



Axel Popp, Seddiner See

Systemische Wechselwirkungen im Gesamtsystem Ökologie mit Ökonomie

Einleitung

Zugegeben, die Wirtschaft ist ein trockener, schwer durchschaubarer und widersprüchlicher Stoff. Trotzdem ist jeder von ihr betroffen und sie schafft Voraussetzungen, wie wir leben können. Da hört und liest man von Aktienkursen, Wetten auf Gewinne und Verluste, tollen Geschäften, neuen Milliardären, Steuern, Investitionen, Unterfinanzierung, einer Schuldenbremse und Sparzwängen.

Wie hängt das alles zusammen und was habe ich davon? Vielleicht ist das alles so kompliziert, dass wir es gar nicht verstehen sollen? Der Begriff *Ökonomie* wird meist gleichbedeutend mit Wirtschaft gebraucht, bedeutet aber noch mehr das politische, soziale und kulturelle Umfeld und wie alles zusammen wirkt. Die Wirtschaft hat sich über viele Jahre so entwickelt, wie sie heute erscheint. Die Volkswirtschaft gibt vor, die Interessen und Bedürfnisse aller Menschen einer Gesellschaft zu berücksichtigen. Und heute auch dabei die Natur zu erhalten. Da sind wir bei der *Ökologie*, dem Naturhaushalt. Aber stimmt das, ist das wirklich so? Wie gerecht werden die Arbeitsergebnisse verteilt? Nützt es auch uns etwas, wenn ein Milliardär unglaubliche 450 Mrd. US-\$ besitzt? Die Antwort ist NEIN, heute ist die Wirtschaft ungerecht und falsch organisiert. Der folgende Text ist ein weiteres Bemühen, Licht in diesen wirtschaftlichen Dschungel zu bringen. Es wird keine Anleitung gegeben, wie auch kleine Leute bei Aktien, Bitcoin u.ä. mit spekulieren können, sondern es wird versucht, auf die wirklich wichtigen Aktivitäten einer Wirtschaft einen Blick zu haben. Mit welchen Überlegungen und gedanklichen Ansätzen könnte man eine neue Wirtschaft gestalten, die dem Anspruch verpflichtet ist, tatsächlich für *alle* Menschen ein auskömmliches Dasein zu schaffen? Das ist schon schwer genug und könnte u.a. mit der Frage beginnen: Was braucht jeder Mensch, wie alt und wo auch immer, angemessen für ein würdevolles Überleben? Dazu sind alle Lebensumstände, Lebensweisen und Konsummuster zu bedenken und auf den Prüfstand zu stellen. Vielleicht müssten wir sogar

unser Leben ändern? Jetzt kommen die Enttäuschungen und Ehrlichkeiten: Hier kommt keine perfekte fertige Lösung oder das Bestreben, den Menschen Vorschriften zu machen. Und bestimmt finden Gemeinschaften noch bessere Ergebnisse. Es sollen Bausteine und Anregungen zu einer neuen Wirtschaft sein. Noch eine Warnung, es wird auch theoretisch, mit der Bitte, sich Zeit zum Mitdenken zu nehmen.

Ein Weg zum Gesamtsystem „Wirtschaft“

Der erste Versuch, eine Gesamtdarstellung der Wirtschaftsbeziehungen zu erstellen, war das *Tableau economique* von F. Quesnay 1758. Wassily Leontief entwickelte 1928 für den Wirtschaftskreislauf (Güter- und gegenläufig Geldströme) ein mathematisches Modell. 1936 veröffentlichte er dazu eine *Input-Output-Tabelle* (IOT) mit der Darstellung der Austauschprozesse durch einen Matrizenkalkül. Dieses Instrument ist bis heute das Mittel auch im Bundesamt für Statistik. Inzwischen wurde das ursprüngliche Modell erweitert in drei Typen von IOT [33]. Traditionell wurden IOT mit monetären Kennziffern, in Marktpreisen erstellt. (MIOT)

Damit sind eine Reihe inhaltlicher und methodischer Probleme verbunden. Es gibt Grenzen einer Monetarisierung (Bewertung mit gleicher Methode): Wie können Marktpreise vergleichbar sein? Wie weit wird konkret der Produktionsbegriff gefasst? Man kann nun weiter IOT mit physischen Kennziffern (für Stoffmengen oder Energieeinheiten) ausdrücken (PIOT). Durch solche Naturalausdrücke können unmittelbar *Stoff- und Energieströme* abgebildet werden. Das ist wesentlich, wenn direkte Wechselwirkungen zwischen der Wirtschaft und der natürlichen Umwelt (Ökologie) erfasst werden sollen. Auch mit MIOT und PIOT sind noch nicht alle Produktions- und Arbeitsprozesse in einer Gesellschaft einbezogen. In einer Gesellschaft wird wesentlich mehr Arbeit geleistet, als nur mit Lohn abgoltene und über einen Markt realisierte. Dazu gehören Sorge-, Reproduktions- und Pflegearbeiten, oft in Familien und meist von Frauen, außerdem viele unbezahlte und ehrenamtliche Arbeiten, Gemeinschaftsarbeit in Commons, das Commoning (Gemeingüter), Nachbarschaftshilfe usw. Zur Messung solcher Leistungen bietet sich der Arbeitsaufwand in Zeiteinheiten (z.B. Stunden) an. Damit kann ein dritter Typ von IOT gebildet werden (ZIOT). Die Darstellung wirtschaftlicher Prozesse durch ihren Arbeitswert in Zeit hat noch viel weitergehende Bedeutung. In einer *Arbeitswerttheorie* kann eine Ökonomie ohne Geldausdrücke verfasst werden [10]. Moment mal!

Hier stoßen wir auf grundlegende und grundsätzliche theoretische wie praktische Probleme im Verständnis und in der konkreten Handhabung von Wirtschaft. Wenn oben von Input-Output-Tabellen als Instrumente zur Erfassung von gesamtwirtschaftlichen Austauschprozessen gesprochen wurde, ist das bisher nur akzeptiert für statistische Zwecke, um teils Jahre später Aussagen über die wirtschaftlichen Leistungen einer ganzen Volkswirtschaft zu treffen. Dieses Instrumentarium hatte nie die Absicht, *zielgerichtet systemisch in eine Gesamtwirtschaft steuernd und regelnd einzugreifen*. Aber genau das sollte nun im 21. Jahrhundert angestrebt werden. Es ist schon bemerkenswert, wie sich bis heute ein Großteil

der Wirtschaftswissenschaftler, der „Wirtschaftsweisen“ und der Manager in den Unternehmensführungen weigert, alle denkbaren und sinnvollen Beziehungen und Kooperationen in Volkswirtschaften und darüber hinaus aus dem Bezugspunkt eines Gesamtsystems bewusst gestalten zu wollen. Nein, man huldigt einem allgemeinen Wettbewerb und einer allseitigen Konkurrenz um führende Marktpositionen. Dieser „Kampf“ bindet wichtige Potentiale und Ressourcen für die Überwindung und Beseitigung von Mitwettbewerbern (schon dadurch wird mehr produziert als ein gesellschaftlicher Bedarf verlangt), statt gemeinsam für die ganze Gesellschaft effektiv bessere Lösungen zu erreichen. Systemisch wechselwirkende Gesamtheiten wie z.B. ein *gesellschaftlicher Gesamtarbeiter* erscheinen völlig undenkbar.

Es ist hier nicht der Ort, das gesamte kapitalistische Ware-Geld-System zu dekonstruieren, obwohl es dringend erforderlich wäre. Ein wichtiger Fakt ist die relative Abtrennung des Finanzwesens von der Realwirtschaft und so eine Dominanz der Finanzindustrie durch „innovative Finanzprodukte“ und das Investmentbanking. In den USA z.B. hatte man nach der Weltwirtschaftskrise 1929 mit dem *Glass-Steagall Act* von 1933 einen wesentlichen Schritt unternommen, um die Wirkung der Spekulation der Banken in die Realwirtschaft einzudämmen. Dieses Beispiel zeigt u.a., dass die Gesellschaft sehr wohl in die Wirtschaft eingreifen kann. (Was war übrigens 2008/09 mit der Bankenkrise und „Too Big to Fail“?)

Dazu gehört auch die Diskussion um solche ökonomischen Grundkategorien wie Wert, Preis und Geld. Geld sollte nur als allgemeines Äquivalent zu allen Waren fungieren ohne Zins, Schatzfunktion oder Spekulationsmittel. Preise können sich vom tieferen Wert manipulativ entfernen. Preise können einen Orientierungs- bzw. Lenkungseffekt haben, es fragt sich, in welchem Interesse und mit welcher Wirkung. So meinte 1995 E.U. v. Weizsäcker „die Preise sagen nicht die ökologische Wahrheit“. Gemeint war, dass begrenzte, nicht regenerierbare Ressourcen und Materialien höher bepreist sein müssten, um eine sparsame Verwendung anzuregen. Das kann aber nicht heißen einfach den Preis hochzusetzen etwa für 1 Liter Benzin 5 Euro, ohne für eine soziale Verträglichkeit und ausreichende Alternativen zu sorgen. Zusätzlich muss auch ein *Rebound-Effekt* gesehen werden: Wenn Maßnahmen zur Produktivitätssteigerung zu Einsparungen führen können, macht ein nun höherer Verbrauch die möglichen Einsparungen wieder zunichte. Solange wir in einer Ware-Geld-Wirtschaft leben, muss bei Entscheidungen immer der Dreiklang Ökologie – Ökonomie – Soziales beachtet werden.

Kommen wir zurück zu den oben genannten Input-Output-Tabellen (IOT). Diese sind so aufgebaut, dass sie die Sektoren oder Zweige einer Volkswirtschaft erfassen in die drei großen Verflechtungen

- I. Die Wertschöpfung der primären Inputs und Vorleistungen;
- II. Verflechtungen der Vorleistungen, Importe für die anderen Sektoren (z.B., was und wie viel liefert die Landwirtschaft für die Nahrungsmittelindustrie) sowie
- III. Sektoren der Endnachfrager (Konsumenten, Investitionsgüter, Export).

Abstrakt kann das in Form von Matrizen und Vektoren dargestellt werden: Die Vektoren

$$\begin{aligned}x &= (x_j) \text{ f\"ur den Output der Industrien } j, \\y &= (y_j) \text{ f\"ur die Endnachfrage der Industrien } j\end{aligned}$$

beschreiben Angebot und Nachfrage der einzelnen Industrien. Zusammen mit der Einheitsmatrix E und der Matrix $A = (a_{ij})$ der Input-Output-Verflechtungen zwischen den Industrien ergibt sich die Gleichung

$$y = x - Ax \tag{1}$$

der stofflichen Verflechtungen, die zur Produktion der Nachfrage y notwendig sind. Die Endnachfrage ist die Differenz des gesamten Outputs minus dem Output, der in den anderen Industrien verbraucht wird. Gleichung (1) kann nun nach x aufgelöst werden: Mit $x = Ex$ und $y = Ex - Ax = (E - A)x$ multipliziert man (1) auf beiden Seiten von links mit dem Ausdruck $(E - A)^{-1}$ und erhält

$$x = (E - A)^{-1}y. \tag{2}$$

$(E - A)^{-1}$ ist die sogenannte *Leontief-Inverse*. Mit der Gleichung (2) können so die nötigen Eingangsmengen für eine geforderte Ausgangsmenge ermittelt werden [32, S. 33].

Dieses Leontief-Modell ist vielfach beschrieben und mit der heutigen Computertechnik mit entsprechenden Algorithmen und Programmen problemlos zu lösen, selbst wenn die Matrix mehrere 100 Elemente enthält. Die Schwierigkeiten liegen nicht auf der mathematisch-numerischen Seite, sondern auf der Seite einer angemessenen Erfassung ökonomischer Prozesse in den Koeffizienten. Es beginnt mit der Erfassung in Marktpreisen. Einerseits sind Marktpreise einfach zu erreichen, aber man erkaufte das mit der Ungenauigkeit, dass Preisänderungen so Mengenänderungen überlagern und verfälschen können. Weiter ist das Modell, wie oben schon angedeutet, nur eingeschränkt aussagefähig. Nur marktgängige Produkte und Leistungen wurden bisher erfasst. Eine umfassende Wirtschaft muss auch alle unproduktiven Bereiche (u.a. Gesundheitswesen, Soziales, Daseinsvorsorge, Betreuung und Pflege, Aus- und Weiterbildung, Kultur, weitere Reproduktionsbereiche) beinhalten. Dafür wurden verschiedene Erweiterungen des Leontief-Modells vorgeschlagen [10, S. 185-188].

So können in einer Gesamtdarstellung produktive und unproduktive Sektoren einer Volkswirtschaft zusammen erscheinen. In der Belegung der Koeffizienten eines erweiterten Modells muss der Arbeitsaufwand, auch wegen der gegenseitigen Zuordnungen der Leistungen, in Zeiteinheiten erfolgen (ZIOT). Aber viel schwerwiegender und in den Auswirkungen weitreichender ist eine *notwendige Dynamisierung* des Modells. Gegenüber dem klassischen Leontief-Modell wird jetzt qualitativ eine höhere Stufe angestrebt. Bisher wurde aus statistischer Sicht nur einmal im Nachhinein, meist für ein Jahr, feste Austauschverhältnisse zwischen Produzenten und Konsumenten sowie Abnehmern ausgewiesen. Jetzt soll möglichst eine zeitnahe Regelung und Steuerung der Gesamtwirtschaft erreicht werden.

Dazu konnte und kann auf umfangreichen Vorarbeiten zur *Kybernetik*, *Systemanalyse* und *Systemdynamik* aufgebaut werden. Ohne wesentliche Arbeiten hier zu referieren, sei nur auf die Begründer und einige ihrer Arbeiten verwiesen:

- N. Wiener. *Cybernetics and control*,
- W.R. Ashby, St. Beer. *Cybernetic factory*,
- J.W. Forrester. *Systems dynamic*, in der Folge u.a.
- Meadows u.a. *Limith of growth*,
- F. Vester. *Sensitivitätsmodell*,
- H. Bossel. *Systems and Models; Systemzoo* [4, 5].

Im Oktober 1972 kam es auf internationaler Ebene zu einer Ost-West-Zusammenarbeit in einem *Internationalen Institut für angewandte Systemanalyse* (IIASA) in Laxenburg bei Wien, an der 50 Länder beteiligt waren. Neben grundlegenden theoretischen und naturwissenschaftlich-technischen Problemen hat man auch früh versucht, das Instrumentarium auf Wirtschaft und Gesellschaft anzuwenden. Zu Fragen einer Steuerung und Regelung in Wirtschaft und Gesellschaft sind besonders bemerkenswert die Arbeiten von Beer, Vester und Bossel. St. Beer entwickelte ein Modell zur kybernetischen Steuerung einer Fabrik und 1972 auf Einladung der Regierung Allende zur Steuerung der Gesamtwirtschaft in Chile, hierzu auch [9]. F. Vester erarbeitete mit seiner Gruppe verschiedene Systemmodelle u.a. zur Entwicklung von Mobilität und der Autoindustrie sowie weiterer Gesellschaftsbereiche [39] (heute weiter an der Uni St. Gallen, F. Malik). H. Bossel fand den Zugang über die Ökologie und Umweltforschung in sehr detaillierten Ausarbeitungen des Verhaltens, der Simulation von Teilsystemen [5]. Es mag verwundern, aber auch die DDR hat sich am IIASA beteiligt. H. Koziolok hat als ein Ergebnis der Mitarbeit mit Kollegen ein Reproduktionsmodell einer Volkswirtschaft (Dialogsystem für Mehrsektoren im Nichtgleichgewicht) vorgelegt [19, S. 113 ff.]. An dieser Arbeit kann und muss aus heutiger Sicht manches kritisiert werden, aber aus sachlich-objektiver Position geht es um eine Wertung ohne Vorurteile, welche methodischen Anregungen daraus zu entnehmen sind. Es sei die Anmerkung gestattet, dass die meisten Systemmodelle zur Wirtschaft sich im Rahmen der Kategorien einer kapitalistischen Marktwirtschaft bewegen. Die Möglichkeit, dass es auch eine andere Wirtschaftsordnung geben könnte, wird nicht behandelt.

Die Variabilität des Kopplungsmodells einer Wirtschaft hat neben den Marktpreisen zu beachten, dass sich die Technologien, die Verfahren der Herstellung von Produkten bzw. die Erbringung von Dienstleistungen ändern können. Damit ändern sich möglicherweise die verflochtenen Wirtschaftseinheiten, die Vorprodukte und die eingesetzten Rohstoffe und Materialien. In dem dynamischen Modell von Koziolok et al. [19, S. 184] wurden Vereinfachungen vorgenommen: das Aufkommen stimmt mit dem Bedarf überein, die verfügbaren Produktionskapazitäten werden immer voll ausgeschöpft und es wurden keine Aussonderungen von Grundmitteln berücksichtigt.

Der Aufbau des gesamten Modellsystems basiert auf einem erweiterten funktionalistischen Herangehen in Blöcken :

- Block D: Demographische Entwicklung
- Block AK: Berufstätige und Arbeitskräftepotential
- Block P: Gesellschaftliches Gesamtprodukt und Nettoprodukt
- Block AIB: Investitions- und Arbeitskräftebedarf der produzierenden Bereiche
- Block EIB: Export- und Importbedarf
- Block KIB: Bedarf der individuellen und gesellschaftlichen Konsumtion, Investitionsbedarf der immateriellen Sphäre
- Block B: Bilanzierung von Aufkommen und Bedarf
- Block AH: Außenhandel (Aufkommen)
- Block V: Primär-, Um- und Endverteilung des Nationaleinkommens
- Block R: Regler

Block B soll für das Gesamtsystem die zentrale Steuerungsfunktion darstellen. Der Block R dient dagegen für die Berechnungen und die Simulation zur Variation der Eingangswerte. Zu jedem Block wurden entsprechende Funktionsgleichungen angegeben, die dann mit den Daten des Zeitraums 1966–1980 in Modellrechnungen und Simulation ausgeführt werden [19, S. 113-152].

Die Wechselwirkungen und Funktionsbeziehungen zwischen den Blöcken sind in Abbildung 1 dargestellt. Erläuterungen zu diesem Schema : Die obige Kurzbezeichnung der Blöcke erscheint in den Kästchen jeweils unten links (mit Ausnahme von B – Bilanzierung). Alle Bezeichnungen und Variable in den Kästchen können in [19] auf den Seiten 189-197 nachgelesen werden, wie auch die Übersicht der Modellgleichungen auf den Seiten 204-216.

Kritische Anmerkungen: In Abhängigkeit von der Wirtschaftsordnung besteht das methodische, wie auch das Management-Problem, wie die Daten der überregionalen Unternehmen und Institutionen zu dem Gesamtmodell aggregiert bzw. umgekehrt vom Gesamtmodell wieder detailliert diesen zugeordnet werden. Darin steckt auch das grundsätzliche Verständnis, dass sich alle Wirtschaftseinheiten und Wirtschaftsakteure als Teile und Funktionselemente der gesamten Volkswirtschaft begreifen und freiwillig selbstorganisierend diese Gesamtheit kooperativ gestalten. (Emergenz – kooperativer Leistungsvorteil). Dieses Konzept steht im Widerspruch zu einer Praxis umfassender Konkurrenz in einem allgemeinen Wettbewerb an einem Markt.

Damals wurde auch unkritisch von einem „Wachstum in der Volkswirtschaft“ ausgegangen, wenn auch eine Begrenzung der Ressourcen gesehen wurde. Wenn auch in vielen Ländern ein nachholendes Wachstum im klassischen Sinne erforderlich ist, bleibt das theoretische wie praktische Problem, von vornehmlich quantitativen Wachstum zu einer *gesellschaftlich-qualitativen* Entwicklung überzugehen. Das kann auch Brüche und Sprünge enthalten, wenn man aus bisher sich aufbauenden *Pfadabhängigkeiten* aussteigen muss. Es ist einfacher, so weiterzumachen wie bisher, aber die Menschheit steht an einigen Kippunkten (point of

no return) der Entwicklung. Damit ergibt sich ein weiterer Kritikpunkt an dem Modell von Koziolk: die unzureichenden Wechselwirkungen mit der Ökologie und der nichtmateriellen Sphäre. Die immaterielle Sphäre umfasst mehr als nur Arbeitskräfte (Aufkommen und Verteilung), Investitionen, den Bedarf und eine entsprechende Umverteilung des Nationaleinkommens. Für die Erfassung aller Prozesse in dieser Sphäre benötigt man weitere Kennziffern, neben finanziellen und materiellen z.B. den Arbeitsaufwand in Zeit (nach N. Fröhlich). Fröhlich kann in seiner Arbeit überzeugend die Vorurteile gegenüber der Arbeitswerttheorie zurückweisen. Die neoliberale Ökonomie setzt auf Produktionspreise und verkennt, dass Arbeitswerte gleich leistungsfähig sind (vgl. dazu die sehr detaillierte Argumentation in [10]).

Das Koziolk-Modell geht über die Input-Output-Tabellen hinaus und vermittelt Anregungen für funktionalistische Gesamtdarstellungen. Oben wurden die drei Tabellentypen von C. Stahmer MIOT, PIOT und ZIOT genannt. Er führt aus, dass es notwendig sei, alle drei Typen in ihrem Zusammenwirken in einem „magischen Dreieck“ zu funktionalisieren. Dazu gab es nur erste Überlegungen [33, S. 41-44].

Weitere Anregungen kann man auch der Arbeit von Cockshott und Cottrell entnehmen u.a. mit Planungskonzepten, einer Zeitökonomie, einer objektiven Sozialkostenrechnung und verschiedenen Berechnungsbeispielen dazu [9, S. 70].

Mit dem aktuellen Stand der Hardware-Entwicklung und den technischen Möglichkeiten des Internets sind heute auch alle materiellen Voraussetzungen mit der verfügbaren Software gegeben, um ein solches Gesamtmodell *Wirtschaft* praktisch zu handhaben. Vielleicht könnte ein eigenes *Wirtschafts-Internet* installiert werden mit speziellem Zugang und besonderer Sicherung, das nur den Datentransfer zwischen allen Akteuren der Wirtschaft zum Zweck der Steuerung und Regelung dient. Methodisch sollte ein Gesamtmodell *Wirtschaft* im Vorgehen Top Down von der Gesamtebene zu den überregionalen Unternehmen und Institutionen angelegt werden. Dazu gehört selbstverständlich eine Übereinkunft in den Definitionen und den Bewertungsprinzipien der eingesetzten Kennziffern. Nur so ist eine Vergleichbarkeit und der Ablauf von Aggregation und Detaillierung praktikabel.

Ergänzung durch lokale und regionale nachhaltige Wirkungsnetze von Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft

Ein Gesamtsystem *Wirtschaft* ist unvollständig, wenn es nicht die vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen den wirtschaftlichen Akteuren auf den unteren, lokalen Ebenen einschließt. Gleichzeitig mit dieser Ortsbestimmung ist konkret eine weitere Bestimmung im Blick, die unmittelbar ausgebildete Umwelt, ein Biotop (Biogeozönose). Die *Ökologie* ist die Lehre vom Naturhaushalt, vom spezifischen, konkreten Wechselwirkungsgefüge aller

Faktoren und Bedingungen an einem geografischen Punkt der Erdoberfläche, die Arten und Lebensformen bilden einen besonderen Lebensraum, ein Biotop, die im begrenzten Maße zu einer Selbstregulation befähigt sind¹.

Zu den örtlichen Faktoren gehören u.a. geologische, geophysikalische, klimatische Werte (Atmosphäre, Luft, Lithosphäre, Boden), Stoffströme und -transporte durch das Biotop, Stoffwechsel im Biotop, die Ausbildung einer eigenen Vegetation, eines Pflanzenbestand, die Existenz aller Lebewesen, und Tierpopulationen mit ihren Lebensformen und Lebensweisen sowie ihrem Verhalten. Zwischen diesen Pflanzen und Tieren bestehen Nahrungsketten und netze. Zusätzlich zu den vielen Wirkungen und Wirkungsfaktoren kommen ständige Veränderungen der Faktoren und Bedingungen. In der Beschreibung der sich ändernden Zustände hat sich die Begrifflichkeit, es gäbe als Zustandsbeschreibung ein „Gleichgewicht“, ausgebildet. Das schafft aber falsche Assoziationen, viel zutreffender sind dynamische Ungleichgewichte, die noch durch laufende Anpassungen in einer Evolution und Ko-Evolution durch Mutation, Selektion und genetische Prozesse angetrieben werden [28].

Für einen konkreten Ort bzw. eine bestimmte Region sind in einem ständigen Monitoring viele der genannten Daten zu erfassen, um Aussagen über den ökologischen Zustand zu machen. Welche Pflanzen und Tiere sind hier endemisch, wie groß sind die Bestände und Populationen, in welchem Zustand befinden sie sich, ist die Biodiversität bedroht? Heute hat der Mensch an vielen Punkten massiv mit verschiedenen Aktivitäten in Naturräume eingegriffen. In Europa z.B. dominieren Kulturlandschaften (Land- und Forstwirtschaft, Siedlungen und Städte, Industrieanlagen und Verkehrswege). Der Flächenverbrauch schreitet voran, und als Begrenzung wird gefordert, 30 % der Gesamtfläche für die Natur freizuhalten. Die Naturräume werden be- und zerschnitten, zusätzlich wird die Umwelt belastet mit vielen Chemikalien, Abprodukten, Abgasen u.ä. Jetzt schon sind viele Arten ausgestorben bzw. bedroht. Durch den Klimawandel und die zunehmende Erderwärmung sind die Vegetationszonen ca. 800 km nach Norden verschoben. Etwa 75 % der Insekten sind verschwunden und damit ist eine *ökologische Systemleistung*, die wir stillschweigend nutzen, die Bestäubung der Kulturpflanzen durch Bienen und Insekten, gefährdet. Mit den ökologischen Verlusten ist die Existenz des Menschen selbst bedroht. Ernteaussfälle und das Fehlen von Trinkwasser werden mehr Flüchtlingsströme bewirken. Dazu gehört auch eine unkontrollierte Ausbreitung von Viren und Bakterien und das Auftreten entsprechender Krankheiten.

Natürlich laufen schon lange Schutz- und Sicherungsmaßnahmen dagegen. Zum Klimawandel werden Anstrengungen zur Reduzierung und Vermeidung eines CO₂-Ausstoßes besonders in der Industrie (Stahlgewinnung, Baustoffe, Chemieindustrie) unternommen². In der Biologie und Landwirtschaft bemüht man sich, neue resistente Arten zu züchten, die mit einem

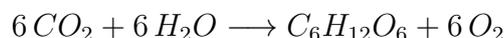
¹ Sieh etwa Heinrich, D.; Hergt, M. dtv-Atlas zur Ökologie. München, 1991; Autorengruppe. Das Ökologie Buch. DK, London, 2019 und München, 2020; Nentwig, W., Bacher, S., Brandl, R. Ökologie kompakt, Heidelberg, 2011.

² Siehe dazu etwa die Artikelserie „Klimaneutrale Industrie“ in der Zeitschrift „Spektrum der Wissenschaft“: Mit Wasserstoff zu sauberem Stahl, 07/2023; Neuerfindung eines Baumaterials, 08/2023; Der Umbau der Chemieindustrie, 09/2023; Kraftakt für die Industrie, 06/2023.

veränderten Klima besser zurecht kommen. Viel weitreichender, aber auch umstritten, sind Genveränderungen und Gentechnik.

Die CRISPR/Cas-Methode als molekularbiologische Methode, um die DNA gezielt zu schneiden und zu verändern, bietet hier ganz neue Möglichkeiten³. Wichtig sind auch zentrale Samenbanken von allen, auch Wildarten, als biologisches Gedächtnis der Menschheit.

Die Evolution der Natur mit der Entstehung des Lebens in natürlicher Selbstorganisation hat all die Dinge hervorgebracht, denen wir als Menschen erst unsere Existenz verdanken. Eine fantastische chemische Reaktion, welche in den Pflanzen abläuft, die Photosynthese, stand u.a. am Anfang:



Aus Kohlendioxid und Wasser wird Glucose (Einfachzucker, Traubenzucker) und Sauerstoff durch Sonnenenergie und mit Chlorophyll als Katalysator. Hier wird mal CO_2 verbraucht! Die Glucose ist ein wichtiger Energielieferant in unserem Körper.

Wie kann nun das Thema Ökologie mit der Ökonomie, der Wirtschaft verbunden werden? Wie auch immer: Jede wirtschaftliche Tätigkeit erfolgt in einem spezifischen Teil der Umwelt. Die klassische Wirtschaftslehre hat alle durch Wirtschaftsprozesse in der Natur entstehenden Verluste und Schäden ignoriert und der Allgemeinheit auferlegt bzw. externalisiert. Durch die Erhebung von Umwelt- und Ökosteuern soll der Verbrauch von Energieträgern, die Nutzung von Kraftfahrzeugen verteuert und so gesenkt werden und die Einnahmen aus dem Emissionshandel dem Staatshaushalt zugeführt werden. Es sind rein monetäre Maßnahmen. Ein Schritt weiter und inhaltlich konsequenter ist ein Konzept einer *ökologischen Ökonomik*. Die inhaltlichen und methodischen Aspekte beider Wissensgebiete sollen direkt verbunden werden. Alle Aktivitäten werden erfasst in ihren wirtschaftlichen Auswirkungen (u.a. die Aussagen zu einem ständigen Wirtschaftswachstum sind aufgehoben), das Ergebnis der Aktivitäten schlägt sich in einer neuen Kennziffer, einem *Ökosozialprodukt*, nieder. Die neue *Transdisziplin* „ökologische Ökonomik“ [35, S. 13-29] führt mehrere Einzeldisziplinen zusammen, was wissenschaftstheoretisch neue Fragestellungen aufwirft⁴.

Entscheidendes Moment bleibt der Umfang, die Struktur und die Dimensionalität des zu lösenden Problems, hier also die Gestaltung eines Öko-Sozial-Ökonomie-Systems. Das Bemühen, die im Problem enthaltene Komplexität möglichst allseitig und vollständig auszuschöpfen, erfordert, die disziplinären Grenzen einer Einzelwissenschaft zu überschreiten und auch *außerwissenschaftliche Erfahrungen* und praktische Einsichten mit einzubeziehen. Es muss eine integrative Forschung neu organisiert werden. Man begibt sich in Bereiche, wo ein Wissen unsicher und selbst das Problemverständnis umstritten ist. Begriffsbildungen, Beweisführungen und Nachvollziehbarkeit von methodischen Schritten verlangen eine korrekte Arbeitsweise. Das mag im Rahmen einer Wissenschaft selbstverständlich sein,

³ Siehe dazu etwa das Stichwort „CRISPR/Cas“ in Wikipedia.

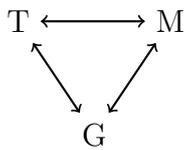
⁴ Vgl. dazu auch den Artikel „Transdisziplinarität“ in Wikipedia.

wenn in einem neuen transdisziplinären Forschungsprojekt eine neuartige Kooperation aktiv wird, sollen sich alle Beteiligten zu diesen Prinzipien bekennen. Bei den Ergebnissen sollte auch deutlich erkennbar sein, welche Aussagen und Teile objektiv und welche nur Annahmen, persönliche Ansichten oder subjektive Meinungen sind. Aber auch die beteiligten Wissenschaftler haben Verpflichtungen. In eigenen Fachkreisen ist eine eigene Fachsprache (Fach- und Fremdwörter, Abkürzungen, Superzeichenbildung, Formeln) üblich, hier in der Kooperation müssen das aber alle verstehen können. Bei hoch spezialisierten Experten können so Umsetzungs- und Anwendungslücken entstehen, die auch Wissenschaftsjournalisten nicht immer schließen.

Ein neues transdisziplinäres Projekt könnte in folgenden Schritten ablaufen:

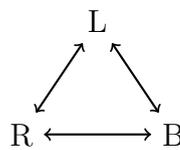
1. Verständigung über Inhalt und Kern des zu bearbeitenden Problems und seiner angestrebten Lösung.
2. Gemeinsame Klärung von Begriffen, Definitionen, Untersuchungs- und Forschungsmethoden sowie von Hypothesen und Zwischenergebnissen.
3. Zusammensetzung von (Teil-) Arbeits- und Forschungsgruppen.
4. Mögliche Gliederung der Problemlösung in Teilergebnissen und ihre Zusammenführung.
5. Relativ eigenständige Arbeit der Teilgruppen, dabei können jederzeit (nicht nur nach Zwischenergebnissen) Rücksprünge oder Wiederholungen zu den Schritten 1.–4. möglich werden. Entscheidungen sind zu treffen über Problem- oder Zielkorrektur, über gegenseitige Information zwischen den Teilgruppen über neue Ergebnisse bzw. über Abbruch oder Fortsetzung des Projekts.
6. Bearbeitung und Zusammenführung der Ergebnisse der Teilgruppen. Welche neuen Erkenntnisse konnten gewonnen werden? Abschließender Gesamtbericht einschließlich Maßnahmen für Umsetzung und Anwendung.

Wichtig: Trotz der Aufteilung in Teilgruppen (nach 3.) darf während des Gesamtablaufs der Kooperationskontakt bzw. der Austausch in der Gesamtgruppe nicht verloren gehen. Eine gute Orientierung für die Tätigkeiten liefern die Methoden der empirischen Forschung. Danach werden durch Beobachtung, Befragung und Messung qualitative und quantitative Daten über ein abgegrenztes Objekt, einen bestimmten Prozess erhoben. Die Daten müssen geprüft und verifiziert werden (Datenaufbereitung und Datenanalyse). Zur Auswertung nutzt man oft mathematisch-statistische Methoden (wie Häufigkeitsverteilungen, Zeitreihen, Korrelation und Regression, funktionelle Abhängigkeiten u.ä.). Bei entsprechender Vorbereitung können Experimente (also gezielte Eingriffe) vorgenommen, Hypothesen geprüft werden oder Planspiele ablaufen. Schematisch kann das so veranschaulicht werden:



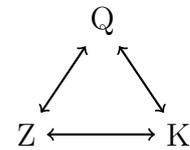
FORSCHUNG

T – Theorie
M – Methoden
G – Gegenstand



INNOVATION

L – wissenschaftlich-
technische (ökonomische)
Lösung
R – Ressourcen
B – gesellschaftlicher Bedarf



PROJEKT

Q – Qualität/System
Z – Zeit
K – Kosten

Die Beziehungen (Doppelpfeile) im jeweiligen Dreieck kann formal als Graph beschrieben werden. Inhaltlich besser sind Deutungen über eine Analogie zum Stoff-Feld-Modell von TRIZ [18, S. 170-175 und 258-286].

Die Beziehungen zwischen den Komponenten (z.B. $T \leftrightarrow M \leftrightarrow G$) sind nicht statisch und geradlinig. Diese Schemata sind viel zu armselig, um den ganzen Reichtum unbegrenzter Kreativität zu erfassen. Zwischen den Komponenten öffnen sich Räume verschiedenster Vermittlungen und Wechselwirkungen. Die Beziehungen symbolisieren quasi „Denkraum-graphen“ (alle Formen einer Umgebung, eines „Klimas“ zur Ideengenerierung) gegenseitiger Anregung, aber auch Behinderung, Widersprüchliches, ja einer Blockade des Denkens. Gedanklich, virtuell werden Problemlösungs- und Suchräume aufgebaut, erweitert oder eingegrenzt. Das kreative Denken ist ungewöhnlich und weniger geübt. Wir bewegen uns dabei in unbegrenzten und unendlichen vieldimensionalen, gedanklich imaginierten Räumen. Dort ist *alles* möglich, auch das „Unmögliche“! Wir sind Entdecker in einem unbekanntem Land. Es gibt keine Beschränkungen für ein Herangehen: „Was wäre, wenn es ganz anders ist?“ Man will möglichst viele Ideen generieren, auch „verrückte Ideen“. Diese Ideen sind ein Schatz, den es zu bewahren gilt (auch für später). Erst danach werden die Ideen gewertet, bewertet, sortiert und geprüft, welche Beiträge sie zur Problemlösung leisten und leisten könnten. Zur Orientierung sind zunächst alle verfügbaren Quellen heranzuziehen. Das können sein: Wissensspeicher, Informationsspeicher, das Internet, Bibliotheken, Bücher, Zeitschriften, Dokumente, Methoden- und Formelsammlungen, Kataloge, Verzeichnisse, Übersichten, Datenbanken, Daten-Warenhäuser, Tabellen, Lexika, Enzyklopädien usw. Dann sind Methoden der Problemanalyse und der Problemlösung anzuwenden: Methodensammlung zu TRIZ (u.a. Matrix der Lösungsprinzipien technischer Widersprüche, Standardlösungen), Systemanalyse, morphologische Matrix, Effektedatenbank, Periodensystem der Elemente, logische Schlüsse, Kombinationsmethoden, Sammlungen verschiedener Algorithmen u.ä.

Eine Besonderheit im Denken ist der Umgang mit *Widersprüchen*. In der zweiwertigen Logik taucht sofort ein Verbot auf, es könne, dürfe nicht sein, dass ein Objekt die Eigenschaft A und Nicht-A habe (Prinzip des ausgeschlossenen Dritten). Dieses starre Prinzip erfasst

aber nicht die Wirklichkeit, in der es Übergänge, Veränderungen von Zuständen gibt. Der Widerspruch muss dynamisiert werden, ein prozessierender Widerspruch. Genau das war die Intension von Hegel mit seiner *Dialektik* vom Sein zum Werden [13, u.a. S. 102 ff.] [34, S. 68 ff., 221 ff., 335 ff.]. Als Beispiel kann man sich den Übergang vom Logischen zum Dialektischen bei zwei Aspekten A und B so verdeutlichen:

1. Entweder A oder B,
2. Sowohl A als auch B,
3. Weder A noch B. Im 3. Fall sagt man, A und B sind aufgehoben (Negation der Negation).

Die Sprache von Hegel ist vollkommen korrekt, aber schwierig. Es gibt verschiedene Versuche, die Dialektik zu operationalisieren, d.h. praktisch zu handhaben.

So von Hörz und Wessel mit ihrem Konzept eines Entwicklungsgesetzes [16, S. 98-134]. Danach befindet sich ein System in einer Ausgangsqualität untergliedert in der Gesamtheit seiner Elemente. Diese Elemente können nun je einzeln bedingt zufällig eine Möglichkeit verwirklichen. Die Aggregation oder Superposition aller neuen Elementzustände ergibt eine neue Qualität des Gesamtsystems. Der Prozess kann sich wiederholen und unter bestimmten Voraussetzungen kann notwendig eine neue Qualität auch eine „höhere“ sein. Allgemein kann das Gesamtsystem so Fortschritt, Stagnation oder Rückschritt realisieren. Rainer Thiel [36] hat dieses Vorgehen als mechanizistisch kritisiert. Der dialektische Prozess könne nicht künstlich zergliedert werden, er vollziehe sich ständig auf allen Ebenen und nicht nacheinander. Genauso unzutreffend sei die Redeweise von sprunghaften Veränderungen. Tatsächlich ereignen sich laufend kleine und kleinste Entwicklungsschritte, die so allmählich die gesamte Veränderung bewirken.

Ein weiteres Beispiel einer praktischen Handhabung ist die *Keimform-Theorie* und der *Fünf-Schritt* von Holzkamp [15]. In einer größeren Arbeit, die Grundsätzliches zur Psychologie behandelt, hat Holzkamp ein Entwicklungsschema angegeben, das verallgemeinert wurde in fünf Schritten. Bezugspunkt ist ein größeres System, das in sich gegliedert ist in Elemente und Teilsysteme, die Tendenzen haben zur Verselbstständigung bzw. so auch gegeneinander agieren können:

1. Das System befindet sich in einer *kritischen* Entwicklungsphase, die Stabilität des Systems ist gefährdet.
2. Im System hat sich eine Elementgruppe oder ein Teilsystem gefunden, das auf eine Überwindung der Krise drängt und eine Neuorganisation anstrebt; das ist die Keimform (das Neue im Alten).
3. Die Elementgruppe als Keimform hat ihre Wirkung so vergrößert, dass sie als größeres Teilsystem die Gesamtfunktion des Systems mitbestimmt oder wesentlich beeinflusst – das ist der *Funktionswechsel*.
4. Das Teilsystem von 3. gewinnt die dominierende Position gegenüber anderen Teilsystemen im Gesamtsystem – das ist der *Dominanzwechsel*.
5. In der Folge wird nun das Gesamtsystem *umgestaltet, neu organisiert*.

Diese Schrittfolge von Holzkamp ist interessant, da sie den qualitativen Wandel in einem System thematisiert. Es gilt aber auch hier die Kritik von Thiel. Der einheitliche Prozessverlauf wird künstlich in die fünf Schritte getrennt. In der Realität agieren alle Schritte nebeneinander (nicht nacheinander) und überlagern sich dabei. Ein weiterer Versuch, die Begrenztheit der logischen Behandlung des Widerspruchs aufzuheben ist die *Tetralemma-Aufstellung* [38, S. 75-111]. Das Eine (A) und das Andere (B) können verschieden in Beziehung treten:

1. A richtig – B falsch;
2. A falsch – B richtig;
3. A und B richtig;
4. A und B falsch;
5. Beides (A und B) unzutreffend, *Muster durchbrechen*, neu Setzen der Momente oder Komponenten: C, D, E, F,

Lenoq verdeutlicht eine Systementwicklung teils grafisch durch eine zunehmende Komplexität eines Musters, das spiralförmig aufsteigt (bzw. absteigt), mit scheinbarer Rückkehr zu einem vorherigen (alten) Zustand, aber auf anderer Ebene (Niveau der Problembeschreibung) [23]. Zahlreiche Arbeiten zur Systemanalyse und Systemgestaltung enthalten dialektische Momente. Als ein sehr praktikables Vorgehen sei das Sensitivitätsmodell von Vester genannt [40, S. 185-263]. Besonders in den Wirkungsgefügen mit Regelkreisen (ab S. 239) zeigt sich der Charakter von Wechselwirkungen in einem System. Neben bekannten negativen Rückkopplungen vermitteln gerade positive Rückkopplungen die Möglichkeit, wie ein System ein höheres Niveau erreichen kann.

Im Zuge von Erfindungen sind eine Reihe von Widersprüchen aufzuheben. In Fortführung des Gedankens von G.S. Altschuller, dass das anspruchsvollste Niveau einer Erfindung in der Lösung der (dialektischen) Widersprüche in dem technischen System liege, unterscheiden Rindfleisch und Thiel [29, S. 35 ff.] technisch-ökonomische, technisch-technologische und technisch-naturwissenschaftliche Widersprüche.

Kehren wir zurück zu der Erörterung einer ökologisch-ökonomischen Wirkungseinheit auf lokaler oder regionaler Ebene. Wie schon oben schematisch skizziert müssen transdisziplinär in der Forschung sowohl die theoretischen Arbeiten in der Ökologie wie in der (Regional-) Ökonomie mit Erfahrungen und Fertigkeiten der Praxis zusammen geführt werden, siehe dazu die Abbildung 2.

Im Unterschied zu der allgemeinen Darstellung der veränderten Volkswirtschaft, für die in der Entwicklung ein gemeinschaftliches Top-Down-Vorgehen angezeigt ist, ist die Entwicklung lokaler oder regionaler Modelle von unten, *Bottom up* (vom Einzelnen, Besonderen, Konkreten zum Allgemeinen) zu gestalten. Das ist deshalb notwendig, weil die Umweltbedingungen schon bei geringen Ortsänderungen teilweise deutlich variieren können und damit auch die Bedingungen einer örtlichen Wirtschaft eine andere werden. Aber gerade wenn man die örtlichen Bedingungen und Faktoren nach ihrem konkreten Zustand beachtet und genau die Ausprägungen der lokalen Wirtschaft, ihre gewachsene Infrastruktur

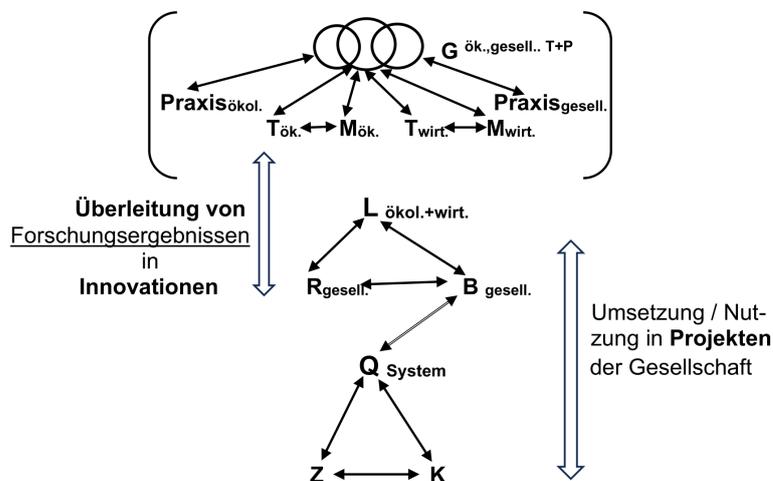


Abbildung 2: Möglicher Gesamtablauf integrierter ökologisch-ökonomischer Forschung und ihrer praktischen Nutzung (Bedeutung der Symbole wie oben S. 12)

und je eigenen Kooperationen einbezieht, können sich erstaunliche Lösungen ergeben. Zu den Prinzipien lokaler ökologisch-ökonomischer Modelle gehört auch die Bestimmung, in welchem Verhältnis die Natur, die Umwelt zur Gesellschaft und Wirtschaft steht.

Das war bisher meist keine Frage. Die Wirtschaft, die Gesellschaft hat zuerst ihre Absichten, ihre Interessen durchgesetzt, ohne besonders die Bedürfnisse der Natur zu beachten („und macht euch die Erde untertan“, 1 Mo 1,28), als sei der Mensch berufen, über die Natur und die Erde zu herrschen. Sicherlich konnten sich die Menschen vor über 2000 Jahren nicht vorstellen, dass die Menschheit sich dahin entwickeln könnte, solche weit- und tiefgreifenden Mittel der Wirtschaft und Technik in die Hand zu bekommen, um den ganzen Planeten umzugestalten. Schon im 18. Jahrhundert konnte man in England mit der beginnenden Industrialisierung an einigen Orten erleben, was der intensive Bergbau und die Erzverarbeitung in der natürlichen Umgebung bewirkte. Im 19. Jahrhundert gewann man immer detailliertere Einsichten in das Zusammenspiel verschiedener Lebensformen und deren Bedeutung für die Existenz der Menschen selbst⁵. Aber erst im 20. Jahrhundert wurde uns durch die Umweltbewegung der volle Umfang der problematischen Beziehungen zwischen Natur und Mensch bewusst. Damals konnte man sich auch nicht vorstellen, wie schwierig es sein wird, sich von „erfolgreichen“ Geschäftsideen und persönlichen, bequemen Lebensweisen zu trennen. Die reinen, objektiven naturwissenschaftlichen Erkenntnisse allein bewirken noch zu wenig. Hier kommt viel Psychologie, falsche Werbung und eine Unterschätzung der Gegenkräfte ins Spiel. Auf Verbote reagieren Menschen teils allergisch, trotzig und meinen, ihre „Freiheit“ werde beschnitten. Wobei der Freiheitsbegriff meist einseitig und falsch verstanden wird. Als ob in einer Gemeinschaft, in der Gesellschaft „man

⁵ Zu nennen sind hier u.a. Alexander von Humboldt und Ernst Haeckel

immer machen könne, was man wolle“. Da wird einfach vergessen, dass sich unser Leben nur im Rahmen von Bedingungen und Voraussetzungen verschiedener Art vollziehen kann. Es gibt Naturgesetze und von Menschen anderen und sich selbst auferlegte Regeln des Zusammenlebens. Die letzteren Regeln können durch gesellschaftliche Kräfte und Beschlüsse geändert werden und so als Freiheitsgewinn den Handlungsspielraum selbstverantwortlich erweitern. Warum kann nicht positiv argumentiert werden, dass unsere Städte z.B. eine höhere Lebensqualität und Erlebnisse ermöglichen können, wenn der Autoverkehr aus den Innenstädten genommen wird? Mehr Natur, Pflanzen usw. finden Platz in der Stadt, man flaniert, man begegnet sich auf Straßen und Kinder können dort sorg- und gefahrenlos spielen. Die Natur hat eine andere Verhaltensqualität: *Die Natur verhandelt nicht!*

Der Mensch ist Teil der Natur, der Mensch braucht die Natur, aber die Natur braucht nicht den Menschen! Wir leben in achtungsvoller Koexistenz mit der Natur. Was bedeutet das nun für unser ökologisch-ökonomisches Modell? Die Natur ist der Ausgangs- und Endpunkt, die Ökologie gehört an die erste Stelle. Um ein langfristig zukunftsfähiges Entwicklungskonzept der Gesellschaft und ihrer Wirtschaft zu etablieren, muss sie kooperativ mit und in der Umwelt, der Natur interagieren. Wir sind umgeben, eingebettet in die Natur. Zur Gestaltung dieser Wechselbeziehungen ist es unumgänglich, die Natur, ihre enthaltenen Prozesse, ihren Stoffwechsel und Metabolismus zu verstehen. Die Natur lebt durch ständige Anpassung und Erneuerung. Die *Evolution* [26] hat kein explizites Ziel. Durch alle dynamischen Veränderungsprozesse bildet sich emergent ein Entwicklungsweg heraus über eine ökologische Re-Produktion. Über eine Vielzahl von Arten, ihre Lebensumstände zueinander und miteinander, wird ein gemeinsames Überleben erreicht. *Leben* steht als Sammelbegriff für eine Vielzahl von Erscheinungen und Systemen in der Natur, die sich in einem ständigen, geregelten Austausch von Energie, Materie und Information befinden. Leben wird über eine Menge von Prozessen definiert:

- Energie- und Baustoffwechsel
- Organisiertheit und Selbstregulation
- Reizbarkeit
- Fortpflanzung, Reproduktion
- Vererbung, Informationsübermittlung an Nachkommen
- Wachstum, Fähigkeit zur Entwicklung

Durch diese Prozesse werden Eigenschaften hervorgebracht wie äußere Membran, innere Zellkompartimente und biokatalytische Substanzen, die Gesamtheit biochemischer Entwicklungspfade (Stoffwechselkarten). In der Lebensdauer verschiebt sich das Verhältnis vom Bau- zum Betriebsstoffwechsel. Die Natur kennt nicht den Begriff „Abfall“ oder „Abprodukt“, es existieren geschlossene Stoffkreisläufe, wo alle Stoffe wieder aufgearbeitet, in den Zyklus zurückgeführt werden. Biologische Lebewesen stellen in einer abstrakten Betrachtung komplexe Systeme dar. In den Biowissenschaften haben sich zahlreiche Spezialdisziplinen herausgebildet wie die synthetische Biologie („Neukonstruktion“ von Lebesformen) oder die Bionik (Übertragung biologischer Phänomene in technische Funktionen)

[20, S. 213-236] [11]. Küppers führt in einer Verfahrens- und Informationsbionik eine Reihe von Eigenschaften komplexer biologischer Systeme an⁶:

- Hohe Anzahl der Elemente mit nichtlinearen Wechselwirkungen
- Zeitvariable Reaktionen (mit Verzögerungen)
- Positive und negative Rückkopplungen in vernetzten Funktionskreisläufen, netzartige Strukturen in Wirkungsnetzen
- Offenheit des Austausches von Materialien, Energien und Informationen mit der Umwelt
- Universeller Zustand, unabhängig von der Größe (vom Kleinsten bis zum Größten)
- Dynamisches Verhalten, Selbstadaptationsfähigkeit, hohe Redundanz, robuste Fehlertoleranz, Selbsterhaltung
- Kreativität und Innovation, ständige Erzeugung von neuen Strukturen und Funktionen
- Systemhierarchien mit emergenten Eigenschaften von auf verschiedenen Ebenen verschachtelten Elementen
- Unvorhersehbarkeit, keine Kontrolle an Verzweigungspunkten (Bifurkationen), stabile Perioden und „instabile“ Sprünge
- Spontane Selbstorganisation in chaotischen Phasen, Selbstreparatur
- Teilautonomie

Diese und andere Informationen helfen bei einem tieferen Verständnis der lebendigen Umwelt. Die „Kunst“ besteht jetzt darin, das Verständnis der Funktionalität biologischer Systeme mit den lokalen oder regionalen gesellschaftlichen Funktionskreisläufen abzugleichen.

In der Wirtschaftsliteratur taucht der Begriff des Wirtschaftskreislaufs auf, er entspricht aber nicht in der Abstraktion den Kreislaufmodellen in der Natur. Wirtschaftskreislauf meint den mit Geld vermittelten Austausch zwischen Anbietern von Produkten und Leistungen und den Abnehmern. Der Begriff *Kreislaufwirtschaft* dagegen kommt dem Kreislaufgedanken der Natur sehr nahe. Allerdings sollte man hier ehrlich sein, die Kreisläufe, d.h. echte Rückführungen in die Produktion, sind noch zu wenige. Der Wirklichkeit näher ist der Ablauf Produktion und Leistungserbringung – Reste und Abprodukte – Recycling – Abfallwirtschaft. Das Bemühen, die Erkenntnisse der Ökologie und der Ökonomie zusammenzuführen, wird schon länger diskutiert. In Gablers Wirtschafts-Lexikon findet man u.a. das Stichwort „Systemmanagement“ [11, S. 2883-2885]. Es wird die Grundidee entwickelt, in Technik, Wirtschaft und Gesellschaft aus biologischen Vorbildern zu lernen, und diese Idee auf die Erforschung und Umsetzung der evolutionär gefundenen Prinzipien im Umgang mit hochkomplexen Systemen ausgedehnt. Sozioökonomische Systeme werden als Teil der Biosphäre begriffen. Es wird versucht, technische, soziale und ökonomische Strukturen so zu gestalten, dass sie überleben, sich entwickeln und weiter lernen können. Kooperation zum gegenseitigen Nutzen wird angeregt. Ökologische Krisen sind auf eine mangelnde Kenntnis selbstorganisierender Systeme und einen nicht angemessenen Umgang mit diesen zurückzuführen. Wenn nun ein integriertes Modell Ökologie und Ökonomie entwickelt

⁶ Die Aufzählung ist unvollständig und ohne Anspruch auf inhaltliche Ausführungen.

werden soll, muss das *Ökosystem vor Ort* (dazu gehört eine Festlegung der örtlichen Grenzen vom Umland) hinreichend konkret erfasst und verstanden werden. Besonders interessant sind zu beobachtende Stoffkreisläufe der Natur, z.B. wie belastet ist der Zustand der Flächen und Räume? Wie kann die Aufnahmefähigkeit von zusätzlichen Zuflüssen aus Wirtschaft und Gesellschaft beurteilt werden? Wie können in diesem Zusammenhang die Kräfte zu einer Regenerationsfähigkeit und Selbstreparatur gebündelt werden? Dem zuzuordnen sind dann die konkreten Daten des *Wirtschafts- und Gesellschaftssystems vor Ort*. Dazu gehören z.B. die verschiedenen Nutzungsarten und die dazu gehörenden Flächen in einer Stadt [17, S. 88-187]. Die Standorte von Wohnsiedlungen, öffentlichen Einrichtungen, Flächen für gewerbliche und industrielle Nutzung, Versorgungseinrichtungen und mögliche Vernetzungen untereinander. Die Städte, Gemeinden und die Nutzung der Flächen ist historisch entstanden und ein Ausdruck unterschiedlicher Interessen und Intentionen. Die Flächennutzungspläne sind in den Kommunen teils umstritten. Es entstand die Frage: Wem gehört die Stadt? Darin zeigen sich alle Spannungen und gesellschaftlichen Konflikte in diesem Bereich. Entscheiden die gewählten Gremien einer repräsentativen Demokratie, und wie weit kann und soll eine Bürgerbeteiligung, eine direkte Demokratie gehen? Soll das Potential, alle Leistungsvorteile in einer Stadt genutzt werden, dann kann das nur durch eine schrankenlose, umfassende Kooperation möglich werden. Ein aktuelles Beispiel ist die *Wärmeplanung* in einer Stadt. Welche Energieträger, Wärmequellen (Erzeuger, Verteiler und Abnehmer) gibt es und wie können sie wirksam miteinander verbunden werden? Auch die Themen Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplungen gehören dazu. Bei einer Reihe von technischen Prozessen entsteht nebenbei, als Nebenprodukt, Wärme. Vielfach wird diese zusätzliche Wärme durch Kühlung einfach vernichtet, obwohl man sie evtl. Gebäuden in der Umgebung mit zu ihrer Heizung zuführen könnte. Dieses Beispiel lässt sich auf eine Reihe weiterer Prozesse und Leistungen übertragen: Gesellschaftliche Kooperation ermöglicht neue gesellschaftliche Nutzungspotentiale gegenüber vereinzelter Konkurrenz.

Davon ist auch das kapitalistische Heiligtum *Eigentum und Besitz* betroffen. Wie oft und mit welcher Auslastung werden Maschinen, Geräte, Spezialeinrichtungen usw. am Tag oder in einer Woche in Funktion genommen? Könnten durch sinnvolle Vereinbarungen verschiedene Maschinen oder Geräte usw. mehrfach auch durch Nutzer außerhalb eines Unternehmens oder einer Institution genutzt werden? Es ist klar, dass damit Grundsatzfragen der Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung gestellt sind, aber auch die Fragen, wie weit die Einbeziehung ökologischer Erfordernisse in einem gesellschaftlichen Umfeld umsetzbar ist.

Wie können der ökologische Kreislauf mit der lokalen Kreislaufwirtschaft gekoppelt und verzahnt werden? Ein wesentlicher Zugang sind die Übergänge zwischen beiden Bereichen: Was und wie viel wird aus der Natur und Umwelt entnommen (Input), mit welcher Technologie werden die Stoffe wie verarbeitet. Danach: Was und wie viel wird unmittelbar, direkt in der Wirtschaft und Gesellschaft wieder verwendet, nachgenutzt und was in die Natur zurückgegeben (Output)? Das sind uerst schlechte Nachrichten für die Verfechter einer reinen quantitativen Wachstumsideologie (immer mehr von allem). Das ist natürlich auch der bisherige Weg einer dynamischen Lösung der inneren Strukturprobleme im Kapitalismus, mit einem größeren Inlandsprodukt die Verteilungsgerechtigkeiten abmildern

zu können. Alle Zahlen eines gesteigerten Ressourcenverbrauchs (z.B. Erdüberlastungstag, Kunststoffproduktion in der Welt auf 414 Mio. t gestiegen, 2023) sind rational einsehbar, aber sparen, begrenzen, reduzieren machen nur schlechte Stimmung. „Schnell noch einen SUV kaufen oder nach Neuseeland fliegen, bevor es verboten wird!“ Marketing und Werbung schafft falsche Konsumanreize. Der Gegenentwurf ist eine Postwachstumsökonomik [27, 1]. Niko Paech [27, S. 101-135] fragt: Leben wir nur, um zu konsumieren? Wie viel Lebensqualität kann man gewinnen durch eine Befreiung vom Überfluss? Es werden verschiedene Handlungsweisen angestrebt u.a. Suffizienz: „Was brauche ich wirklich?“, Erhöhung der Nutzungsdauer (Langlebigkeit, Reparaturfreundlichkeit, Mehrfachnutzung, gemeinsame Nutzung), lokale und regionale Wirtschaft, einheimische Rohstoffe, Eigenproduktion (FabLab, MakerSpace, 3D-Drucker), Wartung und Pflege, Standardisierung und Vereinheitlichung, Austauschbarkeit von Baugruppen, wachstumsneutrale Geschäftsfelder, Upcycling (Wiederverwendung mit höherer Qualität), Downcycling (Wiederverwendung mit niedriger Qualität), Renovation und Exnovation, Verkürzung der Wertschöpfungsketten, Direktvermarktung, Selbstversorgung. In diesem Zusammenhang muss unbedingt auf die Bewegung der Commons und das Commoning verwiesen werden [25, 14]. Ausgangspunkt war das Konzept der Gemeingüter oder Allmende. Eine Gemeinschaft vereinbart Nutzungsregeln für einen schonenden Umgang mit Ressourcen, was nun ausgeweitet wird auf gemeinschaftliche Eigenproduktion. Der wesentliche Handlungsmoment ist eine freiwillige gegenseitige Unterstützung ohne Übervorteilung oder Gewinninteresse außerhalb von Markt und Staat.

Braungart und McDonough [8] haben sich intensiver mit der Wiederverwendbarkeit, dem Recycling befasst. Sie stellen das Konzept *Cradle to Cradle* (C2C, von der Wiege zur Wiege) vor. Angelehnt an biologische Vorbilder soll es in Zukunft nur noch zwei Arten von Produkten geben, einmal Verbrauchsgüter, die ohne Bedenken weggeworfen werden können, da sie biologisch abbaubar sind, und Gebrauchsgüter, die sich ohne Qualitätsverlust endlos wiederverwerten lassen. Verbrennen und deponieren sind schlechte Formen einer Entsorgung. Schon vor Beginn einer Produktion muss überlegt werden, wie später eine Verwertung oder Weiternutzung erfolgen kann. Wie könnte ein Recycling später ablaufen, ist dazu zusätzliches Material und zusätzliche Energie nötig? Aus Abfall muss Nahrung oder Rohstoff werden. Das wird erreicht, indem beide Stoffwechsel-Kreise Biologie sowie Technik und Wirtschaft ineinander verschachtelt werden. Dazu sind schon vorhandene natürliche Energie- und Stoffströme geschickt zu nutzen.

Unter Einbeziehung all dieser Überlegungen könnte ein lokales Modell dieser Kopplung wie in Abbildung 3 dargestellt aussehen.

In der Abbildung bedeuten:

- P_a – Produktion allgemein; P_m, P_n andere Produktionen
- K_a – Konsumtion allgemein, Investitionen und individuelle Konsumtion
- R_a – Recycling allgemein
- W_a – Wiederaufarbeitung allgemein
- KP – Kuppelproduktion als Nebenproduktion von P_a

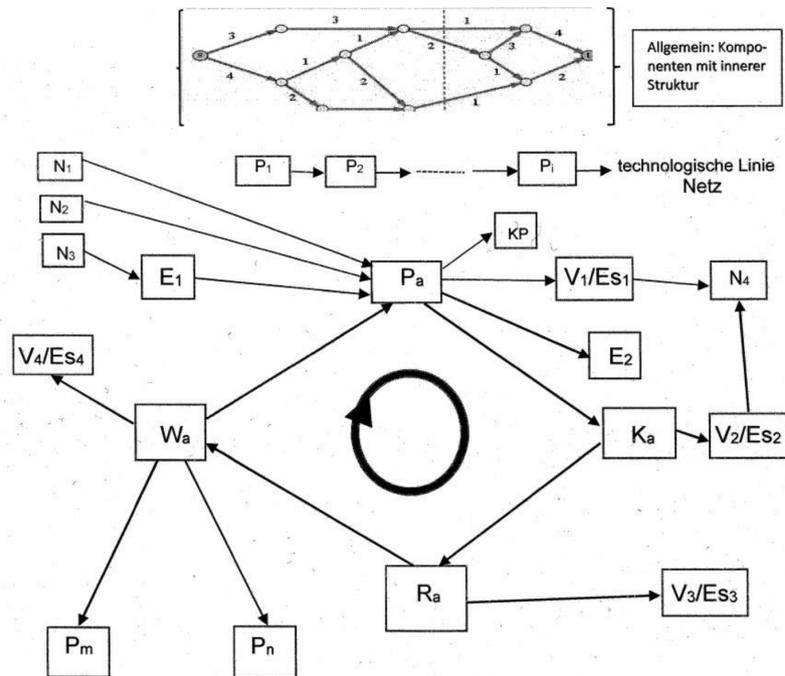


Abbildung 3: Verbindung lokaler ökonomischer Kreisläufe mit ökologischem Kreislauf, schematisch (eigene Darstellung) wegen der Übersichtlichkeit nicht alle Verbindungen eingezeichnet

- N_1 – Naturstoffe unbelebt, Erze, Mineralien u.ä.
- N_2 – Naturressourcen belebt, Pflanzen, Lebewesen
- N_3 – natürliche Energieträger und -quellen
- N_4 – naturnahe, biologisch abbaubare Stoffe
- E_1 – direkt technisch nutzbare Energie, thermisch, elektrisch u.ä.
- E_2 – Sekundärenergie, z.B. Abwärme
- V_i, Es_i – jeweils spezifische Verwertung und/oder Entsorgung ($i = 1 - 4$)

Der innere Kreis symbolisiert den Umlauf $P - K - R - W - P' \dots$ ökonomisch – technisch-technologisch. Zwischen $N_{1,2,3} - P - N_4 - N'_{1,2,3} \dots$ können Naturkreisläufe anschließen, aber nur wenn P ein N_4 abgibt. Die V_i bleiben problematisch, der größte Teil sollte zu W gehen (hier nicht dargestellt), der Rest mit den Es_i zu N_4 (nur zweimal von Es_{1+2} angegeben). Von P_m, P_n und KP können jeweils eigene Kreisläufe analog zu oben $P - K - R - W - P' \dots$ starten. Aus der Abbildung sind die zur Zeit größten technischen, wie auch ökonomischen Lücken und Probleme erkennbar bei $P - N_4, R$ und W , wie natürlich bei V_i, Es_i . Neben erforderlichen Investitionen fehlen hier massiv technisch-technologische Innovationen. U.a. kann hier die Erfindermethodik von TRIZ Anregungen vermitteln, wie technische Systeme nachhaltiger und effizienter werden [12, besonders S. 113 – 171].

Der Text sollte viele Aspekte und Anregungen vermitteln zur volkswirtschaftlichen und lokal-regionalen Sicht einer möglichen Entwicklung einer Wechselwirkung zwischen Ökologie und Ökonomie im gesellschaftlichen Umfeld. Es gibt keine unlösbare, sondern nur zur Zeit noch nicht gelöste Probleme.

Literatur

- [1] Baier, A. u.a (Hrsg.). Die Welt reparieren, Open Source und Selbermachen als postkapitalistische Praxis. Bielefeld, 2016.
- [2] Beer, St. Brain of the Firm, 1981.
- [3] Beer, St. Diagnosing the System for Organizations, 1985.
- [4] Bossel, H. Globale Wende, Wege zu Strukturwandel. München, 1998.
- [5] Bossel, H. Systeme, Dynamik, Simulation, Modellbildung komplexer Systeme. Norderstedt, 2004.
- [6] Bossel, H. Systemzoo 3, Wirtschaft, Gesellschaft und Entwicklung. Norderstedt, 2004.
- [7] Bossel, H. Systems and Models, Complexity, Dynamics, Evolution, Sustainability. Norderstedt, 2007.
- [8] Braungart, M.; McDonough, W. Einfach intelligenter produzieren. C2C – Die Natur zeigt, wie wir Dinge besser machen können, Berlin, 2011.
- [9] Cockshott, W.P.; A. Cottrell. Alternativen aus dem Rechner, sozialistische Planung und direkte Demokratie, 2012.
- [10] Fröhlich, N. Die Aktualität der Arbeitswerttheorie. Theoretische und empirische Aspekte. Marburg, 2009.
- [11] Gablers Wirtschafts-Lexikon. Wiesbaden, 2005.
- [12] Günther, H.-J. TRIZ und Bionik. Neue Wege zur Innovation. Düsseldorf, 2014, besonders S. 113 – 17120
- [13] Hegel, G.W.F. Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse. Hamburg, 1991.
- [14] Helfrich, S.; Bollier, D. Frei, Fair und Lebendig. Die Macht der Commons. Bielefeld, 2020.
- [15] Holzkamp, K. Grundlegung der Psychologie. Berlin, 1985.

- [16] Hörz, H., Wessel, K.-F. Philosophische Entwicklungstheorie. Berlin, 1983.
- [17] Hotzan, J. dtv-Atlas Stadt. München, 2004.
- [18] Koltze, K.; Souchkov, V. Systematische Innovation, TRIZ – Anwendung in der Produktentwicklung. Hanser, München, 2011, S. 170 - 17511
- [19] Koziolk, H., Matthes, B., Schwarz, R.: Grundzüge einer Systemanalyse von Reproduktionskreisläufen. Akademie-Verlag, Berlin, 1988.
- [20] Küppers, U. Cui bono? Denkansätze und Problemlösungen der Bionik. In: Blumenstein, O., u.a. Grundlagen der Geoökologie. Berlin, Heidelberg, New York, 2000.
- [21] Küppers, U. Denken in Wirkungsnetzen. Marburg, 2013.
- [22] Küppers, U. Systemische Bionik, für nachhaltige gesellschaftliche Weiterentwicklung. Wiesbaden, 2015.
- [23] Lenoq, M. Evolution of system, www.triz-online.de, Artikel Archiv 11/2003, Nr. 9.
- [24] Lovins, A.B.; Braungart, M., Stahel, W.R. A New Dynamic Effective Business in a Circular Economy. E. MacArthur Found Publ., 2014.
- [25] Ostrom, E. Was mehr wird, wenn wir teilen. Vom gesellschaftlichen Wert von Gemeingütern. München, 2011.
- [26] Otto, S. Eine vielschichtig verstandene Evolution, Verknüpfung von Evolutionstheorien, 2011.
- [27] Paech, N. Postwachstumsökonomik. In: Kümmel, R. u.a. Energie, Entropie, Kreativität. Was das Wirtschaftswachstum treibt und hemmt. Berlin, 2018.
- [28] Reichhoff, J.H.: Stabile Ungleichgewichte. Die Ökologie der Zukunft. Frankfurt a.M., 2008.
- [29] Rindfleisch, H.-J., Thiel, R. Baustein Erfindungsmethodische Grundlagen. KDT-Lehrmaterial, Berlin, 1988.
- [30] Rindfleisch, H.-J., Thiel, R. Erfinderschulen in der DDR. Berlin, 1994.
- [31] Schwaninger, M. Intelligente Organisationen: Strukturen. In: Wissen im Wandel, die lernende Organisation, 1999, S. 317-360.
- [32] Schwarze, J. Mathematik für Wirtschaftswissenschaftler, Band 3. Herne, 2011.
- [33] Stahmer, C. Das magische Dreieck der Input-Output-Rechnung. In: Hartard, S.; Stahmer, C.; Hinterberger, F. (Hrsg.). Magische Dreiecke – Berichte für eine nachhaltige Gesellschaft, Marburg, 2000.

- [34] Stekeler, P. Hegels Wissenschaft der Logik, Ein dialogischer Kommentar, Band 1: Die objektive Logik, Hamburg, 2020.
- [35] Sukopp, T. Interdisziplinarität und Transdisziplinarität, Definitionen und Konzepte. In: Jungert, M. u.a. (Hrsg.). Interdisziplinarität, Theorie, Praxis, Probleme, Darmstadt, 2010.
- [36] Thiel, R. Allmähliche Revolution. Berlin, 2010.
- [37] Thiel, R. ProHEAL und TRIZ – Erfindermethodik seit 50 Jahren. LIFIS, Berlin, 2021.
- [38] Varga v. Kibéd, M., Sparrer, I. Ganz im Gegenteil, Tetralemmaarbeit. Heidelberg, 2011.
- [39] Vester, F. Ausfahrt Zukunft. München, SBU, 1991.
- [40] Vester, F.: Die Kunst vernetzt zu denken. München, 2002.

Weitere Literatur

1. Altschuller, G. S. Erfinden – Wege zur Lösung technischer Probleme. Verlag Technik, Berlin, 1986.
2. Anderson, C. Makers, Internet der Dinge, nächste industrielle Revolution. Hanser, München, 2013.
3. Ardenne, M.v.; Musiol, G.; Klemradt, U. Effekte der Physik und ihre Anwendung. Europa Lehrmittel, Haar-Gruiten, 2005.
4. Autorengruppe. CRISPR/CAS9 – Erbgut auf dem Schneidetisch, Verfahren, Ausblick. Spektrum der Wissenschaft. Kompakt, 02/2017.
5. Dittes, F. -M. Optimierung. Wie man aus allem das Beste macht. Springer, Berlin, 2022.
6. Drau, I., Klick, J. Alles für alle, Revolution als Commonisierung Schmetterling, Stuttgart, 2024.
7. Felber, C. Die Gemeinwohlökonomie: eine demokratische Alternative wächst. Deuticke/Zsolnay, Wien, 2012.
8. Felber, C. This is not Economy. Deuticke/Zsolnay, Wien, 2019.
9. Gigerenzer, G. KLICK, in digitaler Welt Kontrolle behalten und richtig entscheiden. C. Bertelsmann, München, 2021.
10. Herrmann, U. Das Ende des Kapitalismus. Kiepenheuer & Witsch, Köln, 2022.
11. Honneth, A. Die Idee des Sozialismus, Versuch einer Aktualisierung. Suhrkamp, Berlin, 2015.
12. Hörz, H. Wissenschaft als Prozeß, Grundlagen einer dialektischen Theorie der Wissenschaftsentwicklung. Akademie-Verlag, Berlin, 1988.

13. Hörz, H.; Liebscher, H., u.a. (Hrsg.). Philosophie und Naturwissenschaften, Wörterbuch, Bd. 1, 2. Dietz Verlag, Berlin, 1991.
14. Hüther, G. Kommunale Intelligenz, Potentialentfaltung in Städten und Gemeinden. Körber-Stiftung, Hamburg, 2013.
15. Ibsch, P.L.; Molitor, H.; u.a. Der Mensch im globalen Ökosystem, nachhaltige Entwicklung. Oekom, München, 2018.
16. Jansen, D. Einführung in die Netzwerkanalyse. Leske und Budrich, Opladen, 2003.
17. Kahneman, D. Schnelles Denken, Langsames Denken. Siedler, München, 2012.
18. Kahneman, D.; Sibony, O.; Sunstein, C.R. Noise, was Entscheidungen verzerrt und verbessert. Siedler, München, 2021.
19. Klaus, G. (Hrsg.). Wörterbuch der Kybernetik. Dietz, Berlin, 1967.
20. König, W.; u.a. (Hrsg.). Taschenbuch der Wirtschaftsinformatik und der Wirtschaftsmathematik. H. Deutsch, Frankfurt a.M., 2003.
21. Kopfmüller, J.; u.a. (Hrsg.). Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Sigma, Berlin, 2001.
22. Korte, K.-R., Scobel, G., u.a. (Hrsg.). Heuristiken des politischen Entscheidens. Suhrkamp, Berlin, 2022.
23. Kuhnt, B.: Müllert, N. Moderationsfibel Zukunftswerkstätten. AG SPAK, Neu-Ulm, 2007.
24. Lange, O. Ganzheit und Entwicklung in kybernetischer Sicht. Akademie-Verlag, Berlin, 1966.
25. Lange, O. Einführung in die ökonomische Kybernetik. Akademie-Verlag, Berlin, 1968.
26. Lutz, H., Wendt, W. Taschenbuch der Regelungstechnik, mit MATLAB und Simulink, 15. Anwendung Fuzzy Logik. Europa Lehrmittel, Haar-Grutten, 2014, S. 991-1104.
27. Marx, K. Das Kapital, Kritik der politischen Ökonomie, Bd. 1, MEW 23, 42. Auflage. Dietz, Berlin, 2021.
28. Marx, K. Grundrisse einer Kritik der Politischen Ökonomie, MEW 42, 4. Auflage. Dietz, Berlin, 2021.
29. Mauer, H.; Müllert, N.R. Soziale Kreativitätsmethoden von A bis Z, Problemlösungsverfahren mit Gruppen. AG SPAK, Neu-Ulm, 2007.
30. Meadows, D.; u.a. The Limith to Growth, Die Grenzen des Wachstums. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart, 1972.
31. Metzinger, T. Der EGO Tunnel, Hirnforschung, Bewusstseinsethik. Piper, München, 2014.
32. Notz, G. Theorien alternativen Wirtschaftens, Fenster in eine andere Welt. Schmetterling, Stuttgart, 2011.
33. Popp, A. Methodologische Probleme eines rationellen problemorientierten Ablaufs der Planung der Grundlagenforschung. In: Gesetzmäßigkeiten und Planung der Forschung. Akademie-Verlag, Berlin, 1977, S. 121-165.
34. Popp, A. Dialektische Widersprüche in der TRIZ-Methodik.
www.triz-online.de/index.php?id=5986, TRIZ-Magazin, 2/2006, Artikel 3, Uni Kassel.

35. Popp, A. Gesellschaft – woher – wohin ? Versuch einer Synthese disziplinärer Ansätze. TRIGON Ltd., Potsdam, 2010.
36. Popp, A. Mögliche Transformation zu einer Gesellschaft 2.0, Storkower Programm. LIFIS, Berlin, 2020.
37. Popp, A. Gesellschafts-Entwicklung, Verwirklichung eigener Möglichkeiten. Essay (unveröff.), Seddiner See, 2023.
38. Precht, R.-D. Das Jahrhundert der Toleranz. Für eine wertegeleitete Außenpolitik. Goldmann, München, 2024.
39. Schellnhuber, H. J. Selbstverbrennung, Dreiecksbeziehung Klima, Mensch und Kohlenstoff. C. Bertelsmann, München, 2015.
40. Schmidt-Salomon, M. Hoffnung Mensch, eine bessere Welt ist möglich. Piper, München, 2014.
41. Siefkes, Ch. Beitragen statt tauschen, Materielle Produktion nach dem Modell Freier Software. AG SPAK, Neu-Ulm, 2008.
42. Steinle, C.; Eichenberg, C. (Hrsg.). Handbuch Multiprojektmanagement und -controlling. E. Schmidt, Berlin, 2015.
43. Sukopp, H.; Wittig, R. (Hrsg.). Stadtökologie. G. Fischer, Stuttgart, Jena, New York, 1993.
44. Süß, R. Demokratie und Zukunft. Was auf dem Spiel steht. Edition Konturen. Wien, Hamburg, 2020
45. Thurner, S.; Hanel, R.; Klimek, P. Introduction to the Theory of Complex Systems. Oxford Univ. Press, New York, 2018.
46. Welzer, H. Alles könnte anders sein, eine Gesellschaftsutopie für freie Menschen. S. Fischer, Frankfurt a.M., 2019.
47. Zobel, D. Von der Idee über die Erfindung zum Patent. Expert, Tübingen, 2022.



Dieser Text kann unter den Bedingungen der Creative Commons CC-BY Lizenz <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0> weiterverwendet werden.