

Strassert, Günter (Ed.); Wittenberg, Wilfried (Ed.)

Proceedings — Digitized Version

Ökologie und Ökonomie – eine vernetzte Welt. Auf dem Weg zu einem integrativen Ansatz

Beiträge und Berichte, No. 3

Provided in Cooperation with:

Vereinigung für Ökologische Ökonomie e.V. (VÖÖ), Heidelberg

Suggested Citation: Strassert, Günter (Ed.); Wittenberg, Wilfried (Ed.) (2001) : Ökologie und Ökonomie – eine vernetzte Welt. Auf dem Weg zu einem integrativen Ansatz, Beiträge und Berichte, No. 3, ISBN 3-9806768-1-1, Vereinigung für Ökologische Ökonomie (VÖÖ), Heidelberg

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/204481>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

3 • 2001

Vereinigung für Ökologische Ökonomie
Beiträge & Berichte

Ökologie und Ökonomie
- eine vernetzte Welt.

Auf dem Wege zu einem
integrativen Ansatz

Günter Strassert, Wilfried Wittenberg (Hrsg.)

Inhalt

Vorwort	Seite 1
Die Natur als System-Managerin und ihr Leistungs-Spektrum Berndt Heydemann	Seite 2
Das "Mühlrad des Lebens": Regimes der Biosphäre und übergreifende Zykluskonzepte seit Alfred J. Lotka Günter Strassert	Seite 11
Neue Wege einer transdisziplinären Integration Engelbert Schramm	Seite 36
Gesellschaftliche Stoffdurchflüsse: Tragfähigkeit und Nachhaltigkeit Wilfried Wittenberg	Seite 45
Stoffströme und Geschlechterverhältnisse Ines Weller	Seite 59
Noch nicht gemachte Hausaufgaben der Ökologischen Ökonomie - dargestellt am Beispiel des "Regelkreises für eine ökologisch-ökonomische Politik Günter Strassert	Seite 71

Vorwort

Das sozio-ökonomische System ist ein Subsystem des übergreifenden natürlichen Systems. Diese Feststellung gehört zum Selbstverständnis der Ökologischen Ökonomen. In diesem Sinne wurde von Dieterich, Messner und Strassert in Heft 1/1999 der Beiträge und Berichte eine Plattform für die Vereinigung für Ökologische Ökonomie entworfen.

Das Bekenntnis zur Eingangsfeststellung geht vielen leicht über die Lippen, ohne jedoch die eigene theoretische Arbeit nennenswert zu verändern. Generell ist festzustellen, dass hinsichtlich der Erarbeitung von Konzepten, welche die Rückgebundenheit von gesellschaftlichem und natürlichem Stoffwechsel oder die Entfaltungsmöglichkeiten für ökonomische Wertschöpfung unter Beachtung der natürlichen (biophysikalischen) Beschränkungen thematisieren, noch ein großer Mangel besteht.

Deshalb schien es dringend geboten, dieses für die Ökologische Ökonomie essenzielle Thema "Ökologie und Ökonomie - eine vernetzte Welt. Auf dem Weg zu einem integrativen Ansatz" auf der dritten VÖÖ - Jahrestagung im Mai 2000 aufzugreifen. Die vernetzte Welt von Ökologie und Ökonomie ist mit dem

reduktionistischen Begriff Umwelt nicht zu erfassen, vielmehr muss es um die geeignete begriffliche Fassung der vielfältigen Funktionsbeziehungen gehen, die sich hinter diesem Begriff verbirgt. In diesem Sinne versuchen die Beiträge von Heydemann, Strassert und Wittenberg verschiedene konzeptionelle Zugänge, um die Perspektive auf die Biosphäre zu erweitern. Dabei mag überraschen, dass vieles, was man für Neuland halten könnte, gar nicht so neu ist, sondern nur außer Acht gelassen worden ist. Drei weitere Beiträge von Schramm, Strassert und Weller knüpfen an den Untertitel der Tagung an, indem sie Probleme und Aufgaben aufzeigen, die auf dem Wege zu einem integrativen Ansatz zu meistern sind. Die in den Beiträgen deutlich werdende Sichtweise wird sicher nicht von allen geteilt. Kostproben erboster Gegenreaktionen hat es schon gegeben. Aber ein Zurück zu alten Positionen, an die man sich gerade gewöhnen wollte, gibt es nicht mehr. Das hoffen jedenfalls die Herausgeber, und sie wünschen sich, dass die eine oder andere Feuer fängt und sich als WegbegleiterIn entpuppt.

Last but not least danken wir Irmi Seidl für die redaktionelle Arbeit zur Drucklegung.

Günter Strassert und Wilfried Wittenberg

„Die Natur als System-Managerin und ihr Leistungs-Spektrum“

Prof. Dr. Berndt Heydemann, Biologiezentrum der Universität Kiel

I. Vorbemerkungen

Die „Vereinigung für ökologische Ökonomie“ begreift das sozio-ökonomische System des Menschen als „Subsystem eines übergreifenden natürlichen Systems“. Diese Aussage bejahe ich insoweit, als dies das Ziel einer Neuordnung des ökonomischen Systems des Menschen sein sollte – begleitet von entsprechenden soziokulturellen Ideen oder Leitvorstellungen. Ziele und Ideen nützen dann aber nichts, wenn nicht auch Prinzipien für die praktische Umsetzung gleichzeitig entwickelt werden.

Vom „Mega-System Natur“ hängen – unter anderen – die wesentlichen Faktoren der Produktiv- und Wertschöpfungs-Kraft der menschlichen Gesellschaft – also des „menschlichen Subsystems“ – ab. Das gilt zugleich und letzten Endes auch für alle psychologisch-philosophisch-kulturellen Leistungen dieses Systems, durch die sich die Menschheit von der übrigen Lebewelt unterscheidet, oder zu unterscheiden meint. Die psychologischen, verhaltensbezogenen und auch kulturellen Besonderheiten des Menschen haben fast alle evolutive Vorläufer in außermenschlichen Organismen-Bereichen.

Dauerhafte Koexistenz von Mensch und Natur

Natürlich kann sich wegen der Abhängigkeit vom „Mega-System Natur“ die Ökonomie und die Kultur des Menschen auch nur kooperativ, also gegenseitig vernetzt, mit der Natur langfristig erhalten; dies setzt auch eine gegenseitig abgestimmte Weiterentwicklung voraus. Die Strategien für eine dauerhafte Ko-Existenz von „Mensch und Natur“ und die Strategien für die Erhaltung des Prinzips „Mensch als Teil der Natur“ sind identisch oder sollten identisch sein. Auch die Wissenschaft selber sollte sich in ihren Zielsetzungen mehr als bisher an dieser Neu-Konzeption geistigen Zukunfts-Verhaltens orientieren. Die weitere Entwicklung von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft wird zeigen, ob es zur wirklichen Kooperation der vom

Menschen gesetzten Ideen und Management-Ansätze für die Zukunfts-Entwicklung – unter Berücksichtigung der ökologischen Evolutions-Prinzipien der Natur – kommt. Wesentlich ist, daß wir uns dabei nicht einer vorwiegend anthropomorph gestalteten Ökologie-Vorstellung bedienen, sondern „Ökologie“ zunächst als wissenschaftlich analysierbares und definierbares Organisations- und Entwicklungs-Konzept der Natur verstehen und nicht als beliebige Variante davon.

Die Natur basiert in ihren Erhaltungs- und Entwicklungs-Strategien auf „Selbstorganisation“; das bedeutet, daß eine überwiegende Fremdorganisation unter Eingriff und das Spektrum der Fähigkeiten der Natur durch den Menschen – im Rahmen von intensiven Veränderungs- und veränderten Nutzungs-Strategien – bereits wesentliche Grundlagen der Natur-Existenz zerstört.

Neue Diversität ökologisch geprägter Strategien
Eine Ökologie-konforme neue Entwicklung der menschlichen Gesellschaft (vorsichtig ausgedrückt: „Ökologische Modernisierung der heutigen Techno-Industrie-Gesellschaft) setzt eine neue Diversität von ökologisch geprägten Strategien, Umgangsregeln, Denkweisen und Verhaltensweisen der Menschen im Umgang mit dem Partner „Natur“ und untereinander voraus. Das bedeutet auch die Entwicklung neuer Leitbilder für Parlament und für die übrigen Staatsorgane, sowie die tragenden Organisationen, wie Parteien, Verbänden, Vereinigungen und Kammern. Auch die Institutionen der Wissenschaft, wie Hochschulen sowie Forschungs- und Fortbildungs-Institutionen, inklusive der primären Bildungs-Bereiche – allgemeinbildende Schulen und Berufsschulen – müssen ein neues zukunftsgerichtetes Rollenverständnis im Hinblick auf den Mensch-Natur-Bereich in unserer Gesellschaft mitentwerfen, annehmen, intern vormachen und weitertragen. Dazu gehört, daß überhaupt erst einmal eine anspruchsvolle Philosophie und Strategie

für die Entwicklung dieses Rollenverständnisses aufgebaut und zur Akzeptanz gebracht wird.

Kreativitäten und Kontakt-Management

Für die Umsetzung dieser Ziele – auch gerade über eine ökologische Ökonomie – nützt die Verstärkung irgendeiner Kreativität nicht genug; es bedarf vielmehr dazu zielführend definierter Kreativitäten in verschiedenen Richtungen. Insbesondere dürfen Wissenschaft und Kultur nicht bei einer Analyse der Probleme – wie so oft – stehen bleiben, sondern müssen in kritisch bedachten Lösungsansätzen mit integrativ-transdisziplinärem Anspruch ihre wichtigste Aufgabenstellung sehen. Dabei ist „transdisziplinär“ für mich der Begriff für die Zusammenfügung von geisteswissenschaftlichen, ethischen, emotionalen mit naturwissenschaftlich, kausalen Ansätzen. Dabei sollte den eigenen wissenschaftlichen Vorschlägen auch die Bereitschaft zur Umsetzung dieser Thesen und Gedanken in die Praxis erkennbar folgen. Das bisherige Kontakt-Management von Wissenschaft zu Wirtschaft und Politik und von Wirtschaft zur Politik und von der Politik zur Wissenschaft reichten für einen solchen notwendigen Neu-Anfang bei weitem nicht aus – auch weil diese Bereiche bisher überwiegend nicht systematisch ausgearbeitet und abgearbeitet worden sind.

II. Dreizehn grundlegende Aussagen zum gedanklichen Umfeld und zur gedanklichen Basis des Vortrags-Themas

Ich möchte zunächst werden im Kontext zum Begriff und Inhalt von „Ökologischer Ökonomie“ noch einige nach meinem Dafürhalten wichtige Punkte, Probleme, Begriffe und Grundgedanken ansprechen sein:

1. Der Begriff „Ökonomische Ökologie“ (als Pendant zu „Ökologischer Ökonomie“) ist wohl unnötig für die gegenseitige Verständigung, weil die Mehrzahl der ökologischen Strategien der Natur ohnehin auf ihr „ökonomisches Funktionieren“ ausgerichtet ist. Das gilt letzten Endes auch für Begriffe wie „Verhaltens-Ökologie“, „Sozio-Ökologie“, „Stoffwechsel-Ökologie“, „Genetische Ökologie“, „Migrations-Ökologie“.
2. Alle Natur-Systeme sind in der Regel „offen“ – vor allem die biologischen Systeme – sie stehen also im stofflichen und damit auch im energetischen Austausch mit ihrer Umwelt oder Mitwelt, aber in der Begrenzung dieser Öffnung liegt auch ihre Spezialisierungs- und Evolutions-Chance.
3. Biologische Strukturen bewirken durch ihre Existenz in der Natur eine verringerte Entropie, also ein größeres Maß an Ordnung. Pflanzen sind in diesem Zusammenhang die entscheidenden Einflußfaktoren im Bezug auf die Minderung der Entropie, indem sie niedermolekulare Stoffe (Nährstoffe, Nährgase) in hochmolekulare Stoffe (organische Stoffe) umwandeln. Tiere (Konsumenten) und Pilze sowie Bakterien (Reduzenten) sowie Viren sind einerseits Träger einer Dis-Entropie, indem sie hochmolekulare organische Stoffe abbauen und sie dadurch den Pflanzen (als Produzenten) wieder unmittelbar zugänglich machen. Andererseits sind sie aber auch Förderer der Entropie, weil sie überhaupt als Reduzenten von organischen Stoffen tätig sind. Ökosysteme insgesamt begegnen der Entropie, also der Steigerung der molekularen Unordnung der Umwelt – dadurch, daß sie den Aufbau von möglichst vielen Nahrungs-Stufen innerhalb des ökosystemaren Netzwerkes (lebender Organismen) begünstigen und dies mit Hilfe von Stoff- und Energiedurchfluß-Systemen auf hohem molekularem Niveau absichern.
4. Die biologischen Komponenten der Natur haben in der Evolutions-Geschichte des Lebens nicht von vornherein nach „ökologischen Regeln“ gearbeitet, also sich nicht von Anfang an nach komplizierten Gesetzmäßigkeiten im „Art – Umwelt – Netzwerk“ gerichtet. Die lebendige Natur gibt sich „von Haus aus“ zunächst nur „rein biologisch“; das bedeutet: Sie zeigt eine vornehmliche Orientierung nach Selbsterhaltungs-Regeln der einzelnen Individuen und Arten, ohne daß dabei das Überleben des Gesamt-Systems schon eine vorrangige Rolle gespielt hätte. Die ökologisch-ökosystemare Komponente der Netzwerk-Gestaltung hat sich erst auf dem Weg zum System-Management im Laufe der Natur-Evolution gewissermaßen als „lebensnotwendiges, langfristiges Strategie-Prinzip“ entwickelt: Das Ökosy-

stem-Management der Natur ist die über das Arten-Niveau hinweg reichende Überlebensstrategie der Natur im Hinblick auf perfekte übergeordnete System-Einheiten (Lebensgemeinschaften):

Fehlentwicklung von systemischen Teil-Komponenten

Durch das neue System-Management können die Gefahren einer Fehlentwicklung von systemischen Teil-Komponenten (z.B. von bestimmten Arten) eher eingegrenzt werden. Solche Gefahren wären beispielsweise der „Überparasitismus“ in einer Lebensgemeinschaft statt begrenzter parasitischer Prozesse; eine weitere Gefahr dieses Typs ist die „Überkonkurrenz“ statt eines „förderlichen Wettbewerbs“. Biologische Gefahren, die Ökosysteme eingegrenzt haben, bestehen weiterhin in dem potentiell möglichen Überhandnehmen einer strukturellen Monotonie in Lebensgemeinschaften (Vorherrschen weniger Arten) statt der Förderung der Diversität von Arten-Komplexen (Biodiversität).

Probiotisch-soziale Hilfs-Strukturen

Auf dem Wege zur „Ökologischen Entwicklung“ der Natur sind die rein biologischen Feind-Beute-Verhältnisse oft zugunsten zahlreicher probiotisch-sozialer Hilfsstrukturen in Sinne eines System-Management von Lebensgemeinschaften weiterentwickelt worden: Die Entwicklung von Symbiosen, also des gegenseitig förderlichen, räumlichen Miteinanders von artfremden Partnern (z.B. Pilz-Algen-Symbiose mit der gemeinsamen Bildung von Flechten-Arten), hat im Laufe der Evolution in der Organisation der lebenden Natur einen großen Platz gefunden. Symbiosen werden in ihrer Bedeutung gegenüber Antibiosen (z.B. Räuber-Beute-Prinzipien: „Einer frißt den anderen“) weit unterschätzt.

In der weiteren Evolution der Natur-Systeme fand auch ein Wandel des ursprünglich nur zweistufigen „Schnellkonsums“ der Eingangs-Produktion von Lebensgemeinschaften statt. Es entwickelten sich nämlich im System-Management aus den ein- bis zweistufigen Ökosystemen System-Typen mit Hilfe eines zeitlich gestreckten Stofftransfers, der über die er-

wähnten drei bis sechs (oder gar acht) Konsumentenstufen verläuft.

5. „Belastbarkeiten der Natur“ gibt es nicht

Die oft gestellte Frage nach der „Belastbarkeit von Ökosystemen“ ist eher kein praktisches ökologisches Problem, sondern vielmehr eine rein theoretisch formulierte, immer wieder gehörte, aber falsche, rein anthropomorphe Gedanken-Operation. In der Natur gibt es – außer den natürlich vorhandenen Belastungen in Ökosystemen – keine zusätzlichen „Belastbarkeiten von Ökosystemen“. Denn jede Zusatzlast ruft irgendwelche Veränderung in der Natur hervor. Die Natur hat keinen „zusätzlichen Freiraum“ für früher nicht vorhandene, aber später neu hinzukommende Belastungen in ihrer Evolution geschaffen. Ökosystemare Veränderungen durch anthropogene Belastungen, die in ihren Effekten nach Beendigung der Belastung von Ökosystemen reversibel sind, kennzeichnen nicht den exakten „Begriff der Belastbarkeit“. Natürlich gibt es „Nutzbarkeits-Grenzen“ von Ökosystemen. Dies sind ökonomisch sinnvolle Nutzungs-Grenzen, oder Grenzen bei deren Überschreitung irreversible Dauerschäden auftreten, die ökonomisch unsinnig sind. Diese Grenzen zusätzlich in Kauf genommener Belastungen durch den Menschen müssen aber auch anthropogen-ökologisch definiert werden. Solche Zusatzbelastungen müssen sich an einem bestimmten erhaltenswerten Basis-Zustand des betreffenden belasteten Ökosystems im Hinblick auf die dadurch bewußt in Kauf genommenen Änderungen am System messen lassen.

6. Das Begriffspaar „Ökologie des Menschen und Ökonomie der Natur“ bringt uns erkenntnistheoretisch oder unter begriffs-systematischen Gesichtspunkten nicht viel weiter, weil die „Ökologischen Prinzipien“ der Natur ohnehin vorwiegend durch „ökonomische“ Inhalte – darauf habe ich bereits hingewiesen – gekennzeichnet sind. Ökonomische Phänomene des System-Managements der Natur sind beispielsweise: Stoffgewinn, Stofftransport, Produktion, Wachstum, Stofftransfer, Abbau, Energiegewinnung, Energiefluß. Weit gefasst zählen zum Thema „Ökologie der Natur“ neben den Prinzipien (Regeln ihrer Haushaltsführung, interspezi-

fisch und intraspezifisch gesehen) auch die sozialen Komponenten (wie Familie, Gruppenbildung, Staatsentwicklung, Allianzen) und die Fragen der „Kultur der Natur“ (z.B. Informations-Austausch, Verständigung, Verhaltensregelungen, Erfahrungs-Bildungen Ritualisierung von Handlungen, psychologische Phänomenologie, Ästhetik, Design, sinnesphysiologische und neurophysiologischen Phänomene).

7. Die räumliche Weite der „Offenheit“ der biologischen Systeme ist in der Natur vor allen Dingen eine Energie-Frage. Global offene Systeme werden in der Natur überwiegend gemieden, wenn auch ozeanische Systeme Anzeichen von „global offenen“ Systemen haben. Für terrestrische Systeme gelten eher regionale Sperr-Mechanismen der Stoff-Transporte – soweit man die biologischen Abläufe dieser Systeme betrachtet. Die Natur hat aber eben überwiegend keine auch nur annähernd „geschlossenen Systeme“ hervorgebracht, obwohl des System-Management der Natur eine regionale Begrenzung des Stoff-Transfers besonders im terrestrisch-biologischen Bereich kennt. Im Bereich Klima und in dem Bereich der Atmosphäre geht es aber eher um globalisierte ökosystemare Management-Ansätze der Natur.
8. Wissenschaften mit wichtigen neuen Botschaften können immer eine politische Dimension erreichen und sollten diese Wirkungsmöglichkeiten auch nutzen. Sie müssen dann aber auch politische Kritik verarbeiten können und nicht nur abwehren, so als wenn nur Berufs-Wissenschaftler wissenschaftlich denken könnten.
9. Für die transdisziplinären Wirkungen einer „Ökologischen Ökonomie“ auf die Politik ist ihre kommunikative Qualität von hoher Bedeutung. Dazu gehört daher auch der Mut, zu einer bestimmten, wenn auch begrenzten wissenschaftstheoretischen Vereinfachung – selbst mit dem Risiko, dadurch hin und wieder mißverstanden zu werden. „Mißverstanden werden“ ist bei der Durchsetzung einer neuen Wissenschaft hilfreicher als „nicht verstanden“ zu werden oder, weil man sich zu kompliziert einmisch, „nicht bemerkt“ zu werden. Die Gefahr ist eben besonders groß, daß aus Furcht vor Mißverständnissen

nicht nur zu viele Details dargestellt werden, sondern überhaupt „Nichts“ oder gar nur „Herkömmliches“, auf Allgemeinplätze beschränkt, geäußert wird. Das führt zur „Null-Information“.

10. Die „Ökologische Ökonomie“ sollte nicht als „Subsystem der nur (traditionell) anthropogen geprägten Gesellschaft“ aufgefasst werden, wenn der Begriff „Subsystem“ zugleich auch im ökologischen Sinn gebraucht werden soll. Beispielsweise ist der Stoffhaushalt einer Lebensgemeinschaft auch kein Subsystem dieser Lebensgemeinschaft, sondern ein ihr organisch hochvernetzt eingegliedertes Bestandteil.
 11. Die „Ökologische Ökonomie“ sollte nicht nur biosystematisch oder biosystemisch bezogen werden, sondern „ökosystemisch“ (incl. des sozio-kulturellen Bereiches) auf gefasst und durchdacht werden, denn die Ökosysteme tragen auch abiotische Kennzeichen (Klima-, Wasser-, Boden-, Atmosphären-Haushalt).
- Die Einführung ökologischer Denkstrategien in die ökonomische Theorien-Bildung fasse ich nicht als ein neues Paradigma auf. Ich denke, ein solches Vorgehen bereitet auch keinen Paradigmen-Wechsel in der Ökonomie vor, sondern es geht – so meine ich – um einen ähnlichen Vorgang (in Bezug auf Ausbreitung von wirklichkeitsnahen Denkansätzen), wie die Ausbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse im Weltbild der mittelalterlichen Religions-Philosophie. Damals hatte die Religions-Wissenschaft ihre Kompetenzen überschritten und nicht die „Naturwissenschaft“ ihr Kompetenzen ungebührlich ausgeweitet. Heute hat die konventionelle, ökonomische Theorien-Bildung ihre gedanklichen Kompetenzen weit überschritten, wobei sie die ökonomische Abhängigkeit des Menschen von der Natur als ökonomischen Partner des Menschen nicht richtig (also unrealistisch) oder gar nicht beschreibt bzw. berücksichtigt.
12. Die „moderne angewandte Ökologie“ derer man sich in der „Ökologischen Ökonomie“ bedienen sollte, ist praxisorientiert und nimmt auch die Probleme des sozialen und kulturellen Lebens des Menschen auf – im Rahmen der Diskussion zur „Nachhaltigen Entwicklung“. Sie berücksichtigt auch vermehrt die Probleme der „Ökologie der Zeit“ (Beschleunigung, Entschleunigung;

„Fortschritt“ zunächst als zeit-ökologisches Problem, aber mit raumstrukturellen und soziokulturellen Folgen). Hier stellt sich also „Ökologie der Zeit“ als ein notwendiger Prozeß – neben den Problemen der „Ökologie des Raumes“ – dar.

13. Das neue Gebiet der Ökotechnologie versucht von Anregungen der Natur in Teilbereichen für die menschliche Struktur und Verfahrenstechnik im Sinne einer „Nachhaltigen Wirtschaft“ zu lernen. Es geht dabei nicht um „intelligente Imitationen“. Die meisten Übernahmen von Natur-Ideen in anthropogene Techniken sind oder waren wirkliche Innovationen der Ökotechnologie, wobei die Natur als „Ideen-Partner“ im Sinne der Lieferung von Teil-Ideen Pate stand oder stehen kann – für neue technische und ökonomische Entwicklungen. Die Übernahme von System-Prinzipien der Natur in die menschliche Wirtschaft ist so ähnlich, wie die Kenntnis der Funktionsweisen des Auges für die Weiter-Entwicklung von Kamera-, Video- und Fernseh-Technik bedeutsam sein kann oder wie das Wissen über die Funktionsweise der Gehirns für die Zukunft der elektronischen Daten-Verarbeitung und Daten-Speicherung von Einfluß ist oder sein wird.

III. Die Natur als Systemmanagerin im Einzelnen und an Beispielen

Die Selbst-Organisation der Natur ist ein Management nach Regeln mit einem bestimmten Maß

- a. an Flexibilität und an
- b. Anpassungs- (Adaptations-) Fähigkeiten (an Veränderungen der Umwelt).

Beide Fähigkeiten (a. und b.) entsprechen Trends der Weiterentwicklung (Evolution) von Arten und Ökosystemen und deren Teilbereichen.

Auf der Basis von Flexibilität und von besonderer Anpassungs-Fähigkeit haben sich zahlreiche Formen des Managements in Ökosystemen (der Natur) entwickelt, beispielsweise:

Formen des System-Managements:

1. Gliederungs-Typen der Ökosysteme (der zönotischen Strukturen):
 - 1.1. Gliederung in Individuen und Populationen sowie in Arten. Dabei können sich im Rahmen der Raum-Gliederung die Territorien sowohl der Individuen wie auch der Populationen (derselben Art) und fremder Arten in der Regel überschneiden.
 - 1.2. Gliederung des geographischen Raumes in Lebensräume (Biotope/Biotop-Typen und Habitate/Habitat-Typen, Biotop-Teile) mit komplexen und mit einfachen Struktur-Eigenschaften für die einzelnen Arten und Ökosysteme.
 - 1.3. Gliederung in Lebensgemeinschaften (Bionosen) mit einem stofflichen Aufbau in 2 bis 8 Nahrungsstufen und entsprechend gestuften Stoffflüssen sowie entsprechend gestufter stofflicher und energetischer Vernetzung zwischen den Nahrungsstufen.
 - 1.4. Gliederung der Lebensgemeinschaften nach Produzenten, Konsumenten ersten Grades bis fünften (max. achten) Grades und in Reduzenten – jeweils mit festen Positionen in den Stoffkreisläufen/Recycling-Schleifen, die auf jeder Nahrungs-/Stofffluss-Stufe gebildet werden.
2. Innerartliche/intraspezifische Organisations- und Abstimmungs-Prozesse
 - 2.1. Entwicklung einer zeitlichen Begrenzung der Produktion oder von Produktlinien (gegliedert in Reproduktion = Vermehrung und Gewichtszunahme = Wachstum) innerhalb eines Jahres (gleichmäßig = periodisch oder episodisch = aperiodisch gestuft).
 - 2.2. Entwicklung von Ausbreitungs-Strategien und Aufbau von räumlichen Begrenzungen der Ausbreitung von Arten und Populationen (Begrenzung von Mobilität und Migration – nach Regeln).
 - 2.3. Aufbau einer stofflichen (quantitativen) Begrenzung der Produktion, beispielsweise nach Individuen-Zahl („Auflagenhöhe“) oder nach Biomasse (z.B. nach „Tonnage“ pro Flächeneinheit bzw. Ressourcen-Verbrauch).

- 2.4. Begrenzung der durchschnittlichen Lebenslänge der Individuen – Lang- oder Kurzlebigkeit) bzw. der Versorgungsstoffe (Haltbarkeit der Produkte).
- 2.5. Festlegung von Sozialisations- und Informations-Strukturen und deren Abläufen
3. Zwischenartliche (interspezifische) Organisations- und Abstimmungs-Prozesse
- 3.1. Schaffung verschiedener Typen von Konkurrenz-Strukturen
- 3.2. Aufbau einer ökologischen Nischen-Bildung, kombiniert mit der Evolution einnischungsfähiger Arten (Arten mit Annidations-Können). Dies bedeutet in der anthropogenen Begriffs-Bildung: Organisation und gegenseitige Abtrennung von „Berufstypen“ in bestimmten „Markt-Segmenten“)
- 3.3. Organisation „antibiotischer“ Vernetzungen zwischen verschiedenen Arten (z.B. Räuber-Beute-Vernetzung, Parasit-Wirt-Vernetzung, Pflanzenverzehr-Pflanzen-Wirt-Vernetzung, Weidegänger-Vegetations-Vernetzung) und Organisation „probiotischer“ Vernetzungen (Allianz-Bildung, Mutualismus-Bildung, Symbiose-Bildung)
- 3.4. Ausbildung von Vernetzungen im Bereich abiotischer Strukturen (Abhängigkeit der Boden-Bildung von Gesteins-Typen, von der Anwesenheit von Wasser und bestimmten atmosphärischen Bedingungen) und biotischen (toten und lebenden organischen) Strukturen – gesondert jeweils nach fakultativen und obligatorischen gegenseitigen oder einseitigen Bindungen)
4. Strategien-Entwicklung und Zuordnung zu Arten/Arten-Gruppen bzw. Lebensform-Typen innerhalb der Systeme (Ökosysteme)
- 4.1. Strategie der Vielfalt (Biodiversität): Die Strategie der Vielfalt von Strukturen und Prozessen in einem Ökosystem setzt Spezialisierung der Arten („Berufstypen-Bildung“) voraus
- 4.2. Strategie der Sparsamkeit mit Stoffen und Energien: Die Natur läßt in keinem dauerhaften Ökosystem „Verschwendung“ zu
- 4.3. Strategie der Rentabilität im Einsatz von Material: Die Natur ist bestrebt, alle Funktionen mit möglichst wenig Material umzusetzen bzw. zu erreichen
- 4.4. Strategie der Kontinuitäts- und Interruptions-Fähigkeit von Prozessen – als alternative Strategien: Die Natur versorgt nebeneinander Prozess-Typen von langfristiger Dauer und solche mit der Fähigkeit zur Unterbrechung (z.B. Winterschlaf, Diapause, Ruhestadien-Bildung, Steuerung von Schrumpfung-Prozessen)
- 4.5. Strategie der Migration/Mobilität und Strategien der dauerhaften Raum- und Standortbindung – als alternative System-Typen andererseits
- 4.6. Strategie der Aufrechterhaltung dauerhafter Präsenz im jeweiligen System. Diese Strategie hängt mit der Strategie der Standort-Bindung zusammen.
- 4.7 Strategie der Adaptations-Entwicklung: Entwicklung von Fähigkeiten mit dem Ziel zu dauerhafter Veränderung von Leistung und Struktur sowie Strategie der Flexibilität (Fähigkeit zu kurzfristiger, reversibler Anpassung)
- 4.8. Strategie der Spezialisierung: Spezialisierung bewirkt meist eine eingeschränkte Prozeßfähigkeit, aber bei hoher Rentabilität; angewendet vor allen Dingen im Bereich „armer“ Lebensräume. Alternativ dazu:
Strategie des Ubiquitismus: Entwicklung umfassender Fähigkeiten, in vielen verschiedenen Lebensräumen, meist mit reicher Ressourcen-Ausstattung – bei geringer Rentabilität der Prozeß-Abläufe aktiv sein zu können.
- 4.9. Strategie des vollständigen Recyclings (ohne Rücklagen und ohne Depot-Bildung). Alternativ dazu:
Strategie der Rücklagenbildung („Rückversicherung“, Depot-Bildung).
- 4.10. Strategie der Verzögerung der Recycling-Vorgängen (Stoff-bezogene Umlauf-Verzögerung); alternativ dazu:

Strategie der Akzeleration des Recyclings (Umlauf-Beschleunigung).

- 4.11. Strategie der selektiven Verwendung von häufigem Material (Verwendung häufiger Ressourcen); alternativ dazu:

Strategie der Spezialisierung auf seltene Ressourcen: dabei handelt es sich um einen nicht häufigen Evolutions-Typ – verbunden mit der Konsequenz einer hohen Eigengefährdung der beteiligten Arten.

- 4.12. Strategie der Miniaturisierung; alternativ dazu:

Strategie des Gigantomorphismus. Die erstere Strategie hat namentlich in Kooperation mit den anthropogenen Systemen für die Natur die insgesamt größere Erfolg-Chancen.

- 4.13. Strategie der Intensiv-Information (Entwicklung einer großer Informations-Menge pro Zeiteinheit); alternativ dazu:

Strategie hoher Informations-Genauigkeit (Information mit großer Auflösung, unter Einsatz spezialisierter Sensoren/Empfänger bzw. Sender).

IV. Leistungsspektrum der Natur für die menschliche Gesellschaft (an Beispielen)

1. Leistungen in Bezug auf Energie-Bindung und Energie-Freisetzung

1.1 Solarenergie-Bindung: Photo-Assimilation mit Hilfe von Chloroplasten, direkte Infrarot-Strahlungsnutzung durch Tiere und Pflanzen

1.2. Gewinnung chemischer Energie aus anorganischen Stoffen: eine Leistung bestimmter Bakterien-Typen

2. Stoffliche Leistungen

2.1. Aufbau von energiereichen, makromolekularen Nahrungs-Stoffen: negative Entropie-Effekte im Natur-System

2.2. Entwicklung diverser biotischer Regulations-Stoffe: Enzyme, Hormone, Vitamine, Resistenz-Stoffe, Immun-Stoffe

2.3. Entwicklung organischer und anorganischer polymerer Faser- und Baumaterialien: oft im Verbund eingesetzt

2.4. Entwicklung von Leim-, Fett- und Farb-Stoffen: oft im Verbund eingesetzt

3. Recycling-Leistungen und Rücklage-Prozesse

3.1. Umbau- und Abbau-Prozesse im Rahmen des gesamten biotischen Recyclings, inklusive anthropogener, biotisch abbaubarer Abfallstoffe: in terrestrischen und aquatischen Lebensräumen

3.2. Ständig erneuerte Reservebildung: Stoff-Rückhaltung, Depot-Bildung von Wasser, Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff-Verbindungen, Stickstoff, Schwefel u.a. als wichtigen Produktions-Materialien in Atmosphäre, Hydrosphäre und Pedosphäre (Luft, Wasser, Boden)

4. Einfluß auf die Klima-Gestaltung (Klimatisierung)

4.1. Beeinflussung der Global-Klimata und Makro-Klima-Regulationsprozesse: durch Einflüsse auf den Aufbau der erdnahen Atmosphäre – auch mit Hilfe von Vegetations-Großeinheiten, z.B. von Wäldern, Tundren, Savannen, Gebüschformationen sowie durch die ozeanischen Groß-Systeme und ihre biologischen Komponenten

4.2. Strategie der öko- und mikroklimatischen Regulierungen von Standort-Klimata in der Natur- und Kulturlandschaft: vor allem durch die Vegetation

5. Steuerung der für den Menschen lebenswichtigen Großkreisläufe, beispielsweise:

Kohlenstoffkreislauf, Sauerstoffkreislauf, Wasserstoffkreislauf, Stickstoffkreislauf, Phosphorkreislauf, Schwefelkreislauf

6. Steuerung aller Gleichgewichtsprozessen („Fließgleichgewicht“, Organisation begrenzter Schwankungen um einen bestimmten Mittelwert, auch durch Sukzessions-Prozesse geregelte Veränderlichkeit von Gleichgewichten) in belebten und unbelebten Systemen

7. Strategie der Weitergabe von Information durch genetische Merkmals-Fixierung, genetische

Struktur- und Prozeß-Steuerung sowie durch die genetische Steuerung verschiedener anderer Informations-Übertragungs-Formen (sensorisch, neuronal, cerebral, somatisch)

8. Erfindung der Informations-Speicherung (im neuronalen, cerebralen, somatischen und genetischen Bereich)
9. Entwicklung neuartiger und komplexer, makromolekularer chemischer Strukturen (biochemischer Substanzen von ökonomischer Bedeutung) inklusive deren Abbau-Strategien
10. Entwicklung ökologisch relevanter biochemischer und biophysikalischer Prozess- und Verfahrens-Techniken von ökonomischer und technischer Bedeutung (wie beispielsweise Bewegung von Flug- und Wasserkörpern, Mikro- und Nano-Filterung, Stoff-Schnellerkennung im Mikro- und Nano-Bereich)
11. Entwicklung vielseitiger Strukturen, von inneren und äußeren Architekturen im Makro-, Mikro- und Nano-Bereich; z.B. Membran-Verwendung in der technischen Filterung
12. Entwicklung und Aufbau sozialer Strukturen (mehrfach unabhängig voneinander) und deren Regulations-Bedeutung für Biosysteme und anthropogene Kultur-Systeme: Hierher gehört die Komplexität der Sozialbildung bei Termiten, Ameisen, Honigbienen, Hummeln und anderen Wildbienen u.a.

Die meisten der vorgenannten Leistungen des System-Managements der Natur sind auch für Lösungsansätze der Probleme ökonomischer, technischer, sozialer, kultureller und ökologischer Art in der menschlichen Gesellschaft relevant.

Daraus ergibt sich folgende Bilanz:

- a) Die Problemstellungen und Lösungs-Ansätze der Natur – in bezug auf die Arbeits- und Entwicklungsbedingungen für die lebendige Natur und ihre artbezogene Typisierung – sind in den Grundzügen identisch mit den ökonomischen Aufgabenstellungen des menschlichen ökonomischen Systems.
- b) Die zukünftigen Struktur- und Prozeß-Systeme (ökonomischen Systeme) des Menschen werden sich zukünftig nicht in ihren Grundzügen so

different zu den Natur-Systemen und den Strategien der Natur entwickeln dürfen, wie dies bisher der Fall war – wenn nicht zerstörende Folgen für die menschliche Gesellschaft und die Natur eintreten soll.

- c) Das Leistungs-Spektrum des Natur-Managements ist für den Menschen auch in Zukunft unverzichtbar – namentlich im Hinblick auf die vielen seitens des Menschen bisher nicht bezahlten, also gratis entgegengenommenen Leistungen der Natur. Zu diesen Leistungs-Typen – ohne finanzielle Gegenleistung des Menschen – rechnet ein großer Teil des gesamten Funktions-Spektrums der Natur z.B. der Konstanthaltung des Sauerstoff-Anteils, des Kohlendioxid-Anteils und Stickoxid-Anteils der Atmosphäre, die Selbstreinigung von Wasser Boden u.a.
- d) Die dauerhafte, für die Natur möglichst wenig belastende Nutzung der Strukturen und Prozesse (Leistungen der Natur) durch den Menschen darf zukünftig nur unter Bedingungen geschehen, die den Lebensbedingungen (Strategien der Natur) ökologisch adäquat sind. Dafür muß sich ein großer Bereich der ökonomischen, technischen und sozialen Strukturen und Prozesse der menschlichen Gesellschaft – unter Zuhilfenahme von Strategien der Natur – umstellen, so daß nicht nur eine Kooperation mit der Natur möglich ist, sondern diese solche Kooperations-Formen als Voraussetzung für die zukünftige Wirtschafts-Politik etabliert werden können.

Die Fremdleistungen der Natur für den Menschen sind alle an die Eigenleistungen der Natur für sich selbst – in funktioneller Vernetzung – eng gebunden. Viele Leistungen der Natur für den Menschen sind noch nicht im Einzelnen quantitativ-ökonomisch bezifferbar. Zu unterscheiden sind aber jedenfalls:

1. der Wert des vorhandenen Natur-Bestandes (Strukturen der Natur)
= Faktor „Kapital der Natur“ (regenerierbare und nicht regenerierbare Ressourcen)
2. der Wert der Natur-Leistungen im engeren Sinne (Prozesse/Verfahren der Natur)
= Faktor „Arbeit der Natur“ (regenerierende Ressourcen)

3. der Wert der (biologisch aktiven) Flächen der Natur im terrestrischen und aquatischen Bereich
= Faktor „Boden der Natur“ (terrestrischer Boden-Gewässer-Bereich); oft nicht regenerierbare Ressourcen
4. der Wert der biologischen Stoffe und Energien (im Sinne der Reserven-Bildung der Natur)
= Faktor „Rücklagen in der Natur“ (meist nicht regenerierbare Ressourcen)
5. Erfindungen der Natur im technischen, ökonomischen, strukturellen, prozessualen, informativischen und organisatorischen Bereich und deren Transfer in das anthropogene System.

Diese funktional-ökologischen In-Wert-Setzungen der Natur ergeben Ansatzpunkte für eine Neuorientierung des ökonomischen Denkens im Bereich der „Ökologischen Ökonomie des Menschen“.

Der Ansatz – als methodische Interpretation der „Nachhaltigen Nutzung“ – nur soviel aus der Natur zu entnehmen, wie diese nachproduziert, ist als Schutz-Strategie für die Natur falsch. Die Natur braucht vielmehr in der Regel den größeren Teil ihrer jeweiligen Produktion für den eigenen Betrieb und für ihre eigenen Rücklagen-Strategie. Der oben genannte Ansatz der „Nachhaltigen Nutzung“ kann höchstens in seiner Zielsetzung in dem Bereich des Ackerbaus gelten, aber noch nicht einmal für den agrarischen Grünland-Bereich; dort muß beispielsweise die Natur einen großen Teil ihrer Produktion für den Wurzel-Bereich zu-

rückhalten, um existieren zu können (dieser Anteil kann also nicht als „Ernte“ dem System entnommen werden), obwohl er dauernd nachproduziert (regeneriert) wird. Es muß daher im Rahmen der „Nachhaltigen Nutzung“ – also im Bereich der „Ökologischen Ökonomie“ heißen: Es darf nur soviel aus der Natur entnommen werden, daß darunter Quantität und Qualität der Regenerations-Prozesse und -Strukturen der Natur nicht leiden und auch gleichzeitig genügend Ressourcen der Natur als Reserven (vom Menschen ungenutzt) für die natürlichen Kreisläufe und Rücklagen am biologischen Standort selbst (in den Ökosystemen) verbleiben.

Der „anthropogen-ökonomische“ Ansatz der Ökonomie muß also konsequent durch einen naturbezogenen – „ökonomischen“ Ansatz ersetzt werden.

Für den Bereich der Flächennutzung der Natur bleibt festzuhalten:

70 % bis 80 % der Ökosystem-Typen Mitteleuropas sind nur ohne irgendwelche anthropogenen Nutzungen zu erhalten – viele auch nur außerhalb einer genutzten Kulturlandschaft. Mindestens 10 – 20 % (15 %) einer Landschaft müssen als Vorranggebiete für den Naturschutz ausgewiesen sein; diese Flächen sollen permanent ohne stoffliche Nutzung durch den Menschen belassen werden. Auch „Nachhaltige Nutzung“ ist also nur ein beschränkt einsetzbares Prinzip der „Ökologischen Ökonomie“ und auch nur auf der Grundlage einer stringenten Definition und stringenter Anwendungs-Prinzipien im Rahmen dargestellten Ansätze.

Das „Mühlrad des Lebens“: Regimes der Biosphäre und übergreifende Zykluskonzepte seit Alfred J. Lotka

Prof. Dr. Günter Strassert, Institut f. Regionalwissenschaft, Karlsruhe

Inhalt

1. Die Biosphäre als ein von der Sonne unterhaltenes offenes System (globales Ökosystem) und das Erkenntnisinteresse an der Interaktion seiner Subsysteme
2. Ausgewählte Systemtheoretische Zykluskonzepte für das globale Ökosystem seit dem „Golden Age of Theoretical Ecology: 1923-1940“
 - 2.1 Vorbemerkung
 - 2.2 A. J. Lotka (1924): Das „Mühlrad des Lebens“ (The Mill-Wheel of Life)
 - 2.3 V.A. Kostitzin (1935): Die Zirkulation von Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff (The Circulation of Carbon, Oxygen and Nitrogen)
 - 2.4 B. Hannon/R.Costanza/R.Ulanowicz (1991): Ein allgemeiner Gesamtrechnungsansatz für ein ökologisches Netzwerk (Hypothetical Ecosystem Network Illustrating the General Accounting Framework)
3. Ausgewählte übergreifende Zykluskonzepte für Ökologie und Ökonomie
 - 3.1 H.E. Daly (1868/1993): Die metabolische Analogie und eine erweiterte Input-Output-Tabelle (The Metabolic Analogy and an Expanded Input-Output-Table)
 - 3.2 G. Strassert (1993; 1997): Der Provision-Transformation-Restitution Zyklus (The Provision-Transformation-Restitution Cycle)
 - 3.3 R. Ayres (1999): Ein stabiles Recycling-System (A Stable Recycling System)
4. Exkurs: Steady-state - Bedingungen für den übergreifenden Stoffstrom-Zyklus
5. Schlusswort

Literatur

1. Die Biosphäre als ein von der Sonne unterhaltenes offenes System (globales Ökosystem) und das Erkenntnisinteresse an der Interaktion seiner Subsysteme

Um möglichst schnell zu den heute wichtigen Punkten zu gelangen, verlasse ich mich zunächst auf die, wie ich meine, fast schon suggestive Kraft der folgenden Abbildung mit dem Titel „Regimes der Biosphäre“ (Abb. 1)¹.

¹ Ähnliche Darstellungen werden z.B. verwendet von Klötzli (1989, S. 207), der von „Räderwerk der Kreisläufe“ spricht, sowie vom Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1991), um die durchschnittlichen Verweildauern für Stoffumwandlungen in verschiedenen Medien zu charakterisieren. (Lithosphäre: 1.000.000 Jahre; Pedosphäre als Be-

Das Darstellungsprinzip eines Venn-Diagramms zeigt uns das Eingebettet-Sein der belebten Welt (Biosphäre) in ein vorgegebenes natürliches Systemgefüge und in vielfältige Systemvorgänge, die hier nicht genauer bezeichnet sind. Die Biosphäre ist als integraler Bestandteil des globalen Ökosystems strikt eingebunden in das ökologische Regelwerk. In diesem Sinne kann man Systemgefüge und Systemvorgänge auch als „Regimes“, die den Umgang mit Materie, Energie und

standteil der Lithosphäre: 100 Jahre; Hydrosphäre: 100 Jahre; Atmosphäre: 1 Jahr; Biosphäre: 10 bis 100 Jahre.

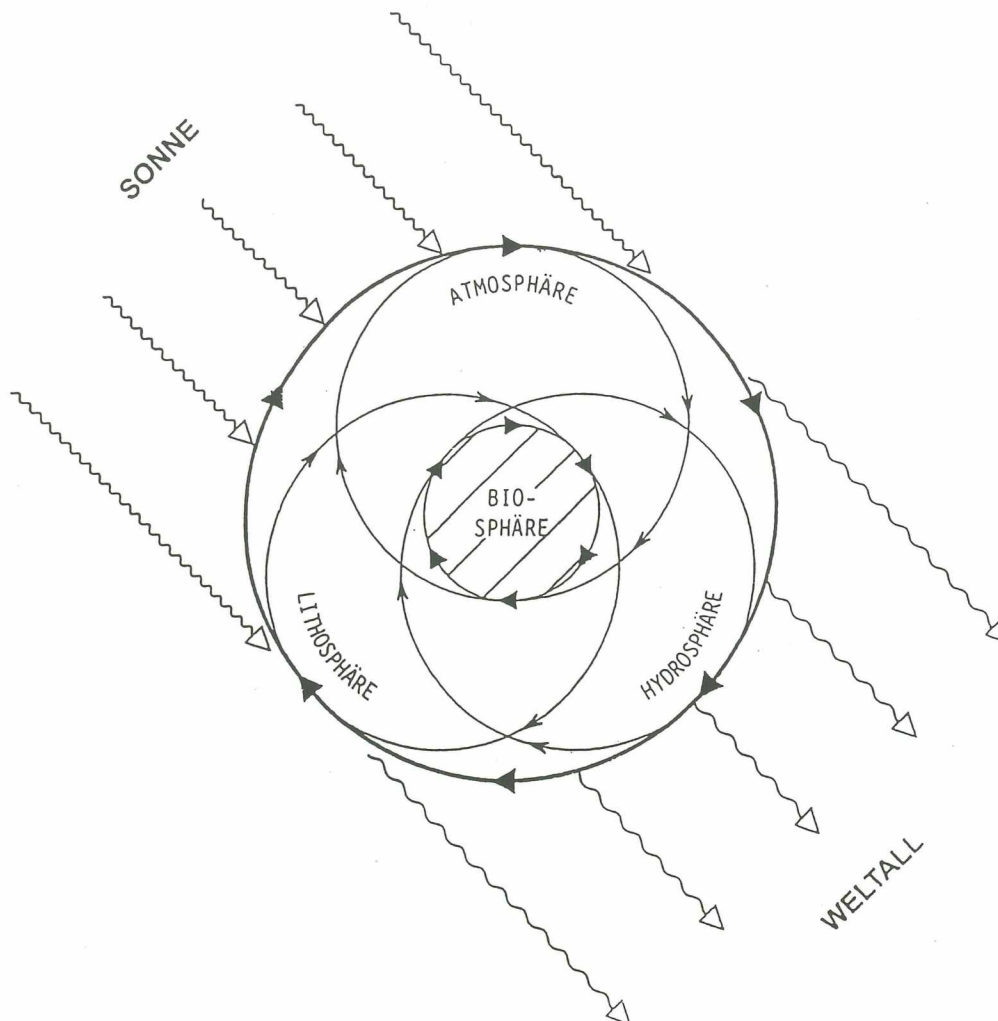
Information regeln, bezeichnen (siehe hierzu z.B. Heidemann 1998, Schaubild E 20).

Wenn wir in der VÖÖ uns die Aufgabe zu eigen gemacht haben, das anthropogene Gesellschaftssystem als ein Subsystem des globalen Ökosystems im allgemeinen und der Biosphäre im besonderen aufzufassen (Strassert/Dieterich/Messner 1999; siehe hierzu auch den Kommentar von Finke 1999, S. 12 f.), dann müssen wir uns auch um ein tieferes Verständnis für die Zwischenverbindungen dieses Subsystems mit den

anderen Systemteilen bzw. Subsystemen bemühen. Da die Biosphäre ein offenes System ist, das also Energie und Materie mit der Umgebung austauscht, sind ihre Bestandteile, d.h. die anderen Subsysteme, ebenfalls offene Systeme.

Auf den ersten Blick abschreckend wirkt dabei die Vorstellung, dass es sich um eine Vielzahl von Subsystemen und Sub-Subsystemen usw. handelt, mit der Konsequenz, dass diese Interaktionen nach Art und Umfang äußerst komplex sind.

Abb. 1 Regimes der Biosphäre



Die (eben erst eröffnete) Diskussion um das Ökologische an der Ökologischen Ökonomie richtet sich an diejenigen Personen, die sich nur dann und nur insofern mit Ökologie beschäftigen wollen, wenn/als sie dies als unumgänglich ansehen.

Als unumgänglich wurde bisher allgemein angesehen,

(1) die Begriffe Quelle und Senke einzuführen, um die Modellwelt formal um die sog. Umwelt, gewissermaßen als Stellvertreterbegriff für die gesamte Ökologie, zu vervollständigen

(2) gegen Wachstumsfetischismus und Umweltzerstörung die sog. fünf Managementregeln für nachhaltiges Wirtschaften einzuführen. Das Zitieren dieser Regeln gilt seitdem für viele als die magische Kraft, die auf geheimnisvolle Weise ein problemloses Funktionieren des Ökosystems gewährleistet.

Darüber hinaus wird immerhin anerkannt, dass die „biosystemische Problematisierung der herkömmlichen Ökonomie und ihre sich hieraus ergebende Neuorientierung“ notwendig sei (Finke 1999, S. 12), um aber sofort hinzuzufügen, dass dies nicht hinreichend sei und die soziokulturellen Bezüge nicht aus dem Blickfeld geraten dürften (Finke 1999, S. 12ff).

Zugegeben, aber haben wir in der VÖÖ der oben konzedierten „Notwendigkeit“ bislang genügend Rechnung getragen? Wohl kaum! Vielmehr ist es „erfolgreich gelungen“, die Unumgänglichkeit besonderer Aktivitäten auf dem Gebiet der Ökologie in den Hintergrund zu (ver-)drängen.

Genug der Vorrede. Ich versuche im Folgenden eine Synopse von systemaren Funktionszusammenhängen in der Hoffnung, damit einsichtiger zu machen, dass die Ökologische Ökonomie solche Zusammenhänge nicht einfach ausblenden kann, sondern sich (auch) damit auseinandersetzen muss.

Die folgenden Darstellungen haben generell mit der Funktionsweise eines Regelkreises und dem grundlegendem Prinzip der Rückkopplung zu tun. Ein Regel-

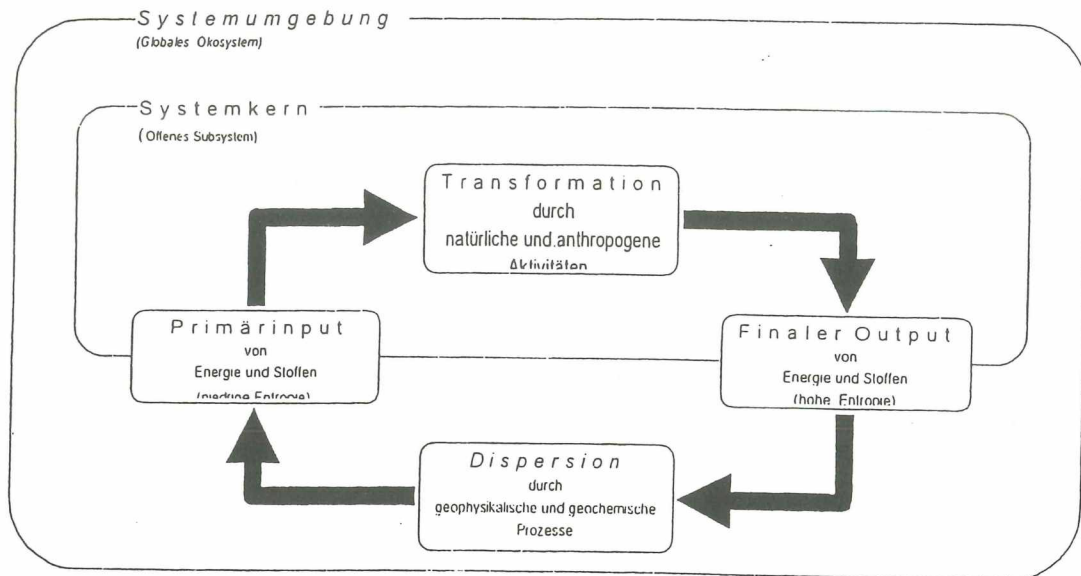
kreis ist ein durch das Prinzip der Rückkopplung geschlossener Ablauf von Systemvorgängen, kurz „ein Regelkreis ist ein in sich geschlossenes System von Rückkopplungen“ (Klötzli 1989, S. 43). In der Natur gibt es eine Vielfalt von Regelkreisen, ebenso wie in anthropogenen Systemen, bei denen immer wieder dasselbe Funktionsprinzip zum Vorschein kommt.

Die Frage ist, wie man solche Funktionszusammenhänge am Besten beschreibt, nicht zuletzt mit Blick auf spätere Modellanalysen. Die im Folgenden zu behandelnden formalen Beschreibungsversuche und Zykluskonzepte haben gleichermaßen systemtheoretische wie produktionstheoretische Wurzeln und münden in ihrer am weitesten gediehenen Form in einen umfassenden Ansatz von ökologisch-ökonomischer Gesamtrechnung, wofür wiederum die (physische) Input-Output-Rechnung eine wesentliche Grundlage abgibt.

Versucht man, ausgehend von der grafischen Darstellung der Regimes der Biosphäre (Abb. 1), eine schematische, an Systemtheorie und Input-Output-Rechnung ausgerichtete, Darstellung von Systemgefüge und Systemvorgängen im gesamten Ökosystem, so kann die folgende Abbildung als Ausgangspunkt weiterer Überlegungen dienen (Abb. 2).

Das Gesamtsystem wird in zwei Bereiche unterteilt: in den Systemkern und die Systemumgebung, wobei die Systemumgebung hier im Sinne von Uexküll (1928) eher als eine Systemhülle, d.h. die zur „Innenwelt“ des Systemkerns zugehörige, d.h. funktionell verbundene, unmittelbare Systemumgebung zu verstehen ist. Oder um an Stelle des Begriffs Systemhülle den von Uexküll eingeführten Begriff „Umwelt“ zu benutzen: Die Gesamtheit aller Input-Output-Beziehungen, die der Systemkern Dank seiner konstruktiven Eigenschaften bzw. seines Systemgefüges (Uexküll würde „Bauplan“ sagen) mit der Außenwelt unterhält, bildet seine „Umwelt“.

Abb. 2 Die Biosphäre als rekursives Produktionssystem



In Abbildung 2 repräsentieren Systemkern und Systemumgebung das Produktionssystem der Biosphäre. Es werden vier funktionale Bereiche unterschieden, wobei der Transformationsbereich den zentralen Bereich des Systemkerns bzw. des Produktionssystems darstellt. Dort transformieren natürlichen Aktivitäten (alle Organismen eines Nahrungsnetzes) und anthropogene Aktivitäten (alle Produktionseinheiten der Ökonomie) Primärintputs aus der Systemumgebung in finale Outputs. Unter Primärintputs sind aus der Sicht der natürlichen Aktivitäten die für die Photosynthese erforderlichen solaren und stofflichen Inputs (Kohlendioxid, Wasser, Mineralstoffe) und aus der Sicht der anthropogenen (ökonomischen) Aktivitäten alle natürlichen, nicht vom Menschen herstellbaren energetischen und stofflichen Inputs niedriger Entropie zu verstehen. Unter den Begriff finale Outputs fallen zum einen Outputs im Sinne von Investitionen in die Produktionskapazität (das sind bei natürlichen Aktivitäten die organischen Baustoffe und bei den ökonomischen Aktivitäten neues Sachkapital) und zum anderen Reststoffe aller Art hoher Entropie (fest, flüssig, gasförmig).

Die Bereiche Primärintput und finaler Output liegen auf der Grenze zwischen Systemkern und Systemumgebung. Eine Rückkopplung zwischen beiden Bereichen wird durch einen vierten funktionalen Bereich, den Dispersionsbereich bewerkstelligt. So gesehen sind die finalen Outputs keineswegs endgültig final, sondern werden im Dispersionsbereich geophysikalischen und geochemischen Prozessen unterworfen, so dass Stoffe entstehen, die letztendlich wieder Primärintputqualität aufweisen.² Auf weitere Erläuterungen kann hier verzichtet werden, da diese später unter Gliederungspunkt 3.2 erfolgen. An dieser Stelle kommt es nur darauf an, ein wenigstens grobes Bezugsschema für die in den folgenden Abschnitten formalen Beschreibungsansätze anzubieten.

Ich komme zurück nun auf das universelle Konzept eines Regelkreises. Die Regeltheorie ist ein Teilgebiet

² Um Missverständnissen hinsichtlich der in Abb. 2 eingezeichneten Pfeile und der damit naheliegenden Kreislaufbetrachtung gleich vorzubeugen: diese Pfade spielen sich auf der Zeitachse ab, d.h. es handelt sich um einen periodischen Zyklus mit immer neuen (oft gleichen, aber niemals identischen) Inputs und Outputs. („Man badet niemals zweimal in demselben Fluss“). Der Zyklus müsste eigentlich auf einer Zeitachse abgetragen werden.

der Systemtheorie, deren Herkunft auf die Kybernetik zurückgeht, an deren Entwicklung Norbert Wiener vor einen halben Jahrhundert maßgeblichen Anteil hatte. Dabei standen bezeichnenderweise Analogien zur Biologie und insbesondere der Funktionsweise von Organismen im Sinne von sog. lebenden Systemen Pate.

Wenn man sich vergegenwärtigt, dass *kybernetes* griechisch „Steuermann“ heißt, dann wird klar, dass die kybernetische oder regelungstheoretische Betrachtungsweise auf die Steuerung von Systemen abzielt. Damit ist aber von vornherein klar, dass diese Betrachtungsweise eine intime Kenntnis des jeweiligen Systems voraussetzt.

Mein Petitum nach dieser Einführung dürfte klar sein: Die Ökologische Ökonomie, die ja, wie die Beliebtheit

der oben genannten Managementregeln belegt, auch eine Steuerungs-wissenschaft sein will, muss sich um die Kenntnis des Regelkreises bzw. der Vielfalt der Regelkreise viel stärker bemühen als man dies bislang getan hat, ja überhaupt für vorstellbar gehalten hat. Dies ist eine notwendige (sowieso aber nicht hinreichende) Voraussetzung für irgendwelche politische Mitwirkungsabsichten, die doch jeder von uns auf irgendeine Weise wenigstens im Hinterkopf mit sich herumträgt. Hier geht es um mehr als nur um gutgemeinte Versuche, durch intensive Kommunikation ein geschärftes Bewusstsein für notwendige gesellschaftliche Veränderungen zu schaffen. Alles wird l'art pour l'art bleiben, wenn wir nicht die Unumgänglichkeit begreifen, endlich auch ein ökologisches Arbeitsfeld zu eröffnen.

Blicken wir nun auf einschlägige Vorarbeiten.

2. Ausgewählte systemtheoretische Zykluskonzepte für das globale Ökosystem seit dem „Golden Age of Theoretical Ecology: 1923–1940“

2.1 Vorbemerkung

Die theoretische und mathematische Biologie und Ökologie nahm nach dem Ersten Weltkrieg vor allem in den USA einen bemerkenswerten Aufschwung, der insbesondere auf das zeitliche und auch räumliche Zusammentreffen von formal geschulten Biologen und von Mathematikern zurückzuführen ist. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang vor allem die Namen Alfred J. Lotka, Vladimir A. Kostitzin und Vito Volterra. Im Hinblick auf die im vorhergegangenen Kapitel bereits erkennbare notwendige Hinwendung zu formalen systemtheoretischen Darstellungsformen lag es nahe, sich insbesondere bei den Vertretern des sog. Golden Age of Theoretical Ecology (Scudo/Ziegler, 1978) nach ersten Ansätzen für das globale Ökosystem umzutun.

Fündig bin ich bei Lotka und Kostitzin geworden.

2.2 Alfred J. Lotka (1924): Das „Mühlrad des Lebens“ (The Mill-Wheel of Life)

Lotkas Wortschöpfung „The Mill-Wheel of Life“ habe ich in den Titel dieses Beitrages aufgenommen, einerseits, weil ich der suggestiven Kraft dieses Ausdrucks erlegen bin, andererseits, weil ich eine zeitliche

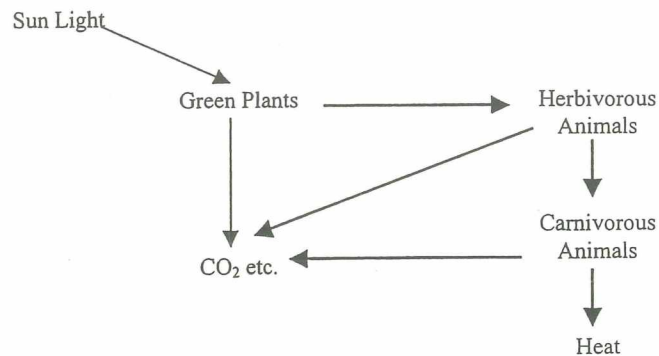
Die folgenden biographischen Angaben sind in gekürzter Form den Editorischen Vorbemerkungen von Silverberg/Krug in: Schweitzer/Silverberg 1998, S. 437f. entnommen.

Alfred James Lotka (1880–1949) wurde in Lemberg (damals Österreich-Ungarn) als Sohn französisch sprechender Eltern mit amerikanischer Staatsbürgerschaft geboren. Seine Schulzeit verbrachte er in Frankreich, Deutschland und England. Akademische Grade (1901: B.Sc. und 1912: D.Sc.) erhielt er von der Universität Birmingham. Von 1901 bis 1902 studierte er in Leipzig Chemie, wo er durch die Vorlesungen Wilhelm Ostwalds den entscheidenden Impuls für seine lebenslange Beschäftigung mit den physischen und mathematischen Grundlagen der Evolution erhielt. 1902 kam er in die Vereinigten Staaten und arbeitete dort zunächst als Industriechemiker. Nach verschiedenen Stationen, so als Patentprüfer im staatlichen Patentbüro, Physiker im Amt für Standardisierung oder freier Schriftsteller, nutzte er eine befristete Forschungsstelle in der Human Biology Group von Raymond Pearl an der John Hopkins University in Baltimore, Maryland, um sein Hauptwerk, die „Elements of Physical Biology“ fertigzustellen (1924). Von 1924 bis zu seiner Pensionierung 1948 arbeitete Lotka als Statistiker in verschiedenen Positionen im Büro für Statistik der Metropolitan Life Insurance Company, New York. Unter anderem war er Präsident der American Statistical Association und Mitglied der Royal Economic Society. Lotka kam von der physikalischen Chemie zur Evolution und war bestrebt, allgemeine Gesetze für die Stoff- und Energieflüsse in der evolvierenden Biosphäre festzustellen. Er hat damit eine Traditionslinie fortgesetzt, die im 19. Jahrhundert von dem Biologen Karl Ernst von Baer (1792 – 1876) und dem Physikochemiker Wilhelm Ostwald begründet worden war.

frühere Vision eines synoptischen und möglichst formalen Systemkonzeptes, das dem entgegenkam, was ich suchte, nicht gefunden habe. Paradoxerweise widmet Lotka in seinem umfangreichen und beein-

druckend detaillierten Werk ausgerechnet diesem Aspekt nur wenig Raum und stützt sich dabei noch auf eine doch recht einfache Graphik (Abb. 3)

Abb. 3 Das Mühlrad des Lebens (Quelle: Lotka 1925, Fig. 68: The Mill-Wheel of Life)



Immerhin war es Daly, der sich schon weit vor mir (1968) gleichfalls beeindruckt ließ und den später zu behandelnden Artikel „On Economics as a Life Science“ ebenfalls auf diesen Teil des Lotkaschen Werkes bezogen hat (s.u.).

Lotkas Kommentare beziehen sich darauf, dass diese „great world engine or energy transformer“, aus einer Vielzahl von separierbaren Funktionseinheiten besteht und zyklisch arbeitet. Bemerkenswert seine fast erheiternden Passagen, dass es sich um eine einzigartig unzulängliche Maschine handele (singularly futile engine), die absurderweise alle Energie, die sie als Ressource aufgenommen hat, vollständig wieder verpulvert: sie verwende alle Arbeit dafür, sich selbst in

Gang und Instand zu halten, so dass kein Überschuss für irgendeinen denkbaren anderen Zweck übrig bleibt. Immerhin hält er dieser Maschine unter einem evolutiven Aspekt zugute, dass das bloße Inganghalten mit einer Verbesserung der Maschine verbunden ist. An späterer Stelle weist er ferner auf zwei immanente gegenläufige Tendenzen hin, die dadurch zum Ausdruck kommen, dass Pflanzen und Tiere in gegenläufiger Richtung arbeiten, weil Tiere diejenige Biomasse wieder zunichte machen, welche die Pflanzen aufgebaut haben. Außerdem trägt die Maschine dazu bei, dass Energie bergab (downhill) fließt, mit dem Ergebnis geringerer Verfügbarkeit und höherer Entropie.

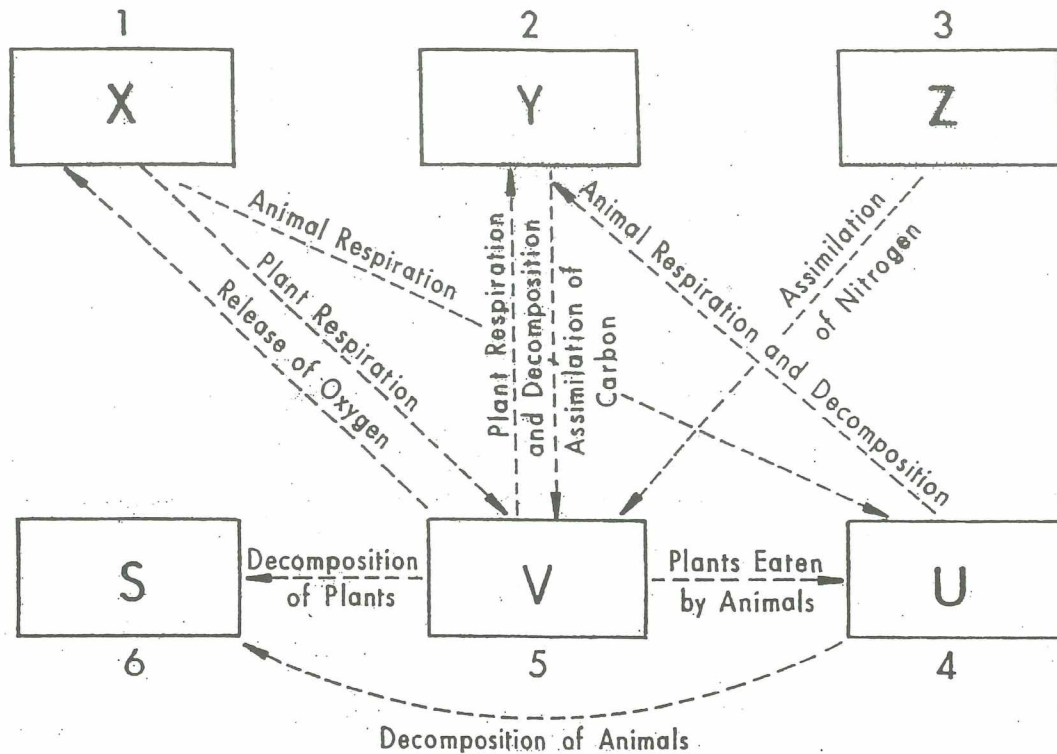
2.3 Vladimir A. Kostitzin (1935): Die Zirkulation von Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff (The Circulation of Carbon, Oxygen and Nitrogen)

Ein Jahrzehnt später hat Kostitzin einen ungleich detaillierteren Ansatz präsentiert. Grundlage ist ein

sechsteiliges Flussdiagramm (Abb. 4) mit den folgenden Komponenten:

- X: Gesamtgewicht des freien Sauerstoffs in der Atmosphäre
- Y: Gesamtgewicht des Kohlenstoffs in der Atmosphäre und in den Ozeanen
- Z: Gesamtgewicht des Stickstoffs in der Atmosphäre
- U: Gesamtgewicht dieser Stoffe in Tieren
- V: Gesamtgewicht dieser Stoffe in Pflanzen
- S: Gesamtgewicht dieser Stoffe in der Erdkruste.

Abb. 4 Die Zirkulation von Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff
(Kostitzin 1935, Quelle: Scudo/Ziegler 1978, S. 458, Fig. 2)



Kostitzin stellt nun ein Gleichungssystem mit Differenzialgleichungen auf, welche die Bestandsveränderungen der sechs Komponenten in Abhängigkeit von den durch die Pfeile charakterisierten Austauschbeziehungen (Inputs und Outputs) beschreiben und gelangt durch mathematische Operationen und Annahmenvariation zu Aussagen über die Veränderung

der Proportionen der Pflanzen- und Tierwelt im Zeitablauf. Er kommt zu dem Schluss, dass sich über kurz oder lang ein Gleichgewicht einstellt.

Lotkas „Mühlrad des Lebens“ hat sich damit in formaler Hinsicht gewissermaßen bereits zu drehen begonnen.

2.4 Bruce Hannon/Robert Costanza/Robert Ulanowicz (1991):

Ein allgemeiner Gesamtrechnungsansatz für ein ökologisches Netzwerk (Hypothetical Ecosystem Network Illustrating the General Accounting Framework)

Ich mache nun einen großen Sprung in die jüngere Vergangenheit und Gegenwart, indem ich am Beispiel des Beitrags von Hannon/Costanza/Ulanowicz darauf hinweise, dass in der Ökologie Gesamtrechnungsansätze für das Ökosystem und partielle ökologische Netzwerke mehr und mehr an Bedeutung gewinnen. Damit ist eine stärkere produktionstheoretische Ausrichtung verbunden, die auch der Input-Output-Rechnung und Input-Output-Analyse den Weg berei-

tet. Seit den siebziger Jahren haben insbesondere Hannon und Ulanowicz dazu beigetragen, die Input-Output-Analyse in die Ökologie einzuführen³.

Die Zeit der Flussdiagramme als typische und alleinige Analysegrundlage neigt sich damit dem Ende zu.

³ Siehe hierzu z. B. Hannon (1995) und Ulanowicz (1986).

Abbildung 5 zeigt ein Grundschaema für einen Gesamtrechnungsansatz, den Hannon/ Costanza/Ulanowicz

einerseits als umfassend, andererseits aber auch als einfachste Form bezeichnen.

Abb. 5 Ein allgemeiner Gesamtrechnungsansatz für ein ökologisches Netzwerk
(Hypothetical Ecosystem Network Illustrating the General Accounting Framework)
(Hannon/Costanza/Ulanowicz 1991; Quelle: Costanza 1997, p. 211, table 1)

Products (units)	Internal Processes				External Processes			Totals
	Abiotic Chemical Processes	Biotic processes		Change in stock	Exports/ imports	Depre- ciation		
		Producers	Consumers					
<i>Internally produced</i>								
Nutrients	use	20	10	0	0	5	2	37
(g/t)	make	20	5	5	—	7	—	37
	stock	500	0	0	—	—	—	500
Plant biomass	use	1	5	6	1	0	1	14
(g/t)	make	0	14	0	—	0	—	14
	stock	0	100	0	—	—	—	100
Animal biomass	use	1	1	5	—	0	1	8
(g/t)	make	0	0	8	—	0	—	8
	stock	0	0	10	—	—	—	10
Waste heat	use	—	—	—	—	—	100	100
(Cal/t)	make	5	50	45	—	—	—	100
<i>Externally produced</i>								
Sunlight	use	0	100	0	—	—	—	100
(Cal/t)	make	—	—	—	—	100	—	100

Es werden drei Basisprozessgruppen (abiotische chemische Prozesse, Primärproduzenten-Prozesse, Konsumprozesse) sowie fünf Produktgruppen (Nährstoffe, pflanzliche Biomasse, tierische Biomasse, Abwärme und Sonnenlicht) unterschieden. Die zeilenweisen Unterteilung in „use“, „make“ und „stock“ ist an den Prinzipien der modernen Input-Output-Rechnung ausgerichtet, die konsequent Ströme (flows) und Bestände (stocks) unterscheidet und eine Input-Output-Tabelle aus einer „Use-Matrix“ und einer „Make-Matrix“ zusammensetzt⁴. Die Definition von Nettoproduktion nimmt Bezug auf das Grundmodell des Metabolismus, wobei die Abnahme von Beständen (stocks) mit dem Entropiegesetz in Verbindung gebracht wird und die sogenannte Respiration (kurz Betriebstoffwechsel), die mit dem Anfall von Reststoffen aller Art

(fest, flüssig, gasförmig) verbunden ist, nicht als Teil der Nettoproduktion verstanden wird.

⁴ Beide Matrizen sind nach Produktionsprozessen (Spalten) und Produkten (Zeilen) unterteilt, wobei die Use-Matrix die Inputseite und die Make-Matrix die Outputseite eines Produktionssystems beschreibt.

3. Ausgewählte übergreifende Zykluskonzepte für Ökologie und Ökonomie

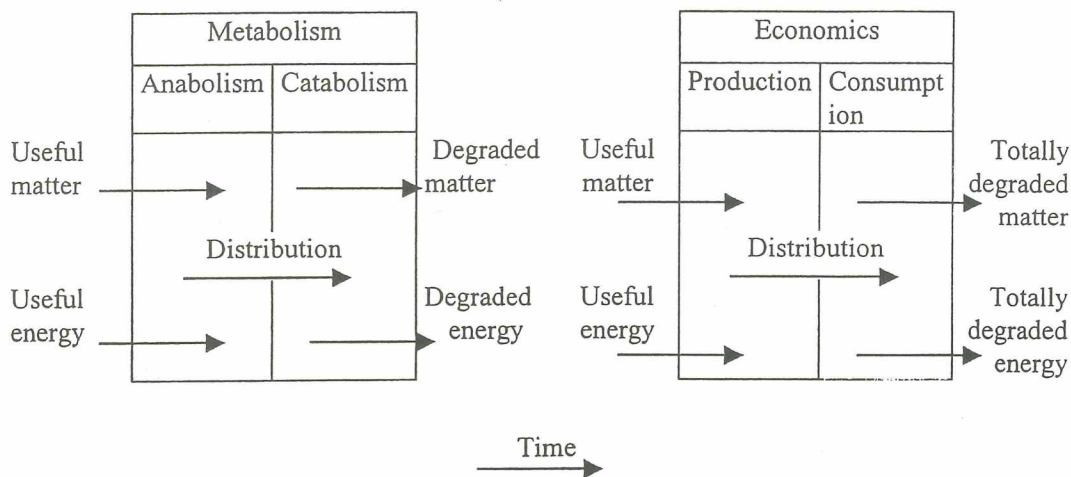
3.1 Herman E. Daly (1993): Die metabolische Analogie und eine erweiterte Input-Output-Tabelle (The Metabolic Analogy and an Expanded Input-Output-Table)

Verlassen wir nun die Betrachtung ausschließlich der Ökologie und wenden uns Ansätzen zu, die eine Verbindung von Ökologie und Ökonomie herzustellen versuchen, indem eine gemeinsame produktions-theoretische Basis bestimmt und ein gegenseitiger Bedingungs-zusammenhang des anthropogenen (ökonomischen) und des ökologischen Systems beschrieben wird.

Daly hat schon früh erkannt, dass man die biophysikalischen Grundlagen der Ökonomie („biophysical

foundations of economics“, p. 256) durch Bezugnahme auf den biologischen Metabolismus, der sich innerhalb von Körpern abspielt („within skin“) zum Ausdruck bringen kann, wenn man die Ökonomie als Metabolismus, der sich außerhalb von Körpern („outside skin“), abspielt. Dem Funktionspaar Anabolismus (Aufbau) und Katabolismus (Abbau) auf der einen Seite entspricht das Funktionspaar Produktion und Konsumption auf der anderen Seite (Abb. 6).

Abb. 6 Ökonomie als Metabolismus (nach Daly 1968, Figure 13.1: The metabolic analogy)



Diese Betrachtungsweise (Analogie) bietet auch eine gute Gelegenheit, auf die Bedeutung des Entropiegesetzes für alle Lebensprozesse im allgemeinen und für die ökonomischen Produktionsprozesse im besonderen hinzuweisen, mit der Folge, dass alle stofflichen und energetischen Ströme durch alle Phasen des Lebensprozesses nur in einer Richtung fließen, nicht zirkulär und damit nicht umkehrbar sind („one-way, noncircular, irreversible nature of the flow of matter-

energie through all divisions of the life process“, p. 253). Daly bezieht sich dabei auf Schrödinger (1945), der Leben als ein System beschreibt, welches sich einerseits in einem Fließgleichgewicht und andererseits in einen thermodynamischen Ungleichgewichtszustand befindet, der einen möglichst konstanten Abstand von dem Gleichgewichtszustand (Tod) einhält, indem es Inputs geringer Entropie in Outputs hoher Entropie umformt. Kein Organismus kann in

einer Umgebung, die nur aus dem eigenen Reststoffen (Marx spricht in diesem Zusammenhang von Teufelsstaub: „devil's dust“) besteht, leben.

Das Metabolismus-Prinzip gilt auch für die Ökonomie. Daly unternimmt nun den Versuch, die Interdependenzen, die zwischen dem anthropogenen Subsystem (Ökonomie) und der globalen Ökosystem bestehen, heuristisch-formal mit Hilfe eines umfassenden Input-Output-Schemas zu beschreiben (Abb. 7).

Dieses Schema unterscheidet 3 ökonomische und 6 ökologische Sektoren und ist begrenzt auf der Input-

seite durch eine Inputzeile für die Sonnenenergie und auf der Outputseite durch eine Outputspalte finaler Konsum im Sinne von Reststoffen im endgültigen Zustand höchster Entropie. Das Input-Output-Schema ist in vier Quadranten unterteilt, wovon die Quadranten (2) und (4) einer isolierten Betrachtung der Ökonomie bzw. der Natur dienen, und die beiden anderen Quadranten die Verbindung der beiden Bereiche zeigen, Quadrant (3) erfasst den Primärinput der ökonomischen Sektoren aus der Natur und der Quadrant (1) zeigt die Abgabe von Reststoffen aller Art an die Natur.

Abb. 7 Eine erweiterte Input-Output-Tabelle (An Expanded Input-Output Table – Detail; Quelle: Daly 1968, wiederabgedruckt in Daly/Townsend 1993, p. 260, table 13.2)

Output from	Input to										Total
	Agri- culture (1)	Industry (2)	Households (final consumption) (3)	Animal (4)	Plant (5)	Bacteria (6)	Atmo- sphere (7)	Hydro- sphere (8)	Litho- sphere (9)	Sink (final consumption) (10)	
	Quadrant (2)			Quadrant (1)							
1. Agriculture	...	q_{12}	...	...	...	...	q_{17}	...	...	...	Q_1
1. Industry	q_{21}	(q_{22})	q_{23}	...	...	...	q_{27}	...	...	...	Q_2
3. Households (primary services)	...	q_{32}	...	...	...	...	q_{37}	...	...	...	Q_3
	Quadrant (3)			Quadrant (4)							
4. Animal	...	...	...	...	...	...	q_{47}	...	...	...
5. Plant	...	...	...	...	...	...	q_{57}	...	...	...
6. Bacteria	...	...	...	...	...	...	q_{67}	...	...	...
7. Atmo- sphere	q_{71}	q_{72}	q_{73}	q_{74}	q_{75}	q_{76}	(q_{77})	q_{78}	q_{79}	$q_{7,10}$	Q_7
8. Hydro- sphere	...	...	...	...	...	...	q_{87}	...	...	...
9. Litho- sphere	...	...	...	...	...	...	q_{97}	...	...	...
10. Sun (primary services)	...	...	...	...	...	...	$q_{10,7}$	...	...	...

Bemerkenswert ist, dass es sich um ein komplettes Mengensystem handelt und jede Zeile als physische Bilanzgleichung geschrieben werden kann. Alle definierten Daten und Koeffizienten hält Daly prinzipiell für ermittelbar und findet für die Tatsache, dass dies noch nicht in ausreichendem Masse versucht wurde,

die Erklärung, dass es an theoretischen Schublade für solche Daten gefehlt hat. Mit anderen Worten: es bedarf nicht zuletzt mehr heuristischer Anstrengungen. Dies ist nur eine notwendige Bedingung, eine andere benennt Daly auch: die unerlässliche Kooperation vieler Disziplinen (p. 263).

3.2 Günter Strassert (1993; 1997): Der Provision-Transformation-Restitution Zyklus (The Provision-Transformation-Restitution Cycle)⁵

Wie ich heute feststelle, bin ich selbst erst so um die Mitte der achtziger Jahre zu einer heuristischen Sichtweise gelangt, die der von Daly im Jahre 1968 veröffentlichten entspricht. Dies hat damit zu tun, dass Georgescu-Roegen den Artikel seines Schülers Daly in seinem 1971 veröffentlichten Buch „The Entropy Law and the Economic Process“ nicht zitiert hat und ich, als ich mich in die Produktionstheorie von Georgescu-Roegen einarbeitete, feststellte, dass sich Georgescu-Roegen trotz aller Verweise auf die Biologie, und in diesem Zusammenhang des öfteren auf Lotka, erstaunlicherweise strikt auf das ökonomische Produktionssystem beschränkte und eine Erweiterung seiner Betrachtungsweise auf das globale

Ökosystem nirgendwo in seinen späteren Beiträgen vornahm. Meine eigene Erweiterung datiert aus dem Jahre 1985 (Strassert 1985), wie gesagt, in Unkenntnis des oben behandelten Artikels von Daly.

Seit Anfang der neunziger Jahre habe ich diesen Ansatz dann im Zusammenhang mit meiner Vorlesung Bioökonomie (produktions-) analytisch ausgebaut und verfeinert.

Kurz gesagt, zunächst habe ich ein Input-Output-Schema für 7 Basisaktivitäten des ökonomischen Produktionsbereiches erstellt, wobei ich mich an eine entsprechende Sektoreinteilung von Georgescu-Roegen angelehnt habe (Abb. 8).

⁵ Ich sollte erläutern, warum ich seinerzeit für diesen Zyklus die umständliche Bezeichnung „Provision-Transformation-Restitution-Zyklus“ verwendet habe. In erster Linie wollte ich einen der Natur gegenüber aggressiven Sprachgebrauch vermeiden, wobei ich besonders an Ausdrücke wie Extraktion und Ausbeutung auf der Inputseite und Entledigung und Versenken auf der Outputseite dachte. Es ging und geht mir um eine möglichst neutrale funktionale Ausdrucksweise. Die Natur als ökologisches System tritt funktionell auf als Geber, Transformator und Nehmer. Der Transformationsbereich (Produktionsbereich im engeren Sinne) erhält seine Inputs aus dem Geberbereich, den ich als „Provisionsbereich“ bezeichnet habe, um mit Provision im Sinne von Verproviantierung (oder auch Alimentierung) die Bereitstellung von Energie und Stoffen aus der Umgebung als materielle Voraussetzung für Transformationsaktivitäten zu charakterisieren. Heute verwende ich aus der Sicht der Produktionstheorie den Begriff „Primärinputbereich“. Nach der Transformation werden die Outputs in den Nehmerbereich überführt, den ich als „Restitutionsbereich“ bezeichnet habe, um die Rückführung von Energie und Stoffen in die Umgebung als materielle Ergebnisse von Transformationsaktivitäten zu charakterisieren. Heute verwende ich, auch aus der Sicht der Produktionstheorie, den Begriff „Finaler Output“ ohne damit aber glücklich zu sein. Alle drei Bereiche (Primärinputbereich, Transformationsbereich, Finaler Outputbereich) stehen in Verbindung miteinander durch Dispersionsvorgänge. Der Begriff „Dispersion“ umfasst die durch geochemische und geophysikalische Prozesse bewirkten Umwandlungs- und Transformationsvorgänge und Translokationen von Stoffen, sei es durch gewöhnliche meteorologische/geophysikalische Vorgänge, sei es durch außergewöhnliche Naturereignisse. Aufgrund verschiedener Rhythmen geophysikalischer Vorgänge (Vulkanismus, Erosion, Sedimentation) sind die Kreisläufe von Kohlenstoff und Stickstoff nie vollständig geschlossen.

Abb. 8 Schema einer Physischen Input-Output-Tabelle (PIOT) für sieben Basisaktivitäten

→ Out-put Input↓													
	M	E	K	C	F	D	G	L ^Z	SK ^U	SK ^H	EX	W	ED
M			x_{13}	x_{14}		x_{16}		l_1^z			ex_1	w_1	e_1^d
E	e_{21}		e_{23}	e_{24}	e_{25}	x_{26} e_{26}	e_{27}	e_2^z			e_2^{ex}	w_2	e_2^d
K	x_{31}	x_{32}		x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}	l_3^z	k_3^U	k_3^H	ex_3	w_3	e_3^d
C					x_{45}	x_{46}		l_4^z	k_4^U	k_4^H	ex_4	w_4	e_4^d
F						x_{56}						w_5	e_5^d
D							x_{67}	l_6^z			ex_6	w_6	e_6^d
G	x_{71}							l_7^z			ex_7	w_7	e_7^d
L ^a	l_1^a	l_2^a	l_3^a	l_4^a	l_5^a	l_6^a	l_7^a						
ES ^a		e_2^a											
IM	im_1	e_2^{im}	im_3	im_4	im_5	im_6	im_7						
EF		e_2^f											
EB		q_2											
M ^g	q_1^g												
M ^f	q_1^f												
M ^s	q_1^s												

Legende:

Basis-Aktivitäten

Das gesamtwirtschaftliche/regionalwirtschaftliche Produktionssystem bestehe aus den folgenden sieben, funktional abgegrenzten Aktivitäten:

M: Gewinnung materieller Rohstoffe (natürliche Rohstoffe in situ) für die Weiterverarbeitung (Bergbau, Salinen, Land- und Forstwirtschaft)

E: Gewinnung von Energie-Rohstoffen/Energieträgern (Bergbau, Steinbrüche, Land- und Forstwirtschaft)

K: Herstellung von produzierten Produktionsmitteln (Sachkapital) und Instandhaltung des Sachkapitals (Pflege und Reparatur)

C: Herstellung von Konsumgütern (Ge- und Verbrauchsgüter in Haushalten)

F: Finale immaterielle Haushaltsproduktion im Sinne von Eigen-Investitionen in das Humankapital

D: Sammlung und Bereitstellung (Deponierung) von Reststoffen (gleich welchen toxischen Gehalts)

G: Wieder-Gewinnung von Rohstoffen aus Reststoffen zwecks Recycling.

Diese sieben Aktivitäten können als Basisaktivitäten angesehen werden, die in jeder kleineren oder größeren Volkswirtschaft in der einen oder anderen institutionellen Form vorkommen und vorkommen müssen.

In dem obenstehenden Schema einer PIOT (Abb. 8) sind sowohl Stoffströme als auch Energieströme dargestellt. Eine getrennte Darstellung in jeweils einer eigenen PIOT wäre zwar möglich, ist in diesem Fall aber nicht zweckmäßig, da sonst der produktionstheoretische Zusammenhang zerrissen würde.

Transaktionsmatrix

Die Transaktionsmatrix beschreibt den Bereich der intermediären Input- Output-Beziehungen, in welchem die Umformung und Umwandlung von energetischen und stofflichen Inputs in qualitativ veränderte energetische und stoffliche Outputs erfolgt.

Stoffströme:

x_{ij} : Stofflicher Output einer Aktivitäten A_i , der von einer Aktivität A_j als Input benötigt wird.

Energieströme:

e_{ij} : Energetischer Output der Aktivitäten E , der von einer Aktivität A_j als Input benötigt wird.

Endproduktionsbereich A

Stoffströme:

Der Endproduktionsbereich A beschreibt diejenigen physischen Outputs, die eine Periode überdauern oder die Systemgrenzen überschreiten.

Es bedeuten:

L^z : Zugänge zum Materiallager (betrieblicher oder außerbetrieblicher Materialspeicher): die Ströme l_j^z beschreiben Mengen von Hilfs- und Betriebsstoffen aller Art sowie Ersatzteile.

SK^U : Neues Sachkapital für die Unternehmen, d.h. sogenannte produzierten Produktionsmittel (Investitionen in das Sachkapital für Unternehmen). Die Endproduktion des Sektors K besteht aus den Strömen k_3^U und k_3^H .

SK^H : Neues Sachkapital für die Haushalte, d.h. sogenannte dauerhafte Gebrauchsgüter (Investitionen in das Sachkapital für Haushalte). Die

Endproduktion des Sektors C besteht aus den Strömen k_4^U und k_4^H .

EX: Exportierte Mengen, d.h. Ströme ex_i , die über die Systemgrenzen hinausgehen.

Energieströme:

ES^z: Zugänge zum Energiespeicher (betrieblich oder außerbetrieblich), hier dargestellt als ein Output e_2^z der Aktivität E.

EX: In dieser Spalte ist für die Aktivität E (Zeile E) die exportierte Menge an Energie aufgeführt, d.h. der Strom e_2^{ex} , der über die Systemgrenzen hinausgeht.

Endproduktionsbereich B

Stoffströme:

W: Stofflichen Reststoffe als materielle Zwischen- und Endergebnisse der anthropogenen Aktivitäten, dargestellt als Reststoffströme w_i in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand.

Energieströme:

ED: In die Umgebung zurückgeführte (dissipierte) Energie (Abwärme), dargestellt als Ströme e_i^d .

Primärinputbereich B

Stoffströme:

Der Primärinputbereich B umfasst die energetischen und stofflichen Inputs, welche die Natur für die anthropogenen Produktionsaktivitäten bereitstellt; ohne diese „Alimentierung“ wäre ein Produktionssystem nicht funktionsfähig, weil es ebendiese Inputs nicht selbst herstellen kann.

M^g, M^f, M^s : Materialspeicher der Natur

mit:

q_j^g : Inputmengen von gasförmigen Rohstoffen: Substanzen aus dem „Gasspeicher“ Atmosphäre

q_j^f : Inputmengen von flüssigen Rohstoffen: Substanzen aus dem „Wasserspeicher“ Hydrosphäre

q_j^s : Inputmengen von festen (soliden) Rohstoffen: Substanzen aus dem „Rohstoffspeicher“ Pedo- und Lithosphäre („Boden“).

Energieströme:

EF: Energie aus Energieflüssen: Solarenergie und die durch sie bewirkten Strömungen von Wind und Was-

ser sowie Erdwärme. Der Inputstrom für die Aktivität E ist durch e_2^f gekennzeichnet.

EB: Energie aus Energiebeständen (Beständen an Energieträgern): Fossile Energie und Uran. Der Inputstrom q_2 ist unabhängig von seiner energetischen Nutzung in der Aktivität E stofflicher Art. Daher ist hat auch die Aktivität E nicht nur energetische Outputs, sondern auch zwei stoffliche Outputs (x_{26} und w_2).

Primärinputbereich A

Stoffströme

L^a: Abgänge aus dem Materiallager (anthropogener Materialspeicher): die Ströme l_i^a

Beschreiben Mengen von Hilfs- und Betriebsstoffen aller Art sowie Ersatzteile.

IM: Importierte Mengen, d.h. Stoffströme im_i^s , die in anderen (anthropogenen) Produktionssystemen hergestellt sind und die Systemgrenzen überschreiten.

Energieströme

ES^a: Abgänge (Entnahmen) aus dem Energiespeicher der Aktivität E: der Strom e_2^a beschreibt den Input aus dem Energiespeicher für die Aktivität E.

IM: In dieser Zeile ist für die Aktivität E (Spalte E) die importierte Menge an Energie aufgeführt, d.h. der Strom e_2^{im} , der über die Systemgrenze hereinkommt.

Dieses erweiterte Input-Output-Schema ist insofern kein Kreislaufschema, als die Inputs nicht bzw. nur zu einem Teil aus dem Output stammen und die Outputs nicht bzw. nur zu einem Teil zu Inputs werden, es liegt also kein (vollständiges) Recycling vor. Unabhängig davon sind die Stoff- und Energiebilanzen ausgeglichen.

Ausgehend von einem solchen Schema, habe ich dann versucht, ein entsprechendes Schema für den natürlichen Produktionsbereich zu erstellen. Dies erwies sich insbesondere deshalb als schwierig, als sich die Bodenwelt, mit ihrer unglaublichen Vielfalt und Spezialisierung, einer entsprechenden analytischen Behandlung zu verweigern schien. Meine neueste Version ist Abbildung 9.

Abb. 9 Schema einer PIOT für neun Basisaktivitäten des natürlichen Produktionsbereichs

Output ⇒	Natürliche Aktivitäten									Orga- ni- sche Bau- stoffe	Umgebung			
	P	H	C	Z ₁₁	Z ₁₂	R	Z ₂₁	Z ₂₂	M		F	M ^g	M ^f = BL	M ^s = DP	E^{d}
P		Y ₁₂		Y ₁₄						f ₁	r ₁ ^g		r ₁ ^s	e ₁ ^d
H			Y ₂₃		Y ₂₅					f ₂	r ₂ ^g		r ₂ ^s	e ₂ ^d
C					Y ₃₅					f ₃	r ₃ ^g		r ₃ ^s	e ₃ ^d
Z ₁₁						Y ₄₆				f ₄	r ₄ ^g		r ₄ ^s	e ₄ ^d
Z ₁₂						Y ₅₆				f ₅	r ₅ ^g		r ₅ ^s	e ₅ ^d
R								Y ₆₈		f ₆	r ₆ ^g		r ₆ ^s	e ₆ ^d
Z ₂₁						Y ₇₆		Y ₇₈		f ₇	r ₇ ^g		r ₇ ^s	e ₇ ^d
Z ₂₂						Y ₈₆				f ₈	r ₈ ^g		r ₈ ^s	e ₈ ^d
M							Y ₉₇			f ₉	r ₉ ^g	r ₉ ^f	r ₉ ^s	e ₉ ^d
EF	e ₁													
EB														
M ^g	m ₁ ^g													
M ^f = BL	m ₁ ^f													
M ^s = DP									m ₉ ^s					

Legende:

Aktivitäten

P:

Aktivität: Ur-Produktion (Primärproduktion) der pflanzlichen Biomasse mittels Photosynthese

Akteure: Gesamtheit autotropher Pflanzen:

H:

Aktivität: Transformation der pflanzlichen Biomasse (lebendes Gewebe) in Baustoffe und Betriebsstoffe der Organismen der Herbivoren

Akteure: Herbivoren (Pflanzenfresser und Parasiten):

C:

Aktivität: Transformation der Biomasse von „Beute“ in Bau- und Betriebsstoffe von „Räubern“ (Räuber-Beute-Beziehung; prey-predator relation).

Akteure: Carnivoren: Fleischfresser und Parasiten. Fleischfresser sind auch Pflanzenfresser und insofern Omnivoren (Allesfresser).

Z₁₁:

Aktivität: Primärzersetzung: morphostrukturelle Dekomposition

Akteure: (makro-) phytophage Bodentiere

Z₁₂:

Aktivität: Primärzersetzung: morpho-strukturelle Dekomposition

Akteure: (makro-) saprophage Bodentiere

R:

Aktivität: Regulation der Population der Bodenfauna

Akteure: Zoophage Bodentiere

Z₂₁:

Aktivität: Sekundärzersetzung: morpho-strukturelle Dekomposition sowie Regulation der Populationen der Mikroflora

Akteure: (mikro-) phytophage Bodentiere

Z₂₂:

Aktivität: Sekundärzersetzung: morpho-strukturelle Dekomposition

Akteure: (mikro-) saprophage, nekrophage, koprosaprophage und humiphage Bodentiere

M:

Aktivität: Mineralisierung und Humifizierung

Akteure: Organismen der Mikroflora.⁶

Primär- und Endbereich:

DP: Detrituspool⁷

BL: Bodenlösung (im Bodenwasser gelöste Mineralsalze).

Stoffströme:

e_i : Energieinput als Energiefluss (EF): Sonnenenergie (hv)

m_1^g, m_1^f, m_9^s : stoffliche Inputs in gasförmiger, flüssiger oder fester Form aus der Umgebung bzw. dem Rohstoffspeicher (M), hier insbesondere die Inputs m_1^f (Bodenlösung), m_1^g (Kohlendioxid) und m_9^s (Detritus)

y_{ij} : transformierte organische Stoffe als Zwischenproduktion

f_i : finale Outputs im Sinne von organischem Sachkapital (Baustoffe)

r_1^g, r_1^f, r_1^s : Reststoffe in gasförmiger, flüssiger oder fester Form

e_i^d : dissipierte Energie (Abwärme).

Logischerweise musste als nächster Schritt die Verbindung beider Schemata folgen. Ein allgemeines Schema für diese Verbindung ist Abbildung 10.

⁶ Zur Bodenflora zählen Bodenbakterien, Strahlenpilze (die den Bakterien zugeordnet werden), Pilze, Algen und Flechten (Lebensgemeinschaft von Pilzen und Algen). Die Bodenbakterien sind oft von einer Schleimschicht umgeben, die die Lebendverdauung der anorganischen Bodenteilchen und den Zusammenhalt der Bakterien in sog. Mikrokolonien bewirkt und der Lösung und Aufnahme schwer verfügbarer Mineralnährstoffen wie Eisen und Phosphor dient. Die Hauptnahrungsquelle der Strahlenpilze zusammen mit Ständerpilzen, sind höhermolekulare organische Verbindungen wie Zellulose, Chitin und Lignin, sie bauen vor allem Kohlenhydrate ab und sind im übrigen an der Bildung von Huminstoffen maßgeblich beteiligt. Die für alle Leben notwendige Versorgung mit Stickstoff (Nukleinsäuren, Eiweißverbindungen) ist in terrestrischen Ökosystemen nur über die Bodenflora gewährleistet. (Wie funktioniert Das? Die Umwelt des Menschen, S.138).

⁷ Detritus: „feinstes Lockermaterial, das beim Zerfall von Gesteinen und Organismen und ihren Hartteilen entsteht, in Gewässern besteht der D. aus mineralischen und organischen Partikeln, vermischt mit Bakterien „(Der Grosse Brockhaus, Band 3, S. 79). Detritus: " Organische Abfallstoffe, Trümmer von tierischen und pflanzlichen Geweben, i.e.S. Bezeichnung für feines, durch Zersetzung von

Tier- und Pflanzenresten entstehendes Material, wobei im Wasser noch die mineralischen Sinkstoffe hinzugerechnet werden. D. dient den Detritusfressern oder Detrivoren als Nahrungsquelle" (Lexikon der Biochemie und Mikrobiologie, Bd 1, S. 343).

Abb. 10 Schema einer Physischen Input-Output-Tabelle (PIOT)
für den gesamten Produktionsbereich eines Subsystems der Biosphäre

Output_ Input_	ökonomische Aktivitäten $A_1 \dots A_i$	Finaler Output A F_i	Umgebung: Finaler Output B $W^s \ W^f \ W^g$ E^d	Output_ Input_	natürliche Aktivitäten $B_1 \dots B_k$	Finaler Output A F^n	Umgebung: Finaler Output B $R^s \ R^f \ R^g$ E^d
A_1	$x_{11} \dots$	f_1	$w_1^s \ w_1^f \ w_1^g$	B_1	$y_{11} \dots$	f_1^n	$r_1^s \ r_1^f \ r_1^g$
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
\dots	T_a	\dots	FO_a	\dots	T_n	\dots	FO_n
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
A_i	$x_{i1} \dots$	f_i	$w_i^s \ w_i^f \ w_i^g$	B_i	$y_{i1} \dots$	f_i^n	$r_i^s \ r_i^f \ r_i^g$
Umgebung: Primärinputbereich für A_i			Transferbereich für W_i	Primärinputbereich für B_k			Transferbereich für W_i
E	e_1			E	e_1		
M^s	q_1^s	PI_a	w^s	M^s	m_1^s		r^s
M^f	q_1^f		w^f	M^f	$\overline{m_1^f}$		r^f
M^g	q_1^g		w^g	M^g	m_1^g		r^g

Legende:

PI_a, T_a, FO_a, D : anthropogener (ökonomischer) Primärinput-, bzw. Transformations-, Finaler Output-, bzw. Transferbereich

PI_n, T_n, FO_n, D : natürlicher (biologischer) Primärinput-, bzw. Transformations-, Finaler Output-, bzw. Transferbereich.

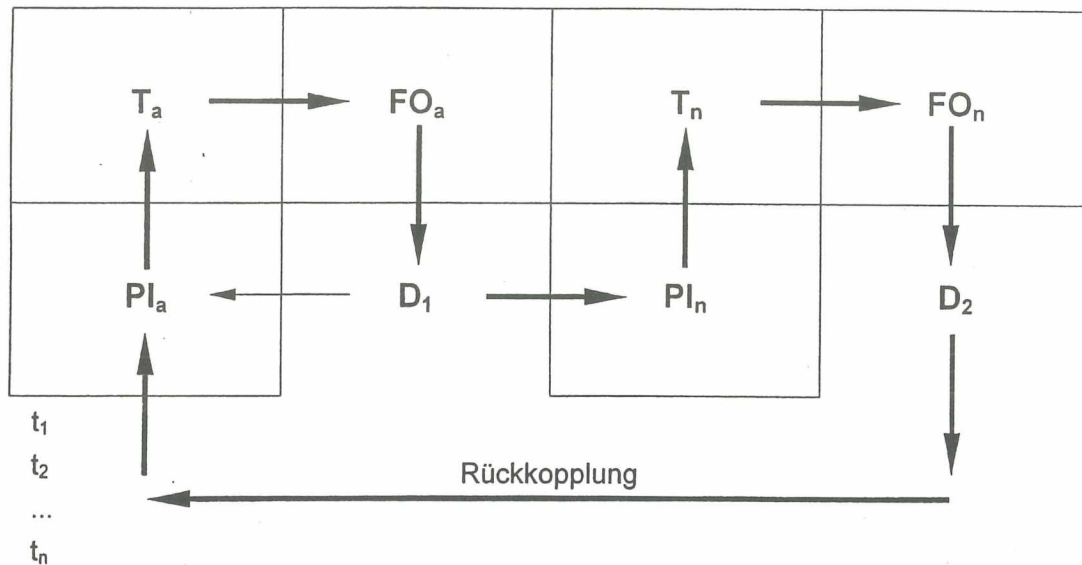
Die formale Verbindung erfolgt über die Transferbereiche D. Im Transferbereich D (aufgeteilt in D_1 und D_2) werden zum einen die zurückgeführten Gesamtmen-gen w^s, w^f, w^g und zum anderen die Gesamtmengen $r^s,$

r^f, r^g auf die entsprechenden Bestände M^s, M^f und M^g umgebucht.

Nachdem diese Synopse erreicht war, lag es nahe, auch eine Steady-state-Bedingung für diesen Gesamtzyklus zu bestimmen. Siehe hierzu den Exkurs (4.)

Auf der Grundlage von Tabelle 10 kann nun der Energie- und Stoffstrom-Zyklus zwischen Ökonomie und Ökologie wie folgt schematisch dargestellt werden (Abb. 11):

Abb. 11 Energie- und Stoffstrom-Zyklus zwischen Ökonomie und Ökologie (Natur)



Die Pfeile deuten die Pfade bzw. die Wege an, den Energie und Stoffe nehmen (müssen), wobei Start und Ziel in diesem Beispiel das anthropogene Produktionssystem ist. Um Missverständnissen hinsichtlich der Kreislaufbetrachtung vorzubeugen, sei darauf hingewiesen, dass sich diese Pfade auf der Zeitachse abspielen, d.h. es handelt sich um einen periodischen

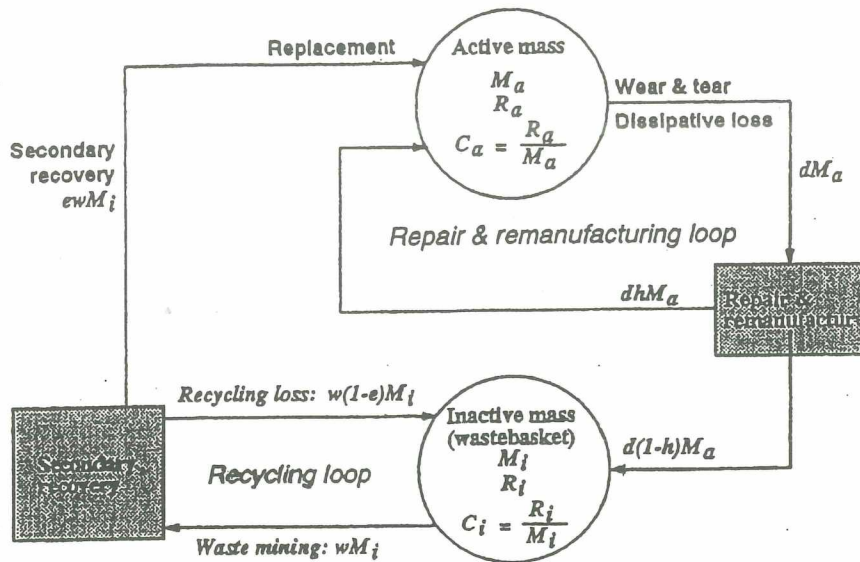
Zyklus mit immer neuen (oft gleichen, aber niemals identischen) Inputs und Outputs („Man badet niemals zweimal in dem selben Fluss“). Die in der Abbildung 11 links unten aufgeführten Periodenindizes (t_i) sollen daher andeuten, dass der Zyklus eigentlich auf einer Zeitachse abgetragen werden müsste.

3.3 Robert U. Ayres (1999): Ein stabiles Recycling-System (A Stable Recycling System)

Auch Ayres präsentiert ein übergreifendes Zykluskonzept, paradoxerweise eher notgedrungen, da es ihm vor allem darum geht, das von Georgescu-Roegen propagierte „Vierte Gesetz der Thermodynamik“ bzw. die Behauptung, das sog. Entropiegesetz gelte nicht nur für die Energie, sondern auch für Stoffe⁸, zu widerlegen. Daher ist sein Argumentationsmodell zwar ganzheitlich, aber recht einfach konstruiert (Abb. 12).

⁸ Zu Georgescu-Roegens Diktum „matter matters, too“ siehe z.B. Georgescu-Roegen, 1981, S. 58f.

Abb. 12 Ein stabiles Recycling-System (A Stable Recycling System; Quelle: Ayres, 1999, p. 277, Table 2)



Ayres unterteilt die Erde in zwei Massen, eine aktive und eine inaktive. Die aktive Masse entspricht dem anthropogenen System und die inaktive dem Restsystem (wovon die Biosphäre nur ein Teil ist). Unbestritten ist, dass jede Transformation unvermeidlicherweise zu Reststoffen führt, eben weil Primärintputs im Zustand niedriger Entropie in finale Outputs im Zustand hoher Entropie transformiert werden. Dies gilt auch für jede Recyclingaktivität, wie effektiv sie auch sei. So gesehen, kann es also eine Recyclingquote von 100% nicht geben. Wenn man sich nun den Anfall aller Reststoffe über die Zeit so vorstellt, dass sie in der Erdkruste oder in den Ozeanen in ihrer Funktion als Erd-Lagerhaus oder riesige Reststoff-Sammelstelle akkumulieren, es aber keinerlei Möglichkeit gibt, daraus in irgendeiner Weise Primärintputs wieder zu gewinnen, dann muss das „Mühlrad des Lebens“ allein aus Mangel an nutzbaren Stoffen irgendwann einmal zum Stillstand kommen, auch wenn die Sonne noch scheinen sollte, also freie Energie noch verfügbar wäre.

Die These von Ayres ist nun, dass das Sammelbecken („waste basket“) nur groß genug sein muss, um diesen Zustand vermeiden zu können. Zum einen geht nicht verloren, es ja alles gesammelt, in welchem entropi-

schen Zustand bzw. in welcher Konzentration auch immer. Zum anderen finden in der inaktiven Masse Konzentrationsprozesse statt, eben, weil die Sonne auch Prozesse in der „inaktiven Masse“ antreibt. Dadurch wird erreicht, dass es in der inaktiven Masse immer Stoffe gibt, die von so niedriger Entropie sind, dass sie anthropogen genutzt werden können.

Dem Formelapparat mit den verschiedenen Parameterkonstellationen, die gewährleisten, dass das Gesamtsystem im Zustand des Steady-state bleiben kann, möchte ich hier nicht bemühen. Es jedoch wichtig festzuhalten, das auch Ayres im Prinzip mit einem zweiteiligen System arbeitet, wobei auch in dem zweiten System, das irreführenderweise „inaktiv“ genannt wird, Transformationsprozesse stattfinden, die letztendlich zu neuen und verschiedenen Konzentrationen von Stoffen führen.

Welche Konzentrationsprozesse Ayres genau im Auge hat, sagt er nicht. Sicherlich meint er die globalen Stoffkreisläufe (Gasstoffkreislauf, Feststoffkreislauf und Bodenbildung), sicherlich meint er aber auch die Vorgänge in der Biosphäre, an der lebende Systeme beteiligt sind, d.h. den Metabolismus der Biosphäre. Damit sind wir wieder beim „Mühlrad des Lebens“ und könnten auch das von mir oben beschriebene umfas-

senden Input-Output-Schema (Abb. 10 u. 11) benutzen. Tatsächlich zeigt ein Vergleich der Steady-state-Bedingungen für das Gesamtsystem, die Ayres und ich, unabhängig voneinander und auf ganz verschiedener Modellgrundlage, ermittelt haben, ein gleiches Ergebnis.

Insbesondere ein Ergebnis ist festzuhalten: von einem „stofflichen Entropiegesetz“ keine Spur! (Siehe auch Exkurs).

Darüber hinaus weist Ayres darauf hin, dass im Regelfall eines terrestrischen Steady-state des Gesamtsystems die Entropie in unserem Sonnensystem, von welchem die Erde ein Subsystem ist („earth-in-the-solar-system“) unverändert bleibt und ein Entropieerhöhung nur für das ganze Universum („sun-in-the-universe“) anzunehmen ist.

4. Exkurs: Steady-state-Bedingungen für den übergreifenden Energie- und Stoffstrom-Zyklus zwischen Ökonomie und Ökologie

4.1 Die allgemeine Steady-state-Bedingung

Ausgangspunkt der Überlegungen sind die beiden Stoffbilanzen für den ökonomischen und für den natürlichen Produktionsbereich:

$$q_t = f_t + w_t \quad (\text{anthropogener/ökonomischer Produktionsbereich}) \quad (1)$$

mit:

q_t : materielle Ressourcen (in situ) fester, flüssiger und gasförmiger Art als Input für die Transformation in der Periode t

f_t : Finaler Output: Vorratsveränderungen und Investitionen (Vergrößerung des Sachkapital-Agens) in der Periode t .

Der Konsum ist hier als eine Produktionsaktivität definiert und daher keine Kategorie des finalen Outputs. Exporte und Import werden hier gleich Null gesetzt.

w_t : Reststoffe der Produktionsaktivitäten fester, flüssiger und gasförmiger Art in Periode t .

$$m_t = f_t^n + r_t \quad (\text{natürlicher Produktionsbereich}) \quad (2)$$

mit:

m_t : materielle Ressourcen (in situ), d.h. anorganische Stoffe fester, flüssiger und gasförmiger Art als Input für die Transformation in der Periode t

f_t^n : Finaler Output: Speicherungen im Sinne von Aufbau und Instandhaltung eines Organismus' in der Periode t (Bau- und Betriebsstoffe). In Analogie zum ökonomischen Produktionsbereich kann hier von materiellen Eigeninvestitionen bzw. von und Investitionen (Vergrößerung) in das Sachkapital-Agens) sprechen.

r_t : Organische und anorganische Reststoffe als Restitutionsoutput fester, flüssiger oder gasförmiger Art in der Periode t .

Verbinden wir jetzt die beiden Produktionsbereiche, erhalten wir:

$$q_t = f_t + w_t = m_t^* \quad (3a)$$

mit

$$m_t^* = \beta m_t = \beta (f_t^n + r_t), \quad (3b)$$

wobei der Parameter β angibt, dass nur ein Teil der gesamten (biotischen) Produktion im natürlichen Produktionsbereich als Primärintput in den anthropogenen Produktionsbereich gelangt.

Die allgemeine Bedingung für den Steady-state lautet also:

$$q_t = m_t^* \quad (4)$$

mit

$$m_t^* = \beta m_t$$

Der Parameter β

$$0 > \beta < 1$$

(Appropriations- oder Nutzungsgrad⁹: Anteil an m_t , der in Periode t als Input q_t im anthropogenen Produktionsbereich wiederverwendet wird)

besagt, dass der Stoffdurchfluss (throughput) im Gesamtsystem konstant sein soll (d. h. praktisch, sich innerhalb einer bestimmten Bandbreite bewegen soll): Dabei ist wichtig, dass die zwischen beiden Systemen ausgetauschten Flüsse mengenmäßig in der gleichen Größenordnung liegen, d.h. ein System muss genauso viel aufnehmen, wie es abgibt und genauso viel abgeben, wie es aufnimmt.

4.2 Periodische Restitution von Kapitalgütern

Die Kapitalgüter, d.h. die finalen Outputgrößen f_t und f_t^n , werden zwar in späteren Perioden auch zu Reststoffen („Reststoffe morgen“), sie stehen aber heute (Periode t) für den Durchfluss (throughput) der Stoffe durch das Produktionssystem nicht zur Verfügung

und stellen insofern eine Verminderung des Stoffstromes dar. Diese Lücke wird jedoch geschlossen durch die „Reststoffe gestern“ (w_t^f, r_t^f). d.h. es gelten folgende Identitätsgleichungen:

$$f_t \equiv w_t^f \text{ (ökonomischer Produktionsbereich)} \quad (5)$$

bzw.

$$f_t^n \equiv r_t^f \text{ (natürlicher Produktionsbereich)}. \quad (6)$$

Die „Reststoffe morgen“ fallen nicht alle zu demselben Zeitpunkt an, sondern sind entsprechend des spezifischen Verschleißes der Kapitalgüter im finalen Out-

putbereich gewissermaßen in Jahrgänge des Reststoffanfalles gegliedert. Zur Illustration diene das folgende Schema des Verschleißes von f (Abb. 13).

⁹ Siehe hierzu Vitousek/Ehrlich/Ehrlich/Matson 1986.

Abb. 13 Schema für den Anfall von Reststoffen in Folge des Verschleißes von Kapitalgütern

Periode t	0	1	2	3	4	5	6
0	f_0	$w_1^1(f_0)$	$w_2^2(f_0)$	$w_3^3(f_0)$	$w_4^4(f_0)$	-	-
1		f_1	$w_2^1(f_1)$	$w_3^2(f_1)$	$w_4^3(f_1)$	$w_5^4(f_1)$	-
2			f_2	$w_3^1(f_2)$	$w_4^2(f_2)$	$w_5^3(f_2)$	$w_6^4(f_2)$
3				f_3	$w_4^1(f_3)$	$w_5^2(f_3)$	$w_6^3(f_3)$
4					f_4	$w_5^1(f_4)$	$w_6^2(f_4)$
5						f_5	$w_6^1(f_5)$

In den Zeilen sind die Verschleiß- bzw. Reststoffmengen $w_t^s(f_{t-s})$ in der Periode t in Abhängigkeit von den Kapitalgütern f_{t-s} , die aus der laufenden Produktion in Periode t-s stammen, aufgeführt, wobei s die Periode des Verschleißes innerhalb der gesamten Verschleißdauer d ($s = 1, \dots, d$) angibt. Ist, wie im obigen Beispiel, die Verschleißdauer $d = 4t$, steht z.B. $w_4^3(f_1)$ in der vierten Spalte (Periode t = 4) für den Verschleiß bzw. $w_t^s(f_{t-s})$: $w_t^s(f_{t-s}) = f_{t-s} / d = v = \text{const.}$

Die Spalten zeigen, wie sich die Reststoffmengen in einer Periode aus aufeinanderfolgenden Jahrgängen zusammensetzen. Wenn, wie in (7) angenommen, der finale Output über die Zeit konstant bleibt ($f_t = f_{t-s}$)

für die entsprechenden Reststoffmenge des Kapitalgutes f_t , das in Periode t, produziert wurde, nach 3 Perioden der gesamten Verschleißdauer d. Zeilenweise summieren sich die Reststoffmengen zu f_t , wenn $t = d$ ist.

Wenn vereinfachend ein linearer Verlauf des Verschleißes angenommen wird, dann gilt für

$$(7)$$

und sich der Verschleiß ebenso verhält, wird nach einer gewissen Anlaufzeit (hier nach 4 Perioden) die gesamte Reststoffmenge der Menge der Kapitalgüter (f_t) entsprechen:

$$f_t = w_t^f = \sum_{s=1}^d w_t^s(f_{t-s}) \quad (s = 1, \dots, d). \quad (8)$$

Daher kann die obige Gleichung (8) auch wie folgt geschrieben werden:

$$w_t^f = 1/d \sum_{s=1}^d f_{t-s} = v d. \quad (9)$$

Für den finalen Outputbereich des natürlichen Produktionsbereiches gelten analoge Gleichungen, mit der Einschränkung, dass für lebende Systeme prinzipiell die entsprechenden Sterbetafeln verwendet werden müssen:

$$r_t^{fn} = 1/d \sum_{s=1}^d f_{t-s}^n = v^n d^n. \quad (10)$$

Spezifizierungen und Implikationen

Die Bilanzgleichungen (1) und (2) können jetzt umgeschrieben werden, indem die Endproduktionsmengen f bzw. f^n durch die Reststoffäquivalente w_t^f bzw. r_t^f ersetzt werden:

$$q_t = w_t^f + w_t = v d + w_t \quad (11)$$

$$m_t = r_t^{f^n} + r_t = v^n d^n + r_t \quad (12)$$

Nach der Einführung von Reststoffkoeffizienten (finaler Output B)

$$\alpha_w = w_t / q_t \quad (13)$$

und

$$\alpha_r = r_t / m_t \quad (14)$$

erhält man aus (11)

$$q_t = [1 / (1 - \alpha_w)] v d \quad (15)$$

und aus (12)

$$m_t = [1 / (1 - \alpha_r)] v^n d^n \quad (16)$$

Die Steady-state-Bedingung

$$q_t = m_t^* \quad (4)$$

mit

$$m_t^* = \beta m_t$$

$$0 > \beta > 1$$

$$\text{bzw. } m_t = 1/\beta q_t$$

wird mit (15) und (16) zu:

$$1 / [1 - \alpha_w] v d = \beta 1 / [1 - \alpha_r] v^n d^n \quad (17)$$

Gleichung (17) ist eine *Identitätsgleichung*. Sie enthält den gesamten stofflichen Input in Periode t sowie den gesamten Reststoffoutput während der Periode d .

Umgeformt auf β erhält man:

$$\beta = (1 - \alpha_r) / (1 - \alpha_w) v d / v^n d^n \quad (18)$$

Gleichung (18) enthält die Bestimmungsgrößen (Parameter) für den Nutzungsgrad (Appropriationsparameter β):

die Reststoffkoeffizienten α_w bzw. α_r

die Verschleißraten bzw. Sterberaten für die Nettoproduktion (Sachkapital bzw. die Biomasse) v bzw. v^n

die Nutzungsdauer für das Sachkapital bzw. die Biomasse d bzw. d^n .

Diese Parameter stehen in einem Zusammenhang, den die eine Identitätsgleichung nicht zeigen kann. Wenn z. B. die Lebensdauer der Biomasse und die Sterberate zunehmen ($v^n d^n$), wird auch die Reststoffrate α_r steigen, so dass nicht von vornherein gesagt werden kann, ob und in welche Richtung sich β verändert.

5 Schlusswort

Ich habe versucht, einen Lichtstrahl in die Black-box „Umwelt“ zu schicken, indem ich auf verschiedene Versuche einer gleichermaßen synoptischen wie gesamtrechnungshaften Betrachtungsweise der Biosphäre im Allgemeinen und des Zusammenwirkens eines Ökosystems mit seinem anthropogenen (ökonomischen) Subsystem im Besonderen skizziert habe.

Damit verbinde ich die Hoffnung einer geänderten oder erweiterten Sichtweise des „Ökologischen“ an der Ökologischen Ökonomie. Die Botschaft ist einfach: Mehr Systemkenntnisse sind gefragt – und dafür ist mehr zu tun! Wir werden sehen, in wie weit der Vorstand der VÖÖ hier im programmatischen Sinne aktiv werden kann und aktiv wird.

Literatur:

- Ayres, R.U. (1999): The second law, the fourth law, recycling and limits to growth, in: *Ecological Economics*, Vol. 29, no. 3, 473-483.
- Daly, H.E. (1968): On Economics as a Life Science, in: *Journal of Political Economy* 76, no. 3, pp. 392-406. Wieder abgedruckt in: Daly, H.E. and Townsend, K. (eds.; 1993): *Valuing the Earth*, pp.249-265.
- Dobben, W.H. van and Lowe-McConnell (eds.; 1975): *Unifying Concepts In Ecology*. The Hague (Junk).
- Ellenberg, H./Mayer, R./Schauerermann, J. (Hrsg.; 1986): *Ökosystemforschung. Ergebnisse des Solling-Projekts 1966-86*. Stuttgart (Ulmer).
- Finke, P. (1999): Transdisziplinarität und Methodologie – ein Diskussionsbeitrag zum Selbstverständnis der Vereinigung für Ökologische Ökonomie, in: *Ansätze zur Positionsbestimmung der Vereinigung für Ökologische Ökonomie, Vereinigung für Ökologische Ökonomie, Beiträge und Berichte, Heft 1, Karlsruhe (Selbstverlag), S. 6 – 16*.
- Georgescu-Roegen, N. (1971): *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, Mass. (Harvard).
- Hannon, B./Costanza, R./Ulanowicz, R. (1991): A General Accounting Framework for Ecological Systems: A Functional Taxonomy for Connectivist Ecology, in: *Theoretical Population Biology*, 40(1), pp. 78-104. Wiederabgedruckt in: Costanza, R. (1997): *Frontiers in Ecological Economics. Transdisciplinary Essays by Robert Costanza*. Cheltenham, UK/Lyme, US (Elgar).
- Hannon, B. (1995): Input-Output Economics and Ecology. In: *Structural Change and Economic Dynamics* 6, pp. 331-333.
- Heidemann, C. (1998): *Methodologie der Regionalplanung. Die Erste & Einzige Kommentierte Bilderfibel Der Regionalplanung*. Institut für Regionalwissenschaft der Universität Karlsruhe (Hrsg), 3. Vorabausgabe 11/98, Diskussionspapier Nr. 16.
- Immler, H. und Hofmeister, S. (1998): *Natur als Grundlage und Ziel der Wirtschaft. Grundzüge einer Ökonomie der Reproduktion*. Opladen/Wiesbaden (Westdeutscher Verlag).
- Klötzli, F.A. (1989): *Ökosysteme: Aufbau, Funktionen, Störungen*. Stuttgart (Fischer).
- Kostitzin, V.A. (1935): *Evolution of the Atmosphere: Organic Circulation, Glacial Periods*, wiederabgedruckt in Scudo/Ziegler (1978), pp. 443-490.
- Lotka, A.E. (1924): *Elements of Physical Biology*. New York (Dover).
- Lotka, A.E. (1956): *Elements of Mathematical Biology*. New York (Dover).
- Odum, E.P. (1989): *Ecology and Our Endangered Life-Support Systems*. Sunderland, Mass. (Sinauer).

- Schweitzer, F. und Silverberg, G. (Hrsg; 1998), Selbstorganisation, Jahrbuch für Komplexität in den Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften, Band 9: Evolution und Selbstorganisation in der Ökonomie, Berlin (Duncker & Humblot).
- Scudo, F.M. and Ziegler, J.R. (1976): Vladimir Aleksandrovich Kostitzin and theoretical ecology, in: *Theor. Popula. Biol.*, 10: 395-412.
- Scudo, F.M. and Ziegler, J.R. (eds.; 1978): *The Golden Age of Theoretical Ecology: 1923-1940. A Collection of Works by V. Volterra, V.A. Kostitzin, A.J. Lotka and A.N. Kolmogoroff.* Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- Strassert, G. (1985): *Das Aktivitätensystem der Regionalwissenschaft. Eine synoptische Darstellung des energetischen und stofflichen Bedingungs-zusammenhangs von Aktoren und Aktivitäten.* Institut für Regionalwissenschaft der Universität Karlsruhe, Diskussionspapier Nr. 15.
- Strassert, G. (1993): *Towards an Ecological Accounting of the Provision-Transformation-Restitution Cycle.* In: *Entropy and Bioeconomics, Proceedings, First International Conference of the E.A.B.S., Rome, 28-30 November, 1991,* edited by Dragan, J. C./Seifert, E. K./Demetrescu, M. C., Milano (Nagard), pp. 507- 515.
- Strassert, G. (1997): *Steady-State Conditions of the Provision- Transformation-Restitution Cycle.* In: *Implications and Applications of Bioeconomics, Proceedings, Second International Conference of the E.A.B.S., Palma de Mallorca, March 11-13, 1994,* edited by Dragan, J. C./Seifert, E. K./Demetrescu, M. C., Milano (Nagard), pp. 314-324.
- Strassert, G./ Dieterich, M./Messner, F. (1999), *Entwurf einer Plattform für die Vereinigung für Ökologische Ökonomie e.V.,* in: *Ansätze zur Positionsbestimmung der Vereinigung für Ökologische Ökonomie, Vereinigung für Ökologische Ökonomie, Beiträge _t Berichte, Heft 1, Karlsruhe (Selbstverlag), S. 2 – 5.*
- Uexküll, J.v. (1928): *Theoretische Biologie.* Berlin (Springer). Neuauflage als Suhrkamp Taschenbuch 1973, Frankfurt am Main (mit einem Vorwort von Rudolf Bilz).
- Ulanowicz, R.E. (1986): *Growth and Development. Ecosystems Phenomenology.* New York (Springer).
- Vitousek, P.M./ Ehrlich, P.R./Ehrlich, A.H./Matson, P.A. (1986): *Human Appropriation of the Products of Photosynthesis. Nearly 40% of potential terrestrial net primary productivity is used directly, co-opted, or foregone because of human activities.* In: *Bioscience vol. 36 no 6,* pp. 368-373.

Neue Wege einer transdisziplinären Integration

Dr. Engelbert Schramm, Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt

Im folgenden will ich die Herausforderungen nachhaltiger Entwicklung zum Ausgangspunkt nehmen, um daran zu erläutern, wieso zunehmend transdisziplinäre Forschung notwendig wird, welches ihre Besonderheiten sind und wie sich hierbei eine "Integration des Wissens" überhaupt erreichen lässt.

1. Problementwicklung am Beispiel der Nachhaltigkeit

Nachhaltige Entwicklung bezeichnet nach Auffassung der Brundtland-Kommission "einen Prozess ständigen Wandels, dessen Ziel darin besteht, die Ausbeutung der Ressourcen, den Investitionsfluss, die Ausrichtung der technologischen Entwicklung und die institutionellen Veränderungen mit künftigen wie gegenwärtigen Bedürfnissen in Einklang zu bringen" (Weltkommission für Umwelt und Entwicklung 1987: Rdn. 30). Auch für die Menschen im Süden muss ein gleicher Zugang zu den Ressourcen gesichert werden. Diese Zielstellung ist - übrigens völkerrechtlich verbindlich - 1992 auf der Weltklimakonferenz für die Staatengemeinschaft festgeschrieben worden. Sie muss nun von den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Akteuren umgesetzt werden, um auch für die nachfolgenden Generationen eine Wahlmöglichkeit zwischen unterschiedlichen Handlungsoptionen zu erhalten.

Nachhaltige Entwicklung erfordert nicht nur eine gleichberechtigte Berücksichtigung der mittlerweile bekannten drei Säulen der Nachhaltigkeit:

- Ökologie
- Ökonomie
- Gesellschaft

Die Entwicklung seit Rio hat zudem deutlich gemacht, dass neue Politikformen, veränderte Kommunikationsformen (Moderation, Mediation, Zukunftswerkstätten usw.) und neuartige Institutionen zum Aushandeln und Verwirklichen von Prozessen nachhaltiger Entwicklung nötig sind, um die sich anbahnenden Konflikte erfolgreich bearbeiten zu können. Die poli-

tisch-institutionelle Dimension wird daher zunehmend als vierte Säule der Nachhaltigkeit anerkannt.

Um z.B. Vorschläge für ein nachhaltiges und umweltgerechtes Wirtschaften und Handeln oder die dazu notwendigen Rahmenbedingungen zu erarbeiten, müssen Wissensbestände aus der Umweltforschung, den Ingenieurwissenschaften, den Sozial- und Politikwissenschaften und aus dem ökonomischen Bereich daher aufeinander bezogen werden (vgl. Becker, Jahn, Stieß 1999).

Es reicht hierbei nicht aus, disziplinübergreifend zu forschen. Vielmehr muss neben wissenschaftlichem Wissen auch solches aus der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Praxis mit einbezogen werden (vgl. Hennen 2000). Diese unterschiedlichen Wissensformen müssen dabei aufeinander bezogen und synthetisiert ("vereinheitlicht") werden.

Damit ist das Problem meines Vortrages knapp bebildert. Um es zu bearbeiten, werde ich in mehreren Stufen vorgehen.

2. Inter- und transdisziplinäre Integration

Eine Integration transdisziplinärer Forschung muss auf drei verschiedenen Ebenen geschehen - auf der organisatorischen und der sozialen Ebene ebenso wie auf der des Wissens. Denn ein häufiges Treffen der beteiligten Forschenden in geeigneten Formen und deren Bereitschaft, sich aufeinander einzulassen, reicht nicht aus. Es muss auch - und das wird im folgenden fast ausschließlich behandelt - eine kognitive Integration stattfinden.

Kognitive Integration bedeutet, dass Wissen aus unterschiedlichen (z.B. disziplinären und praktischen) Kontexten nicht nur aufeinander bezogen werden kann, sondern in gewisser Weise vereinheitlicht wird. Dafür muss ein gemeinsames Verständnis entwickelt und vor allem eine kognitiv synthetisierende Vorgehensweise verwendet werden, so dass sich die verschiedenen Wissenskontexte aufeinander beziehen lassen.

Um dies zu erläutern, will ich zunächst an die Debatte um Interdisziplinarität erinnern. Verschiedene Verfahren sind bei einer interdisziplinären Vorgehensweise möglich (vgl. Thompson Klein 1996, Becker 1998):

- Multidisziplinarität,
- pragmatische Interdisziplinarität,
- konzeptionelle Interdisziplinarität.

2.1. Multidisziplinarität

Das multidisziplinäre Nebeneinander verschiedener Disziplinen ermöglicht zwar eine interessante Collage verschiedener wissenschaftlicher Perspektiven; allerdings werden diese Sichtweisen nicht systematisch aufeinander bezogen. Es kommt hier zu keiner Veränderung in den bestehenden disziplinären Verständnissen und den diese bestimmenden Theoriegefügen. "Die wissenschaftliche Kooperationsform besteht in einer Bearbeitung eines Themas unter differierenden disziplinären Blickwinkeln" (Nowotny 1997). Eine Integration entsteht erst beim individuellen Nachvollzug der einzelnen Beiträge - oder wenn vielleicht ganz am Ende doch eine gemeinsame Synthese (oder eine Synthese durch eine einzige Fachdisziplin) versucht wird. Dann stellt sich auch hier das Integrationspro-

blem, das zuvor im Forschungsprozess ausgeklammert wurde.

2.2. Interdisziplinarität

Dagegen kommt es bei einem interdisziplinären Vorgehen zu einer Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen im gesamten Forschungsprozess. Hier gibt es im Idealfall keine einzelwissenschaftliche Vorherrschaft, z.B. durch die Definition von Forschungsfragen oder Gewichtungen im Forschungsdesign. Charakteristisch ist entweder eine gemeinsame Methodologie oder eine einheitliche, disziplinübergreifende Terminologie.

Die Fragestellungen der Untersuchung werden entweder durch die Praxis oder eine hegemoniale Disziplin vorgegeben oder gemeinsam festgelegt. Eine solche Form der Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen gibt es mittlerweile - auch jenseits der bereits seit langen etablierten Anwendungsforschung (z.B. Forstbotanik, Phytopathologie, technische Akustik, Landschaftsplanung) - im universitären Bereich und ganz besonders in den Großforschungseinrichtungen (vgl. Thompson Klein 1996). Die Forschungspraxis in vielen Bereichen der "big science" - von der Teilchenphysik bis zur Gentechnologie - erfordern gerade zu eine derartige pragmatische Interdisziplinarität, sogar wenn dabei (sehr häufig) Grundlagenfragen erforscht werden. Die Unterscheidung zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung wird zunehmend nicht mehr möglich (vgl. Forschungsgruppe Soziale Ökologie 1987, Hennen 2000, Rip/van der Meulen 1996).

Die interdisziplinäre Integration geschieht unaufwendiger, wenn die Definitionsmacht - meist außerhalb der Forschergruppe - bei der (betrieblichen) Praxis liegt. Die aus diesen Vorgaben resultierende technische oder pragmatische Interdisziplinarität ist das am weitesten verbreitete - und auch das erfolgreichste - Modell fachübergreifenden Zusammenwirkens. Technische oder pragmatische Interdisziplinarität ist das am weitesten verbreitete - und auch das erfolgreichste - Modell fachübergreifenden Zusammenwirkens. Fast alle Erfindungen und technischen Innovationen werden heute auf diese Art gemacht. Beispielsweise arbeiten Thermodynamiker, Verfahreningenieure,

Chemieingenieure, Designer, Mechaniker, Statiker, Regeltechniker und Informatiker an der Entwicklung neuer Motoren. Die Zusammenarbeit funktioniert, weil alle sich auf das - von den Kaufleuten oder der Entwicklungsabteilung - vorgegebene Projekt einlassen und die einzelwissenschaftlichen Fragestellungen nur soweit zum Zuge kommen, wie sie pragmatisch zum Erreichen des Ziels notwendig sind.

Konzeptionelle Interdisziplinarität liegt dann vor, wenn sich der disziplinübergreifenden Untersuchungsprozess an einem Grundkonzept orientiert, das zunächst aus einer einzelnen Disziplin - etwa der Soziologie oder der Biologie - stammt (z.B. Untersuchungen zum Geschlechterverhältnis, Untersuchungen zu ethnischen Differenzierungs- und Integrationsproblemen, Untersuchungen zur Umweltproblematik). In dieser Form führt konzeptionelle Interdisziplinarität in den Universitäten (vor allem im anglo-amerikanischen Raum) zur Ausprägung neuer Fachbereiche und Forschungszentren. Vermutlich werden hier auf Dauer neue Bindestrich-(Sub-)Disziplinen entstehen. (vgl. Daschkeit/Schröder 1998).

Konzeptionelle Interdisziplinarität liegt auch vor, wenn sich das Team für seine fachübergreifende Forschung auf Brückenkonzepte einigt, welche verschiedene Disziplinen verbinden können und so die Integration von Ergebnissen ermöglichen. Schon lange wird in der Wissenschaftsforschung darüber diskutiert, dass Supertheorien (z.B. Holismus, Systemtheorie, "Künstliche Intelligenz") möglicherweise als methodische Brücken für eine solche Integration geeignet sind (vgl. D'Avis 1984, Scheringer/Jaeger/Esfeld 2000, Weiszäcker 1988).¹⁰ Derartige Brückenkonzepte sind in der Nachhaltigkeitsforschung beispielsweise die Systemtheorie in unterschiedlichen Weiterungen (z.B. aus dem SantaFe-Institut), die Selbstorganisationstheorie oder die Evolutionstheorie (vgl. Schellnhuber/Wenzel 1998, Weiszäcker 1988, sowie den Beitrag von Strassert in diesem Band), vor allem aber das Konzept vom Stoffwechsel zwischen Gesellschaft und Natur (Deneke 1985, Neef 1969, Fischer-Kowalski et al. 1997, Schramm 1999) und die Idee einer Reproduktion von Natur und Gesellschaft (vgl. Schramm

1987, Hofmeister 1998, Spitzner 1999). Allerdings sind diese Brückenkonzepte, die eine einheitliche, disziplinenübergreifende Terminologie stiften können, nicht auf alle Fragestellungen gleich gut anwendbar.

2.3. Exkurs: Probleme von Systemtheorien und Entwicklungsbedarf

Entscheidende Fortschritte könnten hier Modelle einer Kopplung natürlicher und gesellschaftlicher Systeme bringen. Bereits in seinem ersten Jahresgutachten hat der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung "Globale Umweltveränderungen" dafür ein allgemeines Rahmenkonzept skizziert. Unterschieden wird auf der höchstaggregierten Stufe zwischen einer Natursphäre und einer Anthroposphäre, welche erst in ihrem Zusammenspiel das Erdsystem bilden. Die beiden Sphären sind durch ihre Stoffwechsel mit einander stark verflochten. "Nur wenn man umfassende quantitative Kenntnisse über die Kopplung von Natur- und Anthroposphäre besitzt, kann man die zentrale Frage nach der eventuellen Destabilisierung der Natursphäre durch die Dynamik der Anthroposphäre beantworten" (WBGU 1993: 14). Entsprechend käme es also darauf an, diese Kopplungen zu beschreiben und zu modellieren.

Beschränkt man sich auf stofflich-energetische Wirkungszusammenhänge zwischen der Natur- und der Anthroposphäre, grenzt also symbolische Beziehungen und Deutungen aus, dann lassen sich die verkoppelten Systeme in einer physikalischen Analogie nach der Stärke der Kopplung klassifizieren. Für jede Klasse stellen sich die Modellierungsprobleme anders:

- vollständig entkoppelte Systeme
- schwach gekoppelte Systeme
- stark gekoppelte Systeme
- fest gekoppelte Systeme.

Physikalisch lässt sich diese Klassifikation an zwei Feder-Pendeln mit unterschiedlicher Masse illustrieren: Sind sie "vollständig entkoppelt", dann schwingt jedes Pendel periodisch mit seiner jeweiligen Eigenfrequenz; sind sie "schwach gekoppelt" (z.B. durch einen dünnen Gummifaden zwischen den Pendelmassen), dann stören sich die Pendel gegenseitig, sie schwingen leicht aperiodisch mit kleiner Frequenzverschiebung; sind sie "stark gekoppelt" (z.B. durch einen kräftigen Gummifaden) dann kommt es zu ei-

¹⁰Allerdings lässt sich mit solchen Brückenkonzepten nur sehr bedingt eine Anschlussfähigkeit in den akademischen Bereich herstellen, nämlich nur zu solchen Forschergruppen, die zu den gleichen Brückenkonzepten arbeiten bzw. sich bewusst auf diese Konzepte beziehen.

nem Schwingungsverhalten, das sich nicht mehr auf das Verhalten der entkoppelten Pendel zurückführen lässt: sie bilden ein komplexes Gesamtsystem, das auch in chaotisches Verhalten übergehen kann. Sind die Pendel "fest gekoppelt" (z.B. durch eine Stange zwischen den Pendelmassen), dann schwingt das Gebilde periodisch mit einer neuen Eigenfrequenz.¹¹

Für die Nachhaltigkeitsforschung bilden stark gekoppelte Gesellschafts-Natur-Systeme die größte Herausforderung. Deren Modellierung steckt immer noch in den Kinderschuhen. Allerdings ist diese Kopplung zweier relativ unabhängiger Systeme nur sehr aufwendig zu modellieren, sobald sie - wie bei Gesellschaft und Natur - als eine relativ starke zu begreifen ist. In der Physik sind nur die beiden Extremfälle - starr gekoppelte Systeme oder nur schwach gekoppelte Systeme - einfach zu beschreiben. Nur für diese Extremfälle sind daher bisher unaufwendig zu handhabende Modellprognosen entwickelt worden.

Das prognostische Wissen über sozial-ökologische Transformationen, das für ein an Kriterien der Nachhaltigkeit orientiertes gesellschaftliches Handeln benötigt wird, ist daher hochgradig unsicher. Fortschritte bei der mathematischen Modellierung komplexer Systeme durch neue Modellierungstechniken (Neuronale Netze, Zelluläre Automaten, Fuzzy Logic, Hidden-Markov-Modelle, Qualitative Differentialgleichungen etc.) werden bisher in der Nachhaltigkeitsforschung kaum genutzt. Umgekehrt sind die existierenden mathematischen Modelle zu wenig problemorientiert und fallbezogen. In einer derzeit im BMBF-Förderschwerpunkt Sozial-ökologische Forschung laufenden Sondierungsstudie wird überprüft, auf solche Transformationsprobleme das Potential der Theorie komplexer Systeme und der neueren mathematischen Modellierungstechniken theoretisch und methodisch anzuwenden, um so eine avancierte Modellierung vorzubereiten.

¹¹Feste Kopplung und vollständige Entkopplung sind in der Nachhaltigkeitsforschung vernachlässigbare Extreme: Eine vollständig von der Natursphäre entkoppelte Anthroposphäre ist schon dadurch eine theoretische Fiktion, dass Menschen als Lebewesen immer in einem Stoff- und Energieaustausch mit ihrer Umwelt stehen. Eine "feste Kopplung" liegt z.B. bei Symbiosen vor, die zu einem Lebewesen geworden sind.

2.4. Transdisziplinäre Integration

Die gemeinsame Terminologie kann auch eine Voraussetzung einer transdisziplinären Integration sein. Nach einem weit verbreiteten, zunächst von Erich Jantsch formulierten Verständnis, entsteht aber Transdisziplinarität erst dann, wenn die Forschung quer zu den disziplinären Zugängen "auf einer gemeinsamen Axiomatik und auf einer gegenseitigen Durchdringung disziplinärer Erkenntnismethoden beruht. Die Kooperation führt zu einer Bündelung, einem clustering von disziplinär unterschiedlich verteilten Problemlösungen, die aus einem Theorien-Pool schöpft" (Nowotny 1997).

Transdisziplinäre Forschung gehört zu einem neuen, sich in den letzten Jahrzehnten zunehmend verbreitenden Typ von Forschung, die durch die folgenden Kennzeichen charakterisiert werden kann:

die Einbeziehung neuer, nach traditionellem Verständnis außer- oder semi-wissenschaftlicher Akteure in den Forschungsprozess,

die Zunahme quer zu den Disziplinen und Ressorts definierter Forschungsaufgaben,

die Abkehr von akademischen, disziplinärbezogenen Reputationsformen,

die Organisation von Forschung und Entwicklung in entsprechenden, quer zu den Grenzen der klassischen Disziplinen liegenden Projekten und Institutionen (Gibbons et al. 1996, Rip/van der Meulen 1996, Thompson Klein 1996).

Damit wird der Forschungsprozess, der üblicherweise im wesentlichen durch institutionelle, sozio-ökonomische, zeitliche und personelle (forschungsbiographische) Rahmenbedingungen determiniert ist, stärker als sonst durch "wissenschaftsexterne" Einflüsse bestimmt. Neben wissenschaftlichen Sichtweisen müssen daher auch die Sichtweisen der Praxis berücksichtigt werden.

Der transdisziplinäre Forschungsprozess setzt weiterhin einschlägiges disziplinäres Wissen voraus, das jedoch typischerweise nicht problemlos mit dem anderer Disziplinen vermittelt werden kann, geschweige denn mit dem außer- bzw. semi-wissenschaftlicher Partner. In einem Verbund mit Praktikern werden diese nicht nur die Forschungskonzeption und die wissenschaftliche Analyse kritisch begleiten; vielmehr muss ihr Wissen auch in die kognitive Integration mit

eingehen. In der konsequenten Ermöglichung und Institutionalisierung sowohl der partizipativen und prozessoffenen Zusammenarbeit von Wissenschaft

und Praxis als auch einer theoretisch (z.B. axiomatisch) geleiteten kognitiven Integration liegt der spezifisch neue Ansatz der Transdisziplinarität.

3. Probleme der transdisziplinäre Wissensintegration

Anders als die erwähnten Supertheorien zielt die transdisziplinäre Integration nicht auf die Gründung einer neuen Super-Disziplin noch auf das Verlangen, eine verlorene kognitive Einheit wiederherzustellen (vgl. auch Scheringer/Jaeger/Esfeld 2000). Im Vordergrund dieser neuen Weise der Wissensproduktion "steht die kontinuierliche, aber temporäre Figuration, Konfiguration und Refiguration von Wissen, das auf einer temporären Basis in unterschiedlichen und heterogenen Anwendungskontexten zusammengeführt wird und zu neuer Problemlösungskapazität führen kann." (Nowotny 1997).

Disziplinäres und interdisziplinäres Wissen sowie Alltags- und Erfahrungswissen müssen in der transdisziplinären Forschung jedoch aufeinander bezogen werden. Folglich sind Strukturierungs- und Übersetzungsprozesse zwischen den Disziplinen und zwischen Wissenschaft und Praxis erforderlich. Diese könnten theoretisch auf zwei Weisen geschehen: in Bezug auf die Praxisprobleme, in einer kognitiven Integration.

Bisher wird das Problem kognitiver Integration in der transdisziplinären Forschung kaum thematisiert, sondern ausschließlich eine Integration in Bezug auf die Praxisprobleme versucht. Allerdings besteht hierbei eine doppelte Schwierigkeit;

- Häufig wird bisher in transdisziplinären Projekten der Anwendungskontext selbst nicht zu einem spezifischen Untersuchungsgegenstand gemacht; problematischerweise wird sogar davon ausgegangen, als enthalte der in Kooperation mit der Praxis hergestellte Forschungskontext selbst bereits quasi-automatisch alle relevanten Aspekte einer disziplinübergreifenden Kooperation.
- Umgekehrt erscheint aus der anwendungsbezogenen Sicht in der Regel das notwendige Fachwissen bereits als etwas Vorhandenes, und die verbleibende Aufgabe der transdisziplinären Forschung wird darin gesehen, dieses vorhandene Wissen und von der Praxis vorgegebene Zielsetzungen in spezifische Anwendungskontexte zu vermitteln. Die Probleme ver-

kürzen sich hier einseitig auf Wissensvermittlung und PR-Kampagnen.

Prinzipiell ist eine rein praktische Integration schwierig, wenn kein Auftragsverhältnis oder keine starke technologische Prägung eines Forschungsfeldes besteht. Denn grundsätzlich ist von starken, eigenständigen Disziplinen auszugehen, deren Eigeninteressen für die neue transdisziplinäre Zielsetzung nur schwer kontinuierlich zu nutzen sind. Durch die Etablierung einer neuen integrativen Wissenschaftsform können und sollen diese Disziplinen nicht verdrängt werden; eine Zusammenarbeit mit ihnen bleibt auf Dauer erforderlich, da weiterhin auf den disziplinären Wissenskontext mit zurückgegriffen werden muss.

Der Bedarf an theoriegeleiteten Ansätzen (oder zumindest methodologisch-äquivalenten) Formen einer transdisziplinären wissenschaftlichen Kooperation wird nicht nur von Seiten der Wissenschaftsforschung (vgl. Nowotny 1997), sondern zunehmend gerade von Seiten der Wissenschaftspraxis geäußert. Insbesondere dort, wo ein wachsender Problemlösungsdruck einer betroffenen Öffentlichkeit großen Forschungsbedarf auslöst, werden zunehmend kognitiv integrierte Ansätze gefordert¹²

Neuere Untersuchungen zur interdisziplinären Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung haben ergeben, dass sich Qualität und Wirkung von disziplinübergreifenden Forschungsprojekten durch eine kognitive Integration verbessern lassen: Diese Integration im gemeinsamen Forschungsprozess erfordert insbesondere eine wissenschaftliche und organisatorische Unterstützung bei der Durchführung von interdisziplinären Forschungsprojekten, z.B. durch Begleitforschung (vgl. Balsinger et al. 1998, Daschkeit/Schröder

¹²Notwendige Voraussetzungen und in diesen Forschungsprozessen auftretende Schwierigkeiten sind mittlerweile hinreichend bekannt und analysiert; Hinweise zur adäquaten Planung, Organisation und Realisierung integriert-kognitiver Forschungsprojekte sind in weitaus geringerem Umfang dokumentiert (vgl. Balsinger et al. 1998, Bergmann/Jahn 1999, Laudel 1999).

1998).¹³ Als erfolgreich haben sich insbesondere die folgenden Integrationsansätze erwiesen:

- Vernetzung durch Programmleitung,
- Gruppenvernetzung für Teilprobleme,
- Aushandlungsvernetzung.

Diese Ansätze werden im allgemeinen in einem Mix angewendet. Zielvereinbarungen in transdisziplinären Aushandlungsprozessen und Gruppenvernetzungen alleine sind kaum geeignet, axiomatische oder andere theoriegeleitete Formen der Integration des Wissens zu ermöglichen. Relevant für die kognitive Integration ist insbesondere eine programmatische Orientierung.

3.1. Transdisziplinäre Forschungsprogrammatische

Eine solche kognitive Integration kann insbesondere mit Hilfe transdisziplinärer Forschungsprogramme geschehen. Paradigmatisch lässt sich eine solche transdisziplinäre Programmatische unter Rückgriff auf disziplinäre Forschungsprogramme verstehen. Beispielsweise hat 1900 David Hilbert in seiner Rede auf dem Mathematikerkongress in Paris für die Mathematik ein Forschungsprogramm aufgestellt, in dem die relevanten und zu bearbeitenden Probleme (und insbesondere die Grundprobleme) von voraussichtlich unlösbaren Problemen unterschieden wurden. Dieses Programm hat die nächsten 30 Jahre in der Mathematik die Forschung und die Debatten über das Verständnis von Mathematik bestimmt (vgl. Mehrtens 1996). Auch in anderen Disziplinen lassen sich solche Forschungsprogrammatischen identifizieren (vgl. z.B. Hoyer 1994, Alt et al. 1996), in der die disziplinären Grundprobleme der Forschung festgeschrieben worden sind. In einem solchen Forschungsprogramm ist der Kanon der inhaltlichen Probleme des Faches festgeschrieben; es beschreibt auch allgemeine Zugangsweisen zur Erzeugung von Wissen und zur Problembearbeitung. Mit Hilfe der Programmatischen gelingt wissenschaftlich die Identifikation, was zum Fach gehört und was nicht.

Mittlerweile hat sich durch praktisches Verwirklichen gezeigt, dass auch transdisziplinäre Forschungsprogramme aufstellbar sind. Diese können jedoch vermutlich nicht für große thematische Felder der trans-

disziplinären Forschung aufgestellt werden, sondern eher auf institutioneller Ebene.

Die Ausrichtung an einer eigenen Forschungsprogrammatischen (vgl. Forschungsgruppe Soziale Ökologie 1988, Becker 1992, Becker et al. 1992, Jahn 1991) gehört beispielsweise zum Selbstverständnis des ISOE (Institut für sozial-ökologische Forschung). Die Möglichkeit, die Projektarbeit auf eine solche Programmatische zu beziehen, hat in dieser Institution über die letzten zehn Jahren entscheidend dazu beigetragen, das Problem der kognitiven Integration im Forschungsprozess klar zu sehen und konstruktiv zu bearbeiten.

Die ISOE-Programmatische wurde ursprünglich in einem Gutachten für die Hessische Landesregierung (Forschungsgruppe Soziale Ökologie 1987) aus einer Perspektive der *Kritik* an der vorherrschenden Ressortpolitik und an dem disziplinären Wissenschaftssystem formuliert. Konzeptioneller Bezugspunkt sind *sozial-ökologische Problemlagen*, die anhand hessischer Fallbeispiele erläutert werden. Analysiert werden die Lösungspotentiale und die problemverschärfenden Praktiken der Ressortpolitik und die damals erkennbaren wissenschaftlichen Ansätze, in denen solche Problemlagen thematisiert und bearbeitet werden. Daraus werden Themengebiete der Forschung bestimmt und ein allgemeines *Programm einer sozial-ökologischen Forschung* als ambitionierter Neuanfang umrissen.

Dieses Programm ist aus heutiger Sicht einerseits eine eher antizipatorische als empirische Beschreibung eines entstehenden Forschungsfeldes; andererseits der *Entwurf eines neuen Forschungstyps*.¹⁴ Soziale Ökologie wird mehrdimensional charakterisiert als

- problemorientierte Forschung,
- Projektwissenschaft,
- Krisenwissenschaft,
- Grenzwissenschaft,
- Inter-Disziplin, und

¹³Vgl. Daschkeit/Schröder (1998), Fränze/Daschkeit (1997), Balsiger et al. (1996), Krott (1994), Loibl (1998), Wissenschaftsrat (1994).

¹⁴Dieser transdisziplinäre Forschungstyp wird mittlerweile auch als "mode 2" der Wissensproduktion bezeichnet. Vgl. Gibbons et al. 1996, Nowotny 1997.

- Kritische Theorie¹⁵.

Jede dieser Dimensionen ist durch eine Kategorie charakterisiert (Problem, Projekt, Krise, Grenze, Interdisziplinarität, Kritik), die im damaligen wissenschaftlichen Kontext expliziert sind. *Krise und Kritik* sind die zentralen Kategorien (vgl. Jahn 1991).

Aufbauend auf diesem programmatischen Verständnis sind für die kognitive Integration (aber auch für die soziale und organisatorische Integration) in den Forschungsprojekten des ISOE produktive Ansätze entwickelt worden: So ist beispielsweise eine solche Integration in dem Verbundprojekt "Stadtverträgliche Mobilität" durch ein mehrdimensionales Mobilitätskonzept gelungen (vgl. Bergmann/Jahn 1999). Ähnlich lag den Untersuchungen im Forschungsbereich Wasser, mit denen eine partizipationsorientierte und auf Transformation der bisherigen Umgangsformen gerichtete, neuartige Wasserpolitik konzipiert wurde, ein spezifisches sozial-ökologisches Krisenkonzept zugrunde (vgl. Jahn 1991).

Für die Arbeit in den Forschungsprojekten hat sich auch das aus der Programmatik entwickelte Konzept der gesellschaftlichen Naturverhältnisse als brauchbar erwiesen (vgl. Jahn/Wehling 1998). Mit seiner Hilfe lassen sich die menschlichen Grundbedürfnisse (und die aus diesen abgeleiteten Bedürfnisfelder der Nachhaltigkeitsdebatte) in ihren physisch-materiellen Beziehungen und deren je spezifischen gesellschaftlichen Verhältnissen fassen.

3.2. Ausblick

Die aus heutiger Sicht für transdisziplinäre Forschung notwendige Unterscheidung zwischen dem Forschungsfeld und dessen gesellschaftlichem und wissenschaftlichem Kontext blieb jedoch in der ISOE-Programmatik von 1987 ziemlich unscharf. Viele Elemente, die heute eher dem Kontext zuzuordnen sind, wurden noch als Momente des Feldes beschrieben; andere, die heute zum Feld gehören, wurden nicht aufgenommen. Die Nachhaltigkeitsdebatte spielte noch keine prägende Rolle. Das Programm war inhaltlich auf *Umweltprobleme* fokussiert und hat deren gesellschaftliche Dimension besonders hervorgehoben. In deren Bearbeitung war das ISOE in den ver-

gangenen Jahren recht erfolgreich. Ins Zentrum rückte dabei mehr und mehr das Kategorienpaar *Problem* und *Gestaltung*; unter methodischem Aspekt wurden *Integrationsprobleme* besonders hervorgehoben. Eine Anpassung der Programmatik an diese durch die Projektarbeit bedingten Modifikationen fand nicht statt. Aus der Perspektive der Nachhaltigkeit zeigt sich allerdings zunehmend, dass sich Probleme sozial-ökologischer Transformationen nicht auf Umweltprobleme beschränken lassen.

Im Institut für sozial-ökologische Forschung wird angesichts dieser sich abzeichnenden Defizite derzeit die Notwendigkeit gesehen, diese Forschungsprogrammatik entscheidend zu erweitern. Vorarbeiten für diese Erweiterung werden derzeit unternommen, um auch zukünftig eine kognitive Integration in der aus seiner Sicht sehr bewährten Weise sichern zu können.

Eine solche Vorgehensweise empfiehlt sich auch für andere Gruppen von Forscherinnen und Forschern, die transdisziplinär Wege zu einem nachhaltigeren, umweltgerechten Wirtschaften und einer nachhaltigeren, zukunfts-offenen Gesellschaft aufzeigen wollen. Denn nur durch einen Verzicht auf allzu pragmatische, rein am derzeitigen Problemdruck ausgerichtete Integration und durch Fortsetzung der Programmarbeit wird es möglich sein, den auf Dauer notwendigen Anschluss der transdisziplinären Forschung auch an die akademischen Disziplinen zu sichern.

¹⁵Als die drei Dimensionen der Kritik wurden dabei die Gesellschaftskritik, die feministische Kritik und die Natur-

wissenschaftskritik unterschieden.

Literaturverzeichnis

- Alt, W. et al. (1996): Zur Entwicklung der Theoretischen Biologie: Aspekte der Modellbildung und Mathematisierung. Jahrbuch für Geschichte und Theorie der Biologie 3: 7-59
- Balsinger, Ph./R. Defila/A. Di Giulio (Hg.) (1996): Ökologie und Interdisziplinarität – eine Beziehung mit Zukunft? Basel.
- Becker, E. (Hg.) (1992): Jahrbuch für sozial-ökologische Forschung 2, Frankfurt a. M.
- Becker E. (1998): Problemorientierte Interdisziplinarität. In: B. Schmitt/K. Hartmann/B. Kraus (Hrsg.), Über Grenzen. Neue Weg in Wissenschaft und Politik. Frankfurt am Main, New York: Campus, 43-57
- Becker, E./Th. Jahn/P. Wehling, (1992): "Civil Society" und die Krise der gesellschaftlichen Naturverhältnisse. In: Vorgänge 117 (3) 1992, 99 - 108
- Becker, E./Th. Jahn/I. Stieß (1999): Exploring Uncommon Ground: Sustainability and the Social Sciences, in: Becker, E./Jahn, Th. (Hrsg.): Sustainability and the Social Sciences. A cross-disciplinary approach to integrating environmental considerations into theoretical reorientation, London, New York, S. 1-22.
- Bergmann, M./Th. Jahn (1999): Learning not only by doing – Erfahrungen eines inter-disziplinären Forschungsverbundes am Beispiel von CITY:mobil, in: Friedrichs, J./Hollaender, K. (Hrsg.): Stadtökologische Forschung. Theorie und Anwendungen. Stadtökologie Band 6, Berlin: Analytica, S. 251-275
- Daschkeit, A./W. Schröder (Hg.) (1998): Umweltforschung quergedacht. Perspektiven integrativer Umweltforschung und -lehre, Berlin/Heidelberg/New York: Springer
- D'Avis, Winfried (1984): Neue Einheit der Wissenschaften. Frankfurt am Main, New York: Campus
- Deneke, M. (1985): Zur Tragfähigkeit des Stoffwechselbegriffs. In: G. Böhme/ E. Schramm (Hg.), Soziale Naturwissenschaft. Wege zu einer Erweiterung der Ökologie. Frankfurt a.M.: Fischer, 42-52
- Fischer-Kowalski, M. et al. (1997): Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in sozialer Ökologie. Amsterdam: Fakultas
- Forschungsgruppe Soziale Ökologie (1988): Soziale Ökologie. Gutachten zur Förderung der sozial-ökologischen Forschung in Hessen. Erstellt im Auftrag der Hessischen Landesregierung. Frankfurt am Main
- Gibbons, M./C. Limoges/H. Nowotny et al. (1994): The New Theory of Knowledge. Dynamics of science and research in contemporary societies. London usw.: Sage
- Hennen, L. (2000): Nachhaltige Entwicklung – eine Herausforderung für die Forschungspolitik. TAB-Brief 18: 24-26
- Hofmeister, Sabine (1998): Von der Abfallwirtschaft zur ökologischen Stoffwirtschaft. Wege zu einer Ökonomie der Reproduktion. Opladen: Westdeutscher Verlag
- Hoyer, U. (1994): Das Forschungsprogramm der klassischen Physik. In: R. Inhetveen, R. Kötter (Hg.), Forschung nach Programm? Zur Entstehung, Struktur und Wirkung wissenschaftlicher Forschungsprogramme. München: Fink, 43-61
- Jahn, Th. (1991): Krise als gesellschaftliche Erfahrungsform. Umriss eines sozial-ökologischen Gesellschaftskonzepts, Frankfurt a.M.: iko
- Jahn, Th./P. Wehling (1998): Gesellschaftliche Naturverhältnisse - Konturen eines theoretischen Konzepts. In: K.-W. Brand (Hg), Soziologie und Natur. Theoretische Perspektiven. Opladen: Leske + Budrich, 75-93
- Laudel, G. (1999): Interdisziplinäre Forschungskoooperation: Erfolgsbedingungen der Institution Sonderforschungsbereich. Berlin: sigma

- Mehrtens, H. (1990): *Moderne - Sprache - Mathematik: eine Geschichte des Streits um die Grundlagen der Disziplin und des Subjekts formaler Systeme*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- Neef, E. (1969): Der Stoffwechsel zwischen Gesellschaft und Natur als geographisches Problem. *Geographische Rundschau* 21: 453-459
- Nowotny, H., (1997): Transdisziplinäre Wissensproduktion - Eine Antwort auf die Wissensexplosion? In: F. Stadler (Hg.), *Wissenschaft als Kultur. Österreichs Beitrag zur Moderne*. Wien/New York: Springer, 177-195
- Rip, A., B.J.R. van der Meulen (1996): The Post-modern Research System. In: *Science and Public Society* 23: 343-352
- Schellnhuber, H.- J./Wenzel, V., (1998): *Earth System Analysis. Integrating Science for Sustainability*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Scheringer, M./J, Jaeger/M. Esfeld (2000): Transdisciplinarity and Holism - How are Different Disciplines Connected in Environmental Research? In: R. Häberli et al, *Transdisciplinarity: Joint Problem-Solving among Science, Technology and Society. Dialogue Sessions and Idea Market Workbook I. Contributions to the Dialogue Sessions and Idea Market of the International Transdisciplinary 2000 Conference*. Zürich: 35-37
- Schramm, E. (1987): Ökologische Reproduktion. *Sozial-ökologische Arbeitspapiere AP 3*, 31ff.
- Schramm, E., (1999): Über Leitbilder und Ideologien im Stoffstrommanagement. Tausche Kreislauf- gegen Stoffwechselstörung. *Politische Ökologie* 62: 40-43
- Spitzner, M. (1999): Krise der Reproduktionsarbeit - Kerndimensionen der Herausforderung eines öko-sozialen Strukturwandels. In: I. Weller, E. Hoffmann, S. Hofmeister (Hg.), *Nachhaltigkeit und Feminismus: Neue Perspektiven - Alte Blockaden*. Bielefeld: Kleine. 151-165
- Thompson Klein, J. (1996): *Crossing Boundaries: Knowledge, Disciplinarity and Interdisciplinarity*. Charlottesville, London: University Press of Virginia
- WBGU (1993): *Welt im Wandel. Grundstrukturen globaler Mensch- Umwelt- Beziehungen. Jahresgutachten 1993*. Bonn: Economica
- Weizsäcker, Ernst U. (1989): Brückenkonzepte zwischen Natur- und Sozialwissenschaften: Selbstorganisation, offene Systeme und Evolution. *Sozial-ökologische Arbeitspapiere AP 17*
- Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, 1987: Auf dem Weg zu globalem Bewusstsein. Der Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. In: V. Hauff (Hg.), *Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*. Greven: Eggenkamp, S. 1-27

Gesellschaftliche Stoffdurchflüsse: Tragfähigkeit und Nachhaltigkeit

Dr. Wilfried Wittenberg, Institut für Regionalwissenschaft, Universität Karlsruhe

Einleitung

Das Thema meines Vortrages 'Gesellschaftliche Stoffdurchflüsse: Tragfähigkeit und Nachhaltigkeit' ver-

weist auf einen Zustand der Erde, der aus planetarischer Sicht (Abb. 1) kein Anlaß zur Besorgnis ist.



Aus irdischer Sicht wird dagegen diese Lage weitaus bedenklicher beurteilt, wie aus den vielen Regalmeterfüllenden Berichten zur lokalen wie auch globalen Umweltsituation ersichtlich wird.

Was ist zu tun? Drei Optionen sind denkbar:

Der beklagenswerte Zustand der Erde wird weiterhin hingenommen und es wird darüber diskutiert, ob für den Erdbefall der Name 'homo sapiens' zutreffend ist oder die Feststellung von MAX BORN, „daß der Ver-

such der Natur, auf dieser Erde ein denkendes Wesen hervorzubringen, gescheitert ist".

Es werden Überlegungen angestellt, wie der Befall mit 'homo sapiens' therapiert werden kann. Falls von einer Ausrottung des Befalls abgesehen wird, muß über die Eindämmung des Befalls mit Zwangsmitteln, Anreizen, Ratschlägen etc. nachgedacht werden. Auch hier besteht ein ständiger Diskussionsbedarf über die geeig-

nete Vorgehensweise und den wirksamen Mitteleinsatz.

Die tatsächlichen Gegebenheiten, die Ausgangs- und Endpunkte aller Planungsüberlegungen sind, werden zunächst eingehend untersucht. Die nachfolgenden Überlegungen setzen hier an.

Wir wissen um das stetige Vorschreiten der Entwaldung, der Überweidung und der Bodenzerstörung schon sehr lange. Über Luftverschmutzung, Gewässer-
verunreinigung, Waldsterben, Ozonabbau, Flächenversiegelung wird ständig nicht nur in Fachzeitschriften berichtet. Wir übersehen gerne und allzu leicht die schädlichen Nebenwirkungen bei der Herstellung und dem Gebrauch von Stoffen, die die Natur bisher nicht hervorgebracht hat.

Was haben alle diese Umweltveränderungen und -gefährdungen gemeinsam? Sie sind Belege dafür, daß

(a) der gesellschaftliche Stoffwechsel nicht zu dem natürlichen Stoffwechsel passt (BACCINI/BADER 1996, S. 23; v. WEIZSÄCKER 1994, S. 263), also ein Passungsproblem vorliegt,

(b) die Auswirkungen der fehlenden Passung stets ex post wahrgenommen und erkannt werden.

Viele Politiker und auch Wissenschaftler sind nun davon überzeugt, daß durch 'Nachhaltigkeit' eine Änderung der genannten Umweltveränderungen und -gefährdungen erreicht wird. Leider hat das Wort 'nachhaltig' den Zustand der 'semantischen Plastizität' (PÖRKSEN 1988, S. 23) erreicht, d.h. es ist mehrdeutig.

In Planungs- und Arbeitszusammenhängen müssen die verwendeten Begriffe - um Mehrdeutigkeiten und Verwirrung zu vermeiden - neben einem klaren Sinngehalt auch einen eindeutigen Sachgehalt haben. Alle unterschiedlichen Sinngehalte des Begriffs Nachhaltig

zeichnen sich jedoch durch den fehlenden Sachbezug aus. Durch die gebetsmühlenartigen Wiederholungen und Beschwörungen des Themas Nachhaltigkeit, nachhaltiger Entwicklung oder gar nachhaltiger Raumentwicklung oder Zukunftsfähigkeit wird der fehlende Sachbezug dieses Begriffs jedoch nicht geschaffen.

Wodurch der Optimismus genährt wird, die Passungsprobleme mit Hilfe von Nachhaltigkeit zu lösen oder gar nicht entstehen zu lassen, um damit die Zukunftsfähigkeit zu sichern, ist mir angesichts der oben genannten Probleme und der vorgeschlagenen Lösungen, die meist aus Appellen zu Einschränkungen bestehen, nicht nachvollziehbar. Unsere Lage ist mit der eines Autofahrers vergleichbar, der wegen einer verdrehten Windschutzscheibe kaum oder keine Sicht nach vorne hat und somit nicht erkennen kann, auf welche Fallen und Abgründe er in der Zukunft zufährt. Kenntnisse über seine Lage (Fahrtrichtung, Geschwindigkeit) gewinnt er nur durch einen Blick in den Rückspiegel, also in die Vergangenheit. Wie kann denn der Fahrer begründen, daß die Geschwindigkeit erhöht oder verlangsamt und die Richtung geändert werden soll, um in Zukunft auch bestehen zu können?

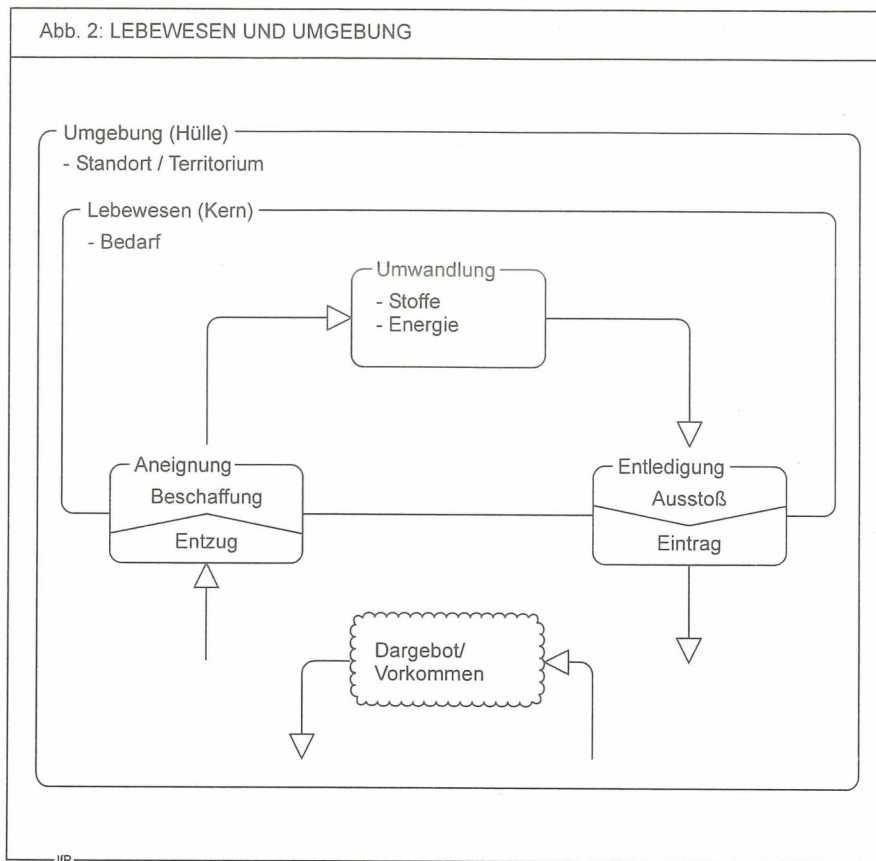
Wir kommen also nicht umhin, uns näher mit den Passungsproblemen zu befassen. Vor diesem Hintergrund gliedert sich mein Vortrag in vier Punkte:

- Lebewesen und Umgebung: Grundlegende Bedingungen
- Stoffwechselfassung: Tragfähigkeit und Nachhaltigkeit
- Selbsterhaltung: Zyklische Verkopplung
- Begrenzungen: Territorium, Tragfläche, Trittspur

Lebewesen und Umgebung: Grundlegende Bedingungen

Voraussetzung für einen planvollen Umgang mit den vorgefundenen Gegebenheiten ist das Treffen von Unterscheidungen im Hinblick auf unterschiedliche Bestandteile oder Einheiten und das Aufdecken von Zusammenhängen zwischen ihnen. Für die Gegebenheiten von Lebenswelten lassen sich die Einheiten und

die zwischen ihnen bestehenden Beziehungen nach UEXKÜLL, MATURANA & VARELA sowie BUNGE systemisch betrachten und nach HEIDEMANN als Verbundgebilde von 'Kern (Wirkeinheit) und Hülle (Gegebenheiten)' auffassen (Abb. 2).



Lebewesen benötigen für Lebensführung (Selbsterhaltung und Entfaltung) aus ihrer Umgebung Energien, Stoffe und Informationen, deren Umfang und Zusammensetzung sich nach dem für die jeweilige Lebensführung notwendigen Bedarf richtet. Pflanzen benötigen z.B. Licht, Wasser, Mineralstoffe, Sauerstoff und Kohlendioxid. Die im Dargebot enthaltenen Stoffe müssen dem Bedarf für die im Lebewesen stattfindenden chemischen Vorgänge entsprechen. Dargebot und Bedarf müssen also zueinander passen. Die stofflichen Umwandlungen (Zusammensetzungen und Zerlegungen) folgen den Stoffbindungsgesetzen (z.B. feste Proportionen, multiple Proportionen, Liebigsches Gesetz). Die erfolgreiche Beschaffung von Stoffen und Energie entspricht einem Entzug aus der Umgebung, was in dieser unterschiedliche Wirkungen zur Folge haben kann, die von der Beeinträchtigung der Umgebung bis zu deren Zerstörung reichen können.

Die beschaffte Energie, Stoffe und Informationen werden in für die jeweilige Lebensführung taugliche

Formen umgewandelt, genutzt und verbraucht. Am Ende der Nutzung steht auf jeden Fall der Ausstoß aller Rückstände der Lebensführung in die natürliche Umgebung, d.h. der Ausstoß entspricht einem Eintrag in die natürliche Umgebung, der zu deren Beeinträchtigung bis hin zu Zerstörungen führen kann. Für den Bilanzraum „Lebewesen“ gelten wie für alle offenen Systeme hinsichtlich der Umwandlung die Erhaltungssätze

$$\sum \text{Aneignungsmenge} - \text{Ausstoßmenge} = \text{Bestandsänderung}$$

oder für einen Betrieb

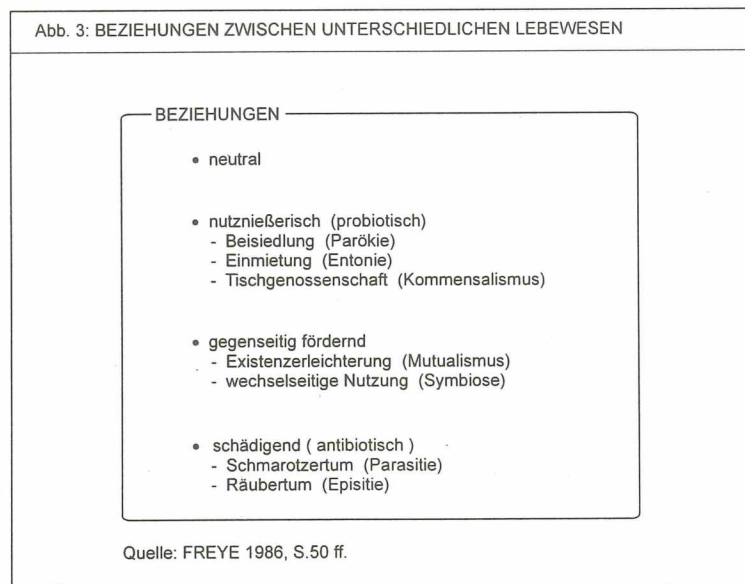
$$\text{Inputmenge} = \text{Erzeugnismenge} + \text{Abproduktmenge}$$

Der Stoffwechsel oder Metabolismus des Lebewesens läßt sich stets durch die Stoff- und Energiemengen bei der Aneignung, Umwandlung und Entledigung darstellen und deckt sich damit mit dem Aufbau der Physischen Input-Output-Tabelle nach STRASSERT. Durch die Umwandlungen verändert sich der stoffliche und energetische Zustand der Stoffe und Energien hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit. Diese Zustandsänderungen folgen den Schwund- oder Entropiegesetzen. Bei den Abprodukten ist also zwischen den gefaßten und ungefaßten (dissipierten) Stoffen zu unterscheiden.

Der Stoffdurchsatz durch das Lebewesen ist einerseits von dem jeweiligen Bedarf und der Beschaffenheit der Schnittstellen Aneignung und Entledigung abhängig. Damit sind Lebewesen als Teil oder Ausschnitt der Natur in die natürliche Umgebung eingebettet und werden über den Entzug und Eintrag von Stoffen und Energie von dieser er- oder getragen. Die Erhaltung und Entfaltung des Lebewesens ist also maßgeblich davon abhängig, wie die 'Entzugs-' und 'Eintragsmengen' zu den jeweiligen natürlichen Beschaffenheiten (Dargebot/Vorkommen, Aufnahmefähigkeit) des natürlichen Stoffwechsels passen. Die jeweilige Ausprä-

gung von Aneignung und Entledigung ist das Ergebnis der Suche nach einer geeigneten Passung zwischen dem Stoffwechsel des Lebewesens und dem der Natur. Da nach Abbildung 2 das Lebewesen (Kern) in die natürliche Umgebung (Hülle) eingebettet ist und von ihr getragen wird, ist die von vielen Politikern und im Nachgang auch von Wissenschaftlern geforderte Gleichrangigkeit von Ökologie (Natur), Gesellschaft (Sozial) und Wirtschaft nicht nachvollziehbar. Die Natur trägt die Gesellschaft und die wiederum den Menschen. Bricht das Fundament Natur, bricht auch die Gesellschaft und das Individuum.

Welche Beziehungen zwischen Lebewesen und Umgebung sind möglich? Wie aus Abbildung 3 ersichtlich wird, können diese günstig, förderlich, gleichgültig, abträglich, schädlich oder gar lebensbedrohend sein. Bei neutralen oder probiotischen Beziehungen sowie Mutualismus findet kein oder nur ein existenz erleichternder, aber kein lebensnotwendiger stofflicher und energetischer Austausch statt. Da die Lebewesen zur Existenzsicherung auf das Dargebot/Vorkommen der Umgebung unbedingt angewiesen sind, kann die Beziehung zur natürlichen Umgebung nur symbiotischer, parasitärer oder epistischer Art sein.



Mit der jeweiligen Art der Einnistung des Lebewesens oder einer Gesellschaft in die natürliche Umgebung ist verbunden, eine bestimmte

- Flächenbeanspruchung durch Anzapfen (Aneignung) und Eintragen (Entledigung) von Stoffen und Energie aus entsprechenden Flüssen oder Beständen

- Flächenbelegung durch Räumung der natürlichen Gegebenheiten für die Errichtung von Bauten und Nutzungen wie Abbau, Anbau, Sicherung etc.

Die Flächennutzung ist nach der jeweiligen Flächenbelegung und -beanspruchung zu unterscheiden.

Fassen wir zusammen:

1. Da stoffwechselnde Gebilde ohne die Einnistung in eine passende Umgebung nicht existieren können, sind die jeweiligen Gegebenheiten des Verbundgebildes von Kern und Hülle stets durch Begriffspaare wie Bedarf/Dargebot, Beschaffung/Entzug, Ausstoß/Eintrag, Lebewesen/Naturstoffwechsel darzustellen. Innen und

Außen gehören zusammen wie die beiden Seiten einer Medaille.

2. Die Umwandlungen des stoffwechselnden Gebildes lassen sich unter Vernachlässigung der naturwissenschaftlich-technischen Aspekte anhand der Beschaffenheit (Art und Menge) der angeeigneten und der entledigten Stoff- und Energiemenge erfassen.

3. Die Umwandlungen von Stoffen und Energie im Gebilde und seiner Umgebung unterliegen biophysikalischen Begrenzungen oder natürlichen Regimes (Zwangsläufigkeiten), wie den - Stoffverbindungsgesetzen - Erhaltungsgesetzen - Schwund- oder Entropiegesetzen. Da die Erdoberfläche aus einem Stoff- und Energiemosaik zusammengesetzt ist, sind die jeweiligen Dargebotsmengen in ihrer Zusammensetzung unterschiedlich und begrenzt.

Stoffwechselfassung: Tragfähigkeit und Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit gehört zu den in der Einleitung genannten Begriffen, deren Sinngehalt in Umrissen geklärt zu sein scheint, die jedoch nicht klar und deutlich auf einen Sachverhalt verweisen wie ökologisches Gleichgewicht, Dezentralisierung oder Entwicklungsland etc. Worauf verweist Nachhaltigkeit? Auf einen

Gegenstand oder ein Gebilde wie z.B. ein Haus, einen Hammer, einen Wald, eine Amöbe oder eine Ziege. Es leuchtet sofort ein, daß Nachhaltigkeit keine Beschaffenheit der Eigenschaft eines Gegenstandes oder Gebildes ist wie Volumen, Höhe, Oberfläche, Farbe etc.

Umgang mit Gegenständen oder Gebilden, also auf Nutzung, Verwendung, Gebrauch. Ist der Umgang der Amöbe mit dem Teichboden, der Ziege mit der Vegetation, die Verwendung des Hammers, die Nutzung des Hauses nachhaltig? Dies ist dann der Fall, wenn nach dessen Nutzung dieser Gegenstand in vollem Umfang für weitere Nutzungen erhalten bleibt. Wie lange die Nutzung erhaltbar ist, zeigt sich im Falle der Amöbe, die zu den ältesten Lebewesen auf der Erde gehört. Ziegen zeigen demgegenüber einen anderen Umgang mit ihrer Umgebung, wie an den Folgen ihrer Freßsucht für den Vegetationsbestand erkennbar ist.

(Nach)haltiger Umgang mit einem Gegenstand oder Gebilde ist die Art eines oder mehrerer Vorgänge (Nutzung, Verwendung), bei dem oder denen die Eigenart und Eigenschaft des genutzten Gegenstandes

oder Gebildes erhalten bleibt und deshalb für weitere Nutzungen zur Verfügung steht, d.h. es muß ein Mechanismus vorhanden sein, mit dem die durch die Nutzung bewirkten Beeinträchtigungen, Beschädigungen etc. wiederhergestellt werden. Wenn die beeinträchtigten, beschädigten oder ausgefallenen Teile jedoch wiederhergestellt oder ersetzt werden, verringert sich die weitere Nutzbarkeit nicht (z.B. die Nutzung von Biomasse). Treten demgegenüber irreparabler Verbrauch oder Verschleiß bei der Nutzung des Gegenstandes oder Gebildes auf, ist seine Nutzung nicht nachhaltig.

Nachhaltigkeit bringt also zum Ausdruck, daß mit der Nutzung von Gegenständen und Gebilden Auswirkungen verbunden sind, die sowohl

- das genutzte Gebilde als auch
- die Fortsetzung der Nutzung beeinträchtigen können.

Mit einer ständigen Ausweitung von Nutzungen besteht die Gefahr einer Überbeanspruchung oder von Raubbau, wodurch das Gebilde oder sein Wiederherstellungsmechanismus nicht nur beeinträchtigt, sondern auch vollkommen zerstört werden kann. Deshalb verlangt der Begriff Nachhaltigkeit einen Gegenbegriff, mit dem eine Schranke für eine dauerhaft mögliche Nutzung verdeutlicht wird und der damit Auskunft über die Beschaffenheit des genutzten Gegen-

standes oder Gebildes gibt. Diese Schranke heißt Tragfähigkeit und gibt an, bis zu welcher Grenze Auswirkungen auf den Gegenstand oder auf das Gebilde hingenommen werden ohne dieses in seiner Existenz zu gefährden, also die dauerhaft höchstmögliche Nutzbarkeit.

Techniker verstehen unter Tragfähigkeit die Belastungsgrenze eines Bauwerkteils (z.B. Träger), bei deren Überschreitung an der schwächsten Stelle eine Verformung bis hin zu einem Bruch auftritt oder die Belastung, die eine Konstruktion noch aufnehmen kann. Ökologen verstehen unter Tragfähigkeit eines Standortes oder Territoriums dessen Fassungsvermögen für Lebewesen oder die Belastung durch den Stoffwechsel der Lebewesen, die der Naturhaushalt oder -stoffwechsel noch ertragen kann.

Für die Nachhaltigkeitsbedingung gilt eine Analogie zur technischen Sicht:

Auslastung \leq Auslegung

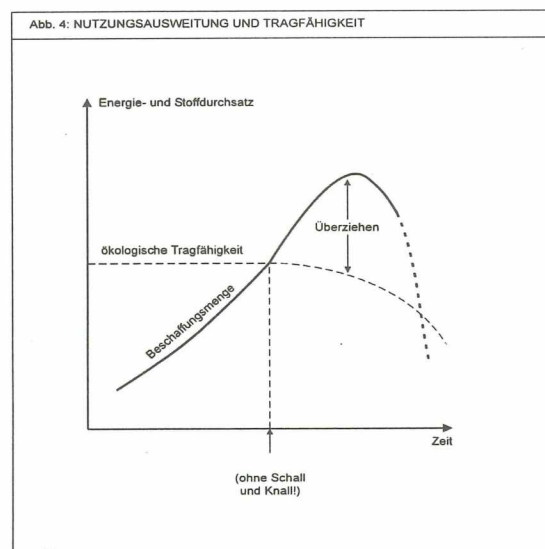
Landnutzung \leq Tragfähigkeit

Das natürliche Dargebot eines Standorts oder Territoriums (Abb. 2) hat für die einzelnen Stoffströme und Bestände (Wasser, Luft, Stoffe, Biomasse etc.) stets unterschiedliche Tragfähigkeitsschwellen. Ebenso beanspruchen die einzelnen Landnutzungen die unterschiedlichen Ströme und Bestände des natürlichen

Dargebots in unterschiedlicher Weise, d.h. sobald nur eine Tragfähigkeitsschwelle überschritten wird, liegt keine Nachhaltigkeit mehr vor.

Demnach ist für die Ausweitung der Landnutzung zu beachten (Abb. 4):

- Ausweitung der Flächenbelegung (Versiegelung), die bis zur jeweiligen Territoriumsgröße möglich ist, führt zu einer Verringerung (Absenken) der ökologischen Tragfähigkeit und einem sich verringierenden Stoff- und Energiedurchsatz.
- Ausweitung der Flächenbeanspruchung ist grundsätzlich bis zur jeweiligen Tragfähigkeitsgrenze möglich. Tückisch ist das unbemerkte Erreichen und Überschreiten der Tragfähigkeitsgrenze, weil dieses „ohne Schall und Knall,“ (WACKERNAGEL, REES 1997, S. 81) geschieht. Es fehlt das dafür notwendige Sensorium für ein Frühwarnsystem. Über unsere Lage erfahren wir - wie bereits festgestellt - nur etwas durch den Blick in den Rückspiegel und damit erst nach Überschreiten des „Kritischen Punktes,“
- wenn die angeblich nachhaltige Nutzung sich als ein Irrtum herausstellt und durch die bisherige Nutzung die Tragfähigkeitsschwelle verringert wurde.
- wenn eine Vielzahl unterschiedlicher Nutzer unkoordiniert auf die verschiedenen Ströme und Bestände zurückgreifen.



Damit ist geklärt, daß die Nachhaltigkeit (einer Nutzung) und die Tragfähigkeit (einer Beschaffenheit) aus

systemischer Sicht, dem Verbund von Kern und Hülle, ein Begriffspaar bilden. Sie gehören zusammen wie

die beiden Seiten einer Medaille oder Siamesische Zwillinge.

Wenn dieser aufgezeigte Zusammenhang unbeachtet bleibt und der Begriff Nachhaltigkeit ohne den dazugehörigen Gegenbegriff Tragfähigkeit benutzt wird, bleibt der Begriff mehrdeutig. Es wird dann darunter

ein beliebiger Sinngehalt verstanden, der aus analytischer Sicht nicht tauglich ist.

Weil mit einem solchen Begriff - trotz der Interessengegensätze zwischen Nord und Süd - Konsensfähigkeit hergestellt werden konnte, handelt es sich entweder um eine Zauberformel oder aber um faulen Zauber.

Selbsterhaltung: zyklische Verkopplung

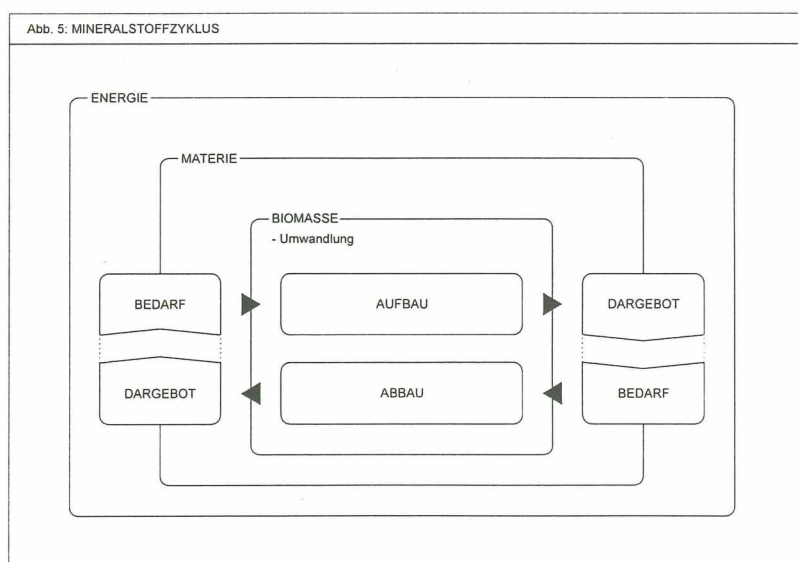
Unter Selbsterhaltung wird zunächst die Aufrechterhaltung des Randes zwischen Kern und Hülle verstanden (Abb. 2), was durch eigenständige Vorgänge im Kern bewerkstelligt wird. Dies ist in einer Hülle, deren Vorgänge auf den Ausgleich von Unterschieden gerichtet sind und unterschiedliche Verläufe (irreversible Umwandlungen, periodische Verläufe, Sprünge etc.) zeigen, für den Kern eine schwierige Angelegenheit.

Die dauerhafte Einnistung des Kerns in die natürlichen Vorgänge und Verhältnisse der Hülle ist nur dann erfolgreich, wenn dem Bedarf des Kerns ein entsprechendes Dargebot der Hülle gegenübersteht und durch die jeweilige Passung die Nachhaltigkeitsbedingung nicht verletzt wird. Wenn der Kern keine oder kaum Speichermöglichkeiten für die von ihm benötigten Stoffe hat, die nicht ständig dargeboten und damit verfügbar sind, bleibt dessen Stoffwechsel (Aneignung, Umwandlung, Entledigung) an die eigengesetzlichen Abläufe des natürlichen Stoffwechsels/dargebots gekoppelt. Alle Lebewesen haben eine

solche Kopplung oder Taktung (z.B. innere Uhren für Tag/Nacht, Sommer/Winter).

Wenn der Kern seine Selbsterhaltung nur bei einem kontinuierlichen Stoffdurchsatz erhalten kann, dann muß diese direkte Kopplung an die Vorgänge der natürlichen Umgebung gelockert und eine neue Passung oder Einbindung bestimmt werden durch

- Veränderung des Stoffwechsels unter der Verwendung von Stoffen, die stets in ausreichender Menge vorhanden sind
- Ausrichtung des Bedarfs und Stoffdurchsatzes an der Stoffmenge, die trotz aller Fluktuationen stets dargeboten wird (Minimalmengen nach dem Liebigschen Gesetz)
- Sicherstellung durch einen rückgebundenen Stoffstrom oder Zyklus, d.h. die Lücke zwischen den Schnittstellen Entledigung und Aneignung (Abb. 2) muß geschlossen werden. Dies soll am Beispiel des Mineralstoffzyklus näher erläutert werden (Abb. 5).



Die Nährlösung im Boden ist das Dargebot für die Pflanze, aus dem sie nach dem Bedarf ihres Stoffwechsels Biomasse aufbaut. Die abgestorbene Biomasse fällt an die Umgebung zurück. Das tote organische Material (Bestandsabfall) gehört zum Dargebot der Pflanze, das nach dem physikalischen und chemischen Bedarf der Bodenorganismen in mineralische Stoffe verwandelt wird. Diese bilden wieder das Dargebot für die Pflanze.

Durch den beschriebenen Zyklus werden Mineralstoffe zurückgehalten, weil sie den Vorgängen in der natürlichen Umgebung entzogen werden. Sie sind damit für die Pflanze stets verfügbar. Er hat im ungestörten Fall drei wichtige Eigenschaften:

1. Solange das Sonnenlicht vorhanden ist, bleibt die Biomasseerzeugung (Aufbau/Abbau) erhalten.
2. Es werden nur Stoffe hergestellt, die auch wieder in ihre Ausgangsbestandteile abgebaut werden können.
3. Für die Aufrechterhaltung der Bioproduktion ist die im Zyklus enthaltene Stoffmenge ausreichend.

Der rückgebundene Stoffstrom, der aus einer Kette von Umwandlungen besteht, ist die nachhaltigste Nutzung der Umgebung, weil die mit der Nutzung verbundenen Einwirkungen auf die Umgebung am geringsten sind. Er stellt somit eine Eichung für Nachhaltigkeit dar.

Die Verbindung zwischen den jeweiligen Dargebots- und Bedarfslagen sind recht lose Kopplungen (meist durch Gravitations- und elektrostatische Anziehungskräfte) im Vergleich zu den chemischen Verbindungen in der lebenden Biomasse, die durch diese Rückhaltung ein Mineralstoffspeicher ist, der gut gegen äußere Einwirkungen geschützt ist. Die Mineralstoffe in der Nährstofflösung sowie das an der

Erdoberfläche lagernde tote organische Material werden durch Einwirkung von Wasser und Wind, Entnahme durch Tiere und Menschen etc. dem Zyklus entzogen. Die zusammengehörigen Dargebot/Bedarf-Anschlüsse sind zudem Stoffpuffer für den Fall, daß Stoffdurchsätze beim Auf- und Abbauvorgang sich nicht entsprechen.

Durch natürliche Geschehnisse oder menschliche Flächenbelegung und -beanspruchung werden Störungen des Stoffdurchsatzes und Stoffverluste hervorgerufen, die den Glattlauf des Zyklus und damit die Tragfähigkeit des Dargebots und die Nachhaltigkeit der Bioproduktion beeinträchtigen.

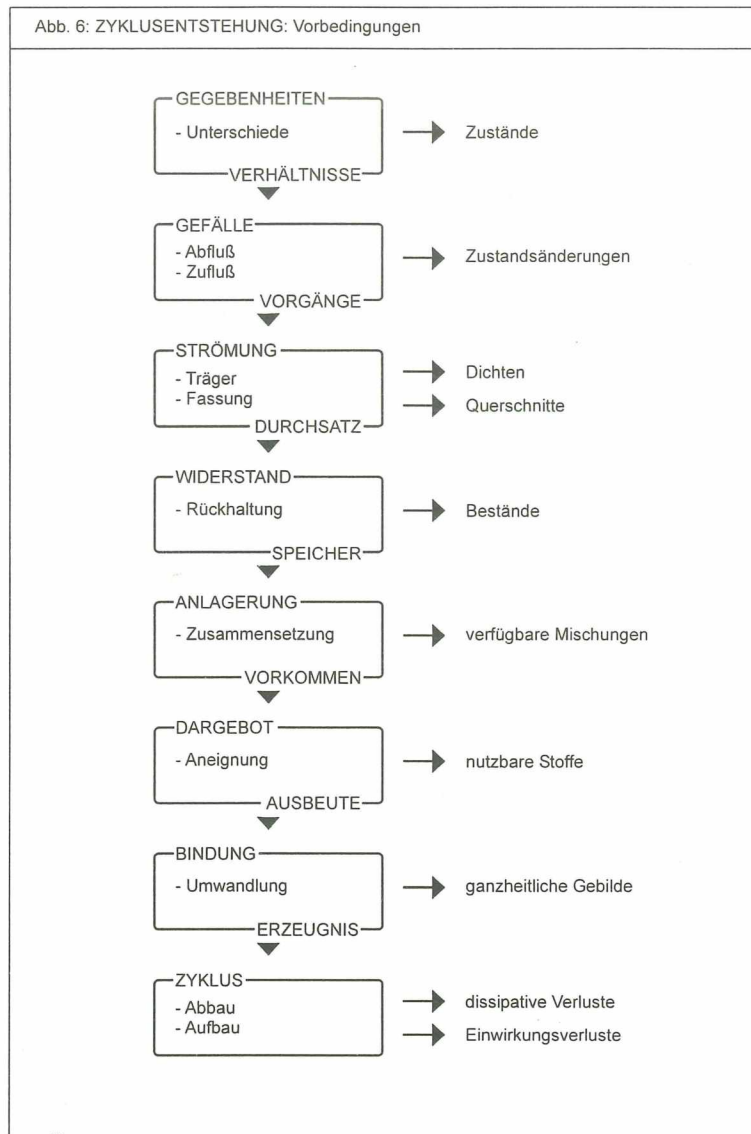
Die Mineralstoffverluste bei der Kreisführung führen dazu, daß die Landschaft - entsprechend dem Liebigschen Gesetz - weniger Biomasse trägt: Den Bedarfsmengen der Pflanze, die in einem festen Mengenverhältnis zueinander stehen, steht ein nach Menge und Zusammensetzung verändertes Dargebot in der Umgebung gegenüber. Die kleinste der Pflanze verfügbare Menge eines notwendigen Stoffes bestimmt dann den erreichbaren Biomassenbestand (Stoffverbindungsgesetze).

Werden die Stoffverluste im Mineralstoffkreislauf durch die Mineralstoffreserve im Boden oder durch Düngung - also durch Stoffzufuhr von außen - ausgeglichen, dann wird die alte Tragfähigkeit und der ursprüngliche Stand der Biomasseerzeugung erreicht. Wird also die Menge der Stoffverluste durch Zufuhr derselben Menge wieder ausgeglichen - Abflußmenge = Zuflussmenge - bleibt die Tragfähigkeit erhalten.

Auf der Satz- oder Zeichenebene wird ein Zyklus stets leicht und mit schneller Feder entworfen. Demgegenüber ist seine Entstehung oder Herstellung auf der Sachebene und damit auch der Selbsterhaltung an eine ganze Reihe von Voraussetzungen geknüpft (Abb. 6).

Vorhandene Unterschiede hinsichtlich der stofflichen Zusammensetzung und des energetischen Zustandes (Verhältnisse) sind die Voraussetzung für die Vorgän-

kungen, wie z.B. Wärme aus energiereicher (kurzwelliger) Strahlung oder energieärmer (langwelliger) Strahlung. Die Bepackung wird also durch eine Dichte



ge in der Natur, mit der die bestehenden Unterschiede - Umverteilung von Stoffen oder Energieleitung - ausgeglichen werden. Die Größe des Unterschieds hat einen maßgeblichen Einfluß darauf, mit welcher Vehemenz der Ausgleichsvorgang vonstatten geht.

Strömungen, die als Zustandsänderungen an den Quellen oder Senken faßbar sind, bestehen aus Trägern (oder Übermittlern) mit unterschiedlichen Bepack-

oder einen Intensitätsgrad wiedergegeben.

Fassung von solchen Ausgleichsvorgängen durch einen Rand, der nicht von der Strömung selbst gebildet wird, entspricht einer Leitung mit bestimmtem Stoff- und Energiedurchsatz.

Widerstände in einer Leitung führen zu einer Rückhaltung von Stoffen oder Energie, also zu einem Speicher. Für den Fall, daß die Zu- und Abflußmenge in

der Zeit konstant sind, ist stets eine bestimmte Bestandsmenge vorhanden (Puffer, Dämpfung).

Anlagerung von Stoffen und Energie erfolgt durch lockere physikalisch-chemische Wechselwirkungen in den Speicher, wodurch es zu höheren Konzentrationen von Stoffen im Vergleich zu der in der Leitung kommen kann. Dadurch verbessert sich die Verfügbarkeit von größeren Stoffmengen.

Falls die so zurückgehaltenen Stoffe mengenmäßig in einem Verhältnis zueinander stehen, das dem des Bedarfs der Kerns in etwa entspricht (Stoffverbindungsgesetz), dann liegt das Milieu für die Ausbeute und Nutzbarkeit vor.

Durch Aneignung und Umwandlung in eine feste physikalisch-chemische Verbindung ist die endgültige Rückhaltung gesichert und eine weitere Beteiligung am Ausgleichsvorgang zunächst ausgeschlossen.

Hat der Stoffdurchsatz des Auf- und Abbauvorganges in etwa dieselbe Größenordnung, dann liegt der die Selbsterhaltung sichernde Zyklus vor. Es müssen nur die auftretenden Stoffverluste ersetzt und der Bedarf für die über Selbsterhaltung hinausgehende Änderungen gedeckt werden.

Fassen wir zusammen:

Begrenzungen: Territorium, Tragfläche, Trittspur

Die Menge und Zusammensetzung des natürlichen Dargebots (Abb. 2) hängt von den vier genannten Regimes ab: den Erhaltungssätzen, den Schwundgesetzen, den Stoffverbindungsgesetzen sowie den Begrenzungen durch das Stoff- und Energiemosaik der Erdoberfläche. Zudem sollte der gesellschaftliche Stoffwechsel von den gewählten Nutzungen begrenzt werden, die nicht gegen die Nachhaltigkeit und Tragfähigkeit verstoßen. Neben der jeweiligen Passung ist

1. Für die Selbsterhaltung in einer zum Ausgleich gerichteten Umgebung ist die Rückhaltung von Stoffen und Energie Voraussetzung.

2. Rückgebundene Stoffströme, die aus einer Kette von Umwandlungen bestehen, sind nachhaltige Nutzungen mit keiner oder geringster dauerhaften Einwirkung in die Umgebung (Nachhaltigkeitseichung).

3. Durch die bei den Umwandlungen auftretenden Verluste und Entwertungen (Schwundgesetze) sowie durch die Auswirkungen der fluktuierenden Umgebung auf den Stoffzyklus verringert sich die Stoffdurchsatzmenge.

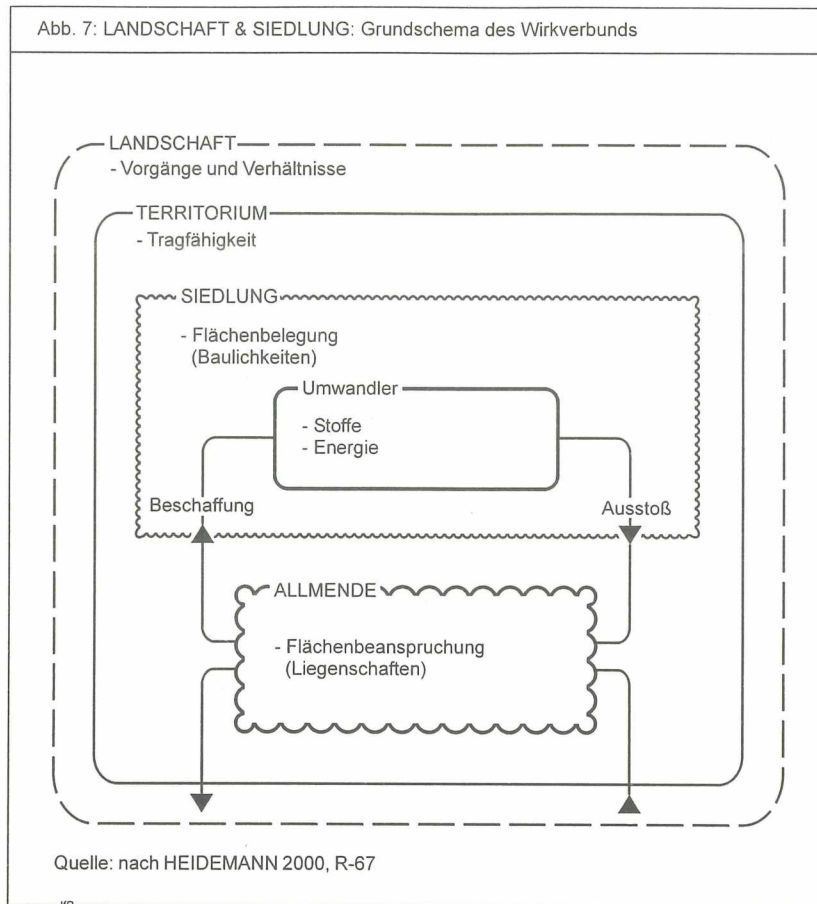
4. Durch den Ersatz von Stoffen, die dem Zyklus entzogen werden, muß die Nutzung der Umgebung ausgeweitet werden. Da die Einwirkungen auf die Umgebung größer sind, wird mit dieser zusätzlichen Nutzung die eine oder andere Nachhaltigkeit erreicht, die sich nicht mit dem Punkt der Nachhaltigkeitseichung deckt.

5. Das Ersetzen dieser Stoffmengen bedeutet bei fehlendem Wiederherstellungsmechanismus der Umgebung eine stetige Annäherung an die Tragfähigkeitsgrenze eines Standorts oder Gebiets.

die Beschaffungsmenge auch von der Größe des durch die Gesellschaft beanspruchten Territoriums abhängig.

Besteht ein rückgebundener Verbund zwischen einer Gesellschaft und seinem Territorium, dann hinterläßt auch eine nachhaltige Nutzung Wirkungen und Spuren in der Landschaft. Die für die Lebensführung erforderliche Nutzfläche (-belegung und -beanspruchung) heißt (ökologische) Trittspur (Abb. 7).

Abb. 7: LANDSCHAFT & SIEDLUNG: Grundschemata des Wirkverbunds



Die Größe der Trittspur ist von dem Bedarf der jeweils realisierten Lebensführung in einer Gesellschaft abhängig. Es muß also für die Selbsterhaltung einer Gesellschaft gelten

$$\text{Trittspur} < \text{Tragfläche} < \text{Territorium.}$$

Die Selbsterhaltung ist gewährleistet, wenn die als Fläche gefaßte Trittspur kleiner oder gleich der Tragfläche (oder biologisch produktive Fläche), diese kleiner oder gleich dem Territorium ist. Nach WACKER-NAGEL/REES haben die Mitteleuropäer eine Trittspur von mehr als 5 ha pro Person. Die vier der Bevölkerung nach größten deutschen Städte, deren Flächenanteil an der Staatsfläche nur 0,7% beträgt, haben zusammen eine Trittspur, die etwas größer ist als das

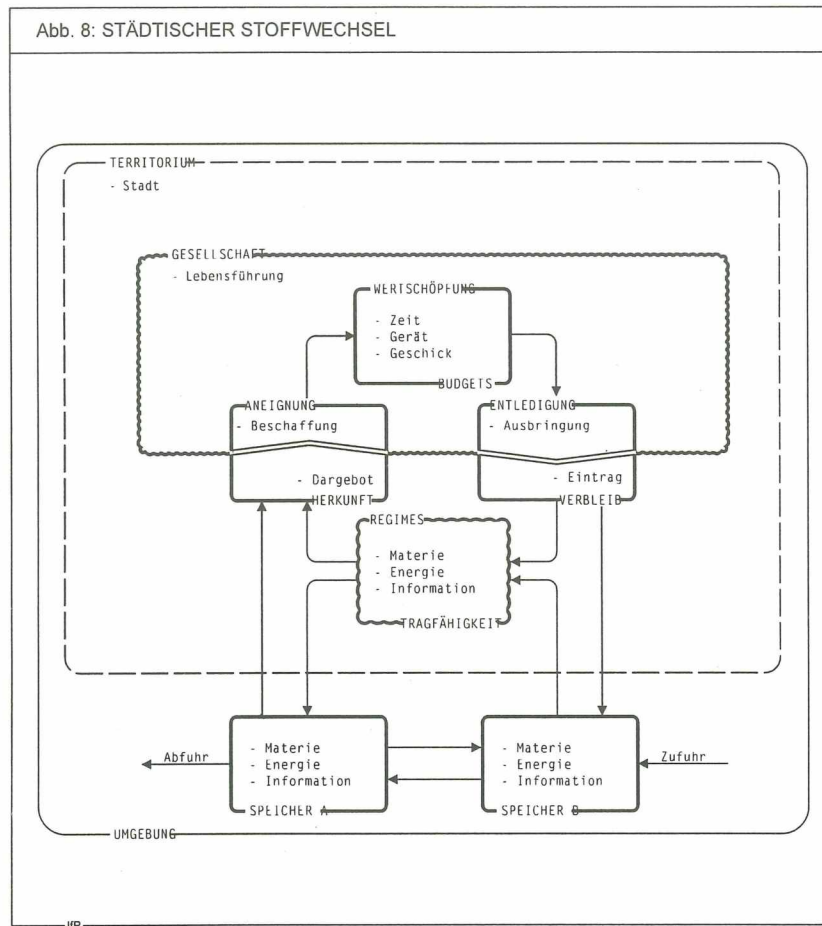
Territorium der Bundesrepublik Deutschland. Wenn der Bedarf der Bevölkerung mit dieser ökologischen Trittspur auf dem Staatsgebiet gedeckt werden müßte, könnten in Deutschland weniger als 7 Mio. Menschen leben, also nur ca. 8% der heutigen Bevölkerung.

Ob eine Gesellschaft mit ihrer Lebensführung über die eigenen ökologischen Verhältnisse lebt, ist also sofort durch einen Vergleich der Trittspur mit der Tragfläche oder dem Territorium erkennbar. Leider gilt auch hier, daß eine Vergrößerung der Trittspur über die Tragfläche und das Territorium hinaus ohne 'Schall und Knall' (Abb. 4) erfolgt.

Kann der Bedarf an Stoffen und Energie für den gesellschaftlichen Stoffwechsel nicht mehr auf dem eigenen Territorium gedeckt werden, dann muß die Rückbindung von Gesellschaft und Territorium aufgegeben und auf exterritoriale Fläche, d.h. Territorien

zurückgegriffen werden, die zum Waltbereich anderer Gesellschaften gehören (Abb. 8). Die Lebensführung einer Gesellschaft, die nicht mehr von natürlichen Vorgängen und Verhältnissen auf dem eigenen Territorium getragen wird, basiert auf der Sicherung exterritorialer Flächen, die meist uneingeschränkt genutzt werden. Das entspricht einem ökologischen Kolonialismus, weil durch die Nutzung der exterritorialen Fläche eine erhöhte Wertschöpfung auf dem

eigenen Territorium ermöglicht wird. In den 'ökologisch kolonialisierten' Gebieten, die BORGSTROM Geisterflächen nennt, kommt es zudem noch zu Nutzungs- und Entfaltungsbeschränkungen (BLANCO OCHANDO 1999). Die betroffene Bevölkerung erhält weder einen Anteil an der erhöhten Wertschöpfung noch einen Ausgleich für die auferlegten Beschränkungen.



Wenn also der gesellschaftliche Stoffwechsel auf Flächen bezogen wird oder Gebiete als Flächen mit stofflichen und energetischen Transformationen, also

einem Metabolismus, aufgefaßt werden, erhalten wir die Möglichkeit, Schmerzpunkte oder Restriktionen für die Nutzung eines Territoriums zu bestimmen.

Zusammenfassung

1. Stoffwechselnde Gebilde sind auf eine Umgebung angewiesen, aus der sie Energie, Stoffe und Informationen beziehen. Dieser Tatsache entspricht

ein Systembegriff, der zwischen einem Kern und einer Hülle unterscheidet sowie den Verbund zwischen beiden Bestandteilen erfaßt.

2. Für die Darstellung der Gegebenheiten sind also sich gegenüberstehende Begriffspaare für Kern und Hülle zu verwenden, wie z.B. Bedarf und Dargebot. Die Nachhaltigkeit (einer Nutzung) und die Tragfähigkeit (einer Beschaffenheit) bilden aus systemischer Sicht ein solches Begriffspaar, das wie zwei Seiten einer Medaille zusammengehört.
3. Selbsterhaltung eines Gebildes ist durch zyklische Verkopplung von Stoffströmen in einer Umgebung möglich, deren Vorgänge auf Ausgleich ausgerichtet sind. Die Bedingungen für die zyklische Verkopplung können angegeben und so mit Nachhaltigkeitseichungen vorgenommen werden. Jede tatsächliche Nutzung läßt sich als Abweichung von der nachhaltigen Nutzung (Nachhaltigkeitseichung) darstellen.
4. Die Nutzungen und der Stoffwechsel unterliegen biophysikalischen Begrenzungen oder natürlichen Regimes (Zwangsläufigkeiten) wie den Stoffverbindungs-, Erhaltungs- und Schwundgesetzen. Zudem hat die Erdoberfläche als Stoff- und Energiemosaik stets ein beschränktes Dargebot.
5. Die Größe von Territorien ist eine gesellschaftliche Begrenzung für die Bedarfsdeckung der Lebensführung, die ökologische Trittspur ist das Maß für die beanspruchte und genutzte Fläche. Ist die Trittspur größer als die Tragfläche oder das Territorium, lebt eine Gesellschaft über ihre Verhältnisse und greift auf exterritoriale Fläche zurück, was mit Beschränkung der dort lebenden Bevölkerung verbunden ist (ökologischer Kolonialismus).

Literatur

- BACCINI, P., BADER, H.P. (1996): Regionaler Stoffhaushalt. Heidelberg, Berlin, Oxford.
- BLANCO OCHANDO, J.A. (1999): Zukunftsfähigkeit von Wasserversorgungsstrategien: Regionale Konflikte und Ansätze einer Neuen Wasserpolitik. Karlsruhe (= Institut für Regionalwissenschaft der Universität Karlsruhe, Diskussionspapier No. 32).
- BORGSTROM, G. (1995): The Hungry Planet. New York.
- BUNGE, M. (1974 ff.): Treatise on basic philosophy. Dordrecht.
- FREYE, H.-A. (1986): Einführung in die Humanökologie für Mediziner und Biologen. Wiesbaden.
- HABER, W. (1994): Nachhaltige Nutzung: Mehr als ein neues Schlagwort? In: Raumforschung und Raumordnung 52. Jg., H.3, S. 169-173.
- HEIDEMANN, C. (2000): Methodologie der Regionalplanung (Vorabausgabe 04/00). Karlsruhe (= Institut für Regionalwissenschaft der Universität Karlsruhe, Diskussionspapier No. 16).
- MATURANA, H.R.; VARELA, F.J. (1980): Autopoiesis and Cognition. Dordrecht.
- PÖRKSEN, W. (1998): Plastikwörter: die Sprache einer internationalen Diktatur. Stuttgart.
- STRASSERT, G. (1998): The German Throughput Economy. Lessons from the first Physical Input-Output Table (PIOT) for Germany. In: Proceedings of the International Joint Conference on Cybernetics, Ecology and Bioeconomics (eds: J.C. Dragan, E.K. Seifert, G. Strassert, M.C. Demetrescu, C. Bob). Milano, pp. 314-330.
- STRASSERT, G. (2000): Stoffflüsse und Systempreise - Produktionstheoretische Zusammenhänge von monetärer und physischer Input-Output-Rechnung. In: Magische Dreiecke. Berichte für eine nachhaltige Gesellschaft (hrsg. v. S. Hartard, F. Hinterberger, C. Stahmer). Marburg, S. 93-126.
- UEXKÜLL, v. J. (1928): Theoretische Biologie. Berlin.
- WACKERNAGEL, M.; REES, W.E. (1995): Our Ecological Footprint. Philadelphia.
- WEIZÄCKER, E.U. (Hrsg.) (1994): Umweltstandort Deutschland. Berlin, Basel, Boston.
- WITTENBERG, W. (1998): Stoffströme einer Stadt. In: Praxis Geographie 28 (1998) 12, S. 36-41.

WITTENBERG, W. (1998²): Betriebe und natürliche Umgebung. In: Grundlagen des ökologisch verträglichen Wirtschaftens (hrsg. v. Fernstudienzentrum der Universität Karlsruhe), Karlsruhe, S. 13-45.

Stoffströme und Geschlechterverhältnisse

Prof. Dr. Ines Weller, Fachbereich Produktionstechnik, Universität Bremen

I. Einführung

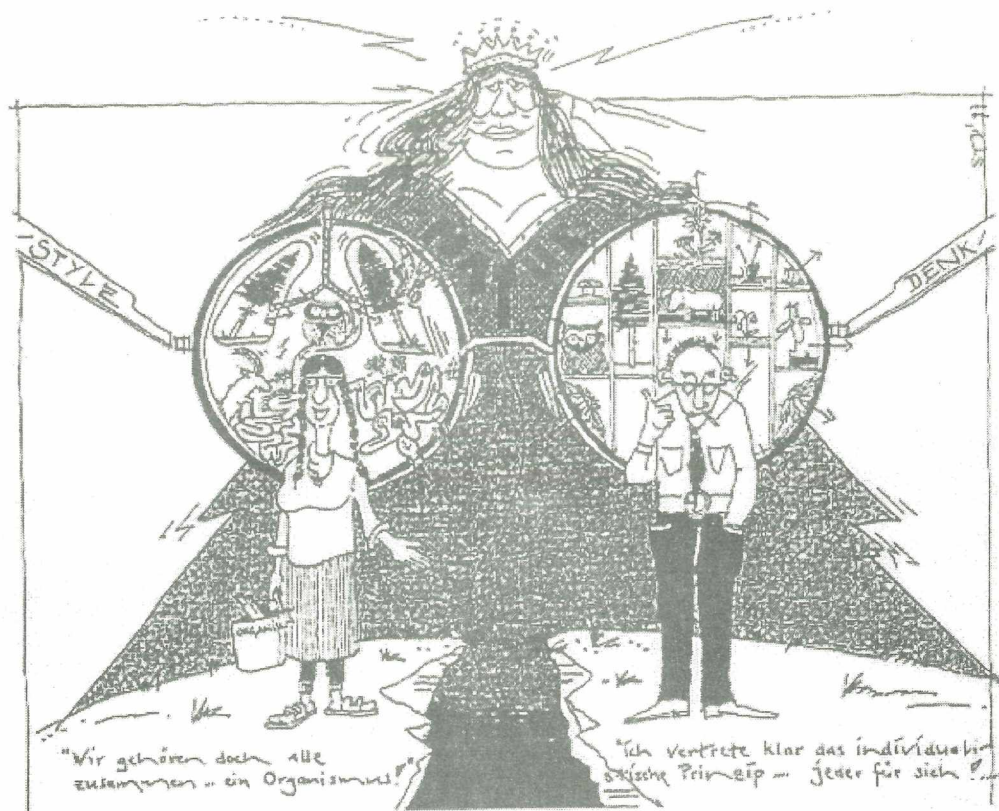
Meine Ausgangsthese ist, dass der gesellschaftliche Umgang mit Stoffen und Produkten, mit Stoff- und Produktströmen von den Geschlechterverhältnissen beeinflusst wird. Die Art und Weise, wie Menschen und Gesellschaft mit Stoffen umgehen, welche Interessen und Ziele sie dabei verfolgen, wie sie sie nutzen, in welchem Ausmaß sie Stoffe und Produkte produzieren und konsumieren, über welche Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten sie dabei verfügen, wie Nutzen und die Lasten des gesellschaftlichen Stoffumganges verteilt werden, wie in der Umweltforschung die daraus resultierenden Probleme wahrgenommen und bewertet werden, welche Lösungen und Handlungskonzepte daraus abgeleitet werden – dies alles ist verflochten mit den Geschlechterverhältnissen. Diese Verflechtungen werden aber kaum explizit thematisiert, sondern schreiben sich insbesondere als "hidden curriculum" zwischen den Zeilen ein, zumal sowohl die naturwissenschaftliche und technische Entwicklung von Stoffen und Produkten als auch die noch immer stark naturwissenschaftlich-technisch geprägte Umweltforschung sich selbst als geschlechtsneutral verstehen.

Dieser These gehe ich in verschiedenen Schritten nach. Ich beginne mit der Definition und Erläuterung des Begriffs der Geschlechterverhältnisse, stelle danach erste Daten und Hinweise über individuelle Geschlechterunterschiede im gesellschaftlichen Stoff-

umgang vor und frage anschließend auf der eher symbolischen Ebene nach der Einschreibung der Geschlechterverhältnisse in die Problembeschreibung und -wahrnehmung der Umweltforschung und -debatte.

Als bildhafte Einstimmung in meine Grundannahme, dass Umweltforschung und Ökologie keineswegs geschlechtsneutral sind, sondern dass sie auch heute noch – allerdings nicht explizit, sondern vorwiegend zwischen den Zeilen – auf traditionelle Bilder und Vorstellungen über die Verknüpfung zwischen Natur/Umwelt und Geschlecht zurückgreifen, möchte ich exemplarisch auf das Buch von Antonio Valsangiacomo "Die Natur der Ökologie: Anspruch und Grenzen ökologischer Wissenschaften" verweisen. Es ist 1998 erschienen und verfolgt das anspruchsvolle und sicher lohnenswerte Ziel, die "Natur-, Wissenschafts- und Wertvorstellungen der Umweltforschung" zu präsentieren und für "versteckte Wertungen" zu sensibilisieren (Valsangiacomo 1998: V). Zur didaktischen Unterstützung und Visualisierung der theoretischen Aussagen wurden mehrere Karikaturen eingefügt: Im Kapitel über Naturvorstellungen findet sich die folgende (siehe Abb. 1), die die Unterscheidung zwischen einem organismischen und einem individualistischen Konzept mit tradierten Vorstellungen über weibliche und männliche Denkstile illustriert und damit Geschlechterdualisierungen fortschreibt.

Abb.1: Die Frage nach dem Verhältnis von Teilen und Ganzem (Quelle: Valsangiacomo 1998, S. 205)



II. Geschlechterverhältnisse: Definition und Konkretisierung

Mein Verständnis von Geschlechterverhältnissen bezieht sich auf das Gesamtsystem der Beziehungen zwischen den Geschlechtern, wie es beispielsweise in den beiden folgenden Definitionen von Regina Becker-Schmidt und Barbara Stiegler zum Ausdruck kommt. So versteht Regina Becker-Schmidt unter Geschlechterverhältnis das "Insgesamt der institutionalisierten Gegebenheiten und normativen Regulative, die in einer bestimmten historischen Epoche und Kultur darüber entscheiden, welche Privilegien das eine Geschlecht auf Kosten des anderen hat" (Becker-Schmidt 1991: 392). In ähnlicher Weise definiert Barbara Stiegler Geschlechterverhältnisse als "die gesellschaftlichen Strukturen, Institutionen und Mechanismen, durch die die beiden Geschlechter definiert und

einander zugeordnet werden, durch die sie hierarchisiert werden" (Stiegler 1998: 13).

Damit beziehen sich meine Überlegungen nicht auf eine "weibliche" Sicht auf die Stoff- und Produktströme, auch nicht auf die vermeintlich größere Naturnähe von Frauen, die im Ökofeminismus eine wichtige Rolle spielt. Vielmehr steht im Mittelpunkt meiner Analyse - wie auch in Kap. 24 der Agenda 21 gefordert - die "Untersuchung der strukturellen Zusammenhänge zwischen Geschlechterbeziehungen, Umwelt und Entwicklung" (AGENDA 21: 220)

Geschlechterverhältnisse können sich in dem gesellschaftlichen Umgang mit Stoffen und Produkten auf unterschiedlichen Ebenen ausdrücken. Sie können sich

in geschlechtsspezifisch unterschiedlichen individuellen Orientierungen und Verhaltensweisen niederschlagen, z.B. bezogen auf den Konsum und Gebrauch von Stoffen und Produkten. Ebenso sind geschlechtsspezifisch unterschiedliche Zugangsmöglichkeiten zu Machtpositionen innerhalb der Berufshierarchien Ausdruck von Geschlechterverhältnissen. Darüber hinaus sind auf einer eher strukturell-symbolischen Ebene die Dichotomisierung und hierarchisierende Bewertung von geschlechtlich konnotierten Sphären, z.B. von Produktion und Reproduktion, Wissenschaft und Alltag, Expertentum und Alltagskompetenz, Teil der Geschlechterverhältnisse. Diese Differenzierung knüpft an Sandra Harding an, die auf die Notwendigkeit verweist, zwischen den individuellen, strukturellen und symbolischen Aspekten der Geschlechterverhältnisse zu unterscheiden, aber auch ihre Wechselwir-

kungen und Verflechtungen zu beachten (Harding 1991). Die individuelle Dimension bezieht sich auf die Konstruktionsprozesse von Geschlechtsidentitäten z.B. bezogen auf Verhalten und Einstellungen, die strukturelle fokussiert auf die geschlechtsspezifische Arbeitsteilung, während die symbolische Ebene die Zuschreibung dualistischer Geschlechtsmetaphern umfasst.

Bevor ich auf den Zusammenhang zwischen Geschlechterverhältnissen und Stoffströmen eingehe, möchte ich zunächst einige sicher bekannte, aber vielfach unterschätzte Aspekte der Geschlechterverhältnisse in Deutschland vorstellen und dabei bereits auf zunächst noch eher allgemeine Konsequenzen für den gesellschaftlichen Umgang mit Stoff- und Produktströmen hinweisen.

1. Geschlechterunterschiede in den Einkommen

In Deutschland sind auch heute noch gravierende Einkommensunterschiede zwischen den Geschlechtern zu verzeichnen. So lag nach Angaben des Statistischen Bundesamtes der Durchschnittsverdienst der männlichen Angestellten 1998 in den alten Bundesländern bei DM 6.435 und in den neuen Ländern bei DM 4.852. Dagegen verdienten die weiblichen Angestellten im früheren Bundesgebiet DM 4.476 und in den neuen Bundesländern DM 3.718 (Statistisches Bundesamt 1999). Damit verdienten die weiblichen Angestellten in den alten Bundesländern gerade 69,6% und in den neuen Ländern nur 76,6% des Durchschnittseinkommens ihrer männlichen Kollegen. Noch krasser zeigen sich die Geschlechterunterschiede im Alter z.B. bei den durchschnittlichen Rentenzahlbeträgen der Rentenversicherung wegen verminderter Erwerbsfähigkeit und wegen Alters für Angestellte: Frauen erhielten

1998 monatlich DM 1.080 (neue Länder DM 1.213), bei Männern waren es DM 2.153 (neue Länder: DM 2.074) (Statistisches Bundesamt 1999). Die Rente von Frauen liegt damit in den alten Bundesländern nur bei 50,16% und in den neuen Ländern ebenfalls nur bei 58,5% der männlichen Durchschnittsrente.

Da das Einkommen sowohl die Konsummuster als auch das Konsumniveau erheblich beeinflusst (siehe z.B. Bodenstein et al. 1997), sind die aufgezeigten Differenzen als Hinweis für Unterschiede zwischen den Geschlechtern sowohl im Konsumverhalten allgemein als auch hinsichtlich der dadurch verursachten Umweltbeanspruchungen und -belastungen zu verstehen. Genaue geschlechtsspezifisch disaggregierte Daten z.B. über den CO₂-Ausstoß oder den Energieverbrauch der privaten Haushalte stehen bislang jedoch nicht zur Verfügung.

2. Geschlechtsspezifische Arbeitsteilung und die Krise der Reproduktionsarbeit

Ein wesentliches Element der Geschlechterverhältnisse ist die nach wie vor anhaltende geschlechtsspezifische Arbeits- und Aufgabenteilung. Sie äußert sich insbesondere in der einseitigen Aufgaben- und Verantwortungszuweisung für den Bereich der alltäglichen Versorgungsarbeit, die trotz der zunehmenden Erwerbsbeteiligung von Frauen noch immer überwiegend in ihre Zuständigkeit fällt. Sie sind insbesondere für Koordination und Management der im Alltag zu bewältigenden Arbeiten und damit auch für den Um-

gang mit den alltäglichen Produkten und Geräten verantwortlich. Nachgewiesen ist dies mit Daten über den Zeitaufwand für hauswirtschaftliche Tätigkeiten, die im Rahmen einer repräsentativen Zeitbudgeterhebung des Statistischen Bundesamtes gewonnen wurden. Danach verwenden Frauen im Durchschnitt täglich 4 Stunden und 8 Minuten, Männer dagegen nur 1 Stunde und 46 Minuten für Arbeiten im Haushalt wie Mahlzeitzubereitung, Wäschepflege und Wohnungsreinigung (Blanke et al. 1996).

Diese Arbeitsteilung trägt mit zur "Alltagsvergessenheit" eines Großteils an Männern und ihrem in dieser Hinsicht eingeschränkten Erfahrungsbereich auch bezogen auf den Umgang und Gebrauch von alltäglichen Produkten und Geräten bei. Zugleich ist daran problematisch, dass der gesellschaftlich gering geachtete "weibliche" Versorgungsbereich im Schatten bleibt und wenig öffentliche Aufmerksamkeit erfährt, obwohl von der Frauen- und Geschlechterforschung bereits auf die "Krise der Reproduktionsarbeit" und ihre Folgen hingewiesen wird (z.B. Spitzner 1999). Sie prognostizieren angesichts der steigenden Erwerbsorientierung von Frauen und der anhaltend geringen Beteiligung von Männern an der Versorgungs-

arbeit sowie an der Alten- und Kinderbetreuung eine Versorgungslücke, die allerdings öffentlich kaum angemessen wahrgenommen und problematisiert wird. Die Krise der Reproduktionsarbeit kann zudem auch Veränderungen in den Anforderungen an Produkte und Dienstleistungen und ihren Stoff- und Energieverbräuchen hervorrufen. So reagiert auf die Zeitknappheit im Versorgungsbereich bisher vor allem die Konsumgütererzeugende Industrie z.B. die Ernährungsbranche mit einem überproportional wachsenden und nachgefragten Angebot an zeitsparenden Fertigprodukten, deren Herstellung und Vertrieb allerdings zusätzliche Stoff- und Energieverbräuche verursachen kann.

3. Marginaler Frauenanteil in der Stoff- und Produktentwicklung

Die Asymmetrie der Geschlechterverhältnisse zeigt sich auch in dem Anteil von Chemikerinnen in der chemischen Industrie, insbesondere in den F+E-Abteilungen der chemischen Forschung, d.h. in dem Bereich mit besonders großen Einflussmöglichkeiten auf die Gestaltung von Stoffen und ihre Verwendung in Produkten. Der Frauenanteil liegt hier nach Angaben des Verbands angestellter Akademiker und leitender Angestellter in der chemischen Industrie in den beiden oberen Führungsebenen bei 5,3 bzw. 7,5 %¹⁶. Auf der Ebene der Professuren sieht es an den Hochschulen in Chemie und in den Ingenieurwissenschaften noch schlechter aus: 1997 verharnte nach Angaben des Statistischen Bundesamts der Frauenanteil an den Professuren in Chemie bei knapp 4%, in den Ingenieurwissenschaften bei 3,5% (Statistisches Bundesamt 1999). Auch bei den Berufstätigen mit Hochschulabschluss ist das Geschlechterverhältnis nach wie vor wenig ausgewogen: 1998 lag der Frauenanteil bei den erwerbstätigen IngenieurInnen bei rund 10%, bei den ChemikerInnen, PhysikerInnen und MathematikerInnen mit rund 20% etwas höher.

Dies bedeutet, dass die entscheidenden Einflussmöglichkeiten auf die Gestaltung und Entwicklung von Stoffen und Produkten bei überwiegend männlichen Naturwissenschaftlern und Ingenieuren liegen. Sie besitzen einen bestimmten Erfahrungs- und Einstellungshintergrund, bei dem davon ausgegangen werden kann, dass Fragen und Erfahrungen der alltäglichen Versorgung eine eher unwichtige Rolle spielen.

Insofern fließt in die Stoff- und Produktentwicklung und -gestaltung vorrangig ein Hintergrund an Erfahrungen, Werten und Interessen ein, von dem eine deutliche Distanz zu lebensweltlichen und versorgungsbezogenen Orientierungen und Problemstellungen zu erwarten ist.

Nach diesen eher noch allgemeinen Erläuterungen über einige Aspekte der Geschlechterverhältnisse werde ich nun dem Zusammenhang zwischen Stoff-/Produktströmen und Geschlechterverhältnissen nachgehen. Hierbei unterscheidet sich zwischen zwei Ebenen der Kategorie Geschlecht: Zunächst werde ich nach individuellen Geschlechterunterschieden in dreierlei Hinsicht fragen und geschlechterdifferenzierende Daten über die Nutzung und den Gebrauch von Stoffen und Produkten, über die Belastungen mit Umweltschadstoffen sowie über die Wahrnehmung von Umwelt- und Gesundheitsrisiken zusammenstellen.

Daran anschließend gehe ich auf eher strukturell-symbolische Elemente der Geschlechterverhältnisse ein, d.h. auf Hierarchisierungen und geschlechtsspezifische Zuweisungen verschiedener gesellschaftlicher Sphären und Aufgabenbereiche. Dabei steht die Thematisierung und Wahrnehmung von Produktion und Konsum (Reproduktion) und damit auch von öffentlich und privat im Mittelpunkt meines Interesses. Denn hierbei handelt es sich um zwei gesellschaftliche Bereiche, die in Wissenschaft und Alltagsdenken noch immer entlang einer geschlechtsspezifischen Trennlinie verlaufen - obwohl sowohl der feministische Diskurs die vermeintlichen Trennung von Privatheit und Öffentlichkeit in Frage gestellt als auch in neueren

¹⁶ Diese Angaben beziehen sich auf 1993, aktuellere Daten sind nach Auskunft des VAA gerade in Arbeit.

umweltpolitischen Instrumenten, z.B. die produktlinienübergreifende Betrachtung im Stoffstrommanagement, zumindest programmatisch die Beziehungen

und Wechselwirkungen zwischen Produktion und Konsum betont werden.

III. Geschlechterunterschiede im gesellschaftlichen Umgang mit Stoff- und Produktströmen

Der Diskussion über Geschlechterdifferenzen im gesellschaftlichen Stoffumgang möchte ich zwei Vorbemerkungen voranstellen. Zunächst ist im Folgenden zu berücksichtigen, dass hierüber nach meinem Wissen bisher keine systematischen Untersuchungen durchgeführt wurden, so dass insgesamt ein deutliches Defizit an Daten über Geschlechterunterschiede in diesem Bereich festzustellen ist. Die ersten Hinweise und Ergebnisse, die ich nun vorstelle, sind am Rand von Forschungsarbeiten mit anderen inhaltlichen Schwerpunktsetzungen entstanden und somit

vorerst noch als zufällig und unsystematisch zu verstehen. Außerdem ist zu beachten, dass es sich bei den festgestellten Geschlechterunterschieden um Durchschnittsangaben handelt, die sich keineswegs auf alle Frauen und Männer beziehen, zumal die Kategorie Geschlecht in Wechselwirkung mit anderen Einflussfaktoren wie Alter, Nationalität, Einkommen und Lebensstilen steht. Zudem ist angesichts der seit einigen Jahren bemerkbaren Aufweichung und Auflösung von Geschlechtergrenzen und -rollen zu vermuten, dass auch sie in Veränderung begriffen sind.

1. Geschlechterdifferenzen bezogen auf den Verbrauch und die Nutzung von Stoffen und Produkten

Erste Hinweise deuten auf z.T. deutliche Geschlechterunterschiede im Verbrauch von Stoffen und Pro-

dukten. In Tab. 1 sind einige diesbezügliche Ergebnisse zusammengestellt.

Tab. 1: Geschlechterunterschiede bezogen auf den Verbrauch und die Nutzung von Stoffen und Produkten

	Frauen	Männer
Gesamtfahrleistung PKW/Jahr (Mittelwert; Quelle: Bodenstein et al. 1997)	10.142 km	17.526 km
Anzahl der Flüge pro Jahr (Mittelwert; Quelle: Bodenstein et al. 1997)	0,8640	2,9149
Bekleidungskauf: Anzahl der Kleidungsstücke pro Jahr (Mittelwert; Quelle: Bodenstein et al. 1997)	18,6585	15,7813
Konsum von Fleisch/Wurstwaren (Döcker et al. 1994)	55 kg / a	99 kg / a

Die Angaben des Statistischen Bundesamtes über Wirtschaftsrechnungen und Versorgung bieten ebenfalls nur wenige Hinweise über mögliche Geschlechterunterschiede, da sie sich überwiegend auf verschiedene Haushaltstypen und nicht auf Einzelpersonen beziehen. Eine Aufstellung über den Ausstattungsgrad privater Haushalte mit langlebigen Ge-

brauchsgütern im früheren Bundesgebiet und in den neuen Ländern, die zwischen weiblichen und männlichen Alleinlebende differenziert (siehe Tab. 2), weist für diese Gruppe durchaus Unterschiede mit Folgen für Stoff- und Produktströme aus. Besonders deutliche Abweichungen zeigen sich beispielsweise im Pkw-Bestand und in der Ausstattung mit PC's: Hier liegt

der Ausstattungsgrad der männlichen Alleinlebenden deutlich über dem der weiblichen Alleinlebenden. Demgegenüber finden sich in Haushalten mit weiblichen Alleinlebenden häufiger eine Waschmaschine und ein Gefrierschrank bzw. eine Gefriertruhe. Insgesamt lässt sich eine Tendenz zu einem etwas höheren Ausstattungsgrad der Haushalte von männlichen Alleinlebenden mit langlebigen Haushaltsgeräten erkennen.

Die Ausstattung der Haushalte von männlichen Alleinlebenden mit langlebigen Haushaltsgeräten ist im Vergleich zu weiblichen Alleinlebenden deutlich höher. Dies ist insbesondere bei den folgenden Kategorien zu sehen: Pkw (61,9% vs. 46,0%), Fahrrad (73,3% vs. 62,6%), Fernsehgerät (89,1% vs. 92,5%), Video-Recorder (56,1% vs. 34,8%), Radio-Recorder/Stereo-Rundfunkg. (70,6% vs. 75,2%), PC mit CD-ROM-Laufwerk (27,0% vs. 8,8%), Modem für Datenfernübertragung (13,5% vs. 2,9%), Telefon, stationär, auch schnurlos (91,9% vs. 96,6%), Telefon mobil (12,4% vs. 3,2%), Anrufbeantworter (48,9% vs. 31,6%), Gefrierschrank, Gefriertruhe (49,0% vs. 60,9%), Geschirrspülmaschine (21,1% vs. 22,2%), Mikrowellengerät (38,7% vs. 34,4%), Waschmaschine (70,3% vs. 84,4%) und Wäschetrockner (13,8% vs. 15,0%).

Tab. 2: Ausstattungsgrad privater Haushalte von Alleinlebenden mit ausgewählten langlebigen Gebrauchsgütern (Quelle: Statistisches Bundesamt 1999; Stand: 01.01.1998)

Ausstattungsgrad je 100 Haushalte von Alleinlebenden				
	Früheres Bundesgebiet		Neue Länder u. Berlin-Ost	
	Frauen	Männer	Frauen	Männer
Pkw	46,0	61,9	23,2	62,4
Fahrrad	62,6	73,3	45,0	66,0
Fernsehgerät	92,5	89,1	95,9	93,8
Video-Recorder	34,8	56,1	26,9	60,9
Radio-Recor./Stereo-Rundfunkg.	75,2	70,6	77,8	64,8
PC mit CD-ROM-Laufwerk	8,8	27,0	5,1	21,3
Modem für Datenfernübertragung	2,9	13,5	1,3	8,3
Telefon, stationär, auch schnurlos	96,6	91,9	91,6	82,5
Telefon mobil	3,2	12,4	2,6	14,4
Anrufbeantworter	31,6	48,9	20,4	41,5
Kühlschrank	98,3	96,5	98,6	97,8
Gefrierschrank, Gefriertruhe	60,9	49,0	64,4	52,5
Geschirrspülmaschine	22,2	21,1	5,3	8,2
Mikrowellengerät	34,4	38,7	21,8	29,3
Waschmaschine	84,4	70,3	86,6	77,5
Wäschetrockner	15,0	13,8	6,5	7,5

2. Geschlechterunterschiede bei der Belastung mit Umweltchemikalien

Auf Geschlechterunterschiede bei der korporalen Belastung mit Umweltchemikalien verweisen erste Ergebnisse aus dem Umwelt-Survey in Deutschland und der Umweltprobenbank des Bundes (Umweltbundesamt 1997). Geschlechterunterschiede zeigen sich danach z.B. bei der Belastung mit dem Schwermetall Blei, das in höheren Konzentrationen im Vollblut von Männern aus Studentenkollektiven der Universität

Münster gefunden wurde (1995: Frauen 28,5 µg Pb/l; Männer 34,6 µg Pb/l). Es wird vermutet, dass diese Unterschiede auf den geringeren Anteil von roten Blutkörperchen im Blut von Frauen zurückzuführen sind. Bei den Schwermetallen Quecksilber und Cadmium waren entsprechende geschlechtsspezifische Differenzen bei Erwachsenen nicht zu beobachten. Die Cadmiumgehalte im Urin von Kindern wiesen dagegen

signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede auf. Für den bei Mädchen deutlich höheren Wert (Mädchen: 0,1 µg Cd/l, Jungen: 0,08 µg Cd/l) wurde bisher noch keine Erklärung gefunden.

Die korporale Belastung mit chlororganischen Verbindungen weist ebenfalls teilweise geschlechtsspezifische Werte aus. Während die Konzentrationen von Pentachlorphenol (PCP) keine Geschlechtsabhängigkeit erkennen lässt, sind bei Hexachlorbenzol (HCB) und bei Pentachlorbenzol (PCB) Unterschiede bei den Konzentrationen im Blutplasma festgestellt wurden. Der HCB-Gehalt im Blutplasma war bei den weiblichen Untersuchungspersonen durchweg höher, bei PCB dagegen niedriger. Dies ist deswegen besonders bemerkenswert, weil es sich hierbei um zwei chlororganische Verbindungen mit sehr ähnlichen physikochemischen Eigenschaften und chemischen Strukturen handelt.

Inwieweit diese Befunde auf physiologische Geschlechterunterschiede zurückzuführen sind oder mit geschlechtsspezifischen Sozialisations- und Verhaltensmustern, z.B. Aufenthaltsdauer in der Wohnung bzw. im Freien, Arbeitsplatzbelastung, Ernährungsgewohnheiten etc., zusammenhängt, ist noch weitgehend offen. Auch der Frage nach den Folgen dieser geschlechtsspezifischen Belastungswerte wird nach meinem Eindruck bisher noch kaum nachgegangen.

Zusätzlich spielt in diesem Zusammenhang noch ein weiterer Aspekt der geschlechtsspezifischen Aufgabenteilung eine Rolle: Die Gesundheitsverantwortung für die Familie und insbesondere für Kinder wird im Rahmen der traditionellen Arbeitsteilung noch immer überwiegend Frauen zugewiesen. Damit reicht ihre Betroffenheit von umweltbedingten Krankheiten weit über die eigene Gefährdung hinaus, da ihnen im Falle des Auftretens von z.B. Allergien¹⁷ in der Familie in der Regel die Hauptverantwortung für eine Lebensführung übertragen wird, die die jeweiligen Umweltchemikalien oder Allergene möglichst vermeidet oder vermindert und insgesamt eine Entchemisierung der im Alltag konsumierten Produkte anstrebt. Dies ist u.a. angesichts der noch immer mangelhaften Transparenz über die Produktionsbedingungen sowie über die Zusatz- und Inhaltsstoffe von Ge- und Verbrauchspro-

dukten mit erheblichem Arbeitsaufwand und Zusatzbelastungen verbunden (siehe z.B. bezogen auf Textilien Weller 2000).

¹⁷ Der Sachverständigenrat für Umweltfragen gibt in dem Sondergutachten "Umwelt und Gesundheit" an, dass rund ein Drittel der bundesdeutschen Bevölkerung an Allergien leidet (SRU 1999).

3. Geschlechterunterschiede bei der Wahrnehmung und Betroffenheit von Umwelt- und Gesundheitsrisiken

Einige sozialwissenschaftliche Studien über die Wahrnehmung und Bewertung von Umwelt- und Gesundheitsrisiken, die den Einfluss der Kategorie Geschlecht berücksichtigten, stellten ebenfalls Unterschiede fest. So gaben in einer Studie von Waldmann die befragten jungen Frauen eine höhere Betroffenheit von Umweltbelastungen wie Abgase, Wasserverschmutzung und Lärm an (Waldmann 1992). In eine ähnliche Richtung weisen die Ergebnisse einer amerikanischen Untersuchung über die Risikowahrnehmung von weißen und farbigen Männern und Frauen (Flynn et al. 1994). Sie stellte fest, dass sich die weißen Männer deutlich von allen anderen Befragten unterschieden und allen bei der Befragung thematisierten ein geringeres Risiko als alle anderen Gruppen zuschrieben. Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Umweltkatastrophen auf das Erleben und die Stressverarbeitung von Männern und Frauen unterschiedlichen Alters erbrachte ähnliche Resultate. Im Rahmen der Studie wurden zwischen 1986 und 1991 die Wirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl sowie von

Chemieunfällen am Rhein untersucht. Aus den Ergebnissen zogen die Autoren der Studie u.a. den Schluss, "dass die am stärksten betroffene Gruppe die der jungen Frauen ist und die am wenigsten betroffene Gruppe die der alten Männer" (Hüppe/Janke 1993: 141).

Dieser Auflistung sind damit also durchaus Hinweise für die Relevanz der Kategorie Geschlecht in Hinblick auf Veränderungen von Stoff- und Produktströmen zu entnehmen. Zugleich unterstreicht sie die Notwendigkeit, systematisch geschlechtsspezifisch disaggregierte Daten über die Nutzung von Stoffen und Produkten, die Umweltbelastung und die Wahrnehmung und Betroffenheit von Umwelttrisiken zu erheben, um zielgenau die entscheidenden Akteure von Problemen der Stoff- und Produktströme bestimmen sowie Lösungsansätze für Veränderungen ableiten zu können. Zudem wird deutlich, dass auch nach den Konsequenzen der festgestellten Geschlechterunterschiede zu fragen ist, z.B. in Hinblick auf die Festlegung von Grenzwerten oder die Bestimmung von Umweltindikatoren.

IV. Strukturell-symbolische Aspekte der Geschlechterverhältnisse bezogen auf den gesellschaftlichen Umgang mit Stoff- und Produktströmen

Im Mittelpunkt dieser Überlegungen steht die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Produktion und Reproduktion, d.h. dem privaten Konsum, sowie zwischen (Natur)Wissenschaft und Alltag, z.B. wie die Verantwortlichkeiten zwischen diesen geschlechtlich konnotierten gesellschaftlichen Bereichen und ihren Akteuren verteilt werden. Diese Fragerichtung bezieht sich auch auf die Wahrnehmung und Berücksichtigung des spezifischen Handlungskontextes des priva-

ten Konsums und des Gebrauchs von Stoffen und Produkten. Sie zielt damit auf einen Verantwortungsbereich, für den noch immer überwiegend, aber keineswegs mehr ausschließlich Frauen zuständig sind. Sie zielt zugleich auf die in der Nachhaltigkeitsdebatte verstärkt geforderte Nutzen- und Gebrauchsorientierung der Produktentwicklung und -gestaltung.

1. These von der Feminisierung der Umweltverantwortung

Die bundesdeutsche Forschung über "Gender & Environment" hat in diesem Zusammenhang als eine Hauptthese auf die systematische Überhöhung der (Umwelt)Verantwortung privater KonsumentInnen in der Umweltforschung bei gleichzeitiger Geringwahrnehmung ihres Handlungskontextes und ihrer Anforderungen hingewiesen. Diese These wurde von Irmgard Schultz und Monika Weiland zunächst am

Beispiel der Hausmüllproblematik herausgearbeitet (Schultz/Weiland 1991) und lässt sich für andere Konsumbereiche wie die textilen Stoffströme bestätigen und weiter konkretisieren (Weller 2000). Sie besagt, dass die Einflussmöglichkeiten privater KonsumentInnen häufig überhöht und pauschal mit ihrer vermeintlich entscheidenden Kaufmacht und Nachfrage begründet werden, ohne zu berücksichtigen,

dass es sich hierbei keineswegs um aktive Mitgestaltungsmöglichkeiten handelt. Zugleich werden andere ebenfalls relevante Nachfragegruppen wie die öffentliche Hand oder die Wirtschaft nur unzureichend wahrgenommen.

Die Überschätzung der privater KonsumentInnen kann sich auch auf die Bestimmung und Wahrnehmung der von der Gebrauchsphase verursachten Umwelteffekte beziehen. Hier verdeutlicht das Müllbeispiel, dass die starke Moralisierung und öffentliche Aufmerksamkeit auf den Hausmüll nicht der tatsächlich eher geringen Relevanz dieser Abfallfraktion entspricht: Der Anteil des Hausmülls macht nur rund 12% des Gesamtabfallaufkommens aus, wobei in dieser Zahl sogar noch die Abfälle aus dem Kleingewerbe enthalten sind (Umweltbundesamt 1997).

Am Beispiel der Textilien lässt sich ebenfalls die Tendenz der Umweltforschung und -debatte erkennen, die Umweltrelevanz der Gebrauchsphase zu überschätzen. In der textilen Produktlinie wird diese Phase sogar als ein zentraler Umweltbelastungsschwerpunkt gesehen und mit dem Stoff- und Energieeinsatz begründet, der aus dem Waschen, Trocknen und Bügeln der Kleidungsstücke resultiert (COGNIS 1995). Eine

genauere Analyse der Grundannahmen, auf denen diese Einschätzung basiert, und ein Vergleich mit anderen textilen Stoffstromanalysen verdeutlicht jedoch, dass sich die Annahmen über die Häufigkeit und Intensität des Pflegeverhaltens erheblich unterscheiden. Dies hat zur Folge, dass die Ergebnisse über den Anteil der Gebrauchsphase z.B. an dem Primärenergieverbrauch der gesamten textilen Produktlinie zwischen 85% und 28% schwanken (ausführlicher Weller). Diese eklatanten Differenzen in den Annahmen und in den Ergebnissen weisen darauf hin, dass über den Gebrauch von Bekleidung im privaten Bereich im Grunde kein gesichertes Wissen vorliegt, statt dessen werden mehr oder weniger plausible Annahmen getroffen, die der Komplexität des alltäglichen Handelns und der Heterogenität der KonsumentInnengruppen aber nur unzureichend gerecht werden, aber die Einschätzung der Umweltrelevanz erheblich beeinflussen. Dies kann zu einer Verschiebung von Umweltverantwortung auf die privaten KonsumentInnen führen, die zugleich Gefahr läuft, andere Akteure und Akteursgruppen mit ihren Verantwortungsbereichen zu vernachlässigen und damit die Zielsetzung einer ökologischen Entlastung von Stoff- und Produktströmen zu verfehlen.

2. Naturwissenschaftlich-technische Definitionsmacht

Ein weiteres Element der Geschlechterverhältnisse ist die Hierarchisierung und Vergeschlechtlichung von (Natur)Wissenschaft und Alltag, die sich in dem bereits erwähnten geschlechtsspezifischen Machtverhältnis in der Einflussnahme auf die wissenschaftlich-technische Gestaltung von Produkten und Stoffen sowie auf die Verteilung der damit verbundenen Chancen und Risiken ausdrückt. Hier lässt sich eine deutliche Schiefelage zwischen Produktion und Reproduktion bzw. Konsum und damit zwischen HerstellerInnen und VerbraucherInnen feststellen: Bisher werden die Entscheidungen über die Entwicklung und Verwendung von Stoffen und Produkten in der Regel im Closed Shop der einzelnen Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Unternehmen - unter Berücksichtigung gesetzlicher Vorgaben und Ergebnissen aus der Marktforschung - im wesentlichen von männlichen Naturwissenschaftlern und Ingenieuren mit ihrem spezifischen Erfahrungs- und Werthintergrund, der wie bereits dargestellt eher durch eine anhaltende Alltags- und Lebensweltdistanz geprägt ist, getroffen. Damit dominiert eine naturwissen-

schaftlich-technische Sichtweise die Produktgestaltung, d.h. dass die Erfordernisse aus der Perspektive des Gebrauchs nur unzureichend berücksichtigt werden - obwohl dies gerade auch von der Nachhaltigkeitsdebatte für eine nachhaltige Produkt- und Technikentwicklung gefordert wird. Insofern ist der anhaltende Ausschluss von Frauen als Naturwissenschaftlerinnen und Technikerinnen aus der naturwissenschaftlich-technischen Forschung und Entwicklung in zweierlei Hinsicht problematisch: Zum einen weil er Frauen keine Gestaltungsmacht auf die "Welt der Dinge" und damit auf einen Bereich, der ihren Alltag ganz entscheidend bestimmt, ermöglicht. Zum anderen weil damit die Produkte ohne explizite Berücksichtigung der Gebrauchserfahrungen und -perspektiven gestaltet werden, so dass ihre zukünftig verstärkt erforderliche Nutzenorientierung und Fragen nach ihrer Eignung für einen nachhaltigen Konsum nur unzureichend einbezogen werden.

Demgegenüber müssen jedoch manche Konsequenzen der Produktgestaltung, z.B. ihre gesundheitlichen Risiken, zu einem großen Teil von den privaten An-

wenderInnen und NutzerInnen dieser Produkte getragen werden. Dies illustriert z.B. ein Ergebnis aus einem Forschungsvorhaben zum Stoffstrommanagement von Flammschutzmitteln (Schramm et al. 1996). Die hohen Risikopotentiale einiger Chlor- und Bromorganika, die als Flammschutzmittel z.B. in PC's - früher auch in Fernsehgeräten - eingesetzt werden, beruhen u.a. auf der Bildung toxischer Verbrennungsprodukte z.B. der Problemstoffgruppe Dioxine im Brandfall. In dem Forschungsvorhaben offenbarten sich erhebliche Unterschiede bezogen auf den öffentlichen und den privaten Einsatzbereich dieser Produkte: So zieht ein Brand in öffentlichen Bürogebäuden, z.B. von Banken oder Versicherungen, in denen flammgeschützte Geräte vermutet werden, in der Regel auch Messungen der möglichen Kontamination mit Dioxinen und Furanen nach sich, um ihre weitere Nutzung beurteilen zu können. Brandfälle in privaten Haushalten, in denen durchaus auch potentielle Quellen dieser Verbrennungsprodukte zu vermuten sind, führen dagegen keineswegs automatisch zu entsprechenden Messungen. Diese kostenintensiven Dioxinmessungen müssen vielmehr von den Geschädigten in Auftrag gegeben und von ihnen auch bezahlt werden. Eine exemplarische Befragung der Feuerwehr in Frankfurt ergab, dass diese im Schnitt zwar jährlich rund 150 Brände von Fernsehgeräten bzw. PC's registrieren, ihnen aber noch kein einziger Fall bekannt wurde, in denen nach Brandfällen in Privathaushalten Dioxinmessungen durchgeführt wurden.

Die Risiken der Herstellung und Nutzung von Stoffen und Produkten sind somit keineswegs gleich verteilt, in der sogenannten Privatsphäre bleibt es der Verantwortung der EndverbraucherInnen überlassen, mögliche gesundheitliche Risiken zu (er)kennen und soweit möglich zu beseitigen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit von Partizipation an der wissenschaftlich-technischen Gestaltung von Produkten, d.h. auch denjenigen Beteiligungsmöglichkeiten einzuräumen, die mit den Produkten umgehen, sie anwenden, dabei mit ihrer stofflichen Zusammensetzung konfrontiert und von möglichen gesundheitlichen Folgen betroffen sind.

Die Forderung nach einer verstärkten Berücksichtigung des Gebrauchs bei der Stoff- und Produktentwicklung erstreckt sich noch auf eine weitere, eben-

falls bedeutende Dimension des gesellschaftlichen Stoffumgangs: Sie erstreckt sich auf die toxikologische Bewertung von Stoffen und Produkten, die die Bedingungen des alltäglichen Gebrauchs in ihrer ganzen Komplexität beachten müsste. Denn wäre anzuerkennen, dass Ergebnisse, die unter Laborbedingungen, z.B. eine Reduzierung der komplexen Wirklichkeit durch den gezielten Ausschluss von so genannten Störfaktoren, entstanden sind, nicht so ohne weiteres auf die reale Welt außerhalb der Laborsituation übertragen werden können (Weller 1995), d.h. sich grundsätzlich mit den Grenzen der Aussagefähigkeit der experimentellen Naturwissenschaft auseinandersetzen.

Insgesamt zeigt der Fokus auf die Geschlechterverhältnisse, dass auch in der heutigen vernetzten Welt der Stoff- und Produktströme ein wesentlicher gesellschaftlicher Bereich, die so genannte private Sphäre der Reproduktion, noch immer eher im Dunkeln liegt und sich durch ein weites Feld an Nicht-Wissen auszeichnet. Er verändert die Perspektiven für Produkt- und Stoffentwicklung insofern, dass er in zweierlei Hinsicht die Aufmerksamkeit verstärkt auf die Anforderungen des Gebrauchs lenkt. Zum einen ist nach der Partizipation derjenigen zu fragen, die mit den Stoffen und Produkten tagtäglich umgehen. Zum anderen wird die Notwendigkeit deutlich, bereits bei der Produktentwicklung die qualitativen Veränderungen der verwendeten Stoffe und Produkte durch den Gebrauch in den Blick zu nehmen und zu berücksichtigen. Darüber hinaus konkretisiert die Thematisierung der Geschlechterverhältnisse, dass sich das naturwissenschaftlich-technische Problemverständnis und eine gebrauch- und nutzerorientierte Problemsicht erheblich unterscheiden und zwischen ihnen ein deutliches Machtgefälle existiert. Hier stellt sich nicht nur das Problem der gegenseitigen Übersetzung und Vermittlung, sondern als zentrale Herausforderung an eine nachhaltige Gestaltung von Stoffen und Produkten die Frage, wie mit den Differenzen in den verschiedenen Wissensformen und Einflussmöglichkeiten umgegangen und sie in ihrer Unterschiedlichkeit anerkannt und genutzt werden können.

Literatur

- Becker-Schmidt, R. (1991): Individuum, Klasse und Geschlecht aus der Perspektive der Kritischen Theorie. In: Zapf, W. (Hg.): Die Modernisierung moderner Gesellschaften. Verhandlungen des 25. Deutschen Soziologentages. Frankfurt/New York, S. 383 - 394
- Blanke, K., M. Ehling, N. Schwarz (1996): Zeit im Blickfeld. Ergebnisse einer repräsentativen Zeitbudgeterhebung. Band 121. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend. Stuttgart, Berlin, Köln
- Bodenstein G., A. Spiller, H. Elbers (1997): Strategische Konsumententscheidungen: Langfristige Weichenstellungen für das Umwelthandeln - Ergebnisse einer empirischen Studie. Diskussionsbeiträge des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft der Gerhard-Mercator-Universität - Gesamthochschule Duisburg. Nr. 234. Duisburg
- COGNIS (1995): Untersuchung des Bekleidungsverbrauchs einer bundesdeutschen Behörde. In: Enquête-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des Deutschen Bundestages (Hrsg.): Studienprogramm Umweltverträgliches Stoffstrommanagement. Bd. 4. Anwendungsbereich Textilien. Bonn
- Der Rat von Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (1999): Umwelt und Gesundheit. Risiken richtig einschätzen. Sondergutachten. Stuttgart
- Döcker, U., I. Kloimüller, G. Landstein, C. Nohel, H. Payer, H. Rützler, R. Sieder, K. Stocker (1994): Fetter, Schwerer, Schneller, Mehr. Mythen und Fakten vom Essen und Trinken. IKUS-Lectures Nr. 20 + 21
- Flynn, J., P. Slovic, C.K. Mertz (1994): Gender, Race, and Perception of Environmental Health Risks. Risk Analysis, Vol. 14, No. 6, 1101 - 1107
- Harding, S. (1991): Feministische Wissenschaftstheorie. Zum Verhältnis von Wissenschaft und sozialem Geschlecht. Hamburg
- Hüppe, M., W. Janke (1993): Empirische Befunde zur Wirkung von Umweltkatastrophen auf das Erleben und die Streßverarbeitung von Männern und Frauen unterschiedlichen Alters. In: Aurand, K., B.P. Hazard, F. Tretter (Hrsg.): Umweltbelastungen und Ängste. Erkennen, Bewerten, Vermeiden. Opladen, 133 - 144
- Schramm, E., M. Buchert, D. Bunke, S. Lehmann, I. Reifenhäuser, M. Steinfeldt, V. Strubel, I. Weller, S. Zundel (1996): Stoffflüsse ausgewählter umweltrelevanter chemischer Stoffe: Beispiele für ein Produktliniencontrolling. UBA-Texte 80/96, Berlin
- Schultz, I., M. Weiland (1991): Frauen und Müll. Frauen als Handelnde in der kommunalen Abfallwirtschaft. Frankfurt/Main
- Spitzner, M. (1999): Krise der Reproduktionsarbeit - Kerndimensionen der Herausforderungen eines öko-sozialen Strukturwandels. Ein feministisch-ökologischer Theorieansatz aus dem Handlungsfeld Mobilität. In: I. Weller, E. Hoffmann, S. Hofmeister (Hrsg.): Nachhaltigkeit und Feminismus: Neue Perspektiven - Alte Blockaden. Bielefeld, 151 - 168
- Statistisches Bundesamt (1999): Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 1999. Wiesbaden
- Stiegler, B. (1998): Frauen im Mainstreaming. Politische Strategien und Theorien zur Geschlechterfrage. Herausgegeben von der Friedrich-Ebert-Stiftung. Bonn
- Umweltbundesamt (1997): Daten zur Umwelt. Der Zustand der Umwelt in Deutschland. Ausgabe 1997. Berlin
- Valsangiacomo, A. (1998): Die Natur der Ökologie: Anspruch und Grenzen ökologischer Wissenschaften. Zürich
- Waldmann, K. (Hrsg.) (1992): Umweltbewußtsein und ökologische Bildung. Opladen

- Weller, I. (1995): Zur Diskussion der Stoffe und Stoffströme in der Chemie(-politik): erster Versuch einer feministischen Kritik. In: I. Schultz, I. Weller (Hg.): Gender & Environment: Ökologie und die Gestaltungsmacht der Frauen. Frankfurt/Main, 207 - 218
- Weller, I. (2000): KonsumentInnenanforderungen an Bekleidung: (Un)vereinbar mit nachhaltigem Bekleidungskonsum? Erscheint in dem Tagungsband "Umwelt im Dialog - Neue Wege zu nachhaltigem Konsumverhalten. Dresden
- Weller, I.: Ökologie im Alltag: Wahrnehmung und Bewertung der Gestaltungsmacht privater KonsumentInnen. Druck in Vorbereitung in Dokumentation der Tagung des Instituts für Institutionelle und Sozial-Ökonomie der Universität Bremen: Ökonomische Be-Wertungen in gesellschaftlichen Prozessen: Markt - Macht - Diskur

Noch nicht gemachte Hausaufgaben der Ökologischen Ökonomie – dargestellt am Beispiel des „Regelkreises für eine ökologisch-ökonomische Politik“

Prof. Dr. Günter Strassert, Institut f. Regionalwissenschaft, Karlsruhe

Inhalt:

1. Anknüpfung an ein übergreifendes Zykluskonzept für Ökologie und Ökonomie
2. Ökologische Ökonomie als eine Steuerungswissenschaft
3. Der „Regelkreis für eine ökologisch-ökonomische Politik“
4. Aufgaben der ökologisch-ökonomischen Politik
5. Fazit: ein ganzheitlicher Ansatz sowohl für Theorie als auch für Politik

1. Anknüpfung an ein übergreifendes Zykluskonzept für Ökologie und Ökonomie

Ursprünglich wollte ich mit diesem Thema kein weiteres Referat halten, sondern mit der naheliegenden Schlussfolgerung enden, dass all die vorgestellten Ansätze eigentlich danach rufen, weitergetrieben und verbessert zu werden. Dem weisen Rat meiner Vorstandskollegen folgend, habe ich mich dann doch zu einer Verselbständigung eines Themenbereiches im Sinne von „noch nicht gemachten Hausaufgaben“ überreden lassen. Damit muss ich aber, das habe ich nicht bedacht, erneut einen weiteren Rahmen schaffen.

Ich komme zunächst zurück auf das universelle Konzept eines Regelkreises. Die Regeltheorie ist ein Teilgebiet der Systemtheorie, deren Herkunft auf die Kybernetik zurückgeht, an deren Entwicklung vor allem Norbert Wiener vor einen halben Jahrhundert maßgeblichen Anteil hatte. Dabei standen bezeichnenderweise Analogien zur Biologie (übrigens unter Mitwirkung von A. J. Lotka) und insbesondere der Funktionsweise von Organismen im Sinne von sog. lebenden Systemen Pate.

Erinnern wir uns daran, dass *kybernetes* griechisch „Steuermann“ heißt und dass die Kybernetik, d.h. die kybernetische oder regelungstheoretische Betrachtungsweise, auf die *Steuerung von Systemen* abzielt.

Damit ist aber auch von vornherein klar, dass diese Betrachtungsweise eine intime Kenntnis des jeweiligen Systems voraussetzt.

Was hier so lapidar mit Voraussetzung bezeichnet wird, ist im Grunde ein immenses Arbeitsfeld, dessen Bearbeitung man nicht so ohne weiteres einfach einfordern kann. Nur eines muss aber klar sein: eine bequemes Abschieben in Disziplinen, die wir dafür für zuständig halten, insbesondere die Ökologie, kommt nicht in Frage. Die Bezeichnung „Ökologische Ökonomie“ verpflichtet eben auch dazu, hier tätig zu werden.

Ursprünglich hatte ich in meinen Vortrag über das „Mühlrad des Lebens“ im Abschnitt „Ausgewählte übergreifende Zykluskonzepte für Ökologie und Ökonomie“ auch den Beitrag von Immler/Hofmeister (1998) aufgenommen, da der dort abgehandelte Reproduktionsring vom Ansatz her dort hineinpasst. Mittlerweile denke ich, dass es besser ist, ihn erst hier einzuführen. Der Hauptgrund ist das Aufgabenfeld „Protektion“, das über die Ausarbeitung des Formalapparats für einen Gesamtrechnungsansatz hinausführt

und in das Aufgabenfeld einer Theorie der Politik einführt.

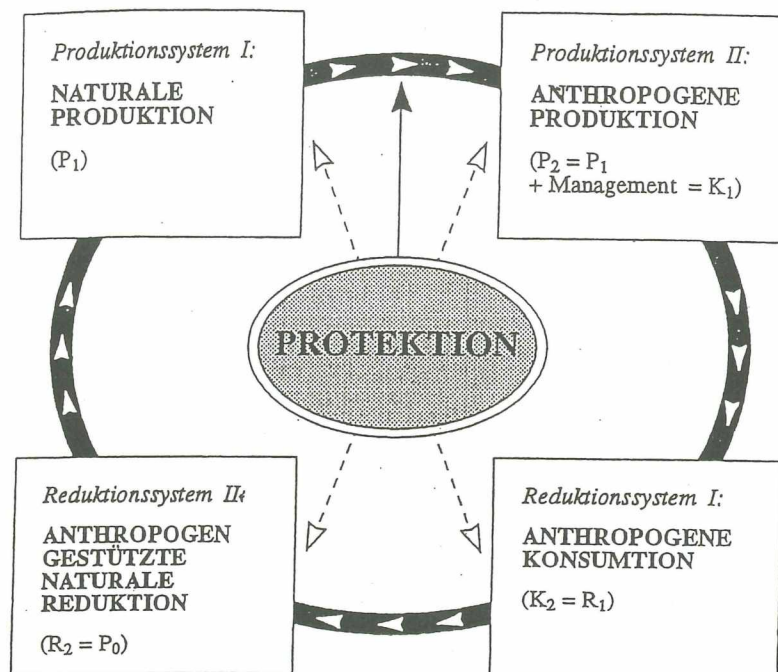
Wie die folgende Abbildung (Abb. 1) zeigt, werden vier Funktionseinheiten bzw. vier Teilsysteme unterschieden, die eine „Einheit von Aufbau und Abbau, von Wiederholung und Erneuerung und schließlich von Wiederherstellung und Entfaltung“ bilden (S.68). Das Prinzip der Rückkopplung ist auch hier verwirklicht. Im Mittelpunkt des Reproduktionsrings steht ein Aufgabenfeld, das „Protektion“ genannt wird und als „Basisfunktion im Reproduktionsring“ dienen soll. „Protektion ist hier zu verstehen als ein Mittel der Neugestaltung – eine Form der Naturgestaltung, die sich des Prinzips der Naturerhaltung bedient. Indem wir einzelne Elemente und Funktionen des Naturhaushaltes a priori von der ökonomischen Nutzung ausnehmen, installieren wir einen Korrekturmecha-

nismus innerhalb des Systems, der es uns ermöglicht, die prinzipielle Ungewissheit über die ökologischen Folgen unseres Handelns dem ökonomischen Reproduktionsprozess voranzusetzen. Das Protektionsprinzip wird daher an dieser Stelle zu einem aktiven Prinzip – zu einem Gestaltungsprinzip“ (S. 39).

Diese Formulierung deute ich so, dass mit der Erkenntnis eines ganzheitlichen Systemverständnisses der Grundsatz verbunden wird, dieses System in seiner Funktionsweise zu erhalten und in diesem Sinne zu steuern – wie das im Einzelnen auch aussehen mag.

Ich benutze in diesem Zusammenhang das Wort Steuerung und habe wenig Angst vor den verschiedenartigsten Aversionen, die ich damit auslöse. Die Ökologische Ökonomie ist für mich auch eine „Steuerungswissenschaft“.

Abb 1: Die Protektion als Funktionsbasis im Reproduktionsring (Quelle: Immler/Hofmeister 1998, S. 63, Abb. 9)



2. Ökologische Ökonomie als eine Steuerungswissenschaft

Wenn es so ist, dass die Ökologische Ökonomie auch eine Steuerungswissenschaft sein will - die Beliebtheit der so genannten Managementregeln deuten meiner Ansicht nach in diese Richtung - dann muss man sich auch um die steuerungstheoretischen oder anders gesagt planungstheoretischen Grundlagen der Ökologischen Ökonomie bemühen.

Dies ist eine weitere notwendige (sowieso aber auch nicht hinreichende) Voraussetzung für irgendwelche politische Mitwirkungsabsichten, die doch jeder von uns auf irgendeine Weise, wenigstens im Hinterkopf, mit sich herumträgt. Hier geht es um mehr als nur um gutgemeinte Versuche, durch intensive Kommunikation ein geschärftes Bewusstsein für notwendige gesellschaftliche Veränderungen zu schaffen.

Was ich, jetzt einmal absehen von theoretisch und empirischer Grundlagenarbeit auf dem Gebiet ökologisch-ökonomischer oder ökonomisch-ökologischer Regelkreise, vermisste, ist, um es zunächst einmal kurz und knapp zu sagen, eine planungstheoretische Heuristik, die unser Interessengebiet überhaupt in die Nähe einer Mitwirkungsmöglichkeit einer Systemsteuerung bringt.

Planungstheorie befasst sich mit den Möglichkeiten der Planung als einem Mittel zur Selbststeuerung (Eigensteuerung) von Systemen. Dabei kann man vier Aufgabenbereiche unterscheiden:

die rekursive Verkopplung von Lebenswelt und Planungswelt (Realität und Vorstellung) in Modellen

die Kenntnisverarbeitung: *was können und wollen wir erreichen?*

Problembewältigung: *wie kann man Problemfeldern Lösungsansätze zuordnen?*

Herstellungsvorgang: Schritte zu Handlungsprogrammen auf verschiedenen Planungsstufen (Rahmenplanung, Programmplanung, Projektierung).

In der Ökonomie ist es alter Brauch, auf eine Robinsonwirtschaft zurückzugreifen, wenn man bestimmte Kernprobleme deutlich machen möchte. Dieser Methode bediene ich mich jetzt auch.

Stellen wir uns also vor, wir lebten auf uns selbst gestellt auf einer relativ isolierten Insel. Es geht mir

jetzt nicht darum, über das Fangen von Fischen oder Einsammeln von Nüssen, oder von Feuermachen und Behausungen zu rasonieren. Sondern ich möchte die gedankliche Isolierung dazu benutzen, eine planungstheoretische Heuristik zu umreißen.

Ich abstrahiere also von einem Staatsapparat und seinem institutionellen Gefüge mit den unterschiedlichsten Aufgaben und Politikbereichen, um die Vorstellung zu vermeiden, dass wir mit unserer Ökonomische Ökologie darin irgendwie aufgesogen und in nicht mehr identifizierbarer Weise, wie auch immer, mit allen Politikbereichen zu tun haben. Die Situation, die ich für ein paar Minuten vermeiden will, ist unsere Realität: Jeder von uns hat bestimmte Spezialinteressen und Heilsvorstellungen, wirkt an irgendwelchen Stellen auf irgendeine Weise mit und, seien wir ehrlich, irren in einem Institutionen- und Kompetenzgewirr umher wie in einem dunklen Wald. So gesehen, ist jeder von uns, ein Individualist und zugleich Idealist, da er/sie die Welt verbessern will, und nicht viel mehr leisten kann als früher die Moritatensänger.

So soll es aber meiner Meinung nach nicht sein. Um dies zu verdeutlichen, greife ich jetzt wieder auf die Robinsonade zurück. Dort wollen wir Ökologische Ökonomie machen. Jeder auf seine Weise, der eine will am Lagerfeuer diskutieren (Vorstufe der Runden Tische), eine andere will eine gerechte Arbeitswelt organisieren, andere arbeiten an Verhaltensmaßregeln untereinander oder für die alltägliche Ressourcenbenutzung oder für Katastrophenfälle usw., usw., ..., auch gibt es da so seltsame Mitglieder - allerdings schon räumlich getrennt, weil es sich vielleicht um einen geistigen Defekt handeln könnte - die sprechen dauernd von ökologisch-ökonomischen Reproduktionszyklen und malen ständig Rechtecke und Quadrate in den Sand, die sie mal Tabelle, mal Matrix nennen, und zählen prinzipiell alles, was zählbar ist.

Genug der Vorrede, die entscheidende Frage ist: *wo ist der Sinn-stiftende Gesamtzusammenhang all dieser planerischen Aktivitäten im weitesten Sinne?*

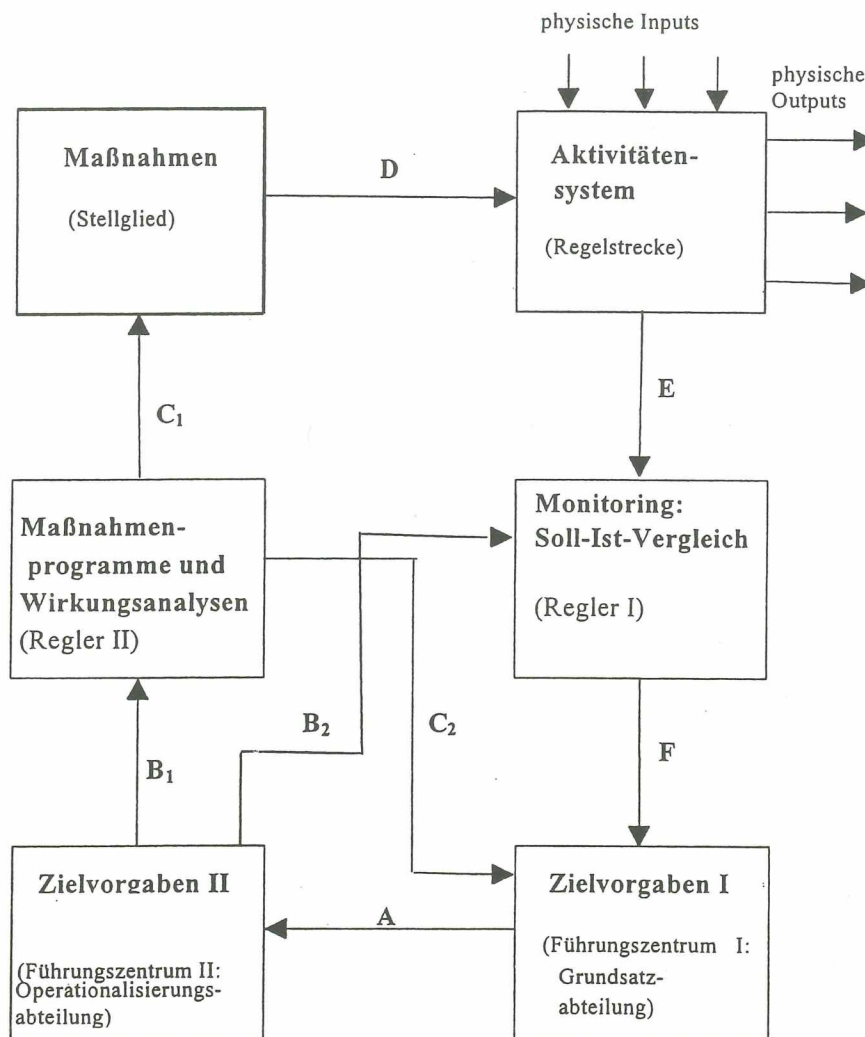
Ich zaubere nun wieder einen Regelkreis aus dem Hut, und zwar einen, der als Heuristik für einen planungstheoretischen Gesamtzusammenhang dienen soll.

3. Der „Regelkreis für eine ökologisch-ökonomische Politik“

In diesem Schema (Abb. 2) ist alles enthalten, was man sich als notwendige Arbeitsbereiche vorstellen kann/muss (oder auch als entsprechend abgegrenzte Gehäuse - die in der Robinsonade natürlich noch nicht Ministerien heißen). Kurz, dieser Regelkreis bildet im Grunde die tatsächliche Organisation von realen Gesellschaften und Staatsgebilden ab. So funktio-

niert Planung in allen Fachbereichen bzw. Fachplanungen, ob die Beteiligten dies nun wissen oder nicht. Viele wissen nur, dass alles irgendwie mit allem zusammenhängt, wollen aber bestimmte Funktionszusammenhänge gar nicht so genau kennen, weil man sonst nicht in Ruhe seiner Arbeit nachgehen könnte.

Abb. 2 Der „Regelkreis für eine ökologisch-ökonomische Politik“



Ich beginne meine Erläuterungen oben rechts, d.h. mit dem (ökologisch-ökonomischen) Aktivitätensystem. Wenn man dieses nicht in seiner Funktionsweise kennt, kann man sich alles andere schenken, es wäre l'art pour l'art. Dieses Aktivitätensystem wird durch Maßnahmen (Pfeil D) beeinflusst. Das Aktivitätensystem weist bestimmte System-Zustände auf. Und es sind diese Zustände verschiedener Art, die uns zu einem Urteil darüber bewegen, ob und unter welchen Gesichtspunkten diese Zustände kritisch sind. Will man diese Zustände verändern, dann geht das nur über eine Veränderung des Aktivitätensystems, das diese Zustände herstellt. Diese simple Tatsache wird oft übersehen. Noch einfacher gesagt: wenn einem die Eigenschaften eines Objekts nicht zusagen, dann kann man nicht die Eigenschaften selbst ändern, sondern nur das Objekt selbst. Das Objekt bzw. das System ist also immer Gegenstand der Steuerung.

Die empirisch-statistische Erfassung der Systemzustände (Pfeil E) erfolgt als so genannte Ist-Situation. Diese wird dann mit besseren Zuständen verglichen, die als Soll-Situation bezeichnet werden.

Woher kommen diese normativen Vorstellungen? Diese sind nicht einfach „gegeben“, wie vielfach angenommen wird, sondern sind das Ergebnis eines langwierigen Erkenntnisprozesses. Dieser Erkenntnisprozess ist, entscheidungstheoretisch gesprochen, interaktiv¹⁸ und rekursiv¹⁹. Er beginnt mit den Ergebnissen des Soll-Ist-Vergleiches (Pfeil F), denn dann stellt sich auch die Frage, ob man die Soll-Größen nicht revidieren muss.

Nun beginnt der Zielsetzungsprozess mit seinen verschiedenen Konkretisierungsphasen. Ich unterscheide hier nur zwei Arbeitsbereiche, einen, der den Grundsatzzfragen und einen, der der praktischen Ausgestaltung, der Operationalisierung, gewidmet ist²⁰.

18 Interaktiv meint, dass der Entscheidungsträger einen Dialog führt, um die Konsequenzen seiner Entscheidungen kennen zu lernen. Den Dialog kann er entweder im Rahmen eines entsprechenden Computerprogramms oder in geeigneten Gremien führen.

19 Rekursiv mein, dass alle Zwischenergebnisse revidierbar sind, insofern handelt es sich um einen Lernprozess.

20 Um einen Eindruck von den verschiedenen Diskussionsebenen zu geben, sei die folgende Klassifizierung von Zielen und Zielsetzungen verwendet:

(1) Grundsätze (Axiome)

Ein Grundsatz ist eine allgemeine Erklärung (Grundsatzklärung) im Sinne eines Axioms (unbezweifelbarer Grund-

Aus den allgemeinen Zielvorgaben (Pfeil A) werden operationale Zielvorgaben (Pfeil B₁) gemacht, die dann im Rahmen von Wirkungsanalysen auf ihre „Machbarkeit“ geprüft werden müssen. Auf dieser Grundlage sind dann Maßnahmenprogramme zu erstellen, die zu konkreten Maßnahmen führen (Pfeil C₁), die wiederum dann das Aktivitätensystem beeinflussen (Pfeil D).

Dazwischengeschaltet ist jedoch eine Rückkopplung bei dem Zielsetzungsprozess. Zunächst werden schon die Wirkungsanalysen, wenn sie denn unternommen werden, zeigen, dass bestimmte Sollgrößen revidiert werden müssen, weil sie außerhalb des Möglichkeitsbereiches liegen bzw. weil sie gegen so genannte Restriktionen (constraints) verstoßen (feasibility check). Diese Erkenntnis (Pfeil C₂) führt zu einer Neubestimmung von Soll-Vorstellungen etwa im Sinne der Parabel vom Fuchs und den Trauben (Hängen die Trauben zu hoch, dann sind sie auch nicht mehr begehrenswert). Letztendlich wird der Soll-Zustand aktualisiert (Pfeil B₂).

Wenn man die Pfeile daraufhin ansieht, welche in der allgemeinen Diskussion dominieren, so müssen wir einräumen, dass A, B, F und E weit vorne liegen, während C und D ein Schattendasein führen. Dabei macht der ganze Regelkreis ohne C und D keinen Sinn. Von einem geschlossenem Steuerungszusammenhang sind wir also noch sehr weit entfernt.

satz). Beispiel: Förderung der „Regionalentwicklung“ (was das auch immer sei)

(2) Absichtserklärungen (Intentionen)

Eine Absichtserklärung ist die Äußerung eines Wunsches. Die Frage, ob dieser Wunsch auch erfüllbar ist, bleibt dabei meistens offen.

Beispiel: Regionalentwicklung soll „nachhaltig“ sein. Juristisch ist eine „Soll-Vorschrift“ nicht zwingend (im Gegensatz zur „Muss-Vorschrift“).

(3) Postulate (Prinzipien)

Ein Postulat ist formal eine Maximierungs- oder Minimierungsvorschrift, unter bestimmten Nebenbedingungen.

Beispiel: möglichst viele Arbeitsplätze schaffen unter der Voraussetzung, dass regionalpolitische Vorgaben (z. B. Umweltschutzvorschriften) erfüllt werden.

Wichtig: eine Nebenbedingung ist eine „Muss-Vorschrift“. Die Maximierungs- oder Minimierungsvorschrift ist eine Soll-Vorschrift (insofern ist diese Vorschrift lediglich eine Intention).

(4) Standards (Zielsetzungen)

(a) einseitige Standards: Höchst- oder Mindestgrenzen (z. B. Höchstgrenzen für Emissionen oder Mindestlöhne)

(b) zweiseitige Standards: Ober- und Untergrenzen.

Ein Standard ist eine konkrete Bedingung im formalen Sinne einer Restriktion.

Um Einseitigkeiten in der Problemwahrnehmung und Diskussion entgegenzuwirken, habe ich an Hand des Regelkreisschaubildes sechs Aufgabenbereich zusam-

mengestellt. Möge sich jede/jeder selbst fragen, wo sie/er sich wiederfindet.

4. Aufgaben der ökologisch-ökonomischen Politik

(1) Beschreibung des Systemkerns bzw. die Funktionsweise des Aktivitätensystems

- Weitere theoretische Ausarbeitung des ökologisch-ökonomischen Reproduktionszyklus'
- Vorbereitung und Durchführung empirischer Arbeiten

(2) Überwachung des (territorialen bzw. regionalen) Systemzustandes (Monitoring)

- Auf der Grundlage von Indikatorensystemen im Rahmen von Umweltökonomischen Gesamtrechnungsansätzen
- Soll-Ist-Vergleiche: ex post

(3) Voraussage unerwünschter Systemzustände

- Erarbeitung und Anwendung geeigneter Prognosemodelle
- Soll-Ist-Vergleiche: ex ante

(4) Auslotung der Verbesserungsmöglichkeiten

- Theoretische und praktische Bestimmung von Möglichkeitsbereichen für die Veränderung von Aktivitäten
- Modellmäßige Bestimmung der Interdependenzen von Ziel- und Maßnahmenbereichen und Bestimmung von Handlungsoptionen

(5) Erarbeitung von Handlungsprogrammen für die Vermeidung unerwünschter Systemzustände bzw. die Herbeiführung eines möglichen und besseren Systemzustandes

- Erstellung und Anwendung von Modellen für Wirkungsanalysen und Simulationen
- Kombination von Projekten und Einzelmaßnahmen zu in sich stimmigen Handlungsprogrammen

(6) Überprüfung staatlichen Handlungen (Maßnahmen) im Hinblick auf Wirksamkeit und Sinnhaftigkeit

- Theoretische und praktische Grundlagen einer Erfolgskontrolle
- Entwicklung der entscheidungstheoretischen Konzepte für die Beurteilung ökologisch-ökonomischer Handlungsoptionen.

In diesem Sinne liefert eine „*Theorie der ökologisch-ökonomischen Politik*“ die theoretischen Grundlagen für die Praxis der Systemsteuerung, d.h. für die Steuerung territorialer Aktivitätensysteme: ohne Erfüllung dieser Aufgaben ist eine aktive Mitwirkung an der „Systemsteuerung“ nicht möglich.

5. Fazit: ganzheitlicher Ansatz sowohl für die Theorie als auch für die Politik

Die „noch nicht gemachten Hausaufgaben der Ökonomischen Ökologie“, die ich hier ansprechen möchte (und nicht alle noch denkbaren), beziehen sich meiner Ansicht nach auf zwei Themenbereiche:

(1) auf die theoretische und empirische Erarbeitung des Modells eines ökologisch-ökonomischen Reproduktionszyklus'. Dies ist erforderlich, um „die Ökologie“ sinnhaft in einen *ganzheitlichen Ansatz* zu integrieren.

(2) auf konzeptionelle Arbeiten, die einer „Theorie der Politik“ entsprechen, etwa in dem Sinne wie bei den Ökonomen eine „Theorie der Wirtschaftspolitik“ verstanden wird. Dies ist erforderlich, um die Ökologischen Ökonomie konsequent zu einer „Steuerungs- oder Planungswissenschaft“ auszubauen.

Stimmt man der Auffassung zu, dass die Ökologische Ökonomie (auch) eine Planungs-wissenschaft ist bzw. sein soll, dann müssen wir auch hier einen *ganzheitlichen Ansatz* verfolgen.

Nachwort: Ich danke Adelheid Biesecker für eine ausführliche Stellungnahme zu diesem Beitrag, auf welche ich geantwortet habe, ohne aber die grundsätzlichen Meinungsverschiedenheiten vor allem in Bezug auf die Rolle des Staates und seiner Möglichkeiten und Aufgaben auflösen zu können. Daher habe ich darauf verzichtet, im Text einige Passagen weniger

apodiktisch zu fassen, auch, um nicht durch die Verwendung von Begriffen des zur Zeit gängigen Sprachgebrauchs Konturen zu verwischen. Hinzu kommt, dass man in die obigen Grafik des Regelkreises nicht einfach „hineinmalen“ kann, was gerade an Vorstellungen über gesellschaftliches Verhalten im Schwange ist.

Literatur:

Immler, H. / Hofmeister, S. (1998): Natur als Grundlage und Ziel der Wirtschaft. Grundzüge einer Ökonomie der Reproduktion. Opladen/Wiesbaden (Westdeutscher Verlag).

Strassert, G. (2000): Naturhaushalt und gesellschaftlicher Stoffwechsel als Unterbau der Regionalpolitik. In: Heidemann, C. und Wasel, P. (Hrsg), Die Ausbildung von Fach- und Führungskräften der Entwicklungszusammenarbeit. „Ein Luxus, den wir uns nicht länger leisten können?“, Institut für Regionalwissenschaft der Universität Karlsruhe, Diskussionspapier Nr. 38, S. 55-70.

Zur vorliegenden Publikationsreihe

Die Publikationsreihe »Beiträge und Berichte« ist für Arbeiten bestimmt, die im Rahmen der Aktivitäten der VÖÖ stehen. So können dort z. B. Positionspapiere der VÖÖ, Ergebnisse aus Arbeitsgruppen, Vorträge / Referate veröffentlicht werden.

Manuskripte können bei der Geschäftsstelle oder dem Vorstand eingereicht werden. Die Entscheidung über die Aufnahme eines Beitrags in die Reihe wird vom / von der Vorsitzenden des Vorstands und mindestens zwei weiteren Vorstandsmitgliedern getroffen.

Die Publikationen können über die Geschäftsstelle bestellt werden (aufgrund einer ISBN-Nummer werden sie auch über den Buchhandel erhältlich sein).

Adresse der Geschäftsstelle:

Vereinigung für Ökologische Ökonomie e.V.

c/o Dr. Wilfried Wittenberg

Institut für Regionalwissenschaft

der Universität Karlsruhe

D-76128 Karlsruhe

Tel. +49-721-608 3862

Fax +49-721-608 2888

e-mail: info@voeoe.de

homepage: <http://www.voeoe.de>

Impressum

Herausgeber	© Deutschsprachige Vereinigung für Ökologische Ökonomie e.V., September 2001
Redaktion	Irmi Seidl, VÖÖ, Zürich-Schweiz
Layout	Ralf Wilke, InuCoS, Lüneburg
Druck	Hammerstiel Druck, Karlsruhe
Auflage	300 Expl.
ISBN	3-9806768-1-1