildung, und hoher fossiler Energieinput wurden auch in der landwirtschaftlichen Produktion Voraussetzung für den wirtschaftlichen Erfolg, wenn auch die Entwicklung mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung bis in die Zeit nach dem 2. Weltkrieg hinein reichte. Trotz allem war die „... transition from pre-industrial cogeneration to specialization ... short and fast“ (TIEZZI/MARCHETTINI/ULGIATI 1991, S. 459). Menschliche und tierische Muskelkraft wurden mittels der agrarischen Hochtechnologie durch ein enormen Zuwachs an fossilem Energieinput substituiert. Der Prozess der Spezialisierung hat den Fruchtwechsel ersetzt durch die Herausbildung reiner Getreideproduzenten und Produzenten tierischer Nahrungsmittel – die oben bereits erwähnte monokulturelle Bio-Industrie war das Ergebnis. Kehren wir zu dem oben dargestellten systemtheoretischen Ansatz zurück, wurden damit die Bedingungen für ein Fließgleichgewicht grundlegend verändert oder gar völlig zerstört. Denn derartige Systeme tendieren zu einem neuen Gleichgewicht oder aber zu einem Zusammenbruch des Systems. Ein Fließgleichgewicht stellt einen stabilen Zustand und Attraktor des Systems dar;⁸ kleinere Störungen dieses Zustands können innerhalb des Systems aufgefangen werden, während stärkere Störungen Katastrophen auszulösen vermögen.⁹ Um letztere Entwicklungen zu vermeiden, mussten in der landwirtschaftlichen Produktion zahlreiche Gegenmaßnahmen eingeleitet werden, die wieder alle mehr oder weniger unerwünschte Nebenwirkungen zur Folge hatten.

Zusätzlich zum enorm wachsenden fossilen Input und als Folge der internen stabilisierenden Kräfte mussten vielfältige externe Stabilisatoren implementiert werden, die wiederum die fossilen Energieeinsatz ausweiteten (z.B. große Teile der chemischen Produktion): Kunstdünger, Herbizide, Pestizide, Fungizide, künstliche Bewässerung etc. traten an die Stelle der natürlichen kogenerativen Kräfte. Monokulturen und die Trennung der pflanzlichen und tierischen Produktion hat den Prozess des Abfall- und Abwasserrecyclings unterbrochen, so dass eine stark zunehmende Menge tierischer und menschlicher Abfallprodukte zu bewältigen waren, was wiederum einen wachsenden Input fossiler Energieträger ausgelöst hat (vgl. Abbildung 2).

⁸ Für die verschiedenen Arten von Attraktoren vgl. z.B. FEIGENBAUM (1980), RUELLE (1980), SCHAFER/KOT (1985).

⁹ Für Beispiele möglicher Katastrophen vgl. ODUM (1991), WALTER/BRECKLE (1991).

Abbildung 2: Industrialisierte Landwirtschaft



Gülleprobleme

Die Methoden der bio-industrialisierten Produktionsweise sind eng verbunden mit der Verschmutzung von Boden und Gewässern. Monokulturen auf den Äckern, der Mangel an bedeckender Bepflanzung außerhalb der Vegetationsperioden und die Praktiken des Tiefpflügens führen zur Bodenerosion, während die Überdüngung mit Kunstdünger und der übermäßige Einsatz von Herbiziden, Fungiziden und Pestiziden die Bodenqualität, das Oberflächen- wie das Grundwasser erheblich beeinträchtigen. Die zeitweise modernen Stalltechnologien haben zu einer erhöhten Gülleproduktion beigetragen als das in den traditionellen Laufställen der Fall war, während in den pflanzlichen Monokulturbetrieben der Kunstdünger den tierischen Dünger ersetzen musste. Gülle erlangte häufig eine schlechte Abwasserqualität, so dass in der tierischen Produktion die Landflächen häufig als Abwasserauffang genutzt worden sind. In der Folge wurde die Gülle direkt oder indirekt (durch Regeneinfluss) in das Grundwasser bzw. die Bäche abgeleitet, so dass auch Trinkwasserreservoirs zunehmend gefährdet wurden. Gerade in den landwirtschaftlichen Gebieten mit hoher Tierproduktion wurde der Agrarsektor zur Hauptbelastungsquelle, obwohl der Sektor im gesamten Land nur zu 25 % zur Wasserverschmutzung beiträgt.¹⁰ Darüber hinaus sind die gegenwärtigen Methoden der Tierhaltung sehr eng mit ethischen Problemen verknüpft, die vor allem eine artgerechte Tierhaltung betreffen. Dabei spielen auch anthropogene Interessen eine besondere Bedeutung, wobei die Probleme selbstverständlich noch stärker in der Vordergrund treten, wenn eine biozentrische Weltsicht bestimmend wird.¹¹ Massentierhaltung in unangemessenen Ställen und Käfigen (z. B. in der Hühnerhaltung, aber auch in der Schweinezucht und anderen unangemessenen Stalltechnologien) werfen nicht nur ethische Fragen auf, sondern rufen auch einen besonderen Stress für die Tiere hervor. Davon wird nicht nur die Produktqualität beeinträchtigt, sondern auch neue Tierkrankheiten und Epidemien hervorgerufen, die auch die Gesundheit der Menschheit zunehmend gefährden können (wie in den Fällen von BSE und der Maul- und Klauenseuche).

Sauberes Trinkwasser

Neben einer zunehmenden Knappheit fossiler Energieträger wird außerdem die Bereitstellung eines ausreichenden Angebots an sauberem Trinkwasser ein weiteres Kernproblem im laufenden Jahrhundert sein. Und hier befindet sich die Menschheit in einem Teufelskreis: je weniger qualitatives Trinkwasserreserven verfügbar sind, umso größerer Energieeinsatz wird von Nöten sein, um ein ausreichendes Angebot sicher zu stellen. Damit wird die Ausbeutung und Erschöpfung der fossilen Energieträger noch beschleunigt. All diese Probleme bilden Anlass genug, die Rolle des Agrarsektors und das gegenwärtige Landnutzungskonzept grundlegend zu überdenken: Weg von der monokulturellen Ausrichtung, die auf reiner pflanzlicher oder tierischer Produktion beruht, hin zu einem Ansatz, in dem die kogenerativen Kräfte der traditionellen Landwirtschaft wiederbelebt werden. Eine solche Strategie bedeutet nicht die Rückwendung in Richtung auf eine überholte vor-industrielle Produktionsform, weil diese aufgrund ihrer geringen Produktivität eben nicht in der Lage gewesen ist, eine wachsende Weltbevölkerung zu ernähren. Wie in anderen Produktionszusammenhängen kann hier nur eine Strategie Abhilfe schaffen, die zukunftsorientiert ist. Die neuen Herausforderungen können nur durch eigenverantwortliche Anpassung des Denkens und Verhaltens bewältigt werden, also mit einem verstärkten Einsatz der wissenschaftlichen Erkenntnisse und des technologischen Wandels. „Who wishes our species well, is not able to avoid such conclusions. Who

¹⁰ Der Industriesektor ist der Hauptverschmutzer mit etwa 35 bis 40 %, während der Rest vom Haushaltssektor beigetragen wird; vgl. KLÖTZLI (1993, S. 200 ff.).

¹¹ Zu Einzelheiten vgl. PETERSEN (1993),

is of the opinion that a secured future is possible without permanent changes in our living conditions, without the uninterrupted pressure to new solutions, has not realized the rules of life“ (MARKL 1991, S. 218). Mit anderen Worten benötigt die Menschheit nicht weniger, sondern einen stärker akzelerierten technischen Fortschritt, um die gegenwärtigen Kalamitäten überwinden zu können.

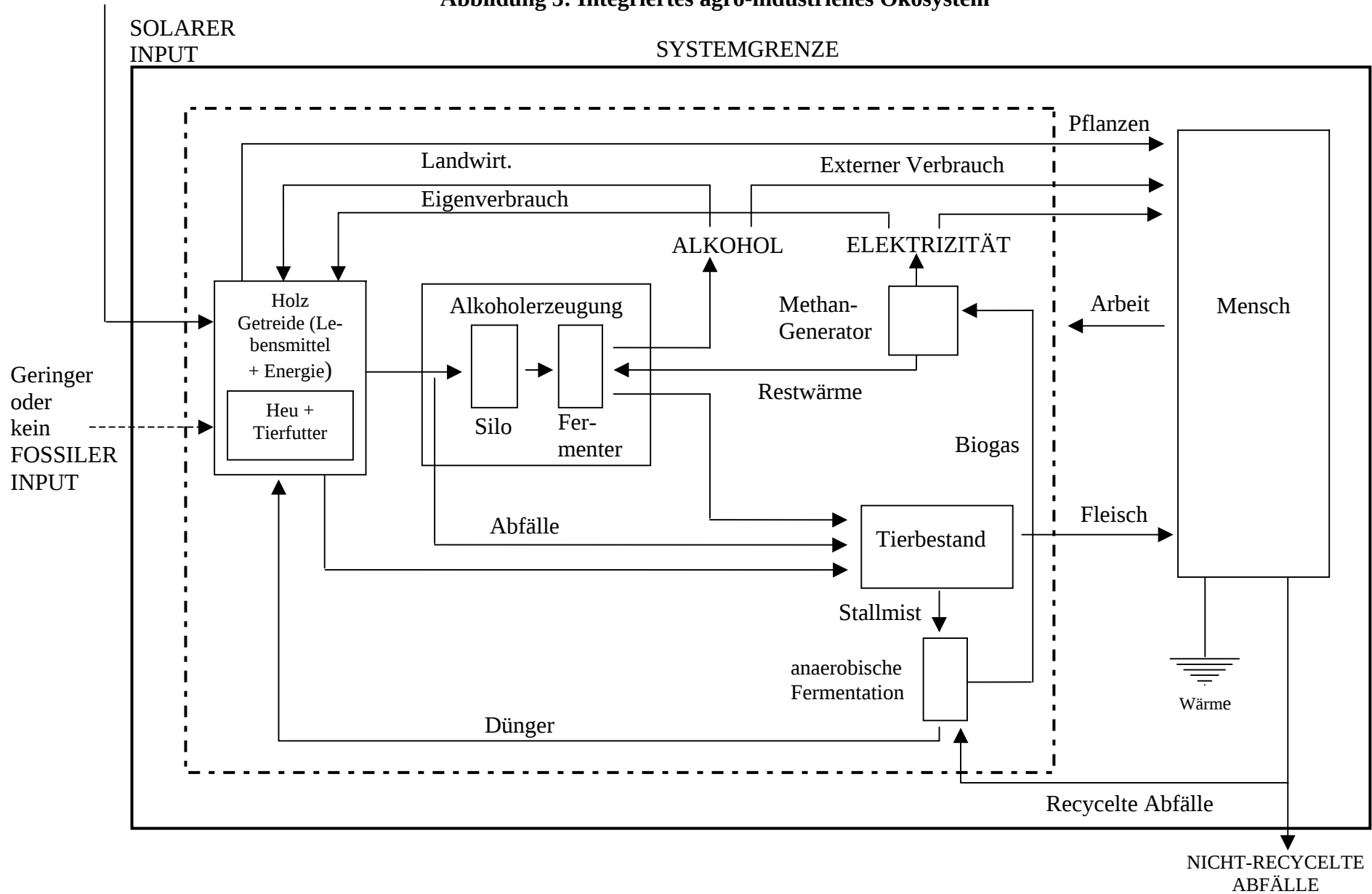
Integriertes agro-industrielles System

Eine zukunftsorientierte Perspektive für den Agrarsektor liegt in einem Ansatz begründet, der von Tiezzi, Marchinetti und Ulgiati als integriertes agro-industrielles System beschrieben worden ist, in dem sich die neueren wissenschaftlichen Auffassungen der Ökologie und der Ökonomik verbinden, wobei der interdisziplinäre Erfahrungsaustausch zur „genesis of ecological economics“ (CLEVELAND 1991, S. 291) geführt hat, und das System die kogenerativen Kräfte der tierischen und pflanzlichen Kuppelproduktion und den darauf wirkenden nachhaltigen Input der solaren Energie in sich vereinigt. Dieser moderne kogenerative Ansatz stellt also eine Produktionsmethode dar, in welcher nicht nur menschliche Nahrungsmittel, sondern zusätzlich chemische Produkte und Energie erzeugt werden. Damit wird das Spektrum der agrarischen Produktion erweitert in Richtung auf Produkte, die gegenwärtige im primären und/oder industriellen Sektor hergestellt werden. Abbildung 3 zeigt ein solch integriertes agro-industrielles System, bei dem der Input an fossilen Energieträgern drastisch reduziert wird. Ein wichtige Komponente dieses Ansatzes liegt darin, dass der atmosphärische Kohlendioxydausstoß nachhaltig verringert wird, so dass sich auch der Treibhauseffekt abschwächt. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn in der Region ein adäquates Landnutzungskonzept implementiert wird, so dass die ökologische Tragkapazität, die das ökologische Gleichgewicht in einer Region sichert, gerade erreicht ist.

Die Basis dieses agro-industriellen Ansatzes bildet die Methode der ökologischen Landwirtschaft (vgl. z.B. KLÖTZLI 1993, S. 331 ff.) mit Fruchtwechsel und einer artgerechten Nutztierhaltung. Ein Wandel in der Stalltechnologie in Richtung auf Laufställe mit Streuauslage reduziert die überschüssige Gülleproduktion und erhöht den stabilen Mistanteil. Dabei ist eine Koppelproduktion nicht in jedem einzelnen Betrieb erforderlich, sondern über lokale und regionale Gülle- und Dungbörsen können auch rein pflanzlich produzierende Betriebe einen beachtlichen Teil an Kunstdünger durch natürliche Düngestoffe substituieren. Das reduziert nicht nur den Input an fossilen Energieträgern, sondern verringert auch die heute noch häufig vorkommende Eutrophieerhöhung aller Oberflächen- und Grundwasserquellen. Überschüssige Naturdünger können darüber hinaus über lokal und regional gestreute Produktionsstätten, welche die Verfahren der anaerobischen Fermentation nutzen, in Biogas transformiert werden, während Getreide, Gräser, Holz der Forstwirtschaft etc. für die Äthanolproduktion genutzt werden können.¹² Biogas und Äthanol können selbstverständlich als energetische Inputs im Agrarsektor verwendet werden, aber es erscheint viel eher als wahrscheinlich, dass soviel Energie produziert werden kann, dass der Agrarsektor auf mittlere bis längere Sicht von einem Nettoenergieverbraucher zu einem Nettoenergieerzeugern umfunktioniert werden kann. Eine artgerechte Tierhaltung, bei der die Zahl des Viehbesatzes pro Flächeneinheit so begrenzt wird, dass die Risiken der Tierseuchen stark verringert werden können und zugleich die Produktqualität verbessert wird, würde darüber hinaus die Infektionsrisiken für die menschliche Gesellschaft reduzieren und auch die externen Kosten senken.

¹² Siehe hierzu die Beiträge zu den verschiedenen Arten der Bioraffinerien in diesem Bande.

Abbildung 3: Integriertes agro-industrielles Ökosystem



Ökologische Landwirtschaft

Aus einer mikroökonomischen Perspektive wird offensichtlich, dass eine ökologische Landwirtschaft, insbesondere wenn sie für die einzelbetriebliche Ebene gefordert wird, arbeitsintensiver als die gegenwärtige industrielle Agrarproduktion ist und damit bei den gegebenen Preis- und Lohnstrukturen auch tendenziell kostenträchtiger. Dabei muss allerdings die Betonung auf die „gegenwärtigen“ Kostenstrukturen gelegt werden, die weitestgehend die externen Kosten der heutigen Produktionsweisen (in der Energieerzeugung und dem Agrarsektor) vernachlässigen, welche dann gesamtgesellschaftlich oder gar global getragen werden müssen.¹³ Aus makroökonomischer Sicht kann folglich das Ergebnis für die einzelnen Gesellschaften oder gar in globaler Sicht ganz anders ausfallen, wobei insbesondere die normativen Bewertungen der jeweiligen politischen Mehrheiten in den einzelnen Ländern zu berücksichtigen wären.

Ecotones und Biomanipulation

Angesichts der Zukunftsrisiken für das globale Ökosystem sind grundlegende Änderungen in unseren Landnutzungssystemen notwendig, um das Überleben in dem Raumschiff Erde zu sichern. Der integrierte agro-industrielle Ansatz stellt allerdings nur einen positiven Beitrag für lokale und regionale Lösungen dar, die einer Verbesserung der Umweltqualität dienen. Aber auch ein solches System dürfte noch mit dem Problem einer Überproduktion von bedenklichen Abfallstoffen verbunden sein. Darüber hinaus kann auch eine Überdüngung mit Natur- und/oder Kunstdünger aufgrund mangelnder Informationen und Ausbildung nicht völlig ausgeschlossen werden. Deshalb sollte ein ökologisches Landnutzungskonzept begleitet sein von gut geplanten Ecotones¹⁴, was insbesondere in Ländern möglich erscheint, in welchen die Bevölkerungsdichte eine großzügige Landnutzung erlaubt. Breite Pufferstreifen zwischen See- und Flussufern verringern die umweltbelasteten Einträge in das Wasser und bereichern zugleich die Schönheit der Landschaft. Eine Revitalisierung der Knick- und kleinerer Waldflächen erweitert die Lebensräume für nützliche Kleintiere,¹⁵ erhöht die Artenvielfalt in Flora und Fauna und verringert den Eintrag an Pestiziden. Gesunde Erholungslandschaften und großer Artenreichtum sind Faktoren von besonderem Wert für die menschliche Lebensqualität. Eine große Artenvielfalt in Flüssen wird ebenfalls durch ufernahe Ecotones unterstützt, wobei eine Biomanipulation im Fischbesatz außerdem die Trinkwasserqualität in Seen, Flüssen und Wasserreservoirs sichern kann (vgl. SCHIEMER/ZALEWSKI 1992).

Regional- und Agrarpolitik

Wie bereits dargestellt existieren viele wissenschaftliche Konzepte, die einen gewissen Optimismus bei der Überwindung der gegenwärtigen Umweltprobleme rechtfertigen. Die Hauptaufgabe liegt nun darin, diese Ideen in konkrete politische Aktionen umzusetzen. Deshalb soll im Folgenden eine regional- und agrarpolitische Strategie umrissen werden, die selbstver-

¹³ Natürlich hängt die Ertragsfähigkeit von Bioprodukten (wie im folgenden Abschnitt erwähnt) stark von den mehr oder weniger administrierten Energiepreisen ab. Je höher die Energiepreise steigen, desto stärker werden natürlich die Anreize, substitutive Energieträger nachzufragen.

¹⁴ Dazu folgende Definition: „Ecotones are transition zones between communities or adjacent resource patches“ (Zalewski/Thorpe/Naimann 2001, S. 11). Zur ökonomischen Bedeutung vgl. PETERSEN (2001).

¹⁵ Überzeugende Ergebnisse mit einem derartigen Konzept wurde bereits in Deutschland mit einer ökologisch orientierten Behandlung der Grünstreifen entlang des Landstraßensystems gemacht, in dem die Mähfähigkeit verringert und der Herbizideinsatz eingestellt worden ist.

ständig aufgrund der notwendigen interdisziplinären und integrierten Sichtweise gewichtige allgemeinpolitische Implikationen hat.

Eine effiziente Agrarpolitik ist natürlicher Bestandteil eines integrierten ökonomischen und ökologischen Programmansatzes, in dem das Verursacher- und Vorsichtsprinzip die Kernelemente darstellen. Das Herzstück eines solchen öko-ökonomischen Programms bildet die Internalisierung der externen Effekte (über Öko-Steuern, Öko-Subventionen, und Öko-Lizenzen), so dass das System der relativen Preise die sozialen Kosten reflektiert. Darüber hinaus können Erweiterungen der Eigentumsrechte und eine effiziente Regulierung der Nutzung das Problem der „Tragödie der Allmende“ weitestgehend lösen.¹⁶ Wenn die vielen negativen und leider so wenigen positiven externen Effekte erst internalisiert sind, wird das System der relativen Preise nachhaltig verändert. Produktionstechnologien, die gegenwärtig als noch nicht profitabel erscheinen, werden sowohl für Produzenten als auch Konsumenten interessant.

Neue Rolle des Agrarsektors

In einem derartigen Umfeld wird der Agrarsektor nicht nur als Nettoenergieproduzent auftreten, sondern auch sauberes Trinkwasser sichern und zu einer lebenswerten landschaftlichen Umgebung für jedermann beitragen. Von ganz besonderer Bedeutung ist die Tatsache, dass die Landwirte als Wasserschützer und Landschaftsgärtner tätig werden, was selbstverständlich eine gewisse Subventionierung des Sektors rechtfertigen dürfte. Allerdings würde infolge der verbesserten Ertragslage der gesamte Sektor weitaus weniger vom Tropf öffentlicher Mittel abhängen als das gegenwärtig der Fall ist. Darüber hinaus dürfte die moderne Koppelproduktion mit der Bildung neuer Arbeitsplätze verbunden sein, welche die Chancen der Arbeitslosen im ländlichen Raum auf eine Beschäftigung deutlich erhöhen dürften; zugleich könnte die Abwanderung aus dem ländlichen Raum verringert oder gar gestoppt werden. Die landwirtschaftlichen Abwässer und Abfälle der monokulturellen Produktionsweise können als Substrate in anderen landwirtschaftlichen Produktionsbereichen wiederverwendet werden, um Äthanol, Biogas etc. zu liefern. Die überschüssige pflanzliche Produktion kann darüber hinaus als „erneuerbarer“ Energieträger genutzt werden. „After the production of ethanol, it is possible to recover high protein feed-stocks, and after the production of biogas there are residues with high fertilizer value. Thus, biomass processing plants, on an appropriate scale, are the core of the I.S. (integrated system, HGP); they introduce new ‘trophic levels’ and new feedback for the maximum exploitation of solar energy. Here, scale is key to reducing energy costs within the system“ (TIEZZI/MARCHETTINI/ULGI-ATI 1991, S. 472). Sogar die Verbrennung von Biomasse stellt sich als akzeptable Methode dar, weil die Kohlendioxydbilanz bei erneuerbaren Ressourcen im Vergleich zum fossilen Energieeinsatz neutral ist. Das kann umso eher gerechtfertigt werden, wenn die technischen Probleme der Rauchgasreinigung durch entsprechende „end of the pipe“ Technologien gelöst werden können. Die Brandenburger Bioraffinerie ist ein herausragendes Beispiel für einen derartigen Technologieeinsatz.¹⁷

In Ergänzung zu den traditionellen Lebens- und Futtermitteln werden dann im Agrarsektor Bioenergie, Düngemittel, Fasern, chemische Produkte und andere Vorprodukte für die industrielle Weiterverarbeitung hergestellt. Die Leinen- und Hanfproduktion könnte ausgedehnt werden und verstärkt in der Papierindustrie zum Einsatz kommen. Eine solche Substitutionsstrategie würde die weltweite Zellulosenachfrage befriedigen können und die fragwürdige

¹⁶ Derartige Instrumente werden ausführlich in allen modernen finanzwissenschaftlichen Lehrbüchern und umweltökonomischen Veröffentlichungen diskutiert; vgl. z.B. PETERSEN (1993a). Zu einer detaillierten Analyse der Ökosteuerung vgl. NAGEL (1993).

¹⁷ Vgl. den Beitrag von KAMM in diesem Band oder unter www.bioraffinerie.de.

Ausbeutung der tropischen und nordischen Regenwälder weit weniger lukrativ erscheinen lassen.¹⁸ Die Abholzung könnte also gestoppt werden, was zugleich den regionalen und globalen Klima dienlich sein dürfte und außerdem den Artenreichtum sichern würde. Neues Denken anzunehmen, offen sich gegenüber neuen Lösungen zeigen und individuell wie gesellschaftlich flexibel zu reagieren sind die Voraussetzung dafür, erfolgreiche Zukunftsstrategien zu entwickeln.

Auch hinsichtlich der traditionellen landwirtschaftlichen Produktion sind neue Lösungsansätze zu entwerfen. Seit Generationen ist den Ökonomen bekannt, dass die traditionellen landwirtschaftlichen Produkte überwiegend zu den inferioreren Gütern gehören. Wächst dann das reale Pro-Kopf-Einkommen, muss ein solcher Sektor zwangsläufig an ökonomischer Bedeutung verlieren. Soll dieser Prozess gestoppt werden, dann müssen sich die Landwirte zukünftig auch auf die Produktion superiorer Güter stützen, welche eine hohe Einkommenselastizität aufweisen. Dann dürften sich auch die Einkommensdisparitäten zugunsten des Agrarsektors verringern.

Daher haben sich schon viele Landwirte auf Baumschulen und Pflanzenkultivierung konzentriert, weil es hier eine wachsende Nachfrager privater Hauseigentümer gibt. Auch die Produktion hochwertiger Früchte und Gemüse ist oft sehr ertragreich, insbesondere dann, wenn sie entsprechend Biolabels tragen. Beinahe alle dies biologisch erzeugten Produkte weisen eine hohe Einkommenselastizität auf und viele Verbraucher aus den oberen Einkommensklassen sind bereit, für Ökoprodukte deutlich höhere Preise zu zahlen. Folglich ist die Rentabilität der ökologisch produzierenden Landwirtschaften trotz eines gewissen Kostennachteils oft höher als im konventionellen Bereich – ganz abgesehen von den positiven psychologischen Effekten für die Landwirte, die im Bewusstsein arbeiten können, dass ihre Produktionsweise im Einklang mit der Natur steht und zugleich die Bodenqualität für die kommenden Generationen gesichert bleibt.

Natürlich hängt die Möglichkeit zu derartigen Spezialisierungen auch von den Standorten der landwirtschaftlichen Betriebe ab; in diesem Zusammenhang sind die Thünenschen Kreise zu erwähnen, die konzentrisch angeordnet sind und eine abnehmende Produktionsintensität aufweisen, je weiter die Betriebe vom zentralen Ort entfernt liegen. Die Bedeutung dieses Ansatzes war zumindest zeitweilig durch den technischen Fortschritt und die verbesserten Transportmöglichkeiten relativiert. Infolge der steigenden Energiepreise, welche auch den Transport landwirtschaftlicher Produkte verteuern, und der mit dem Transport verbundenen negativen externen Effekte wird auch eine verantwortliche regionale Agrarpolitik diese Kostenelemente zunehmend in Betracht ziehen müssen.

Wiederum in Abhängigkeit vom Standort ist der Tourismus in vielen landwirtschaftlichen Regionen zu einer gewichtigen weiteren Einkommensquelle geworden. Insbesondere das Ecotone-Konzept, mit dem die natürlichen Uferzonen von Bächen und Seen geschützt werden, führt zu landschaftlichen Verbesserungen, die auch die zukünftige Freizeitnutzung günstig beeinflussen. Ähnliches gilt für die Methoden der Biomanipulation, die den Artenreichtum erhöhen und den Genuss naturbelassener Landschaften steigern. Angesichts einer weiter zunehmenden Weltbevölkerung werden diese zunehmend knapper werden, so dass auch die Zahlungsbereitschaft der Konsumenten für solch urwüchsige Landschaftsbilder zunehmen dürfte. All diese positiven Umweltveränderungen sind also nicht nur von regionaler, sondern internationaler Bedeutung, hängt doch die globale Wettbewerbsfähigkeit auch von dem Gesamtbild einer Gesellschaft ab, welches zukünftig insbesondere von den Umweltbedingungen her bestimmt sein dürfte.

¹⁸ Nicht nur im Amazonasgebiet, sondern auch in Nordamerika werden große ursprüngliche Regenwaldflächen vernichtet, was einen unwiederbringlichen Artenverlust nach sich zieht.

Zusammenfassung

Man wird in Wissenschaft und Öffentlichkeit oft mit Meinungen konfrontiert, dass Umweltschutz vor allem mit Kosten verbunden ist, welche die Wettbewerbsfähigkeit einer Region beeinträchtigen oder gar Umweltschutz als einen generellen Wettbewerbsnachteil betrachten. Unter Berücksichtigung der hier vorgetragenen normativen Argumentationen ist das eine sehr kurzsichtige Betrachtungsweise: Denn wenn es richtig ist, dass ohne nachhaltige Verhaltensanpassungen wir vor dem Beginn einer ernststen Energiekrise und zunehmenden Umweltproblemen stehen, dann werden gerade Gesellschaften, die rechtzeitig die notwendigen Verhaltensanpassungen vollzogen haben, die Gewinner im internationalen Wettbewerb sein. Es lohnt also, hier eine Vorreiterrolle zu übernehmen, auch wenn das in kurzfristiger Sicht einige Kostennachteile mit sich bringen sollte. Führen wir heute die nötigen strukturellen Anpassungen durch, induzieren wir einen technischen Fortschritt, der gerade zur rechten Zeit wirksam wird. Energieeinsparungen und umweltverträgliche Produkte (einschließlich Technologien und Produktionsanlagen) werden dann hoch wettbewerbsfähig sein, auch in Zukunft ein angemessenes reales Einkommenswachstum sichern und den zukünftigen Generationen die notwendigen Anreize vermitteln, auf einem solch erfolgreichen Pfad weiter zu wandeln.

Der Wechsel von den konventionellen Produktionsweisen in Richtung auf eine ökologische Landwirtschaft in dem oben beschriebenen Sinne trägt enorme wirtschaftliche Vorteile in sich. Wenn der Wohlstand auch in globaler Perspektive weiter wächst, dann haben ökologisch orientierte Bioprodukte eine ganz hervorragende Zukunft. Wegen der gegenwärtig starken Zurückhaltung und enormen politischen Widerstände gerade von Seiten der involvierten Interessengruppen ist es wichtig, überzeugende Marketingstrategien zu entwickeln, welchen sich auch die derzeitigen Gegner nicht verschließen können. Bioprodukte und „sanfter Tourismus“ sind Produkte, mit denen der Agrarsektor auch auf den Weltmärkten bestehen kann. Dabei weisen gerade Länder mit geringer Bevölkerungsdichte und heute noch vergleichsweise geringen Löhnen erhebliche komparative Vorteile auf. Zu deren Nutzung ist es erforderlich, moderne organisatorische Instrumente und Institutionen zu nutzen und Personal zu finden, welches in Offenheit und Überzeugung den notwendigen Wandel vollzieht. Gerade in Deutschland ist hier noch ein ganz erheblicher Rückstau festzustellen, der durch einen übertriebenen Konservatismus und Traditionalismus verursacht sein dürfte – aber derartige Inflexibilitäten existieren nicht nur in unserem Lande. Statt mit „Blut und Boden“ geprägten Landwirten werden Schumpetersche Unternehmer auch im Agrarsektor benötigt, welche die Chancen dieses Sektors wahrnehmen. Dann kann auch die Landwirtschaft in unserem Lande zu einem Abbau der Arbeitslosigkeit beitragen, wobei sicherlich ein zusätzliches Arbeitskräftepotential in Größenordnungen von 100.000 bis 200.000 Stellen geschaffen werden könnte. Das löst zwar nicht die gegenwärtig Problematik der Massenarbeitslosigkeit, stellt aber einen bemerkenswerten Beitrag zur Rückkehr zu einem deutlich erhöhten Beschäftigungsniveau dar, wobei zugleich die Abwanderung insbesondere aus den neuen Bundesländern stark verringert werden könnte.

Literaturverzeichnis

- Aaron, H.J.: Distinguished Lecture on Economics in Government: Public Policy, Values, and Consciousness. In: Journal of Economic Perspectives, Vol. 8, 1994, S. 3 - 21.
- Bertalanffy, L. von: General System Theory: Foundations, Development, Applications. New York, 1968.
- Boulding, K.E.: The Economics of Love and Fear. Wadsworth Publishing Company, Belmont/Cal. 1973.
- Braat, L.C. and I. Steetskamp: Ecological-economic Analysis for Regional Sustainable Development. In: Costanza, R. (Ed.): opt. cit., S. 269 - 288.
- Clark, M.E.: Rethinking Ecological and Economic Education: A Gestalt Shift. In: Costanza, R. (Ed.): opt. cit., S. 400 - 415.
- Cleveland, C.J.: Natural Resource Scarcity and Economic Growth Revisited: Economic and Biophysical Perspectives. In: Costanza, R. (Ed.): opt. cit., S. 289 - 317.
- Constanza, R., H.E. Daly, und J.A. Bartholomew: Goals, Agenda, and Policy Recommendations for Ecological Economics. In: Costanza, R. (Ed.): opt. cit., S. 1 - 20.
- Costanza, R. (Ed.): Ecological Economics: the Science and Management of Sustainability. Columbia University Press, New York, Oxford 1991.
- Costanza, R.: Embodied Energy and Economic Valuation. In: Science, 1980, 210:1219.
- Dosi, G.: Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. In: Journal of Economic Literature, Vol. 26 (1988), S. 1120-1171.
- Feigenbaum, M.J.: Universal Behaviour in Nonlinear Systems. In: Los Alamos Science, Vol. 1, 1980, pp. 4 - 27.
- Funtowicz, S.O. and J.R. Ravetz: A New Scientific Methodology for Global Environmental Issues. In: Constanza, R. (Ed.): opt. cit., S. 137 - 152.
- Hall, C.A.S., C.J. Cleveland, und R. Kaufman: Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process. Wiley-Interscience, New York 1986.
- Hotelling, H.: Ökonomie erschöpfbarer Ressourcen. In: Umwelt und wirtschaftliche Entwicklung. Darmstadt 1979, S. 39-81. Original in: The Journal of Political Economy, Vol. 39 (1931).
- Jansson, A.: On the Significance of Open Boundaries for an Ecologically Sustainable Development of Human Societies. In: Costanza, R. (Ed.): opt. cit., S. 449 - 458.
- Klötzli, F.A.: Ökosysteme. 3. ed., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart et. al. 1993.
- Malthus, T.R.: An Essay on the Principles of Population. London 1826. German translation by Diehl, K. und P. Mombert (Ed.): Ausgewählte Lesestücke zum Studium der politischen Ökonomie. 6. Band: Bevölkerungslehre. Verlag G. Braun, Karlsruhe i. Br. 1912, S. 47 - 73.
- Markl, H.: Natur als Kulturaufgabe. Über die Beziehung des Menschen zur lebendigen Natur. Knaur, München 1991.
- Mitsch, W.J.: Ecological Engineering: Approaches to Sustainability and Biodiversity in the U.S. and China. In: Costanza, R. (Ed.): opt. cit., S. 428 - 448.

- Nagel, Th.: Umweltgerechte Gestaltung des deutschen Steuersystems. Theoretische und empirische Analyse der Aufkommens- und Verteilungseffekte. Campus, Frankfurt, New York 1993.
- Nelson, R.R. und S.G. Winter: An Evolutionary Theory of Economic Change. Harvard University Press, Harvard 1985.
- Odum, E.P.: Prinzipien der Ökologie. In: Spektrum der Wissenschaften, 1991, pp. 305.
- Odum, H.T.: Environment, Power, and Society. Wiley, New York 1971.
- Perrings, Ch.: Reserved Rationality and the Precautionary Principle: Technological Change, Time and Uncertainty in Environmental Decision Making. In: Costanza, R. (Ed.): opt. cit., S. 153 - 166.
- Petersen, H.-G.: Ökonomik, Ethik und Demokratie. Zu einer Theorie der Effizienz und Gerechtigkeit offener Gesellschaften. Nomos, Baden-Baden 1993.
- Petersen, H.-G.: Finanzwissenschaft I. 3. ed., Kohlhammer Verlag, Stuttgart et. al. 1993a.
- Petersen, H.-G.: Moderne Politische Ökonomie - ihr Beitrag zur Lösung der Krise der Demokratie. In: B.-O. Bryde and C. Leggewie (Ed.): Triumph und Krise der Demokratie. Verlag Ferber, Gießen 1995.
- Petersen, H.-G.: Polit-ökonomische Hinderungsgründe für eine grundlegende Steuer- und Sozialreform. In: Hamburger Jahrbuch für Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik, 45. Jahr (2000), S. 79 – 104.
- Petersen, Hans-Georg: Economic Aspects of Agricultural Area Management and Land/Water Ecotones Conservation. In: Ecohydrology and Hydrobiology, Vol. 1 (2001), S. 97 - 110.
- Petersen, H.-G. und M. Hüther: Überbevölkerung – eine Kriegsursache? In: Kyklos, Vol. 42 (1987), S. 256 – 267.
- Ruelle D.: Strange Attractors. In: The Mathematical Intelligencer. Vol. 2., 1980, S. 126 - 137.
- Schaefer, M.: Ökologie. 3. ed., Gustav Fischer Verlag, Jena 1992.
- Schaffer, W.M. und M. Kot: Do Strange Attractors Govern Ecological Systems? In: BioScience, Vol. 35, 1985, S. 342 - 350.
- Schiemer, F. und M. Zalewski: The Importance of Riparian Ecotones for Diversity and Productivity of Riverine Fish Communities. In: Netherlands Journal of Zoology, Vol. 42, 1992, S. 323 - 335.
- Tiezzi, E., N. Marchettini, und S. Ulgiati: Integrated Agro-industrial Ecosystems: An Assessment of the Sustainability of a Cogenerative Approach to Food, Energy and Chemicals Production by Photosynthesis. In: Costanza, R. (Ed.): opt. cit., S. 459 - 473.
- Walter, H. und S.-W. Breckle: Ökologie der Erde. Bd. 1: Ökologische Grundlagen in globaler Sicht. Stuttgart, 1983.
- World Commission on Environment and Development (WCED): Our Common Future. Oxford University Press, Oxford 1987.
- Zalewski, M., J.E. Thorpe und R. J. Naiman: Fish and Riparian Ecotones – a Hypothesis. In: Ecohydrology and Hydrobiology, Vol. 1 (2001), S. 11 – 24.
- Zuchetto, J.J.: Ecological Economics and Multidisciplinary Education. In: Costanza, R. (Ed.): opt. cit., S. 416 - 427.