

INTERDISZIPLINARITÄT UND SYSTEMTHEORIE

ENTWICKLUNGSPERSPEKTIVEN

Wilhelm T. Wolze

ZUSAMMENFASSUNG

Zentrales Element dieses Überblicksartikels ist die Skizze eines Forschungsprogramms zur Entwicklung einer qualitativen Komplementären Systemtheorie. Die Entwicklung einer solchen Systemtheorie ist verbunden mit der Hoffnung, einen Beitrag zur Lösung des Interdisziplinaritätsproblems liefern zu können. Ein Problem, das sich als Anomalie besonderen Typs charakterisieren lässt, durch eine gravierende Problemdivergenz von disziplinärer und gesellschaftlicher Problem-entwicklung (Umwelt, Energie, Technologiefolgen, sozialer Wandel etc.).

Für das Systemdenken in Form der theoretischen Konzeption der allgemeinen Systemtheorie bestand die Anomalie in der Atomismus-Holismus-Dichotomie. Sowohl diese Anomalie als auch diejenige des Interdisziplinaritätsproblems vermochten die allgemeinen Systemtheorien nicht zu lösen.

Den dynamischen Systemtheorien auf der Grundlage des Selbstorganisationsparadigmas lag eine Anomalie in Form einer Ordnung-Chaos-Dichotomie zugrunde, mit der Identifizierung von Chaos mit Unordnung als konträrem Pol von Ordnung und der Annahme, dass deterministische Beschreibungen nur bei hinreichend hoher Ordnung möglich seien. Sowohl diese Anomalie als auch die der Atomismus-Holismus-Dichotomie zugrunde liegende konnten mit den dynamischen Theorien gelöst werden.

Mit dem Programm zur Komplementären Systemtheorie werden die qualitativen Verallgemeinerungen der disziplinären dynamischen Theorien aufgegriffen und auf der Grundlage einer Komplementaritätslogik weitergeführt.

INHALT

1. EINLEITUNG
2. DISZIPLINÄRES UND INTERDISZIPLINÄRES
Anomalie ohne Krisenbewusstsein
3. TENDENZEN BEI DER BEARBEITUNG DER SYSTEMTHEORIE
 - 3.1 *Integration von Systemaspekten*
 - 3.2 *Allgemeinheitsstufen*
 - 3.3 *Neuere Entwicklungen*
4. KOMPLEMENTÄRE SYSTEMTHEORIE
Zur Grundidee einer allgemeinen, qualitativen Systemtheorie auf der Grundlage eines Komplementaritätsprinzips
Skizze eines Forschungsprogramms

1. EINLEITUNG

Die Systemtheorie hat sich sowohl in disziplinärer als auch in interdisziplinärer Hinsicht als ein unverzichtbares Mittel erwiesen. In den verschiedensten Disziplinen, wie den Natur- und Technikwissenschaften, den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, sind entstandene disziplinäre Probleme erfolgreich mit systemtheoretischen Mitteln bearbeitet worden. In einigen dieser Disziplinen sind darüber hinaus überdisziplinäre Problemstellungen entstanden, in manchen sind ihre erfolgreichen disziplinären systemtheoretischen Mittel zu allgemeinen, interdisziplinären Ansätzen weiterentwickelt worden.

Die gesellschaftlichen und ökonomischen Wandlungsprozesse machen Entwicklungen dieser Art notwendig, zumal Gestaltungen soziotechnischer Systeme mit all ihren Facetten zur Zukunft hin offen sind. Das strukturbildende Phänomen dieser Entwicklungen besteht darin, dass vorhandene Techniklinien weiter zu wissensbasierten Querschnittstechnologien (wie u. a. Mikrosystemtechnik, Biotechnik, neue Werkstoffe, Molekularelektronik, Nanotechnik, Photonik, Software und Simulation) zusammenwachsen, die über einzelne Disziplinen weit hinausgehen. In diesem Prozess der technologischen Dauerrevolution werden nicht nur abstrakte Maschinen für Welt umfassende Vernetzungen entwickelt, sondern zunehmend komplexe Verfahren und Systeme, die Maschinenelemente und Elektronik in einem Mikrokosmos integrieren.

So kann zum Beispiel nach Expertenmeinung die Mikrosystemtechnik für die Vernetzung, Integration und Systembildung als eine der bedeutsamsten Zukunftstechnologien angesehen werden. Als Querschnittstechnologie bildet sie ein Zentrum, in das die anderen Technikbereiche mehr oder weniger als Komponenten eingehen. Die Relevanz der Mikrosystemtechnik ergibt sich bereits aus der strategischen Bedeutung der einzelnen Komponenten der „Industrieelektronik“, die der „Schlüssel zur Innovation in Märkten wie Fertigungs- und Verfahrenstechnik, Messtechnik, Fahrzeugtechnik, Medizintechnik und damit der exportstarken Branchen der deutschen Volkswirtschaft“ sind (VDI/ VDE-IT). Man erwartet, dass sie alle wesentlichen sozialen Systeme wie Bildung, Verkehr, Gesundheit und Haushalt durchdringt und diese Systeme wegen ihres starken Integrationscharakters noch tiefgreifender verändert als dies bisher durch die Mikroelektronik geschah. Mit dem Ausbau der Mikrosystemtechnik und der mit ihr im Kontext stehenden Technologien wie Biotechnologie, Nanotechnik, Werkstofftechnik, Molekularelektronik und Informationstechnik wird die technische Entwicklung weiter beschleunigt und ihre Universalität wirft verstärkt die Frage nach Bewertungs-, Gestaltungs- und Kontrollmöglichkeiten auf. Auf rein disziplinärer Ebene ist diese Aufgabe nicht durchführbar. Dies gilt schon für die Entwicklungen technischer Artefakte selbst, wie es insbesondere in der Mikrosystemtechnik zum Ausdruck kommt.

2. DISZIPLINÄRES UND INTERDISZIPLINÄRES

Anomalie ohne Krisenbewusstsein

Wissenschaftsentwicklung erscheint einseitig als fortschreitender Differenzierungsprozess. Einmal entstehen neue Disziplinen bzw. Fächer und zum anderen neue disziplinäre Spezialisierungen. Aus dem Blickwinkel des Ideals der Einheit des Wissens und der Welt oder eines einheitlichen philosophischen Weltbildes ergibt sich ein theoretischer und praktischer Pluralismus der Wissenschaft, den SCHELSKY (1971, 259) als ein „unaufhebbares Kennzeichen moderner Wissenschaftssysteme und ihrer Hochschulen“ interpretiert.¹

Neben diesen Differenzierungstendenzen lassen sich aber auch komplementäre Tendenzen aufzeigen, d.h. Integrationsbestrebungen auf verschiedenen Ebenen:

- Mit der Wissenschaftsentwicklung entstehen immer allgemeinere Paradigmen, die wiederum Bedingungen für neue und reichhaltigere Spezialisierungen bilden. Gegenwartsbeispiele sind die soziologischen Systemtheorien mit ihren intra- und überdisziplinären Integrationsfähigkeiten.
- Durch Verflechtungen zwischen Disziplinen entstehen Interdisziplinen wie *Biophysik, mathematische Linguistik, pädagogische Psychologie* etc.
- Entwicklungsgradspezifisch bilden sich disziplinäre bereichs- und disziplinübergreifende Anschauungen, Begriffe, Prinzipien/Methoden und Strukturtheorien heraus. Als ein bedeutendes Beispiel ist die dynamische Systemtheorie anzusehen. Diese Theorie hatte systemische Vorstellungen und Begriffe wie *Struktur, Prozess, Wechselwirkung* sowie den Komplementaritätsbegriff zur Voraussetzung, die zunächst bereichs- bzw. disziplinspezifisch verwendet wurden und mit den Ansätzen zu einer Systemtheorie eine übergreifende Explikation erfahren haben.
- Es lässt sich auch eine Konvergenz auf der metatheoretischen Ebene aufzeigen, die sowohl neuere erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Positionen als auch normative Bestimmungen umfasst.

Aus der Sicht des wissenschaftlichen Einheitsideals ist der Integrationsprozess jedoch als ungenügend zu bezeichnen. Auch gegenwärtig ist die Hauptentwicklungstendenz die Differenzierung, und Wissenschaft existiert hauptsächlich in Form separierter Einzel- oder Spezialdisziplinen. Doch dies wird i. Allg. nicht als das entscheidende Kriterium für die Beurteilung des Entwicklungsstadiums unserer Wissenssysteme angesehen. Als entscheidend gilt vielmehr die Effektivität der Wissenssysteme zur Identifikation, Explikation und Lösung der gesellschaftlichen Probleme und Konflikte. Von jeder Wissenschaft wird gefordert, dass sie hierfür einen Beitrag zu liefern vermag. Die Relevanz der Wissensintegration wird dabei durchaus kontrovers diskutiert. Es lassen sich auch Positionen aufzeigen, in denen eine Wissensintegration weitgehend als unmöglich bzw. die Integration durch eine Projektkooperation ersetzbar angesehen wird. Entsprechend formuliert v. HENTIG (1987): „Es geht um die Frage: ist die Einheit der Wissenschaft (das meint hier das Gegenteil eines beziehungslosen Auseinanderfallens) durch (Re-) Integration der Disziplinen in einen geistigen

¹ Vgl. auch (LEVIN, LIND 1985, 9)

Zusammenhang oder durch Koordination, Kommunikation, Kooperation zu sichern?“

Jenseits einer Lösung lässt sich das gegenwärtige Entwicklungsstadium als Anomalie besonderen Typs bezeichnen, die durch eine gravierende Problemdivergenz von disziplinären Problementwicklungen und gesellschaftlicher Problementwicklung (Umwelt, Energie, Technologiefolgen, sozialer Wandel etc.) gekennzeichnet ist. Die Disziplinstruktur des Wissenschaftssystems entspricht nicht den praktischen Problemen (JANTSCH 1972), es besteht eine Inkongruenz zwischen Erfahrungswelt und den in ihr entstehenden Bedürfnissen und Interessen auf der einen und der Disziplinstruktur auf der anderen Seite (WEINGART 1987) sowie zwischen Disziplinstruktur und Sachbezug (KRÜGER 1987). „Der Zwang zu den überdisziplinären Sichtweisen, Problemstellungen und -lösungen wird von der Praxis und ihrer wachsenden Problemverflechtung gesteigert, manchmal geradezu dramatisch“ (LENK 1980, 10). Eine Bearbeitung der gesellschaftlichen Probleme mit Hilfe der Wissenschaftssysteme scheint nicht möglich. Diese Probleme lassen sich i. Allg. noch nicht einmal derart in adäquate disziplinäre Probleme transferieren, dass jeweils disziplinäre Teillösungen möglich sind, die additiv eine Gesamtlösung approximieren. Hierzu fehlt auf jeden Fall allgemeines, überdisziplinäres Wissen, einmal zur Orientierung für disziplinäre Teillösungen und zum anderen für die Überwindung von Kommunikations- und Kooperationsgrenzen zwischen Spezialisten, insbesondere solcher verschiedener Disziplinen.²

Das Entwicklungsstadium der Probleme und Wissenssysteme erzeugt ambivalente, kontroverse Diskussionen in Wissenschaft und Öffentlichkeit, die auf einer Bewertungspolarisierung beruhen. Die Argumente für das Spezialistentum lassen sich durch seine Erfolge begründen, die Argumente für überdisziplinäre Arbeit hingegen nicht. Diese sind lediglich durch den skizzierten Anomaliencharakter stützbar, den das Spezialistentum dadurch hervorgebracht hat, dass es Wirkungen mit auftretenden Problemen produzierte, die es nicht mehr zu lösen vermag. Doch die Anerkennung dieser Anomalie auf der Grundlage der Problemdivergenz verlangt bereits einen überdisziplinären Standpunkt, der sich prinzipiell vom Spezialistentum immunisieren lässt. Als Pole der ambivalenten Bewertungsgrundlage ergeben sich damit einmal der faktische Fortschrittsglaube des Spezialistentums und zum anderen die Überzeugung der Unlösbarkeit der Problemdivergenz auf einzelwissenschaftlicher Grundlage.

Diese Bewertungspolarisation macht das ambivalente Argumentationsmuster der Interdisziplinaritätsdebatte verständlich³:

Einerseits sind Differenzierung und Spezialisierung relativ zu ihrer Funktion, exaktes Wissen zu produzieren, Ausdruck von Innovation und Fortschritt; sie bilden auch die Grundlage zur Bewertung von Wissenschaft und Wissenschaftlern. Die Überschreitung der disziplinären Grenzen setzt sich damit dem Vorwurf der Unwissenschaftlichkeit aus. Verstärkt wird dies dadurch, dass die Ansätze zur Interdisziplinarität bislang recht erfolg-

² Diese Probleme werden i. Allg. in den Erfahrungsberichten über interdisziplinäre Projekte hervorgehoben. Vgl. hierzu auch das in (VOBKAMP 1987) angeführte Beispiel sowie weitere Berichte in (KOKA 1987).

³ Vgl. hierzu auch (KLEIN 1990, 77f; 1996; WEINGART 1995)

los geblieben sind.⁴ Es wird zwar viel über Interdisziplinarität geredet, und in Forschungsanträgen wird aus strategischen Gründen auf Interdisziplinarität verwiesen, gearbeitet wird aber im Wesentlichen nur einzelwissenschaftlich.

Andererseits verlieren relativ zur bestehenden Anomalie Differenzierung und Spezialisierung ihre Orientierungs- und Kontrollfunktionen, sie wirken statisch, rigide, konservativ, innovations- und fortschrittsfeindlich (vgl. WEINGART 1997): Die Disziplingrenzen werden zu Erkenntnisgrenzen. Interdisziplinäre Wissenschaft entwickelt sich im Gegensatz zur disziplinären im Kontext der Anwendung (GIBBON et al 1994, 3-44). Die Problem- oder Anwendungskontexte und nicht die Disziplinen sind die entscheidenden Bezugsrahmen für die Forschung. Im Gegenzuge erscheint Interdisziplinarität dynamisch, flexibel, liberal und innovativ.

Wissenschaftstheoretisch interpretiert ist diese Kontroverse durch ein mangelhaftes Bewusstsein derjenigen Krise bedingt, die durch die zugrunde liegende Anomalie erzeugt worden ist. Die paradoxe Diskussion der Interdisziplinarität verweist auch auf unterschiedliche Auffassungen von der Funktion der Wissenschaft. Das Spezialistentum orientiert sich an disziplinären Problemstellungen, die sich in der Anfangsphase auf die Konsolidierung des neuen Paradigmas und anschließend auf die Exhaustion des intendierten Anwendungsbereiches beziehen.⁵ Interdisziplinäre Wissenschaft geht von gesellschaftlichen Konflikten und Problemstellungen aus. Diese haben für die interdisziplinäre Forschung im Prinzip die gleiche Funktion wie die disziplinären Anomalien für die Entwicklung neuer Theorien bzw. neuer Paradigmen. Den Disziplinen kommt die Funktion zu, gemeinsam transdisziplinäre Konflikte und Probleme zu lösen. Notwendig ist hierfür ein effektives Gesamtmittel aus Disziplinärem und Interdisziplinärem zur Koordinierung und Orientierung disziplinärer Tätigkeiten. Die Qualität der Lösung der Probleme hängt von der Qualität dieses Mittels ab, von den spezifischen Erkenntnisprinzipien und dem damit implizit wie explizit verbundenen normativen Referenzsystem. Diese Qualität ist die Bedingung dafür, ob die Probleme hinreichend expliziert und ohne unzulässige Komplexitätsreduktion gelöst werden können. Schon in diesem Kontext taucht wieder das in der Gegenwartsdiskussion oft verschmähte alte Ideal von einem einheitlichen, möglichst konsistenten Weltbild in einem neuen Gewande auf. Die spezifische Erfassung des Systemzusammenhangs von Mensch, Gesellschaft und Natur bedingt spezifische Lösungsmöglichkeiten gesellschaftlicher Probleme.

Wesentlich relevanter wird ein solches Weltbild, wenn man die Hauptfunktion transdisziplinärer Wissenschaft nicht als Reparaturhandeln, sondern als Gestaltung von Welt versteht. Im Gegensatz zu den lokalen Antizipationen des Reparaturhandelns geht es bei der Gestaltung um grundsätzlichere Antizipationen, wie sie z. B. mit der techniksoziologischen Diskussion über die Einheit von Technischem und Sozialem sowie der sustainable-development-Debatte auf den Weg gebracht werden. Gestaltungen auf der Grundlage dieses techniksoziologischen Prinzips z. B. fokussieren primär

⁴ Vgl. z.B. die Kritik BIRNBAUMS (1986) an dem Ansatz von E. JANTSCH (1970).

⁵ Vgl. hierzu z.B. (SNEED 1971) ODER (STEGMÜLLER 1973)

den Blick auf mögliche und wünschenswerte Entwicklungstendenzen soziotechnischer Systeme, für die dann Artefaktsysteme zu ihrer Realisierung geplant und entwickelt werden. Reparaturhandeln geht dagegen i. Allg. von lokalen Problemen aus, die in soziotechnischen Systemen entstehen. Die Technikgestaltung, z. B. in rekursiven Interaktionen zwischen Herstellern und Nutzern, wird hier auf die Lösung dieser Probleme funktionalisiert. Der dominante Pol ist dabei i. Allg. die Technik.⁶ Grundsätzliche Dimensionen des Sozialen bleiben schon aus verschiedenen Realisierbarkeitsgründen ausgespart.

Fazit

- Die fundamentalen gesellschaftlichen (Gestaltungs-)Probleme können nicht als disziplinär lösbar angesehen werden.
- Für überdisziplinäre Lösungen sind die disziplinären Wissenssysteme allein aber nicht ausreichend. Hierfür ist Disziplinen übergreifendes und integrierendes Wissen (Interdisziplinäres) notwendig, das nicht durch kooperative Praxis ersetzbar ist. Die allgemein übliche Forderung ist die Anwendung des Systemdenkens, das hierbei oft zu einem abstrakten Patentrezept reduziert wird.
- Interdisziplinäres ist für gemeinsame überdisziplinäre Antizipationen, für überdisziplinäre Orientierungen disziplinär arbeitender Akteure und für deren Kommunikation im Kooperationsprozess notwendig.
- Interdisziplinäres und Disziplinäres bilden als komplementäres Verhältnis eine spezifische Teil – Ganzes – Beziehung⁷, die sich im interdisziplinären Wissenschaftsprozess entwickelt. Interdisziplinäres bedingt spezifische Kooperationen disziplinär arbeitender Akteure, ihre Orientierungen im Gesamtprozess und damit relevantes disziplinäres Wissen. Disziplinäres bildet Bedingungen der Möglichkeit für die Entwicklung von Interdisziplinärem als emergentes Wissen der Kommunikation und Kooperation.
- Im Gegensatz zum Reparaturhandeln sind für die Gestaltung von ‚Welt‘ grundsätzliche Orientierungen notwendig, so dass die jeweils entstehenden Strukturen Prozessen und Funktionen bedingen, die der weiteren Gestaltung förderlich sind.
- Zu prüfen ist, welche Funktion dem Systemdenken zur Realisierung interdisziplinärer Problemlösungen zukommen kann und wie das Mittel, die Systemtheorie, konzipiert sein muss, um die Komplementarität von Disziplinarität und Interdisziplinarität organisieren zu können.

⁶ Vgl. (DIERKES, M.; HOFFMANN, U.; MARZ 1992)

⁷ Interdisziplinäre Forschung ist "eine besondere Geisteshaltung, die den Teil nur im Ganzen zu sehen versucht und um den fragenden Sinn-Maßstab für das Ganze ständig sich bemüht" (SCHWARZ 1974, 49).

3. TENDENZEN BEI DER BEARBEITUNG DER SYSTEMTHEORIE

3.1 *Integration von Systemaspekten*

Neueres Systemdenken ist bestrebt, die wesentlichsten klassischen Systemaspekte zu integrieren, die in unterschiedlichen Systemkonzepten einseitig herausgehoben werden. Es sind dies das *strukturelle*, das *funktionale* und das *hierarchische Konzept*.⁸

Im strukturalen Systemkonzept wird der Versuch unternommen, das holistische und atomistische Prinzip zu integrieren. Holismus und Atomismus sind konträre Gegensätze. Während der Holismus die Ganzheit (eines Organismus) überbetont, reduziert der Atomismus „Ganzheiten“ auf die Teile und ihre Zusammensetzung: Das Ganze ist die Summe der Teile.

Das Neue der Systemtheorie kann in der Integration dieser konträren Pole gesehen werden, in ihrem wechselseitigen Bedingungsverhältnis: Die Teile bestimmen mit ihren Beziehungen zueinander das Ganze und das Ganze bestimmt die Teile.

Das hierarchische Systemkonzept hebt isoliertes Systemdenken auf, das sich auf vereinzelte systemhafte Gegenstände bezieht, indem es den Systemzusammenhang in zwei Richtungen erweitert:

Ein System kann wiederum Element eines umfassenderen Systems sein und die Elemente des Ausgangssystems selbst Systeme, d. h. strukturierte und keine homogene Ganzheiten.

Das funktionale Systemkonzept bezieht sich auf einen dynamischen Systemaspekt, auf ein spezifisches Verhalten oder Operieren des Systems. Dieses Konzept spielt insbesondere in technischen Systemtheorien und der Kybernetik eine wichtige Rolle. Weitere Beispiele sind allgemeine Input-Output-Konzepte, die behavioristische Reiz-Reaktionstheorie sowie das Funktionskonzept der Soziologie, Psychologie und Physiologie.

Die mit diesem Systemkonzept üblicherweise verbundene Reduktion besteht darin, das System weitgehend als black box zu betrachten, wie dies z. B. bei der Reiz-Reaktionstheorie der Fall ist. Einen Versuch, das funktionale Systemkonzept zu einer dynamischen Systemtheorie auszubauen, hat u. a. ANOCHIN (1978) unternommen.

Die Explikation systemtheoretischer Grundbegriffe ist mit der Aufgabe verbunden, diese drei Konzepte derart miteinander zu integrieren, dass sie gemeinsam bei der theoretischen Beschreibung von Systemen anwendbar werden. Das hierarchische Konzept impliziert, jeden Gegenstand (Objekt, Eigenschaft und Beziehung ideeller wie materieller Art) sowohl im übergeordneten Kontext als auch hinsichtlich einer inneren Struktur zu untersuchen. Dies erfordert neben einer Analyse stets auch eine Synthese: Analyse und Synthese sind wechselseitig aufeinander bezogen. Synthetisiert werden analysierte Teile und die Analyse ist auf eine sich ausschließende intendierte Synthese ausgerichtet, die bereits vor der Analyse mehr oder weniger antizipiert ist und diese damit auch mehr oder weniger konkret bestimmt.

⁸ Vgl. für eine kurze Darstellung ROPHOL (1978).

3.2 Allgemeinstufen

Systemansätze wurden auf verschiedenen Allgemeinstufen entwickelt, angefangen bei den disziplinären Ansätzen bis hin zu mathematischen. ORCHARD⁹ unterscheidet vier Stufen:

- (1) spezielle Systemtheorien
- (2) generalisierte Systemtheorien
- (3) allgemeine Systemtheorien
- (4) mathematische Systemtheorien

Dieser Klassifikation liegt die Vorstellung zunehmender Abstraktion zugrunde. Bei dieser Hierarchisierung entsteht der Eindruck einer linear strukturierbaren Menge vorhandener bzw. möglicher Systemtheorien, wobei gelegentlich - wie bei KLIR (1969, 596) - sogar eine Kontinuitätsvorstellung erweckt wird. Gegen die Vorstellung eines Kontinuums erhebt LENK (1978, 246) methodentheoretische Einwände, die er mit Hilfe einer Differenzierung von Theorien in substantive, instrumentale und operative Theorien nach BUNGE (1967, 502 ff.) begründet.¹⁰ Gemäß dieser Differenzierung kann es keinen kontinuierlichen Übergang zwischen einer disziplinären Theorie mit empirischem Gehalt und einer formal-abstrakten, mathematischen Theorie geben, da die grundsätzlichen Funktionen der Theorien auf verschiedenen Abstraktionsebenen sich nicht ähneln, sondern grundverschieden sein können. Verschärfend kann man hier hinzufügen, dass auch die Annahme einer linearen (Quasi-)Ordnung der Abstraktionen, die sich im Bild der Abstraktionsebenen ausdrückt, unzulässig ist. Es gibt grundverschiedene Abstraktionstypen, die sich einer formalen Strukturierung, wie sie auch aussehen mag, entziehen dürften.

Diese Problematik lässt sich jeweils auch innerhalb der zweiten und dritten Klasse des Klassifikationssystems nachweisen. Die zweite Klasse enthält Theorien die sich auf Allgemeines unterschiedlicher Systeme verschiedener Disziplinen beziehen. Die Abstraktionsprozesse, die zu dem Allgemeinen führen, können auch hier wesentlich unterschiedliche Charakteristika besitzen, so dass sich dementsprechend auch die Systemtheorien unterscheiden. Die Identität der Theorien dieser Klasse liegt lediglich in der sie definierenden Bestimmung, Allgemeines unterschiedlicher Systeme verschiedener Disziplinen zu repräsentieren; doch diese Bestimmung ist abstrakt, sie erfasst nicht die wesentlichen Bestimmungsstücke, die das Konkrete ausmachen.

Zur Erörterung der dritten Klasse gehen wir von den Entwicklungstendenzen der allgemeinen Systemtheorien aus, die ROPOHL (1978, 45) in Anlehnung an die Intentionen der Protagonisten der allgemeinen Systemtheorie in drei miteinander verflochtenen Perspektiven darstellt,

- die supra-, inter- und multidisziplinäre Generalisierung wissenschaftlicher Modellbildung;
- die Fundierung von Handlungswissenschaften zur Vermittlung von Theorie und Praxis;

⁹ (ORCHARD 1972, 206)

¹⁰ Substantive Theorien sind inhaltlich interpretierte Theorien mit Erfahrungsgehalt. Die instrumentalen Theorien sind Theorien der Messinstrumente. Operative Theorien sind formale Theorien, Kalküle, unter die die meisten Ansätze der Systemtheorie fallen.

- die Synthese zwischen dem atomistischen und dem holistischen Prinzip in den Wissenschaften.

Die angedeuteten Probleme, die in der zweiten Klasse auftreten, verschärfen sich hier entscheidend. Die allgemeinen Forderungen der Systemtheoretiker (von BERTALANFFY, BUCKLEY, ELLIS - LUDWIG, von FOERSTER, LASZLO u. a.), auf der Grundlage systemphilosophischer Deutungsversuche ein neues interdisziplinäres Paradigma zu entwickeln, das eine Integration über Fachgrenzen hinaus sichert, bezieht unterschiedliche Typen von Abstraktionsprozessen ein. So unterscheiden sich z. B. die Abstraktionsprozesse, die der an biologischen Fließgleichgewichtssystemen orientierten Systemtheorie von L. von BERTALANFFY (1972) zugrunde liegen, durchaus erheblich von jenen, die z. B. die instrumentale Deutung von Simulationsmodellen von J. W. FORRESTER (1972) involviert. Darüber hinaus ist den unterschiedlichen Systemtypen Rechnung zu tragen, wie den strukturbewahrenden und den evolvierenden Systemen. Strukturbewahrende Systeme befinden sich im Gleichgewichtszustand oder bewegen sich irreversibel auf diesen zu. Evolvierende Systeme befinden sich fern vom Gleichgewichtszustand und evolvieren durch eine offene Abfolge von Strukturen.

Die Abstraktionen der allgemeinen Systemtheorie besitzen ein hohes formales Niveau. So führte die Forderung nach Supradisziplinarität durchaus zu einigen theoretischen Generalisierungen, dennoch steht hier die beschreibende Aufgabe im Vordergrund. Damit können aber auch die Einschätzungen der allgemeinen Systemtheorien, eine Grundlage für Theoriebildungsprozesse abzugeben, mit nicht sehr hohen Erwartungen verknüpft werden.¹¹ Eine entsprechende Kritik wird auch gegen die mathematische Systemtheorie vorgebracht. Mathematische Systemtheorien werden als Instrumente angesehen, die bei der Entwicklung von Systemtheorien mit empirischem Gehalt dienen können. Das Problem liegt jedoch in der Interpretation des Kalküls, das auf der Basis mathematischer Systemtheorien allein nicht zu lösen ist. Hiermit stellt sich die Forderung der Entwicklung einer Methodologie für die Systembildung.¹² Einen Lösungsansatz hierfür sieht LENK in der Integration von Wissenschaftstheorie und Systemtheorie. Von Seiten der Systemtheorie erhebt sich dabei die Forderung nach einer methodentheoretischen Grundlegung, wie andererseits durch Aufnahme des Systemaspekts die Wissenschaftstheorie ein neues epistemologisches Programm entwickeln kann. „Das systemtheoretische Denken und die ihm entsprechenden Ansätze können ein neues wissenschaftstheoretisches Paradigma und Programm und sogar noch umfassender eine metawissenschaftliche und philosophische Perspektive begründen“ (LENK, 1978, 255). Die Entwicklung der neueren Wissenschaftstheorie mit ihren geschichtlichen und genetischen Problemstellungen bietet sich für Lenk als ein Ansatz in diese Richtung an. Als ein wesentliches Element des noch zu entwickelnden interdisziplinären Forschungsprogramms sieht er die Erfassung der Entwicklung des menschlichen Erkenntnisapparates auf der Grundlage eines biologischen Evolutionsmodells an. „Dabei ist die nur systemtheoretisch zu erfassende Wechselwirkung zwischen der Entwicklung

¹¹ Zur Kritik vgl. z. B. (ROPOHL, 1978, 45) und (ANOCHIN 1978, 150ff).

¹² Vgl. hierzu z. B. (LENK 1978, 255) und (ANOCHIN 1978, 153ff)

der Erkenntnisapparatur und der jeweiligen Umgebung für die Grundlagedebatte über die Erkenntnis heranzuziehen" (ebd., 256).

3.3 Neuere Entwicklungen

Neuere Entwicklungstendenzen entstanden aus speziellen Theorien. Auf dem Wege zu den dynamischen Systemtheorien lässt sich die funktionelle Systemtheorie ANOCHINS einordnen, die sich aus speziellen physiologischen Theorien entwickelt hat und durch Generalisierungen dem Grad einer allgemeinen Systemtheorie nahe kommt. Seine Kritik an den bestehenden Systemtheorien bezieht sich auf deren Mittelfunktion, d. h. darauf, was diese Theorien als konkretes Instrument der Forschung zu leisten vermögen. „Derartige Systeme müssen dem Forscher helfen, neue, progressive Forschungsaufgaben zu formulieren, und sie müssen in der Lage sein, das bereits vorhandene Material zu erklären und das rein analytische Vorgehen bei der Forschungsarbeit zu überwinden" (ANOCHIN 1978, 150). Diese Funktion erfüllen seiner Meinung nach weder die allgemeinen noch die mathematischen Systemtheorien. Den Grund sieht er darin, dass in diesen Theorien „als zentrale Eigenschaft des Systems die „Wechselwirkung der Mehrzahl der Komponenten“ (L. v. BERTALANFFY, 1972; A. RAPPOPORT, 1988; u. a.)" hervorgehoben wird (ebd. 151). Ergänzt wird dieses Charakteristikum zwar durch Verschärfungen wie „geordnete Wechselwirkung“ oder „organisierte Wechselwirkung“, aber die entscheidende Frage für Anochin ist, „welcher Faktor die bis dahin „ungeordnete Vielfalt“ ordnet und sie zu einem funktionellen System macht“ (a. a. O.). Diesen systembildenden Faktor, den konkreten selbstorganisierenden Faktor des Systems, sieht er im nützlichen Resultat, dem „konkreten Resultat der Tätigkeit des Systems“ (ebd. 159). Das nützliche Resultat wird einerseits durch einen „Mechanismus des >Zusammenwirkens<“ (ebd. 157) hervorgebracht, wie andererseits das nützliche Resultat die Selbstorganisationsdynamik bestimmt. „Somit sehen wir, dass die Ausbildung des Systems dem Zustandekommen eines bestimmten nützlichen Resultates untergeordnet ist und ein unzureichendes Resultat zu einer völligen Umorganisation des Systems und zur Ausbildung eines neuen Systems führt, dessen besser organisierte Wechselwirkungen zwischen den Komponenten das ausreichende Resultat bringen“ (ebd. 160).

Dieser wechselseitige Bedingungs-zusammenhang hat Ähnlichkeit mit demjenigen HAKENS bei der Herausbildung und Wirkungsweise des so genannten "Ordnens" (Ordnungsparameters!) und der Komplementarität von Struktur und Funktion gemäß Prigogines Theorie der dissipativen Strukturen.

ANOCHINS Systemkonzeption liefert eine Methodik zur Analyse und Gestaltung von Systemen. Je nach Stand der Systementwicklung ergeben sich methodische Orientierungen aus Fragen bzgl. des nützlichen Resultats, die sich auf die grundlegenden Schlüsselmechanismen des Systems beziehen:

- „1. Welches Resultat muss erreicht werden?
2. Wann muss das Resultat erreicht werden?
3. Durch welche Mechanismen muss das Resultat erreicht werden?
4. Wie überzeugt sich das System davon, dass das Resultat ausreicht?“

(a. a. O., 160)

Die letzte Frage bezieht sich auf die Rückkopplungen, die die Mechanismen (Frage 3) im Hinblick auf die Realisierung des nützlichen Resultats organisiert.

Ein neuer Typ von Systemtheorie, die Theorie dynamischer Systeme, wurde im letzten Quartal des 20. Jh. in verschiedenen einzelwissenschaftlichen Bereichen entwickelt. Dieser neue Theorietyp bezieht sich auf nicht-biotische (physikalische, chemische, meteorologische), molekularbiologische, biologische, ökologische, kognitive, soziale und ökonomische Systeme. Charakteristikum dieser Systeme ist die selbständige Entstehung (Selbstorganisation) von Strukturen und ihr Erhalt aufgrund ihrer dissipativen Eigenschaft. Ähnlich wie bei ANOCHIN stehen hier nicht die Wechselwirkungen im Zentrum der Betrachtung, sondern eine spezifische Koordination, die sich im Zusammenwirken der Einzelteile manifestiert.

Zentral ist diesen Theorien das Selbstorganisationskonzept bzw. das Problem, wie durch elementare Wechselwirkung Ordnung entsteht und erhalten wird. Dieses neue Selbstorganisationskonzept ist eine Weiterentwicklung desjenigen der Kybernetik. Entwickelt wurde der Begriff bei der Erforschung der Nerventätigkeit, der theoretischen Erfassung physiologischer Vorgänge als komplexe Netzwerke (MC CULLOCH, PITTS 1943) und der sich anschließenden Untersuchung elektronischer Modelle binärer Netzwerke. Mit diesen, den Nervensystemen nachempfundenen Netzwerken ließen sich geordnete Muster realisieren, d. h. Netzwerk- bzw. Systemeigenschaften, die durch das Zusammenwirken der einzelnen Netzwerkkomponenten entstehen. In seiner Arbeit *Principles of the Self-Organizing Dynamic System* bezeichnete ASBY (1947) das Nervensystem als *selbstorganisierend*. Im Gegensatz zum neuen Selbstorganisationskonzept bezieht das kybernetische strukturevolvierende Prozesse nicht mit ein.

Die Entwicklung des neuen Selbstorganisationskonzeptes rekonstruieren KROHN, KÜPPERS UND PASLACK (1987) in drei Phasen:

Phase 1

Die erste Phase, der Beginn, zeichnet sich durch spezielle Theorien aus, die sich auf Systeme mit zwei konstitutiven Merkmalen beziehen, einmal die Offenheit der Systeme für Materie- und Energiefluss und zum anderen ihre operationale Geschlossenheit. Diese Merkmale unterscheiden das neue Selbstorganisationskonzept von seinen historischen Vorläufern, das somit als Ergebnis einer wissenschaftlichen Revolution anzusehen ist. Insgesamt unterscheiden die Autoren fünf voneinander unabhängige Entwicklungsstränge:

- (1) Ausarbeitungen der biologischen Systemtheorie und Kybernetik zur Theorie selbstorganisierter Systeme am „Biological Computer Laboratory“ (BCL) der University of Urbana (Illinois). HEINZ VON FOERSTER veröffentlichte 1960 eine Arbeit mit dem Titel „On Self-Organizing Systems and their Environment“, in der er das Prinzip „Order from Noise“ einführte. „Man kann diese Arbeit als die Geburtsstunde der „Selbstorganisation“ betrachten“ (KROHN u. a. 447).

- (2) Arbeiten auf dem Gebiet der irreversiblen Thermodynamik führten PRIGOGINE zu dem Problem der Entstehung von Ordnung aus Unordnung. Seine Theorie der dissipativen Strukturen, die er Anfang der sechziger Jahre entwickelte, ist eine Ausdehnung der irreversiblen Thermodynamik auf Systeme fern vom Gleichgewicht. Sein erstes Hauptwerk erschien 1971.¹³
- (3) Arbeiten zur Reaktionskinetik führten EIGEN bei der Untersuchung der Enzymreaktionen zur Theorie der Selektion.¹⁴ Sie wurde mit der Theorie des Hyperzyklus zu einer Theorie der präbiotischen Evolution weiterentwickelt (EIGEN, SCHUSTER 1979).
- (4) Die Arbeiten zur Theorie des Lasers, die HAKEN Anfang der 60er Jahre begann, gründeten auf dem Prinzip des kohärenten Verhaltens durch das Zusammenwirken vieler unabhängiger Teile. Eine erste Verallgemeinerung zu einer Theorie der Selbstorganisation erschien Anfang der 70er Jahre unter dem Titel „Synergetik - Die Lehre vom Zusammenwirken“ (HAKEN, GRAHAM 1971).
- (5) Innerhalb der Ökologie sind Ansätze zum Selbstorganisationskonzept Mitte der 60er Jahre zu finden. Sie entstanden mit der Entwicklung des Koevolutionskonzeptes durch EHRLICH und der Untersuchung der Stabilität von Ökosystemen jenseits des Gleichgewichts durch HOLLING.¹⁵

Phase 2

Während in der ersten Phase die Entwicklungen in der Tradition der jeweiligen Disziplinen standen, wurde in der zweiten Phase (bis etwa 1975 nach KROHN, KÜPPERS und PASLACK) die Analogie der Konzepte und Ähnlichkeiten der Gleichungen herausgearbeitet. Die gemeinsame orientierende Idee war, dass der Bildung von Strukturen allgemeine Gesetzmäßigkeiten zugrunde liegen. Damit rückte die Entwicklung der theoretischen Begrifflichkeit ins Zentrum der Diskussionen.

Die wissenschaftliche Entwicklung in dieser Phase war im Wesentlichen disziplinär organisiert. Lediglich in dem von HEINZ VON FOERSTER geleiteten Biological Computer Laboratorium war die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Anfang an institutionalisiert, die deshalb einen Kristallisationskeim für die weitere Entwicklung bildete. Die meisten Entdeckungen von Analogien und Ähnlichkeiten waren aber unorganisiert und zufällig.

Zunächst entstanden disziplinäre Verallgemeinerungen, die im Kontext mit einer Reorganisation des Forschungsfeldes eine progressive Problemverschiebung¹⁶ mit sich brachten. So entwickelten sich z. B. aus PRIGOGINES Analyse des Zusammenhangs der nichtlinearen irreversiblen Thermodynamik mit der Bernard-Instabilität der Hydrodynamik allgemeine Fragestellungen:

¹³ (PRIGOGINE, GLANSORFF 1971)

¹⁴ (EIGEN 1971, S. 465ff)

¹⁵ (HOLLING 1973)

¹⁶ Im Sinne LAKATOS Begriff *progressiv problemshift*.

„What is the generality of instability phenomena? What is the possibility of their occurrence in purely dissipative systems and how is the system being organized beyond such transition?“¹⁷

HAKENS Diskussion der spontanen Entstehung des kohärenten Laserlichts in Analogie zu den Phasenübergängen der Thermodynamik führte ihn zu einem allgemeinen Konzept des Phasenübergangs, das sich auch auf die Supraleitung, den Magnetismus und allgemeiner auf Übergänge zwischen Ordnung und Unordnung bezieht.

EIGEN untersuchte die Selbstreproduktion in seiner Theorie der Selektion und entwickelt als Erklärungsgrundlage die Konzeption des Hyperzyklus als eine Klasse autokatalytischer Prozesse höherer Ordnung.

Überdisziplinäre Generalisierungen ergaben sich durch Herausarbeitung der „Analogie der Selbstorganisationskonzepte untereinander“¹⁸. So stellten z. B. HAKEN und SAUERMANN fest, dass ihre aufgestellten Lasergleichungen strukturgleich mit EIGENS Gleichungen für die Selbstorganisation der Biomoleküle sind. Hieraus ergaben sich interdisziplinäre Problemstellungen, die HAKEN in einem Interview mit KÜPPERS so formulierte: „Das war nun sozusagen der Funke für mich. Wenn zwei ganz verschiedene Gebiete wie die Laserphysik und die Biomoleküle den gleichen Gleichungen genügen, dann zeigt das, daß hier viel tiefer liegende Prinzipien da sind als nur diese Gleichungen. Die sind ja vielleicht oberflächlich, aber daß ... die Frage der Ausbildung von Ordnung in Systemen, die sich selbst überlassen sind, hier allerdings von außen mit Energie angetrieben werden, daß diese Frage doch grundsätzlich einheitlich behandelt werden muß.“¹⁹ Für die Grundgesetze weiter Bereiche in Physik, Chemie und Biologie hat H. HAKEN eine einheitliche mathematische Grundlegung entwickelt.²⁰

Die Entstehung von Ordnung wurde am Ende der zweiten Phase nicht mehr als disziplinäres Spezialproblem behandelt, sondern als zentrales überdisziplinäres Problem, das die „gerichtete Entwicklung zu einer neuen Theorie“²¹ mit sich brachte.

Phase 3

Die dritte Phase (bis ca. 1980) charakterisieren KROHN, KÜPPERS und PASLACK (1987, 455f) als „>Globalisierung< der Konzepte, mit denen die einzelnen Vertreter der neuen Theorie deren Allgemeingültigkeit und Übertragbarkeit auf eine Reihe von Bereichen, die zunächst nicht zu ihrem Forschungsgebiet gehörten, zu reklamieren versuchten.“ Zu diesen Anwendungsbereichen gehören Systeme der biologischen Evolution, der Ontogenese, der Ökonomie, der Politikwissenschaft und der Wissensentwicklung (HAKEN 1981), Systeme der Ökologie, der Ökonomie und der Ästhetik (EIGEN, WINKLER 1975), Systeme der Ökologie, der Ökonomie und der Biologie (PRIGOGINE 1980).

Abgesehen von diesen Bemühungen einzelner Forscher lässt sich eine gewisse Institutionalisierung dieser Globalisierung erkennen. Als Beispiel

¹⁷ (PRIGOGINE, GLANSDORFF 1971, S.5)

¹⁸ (KROHN, KÜPPERS, PASLACK 1987, 453)

¹⁹ H. HAKEN: Interview mit G. KÜPPERS. Zitiert nach (KROHN, KÜPPERS, PASLACK 1987, 454).

²⁰ (HAKEN 1981)

²¹ (KROHN, KÜPPERS, PASLACK 1987, 454)

können die von KROHN et al angeführten Arbeiten in Brüssel zu Problemen des Aktienmarkts, des Verkehrsflusses, der urbanen Entwicklung (Brussaville) und des Sozialverhaltens von Insekten (Termiten) angesehen werden.

Die Arbeiten dieser Phase waren im Wesentlichen nicht der Entwicklung einer allgemeinen Theorie gewidmet. Im Mittelpunkt stand vielmehr die Anwendung der jeweiligen Konzepte auf andere Bereiche, die nicht zum ursprünglichen Forschungsgebiet gehörten. Die Konzepte, die sich aus den disziplinären Theorien ergaben, lassen sich als Ansätze zu einer überdisziplinären qualitativen Theorie dynamischer Systeme interpretieren und damit der Versuch der Übertragung der Konzepte als Bestimmung des Anwendungsbereichs des Theorieansatzes. Diese (qualitativen) Theorien sind durch zwei unterschiedliche Charakteristika differenzierbar, die HAKEN (1981a, 9f) an seiner Theorie und derjenigen EIGENS erläutert. Die systemtheoretisch interessante Unterscheidung liegt darin, ob primär die Funktionsweise der Einzelteile oder das Ganze erfasst wird. In EIGENS Theorie wird aufgezeigt, wie über den Mechanismus des Zusammenwirkens der Einzelteile schließlich ein Muster entsteht. Die Synergetik HAKENS setzt zwar das Zusammenwirken der Einzelteile als Grundcharakteristikum voraus. Im Vordergrund steht aber nicht die Erfassung der Entstehung des Zusammenwirkens, sondern nach welchen allgemeinen, übergeordneten Gesetzen sich Strukturen bilden. In einer allgemeinen Theorie wären beide Seiten integriert zu erfassen.

Zu den wichtigen Gebieten, deren Entwicklung durch die kybernetischen Studien grundlegend beeinflusst wurde, sind die Theorie autopoietischer Systeme (MATURANA, VARELA), die Theorie der Wissenskonstruktion (v. FOERSTER, MC CULLOCH und v. GLASERSFELD) sowie die soziologische Systemtheorie (LUHMANN) zu rechnen. Grundlegend hierfür waren die Studien zur Selbstorganisation, Selbstreferentialität, Autonomie und hierarchischen Ordnung.

Die Theorie autopoietischer Systeme integriert die neurophysiologische Seite der Kognitionswissenschaft in die Theorie lebender Systeme. MATURANAS Ausgangsproblematik war bestimmt durch „zwei Fragen, die in entgegengesetzte Richtungen zu führen schienen, nämlich: >Was ist die Organisation des Lebendigen?< und >Was findet im Phänomen der Wahrnehmung statt?<“²² Seinem Lösungsansatz liegt die Hypothese zugrunde, dass die Organisation des Nervensystems die kreisförmige Grundorganisation aller lebenden Systeme und das Nervensystem selbstorganisierend und selbstreferentiell ist, indem es sich in seinen Aktivitäten ständig auf sich selbst bezieht.

Ein interdisziplinärer Diskurs disziplinärer kognitionswissenschaftlicher Arbeiten ist unter dem Namen *Radikaler Konstruktivismus* bekannt.

Für Verallgemeinerungen sind differenzierende Explikationen des Autopoiesekonzeptes dienlich. Einen Ansatz hierzu haben AN DER HEIDEN, ROTH und SCHWEGLER vorgelegt.²³ Das Autopoiesekonzept wird in die Konzepte der

²² Vgl. (MATURANA, VARELA 1980, XII)

²³ Vgl. (ROTH 1986)

Selbsterstellung und der Selbsterhaltung differenziert, die ihrerseits die Konzepte der Selbstorganisation und der Selbstreferentialität involvieren. Obwohl einerseits dieses differenzierte Gesamtkonzept in einigen wichtigen Punkten vom Autopoiesekonzept abweicht, besitzen andererseits die vier Teilkonzepte eine größere operative Dimension: Es gibt Systeme, die selbsterstellend sind, aber nicht selbsterhaltend. Beispiele sind oszillierende chemische Systeme, die zerfallen, wenn einige chemische Komponenten verbraucht sind. Selbsterhaltende Systeme sind immer selbstreferentielle Systeme, aber nicht umgekehrt. Das Gehirn z. B. ist ein selbstreferentielles System, aber kein selbsterhaltendes. Während die Autoren das Konzept der Selbsterhaltung auf biologische Systeme beschränken sehen sie im Konzept der Selbstreferentialität ein ebenso universelles Organisationsprinzip wie im Selbstorganisationskonzept. Beide Konzepte sind damit z. B. auf soziale Systeme anwendbar.

Fazit

Für interdisziplinäre Systemgestaltungen ist integrierendes Systemdenken mit einer konkreten, operativen Dimension notwendig, das einen methodischen Zugriff zu liefern vermag. Diese Funktion erfüllen weder die allgemeinen noch die mathematischen Systemtheorien. Mit diesen Theorien ist das Wechselspiel von Disziplinarität und Interdisziplinarität nicht hinreichend gestaltbar.

Die Ansätze zu einer verallgemeinerten qualitativen Systemtheorie auf der Grundlage der Prinzipien der Selbstorganisation und der Selbstreferentialität sind zu einer Theorie bzw. einem Systemparadigma weiter zu entwickeln, das einmal als Analyse und Gestaltungsinstrument und zum anderen als qualitative, empirisch gehaltvolle Basis für quantitative Erweiterungen dienen kann. Die Grundidee einer solchen Theorie soll im Folgenden skizziert werden.

4. KOMPLEMENTÄRE SYSTEMTHEORIE

Zur Grundidee einer allgemeinen, qualitativen Systemtheorie auf der Grundlage eines Komplementaritätsprinzips

Ausgang neuer Theorienentwicklungen sind Anomalien, Desintegrationen.²⁴ Für das Systemdenken in Form der theoretischen Konzeption der allgemeinen Systemtheorie bestand die Anomalie in der Atomismus-Holismus-Dichotomie: Das außerordentlich stürmische Wachstum der analytischen Denkweise in der Wissenschaft entfernte sich immer weiter von dem, was lange Zeit als das Problem des ganzheitlichen Organismus bezeichnet wurde. Die Reaktion darauf war die Entwicklung allgemeiner Systemtheorien. Doch diese Theorien lieferten keine Erklärungs- und Beschreibungsgrundlage für diese Anomalie.²⁵ Der Lösungsansatz hierfür wurde erst mit Konzeptionen möglich, mit denen das Phänomen der Emergenz beschreibbar war.

Die Entwicklung der dynamischen Systemtheorien (Selbstorganisationsparadigma) nahm ihren Ausgang von dem Grundproblem der Entstehung und Erhaltung von Ordnung durch elementare Wechselwirkung. Inbegriffen war das Problem der Entwicklung von einem Ordnungszustand in einen anderen. Die zugrunde liegende Anomalie bestand in einer Ordnung-Chaos-Dichotomie mit der Identifizierung von Chaos mit Unordnung als konträrem Pol von Ordnung und der Annahme, dass deterministische Beschreibungen nur bei hinreichend hoher Ordnung möglich seien.

Im disziplinären Bereich waren diese Theoretisierungen recht erfolgreich. Neben der Atomismus-Holismus-Dichotomie konnte auch die Ordnung-Chaos-Dichotomie aufgehoben werden. Der Übergang zu allgemeinen Theorien ist allerdings nur mit einer qualitativen Begrifflichkeit möglich, deren Entwicklung erst am Anfang steht. Dennoch zeigen die oben skizzierten ‚Globalisierungs-Konzepte‘ der dritten Phase einen allgemeinen qualitativen Erklärungsansatz auf, der sich auf einen dynamischen Mechanismus bezieht:

In den Konzeptionen der verschiedenen Autoren wird einmal auf einen wechselseitigen Bedingungs Zusammenhang von Funktion und Struktur Bezug genommen, zum anderen aber auch auf ‚Störungen‘ dieses Zusammenhangs in Form von Fluktuationen und die hierdurch bedingte Evolution der Systeme. Die begriffliche Erfassung dieser Dynamik zeichnet die aus der Naturwissenschaft entstandenen Ansätze gegenüber den sozialwissenschaftlichen aus. Die erste umfassendere Konzeption einer soziologischen Systemtheorie, die PARSON entwickelte, ging von einer festen, invariant zu haltenden Struktur und den Leistungen der Funktion aus, diese Strukturstabilität zu erhalten. Es lassen sich auch Ansätze mit inversem Bedingungsverhältnis aufzeigen: Die Anpassung eines Systems an eine sich verändernde Umwelt zur Erhaltung der Systemfunktion(en) wird aus Sicht dieser Ansätze durch Veränderungen der Struktur realisiert.²⁶ Ein

²⁴ Der Begriff der Anomalie wird hier im Sinne T. S. KUHN (1981) gebraucht. Anomalien als Diskrepanz zwischen Erwartetem und Realisiertem lassen sich als Desintegrationen im Wissen interpretieren mit korrespondierenden Desintegrationen in der (konstituierten) Realität.

²⁵ Erklärung und Beschreibung werden hier als komplementäre Gegensätze angesehen. Vgl. hierzu (KROPE, WOLZE 2006, 5-17)

²⁶ Vgl. z. B. (BUCKLEY 1968)

explizites Prinzip wurde aber nicht formuliert. Gemäß dem wechselseitigen Bedingungsverhältnis von Struktur und Funktion ist jedoch die Änderung einer Seite bei vollständiger Invarianz der anderen nicht möglich. Anomalie-trächtige Konstruktionen dieser Art entstehen leicht dann, wenn theoretische Verallgemeinerungen zu kurz angesetzt, d. h. aus speziellem und empirischem Wissen heraus direkt entwickelt oder an speziellen Meßmethoden ausgerichtet werden.

Aber auch dynamischere Konzeptionen soziologischer Systemtheorien, wie etwa die System-Umwelt-Theorie von LUHMANN, sind gesetzesdefizitär. Es wird zwar gelegentlich über Systemdynamiken geredet, doch Prinzipien, die eine System-Dynamik beschreiben und insbesondere evolutionäre Prozesse umfassen, sucht man vergebens.

Anmerkung: Theorien sind nicht ohne Gesetze formulierbar. Theorien bestehen aus Gesetzen und Gesetze sind Begriffsverknüpfungen. Es kann daher nicht verwundern, dass diejenigen ‚System-, und ‚Handlungstheorien‘, in denen keine Gesetze vorkommen, trotz aller scharfsinnigen Spitzfindigkeit mit einem schwammigen Begriffschaos operieren. Der Rückgriff auf elementare Operationen, wie der Prädikation bzw. der Unterscheidung und Indikation, ändern hieran nichts, auch dann nicht, wenn sie in den Rang fundamentaler Erkenntnisoperationen erhoben werden. Vielmehr verdunkeln sie noch zusätzlich den Erkenntnisprozess. Die formale Darstellung von Theorien mit Hilfe solch reduktionistischer Mittel, die im adäquaten Kontext durchaus wesentlich sind bzw. sein können, hat keine sinnvolle Funktion. Sie ist weder als Theorieentwicklung oder deren rationale Re-Konstruktion zu akzeptieren, noch als eine Theorien-Begründung oder didaktische Darstellung zum Zwecke der Aneignung.

LUHMANN'S Systemtheorie ist Differenztheorie²⁷: Ein System ist unterschieden als die Einheit der Differenz von System und Umwelt. Doch diese Einheit der Unterscheidungen beinhaltet keine (dynamischen) Beziehungen zwischen den unterschiedenen Entitäten. LUHMANN'S Differenztheorie basiert auf der Unterscheidungsmethode des Indikationenkalküls von SPENCER BROWN (1969). Einheit in diesem Sinne ist Form, es ist keine operationfähige Einheit. Im Gegensatz hierzu besteht die Einheit komplementärer Unterscheidungen, wie sie den Globalisierungskonzepten der Naturwissenschaftler zugrunde liegen, im wechselseitigen Bedingungs-zusammenhang der unterschiedenen Entitäten. Beispiele für komplementäre Unterscheidungen sind Struktur und Prozess, Struktur und Funktion, Teil und Ganzes, Integration und Differenzierung, Wirklichkeit und Möglichkeit, Notwendigkeit und Zufall, Offenheit und Geschlossenheit, Selbstentwicklung und Entwickeltwerden, Selbstorganisation und Fremdorganisation, Ordnung und Chaos, Selbstreferentialität und Fremdreferentialität.

Das Konzept der Komplementarität geht auf NIELS BOHR zurück. BOHR'S Anliegen war, eine konsistente Interpretation der Quantenmechanik zu entwickeln. Er fasste das Komplementaritätskonzept als eine „folgerichtige Verallgemeinerung des Kausalprinzips“ auf (BOHR 1964, 26).²⁸ Obwohl dieses Konzept aus der Quantenmechanik weitgehend eliminiert und durch syntaktische Begriffe ersetzt wurde, kann seine Verwendung als erfolgreiche Anwendung angesehen werden, die noch innerhalb semantischer Betrachtungen fundamental bleibt. Denn gerade innerhalb qualitativer Über-

²⁷ Für einen einführenden Überblick über LUHMANN'S Systemtheorie vgl. z. B. (KRAUSE 1999).

²⁸ Vgl. hierzu (WOLZE 1989 und 2008)

legungen, in denen wesentliche semantische Probleme auftauchen, wird auf das Komplementaritätskonzept zurückgegriffen. So wurde z. B. auf qualitativer Ebene von BOHR eine Komplementarität zwischen der dynamischen und der thermodynamischen Beschreibung vermutet, die PRIGOGINE durch den von Null verschiedenen Kommutator „ $-i(LM - ML)$ “ formal expliziert, wobei „L“ der Liouville-Operator und „M“ der mikroskopische Entropie-Operator ist.²⁹ Weitere Beispiele, wie schon oben erwähnt, bilden die Erörterungen selbstorganisierender Systeme, wenn auch hier das Komplementaritätskonzept nicht immer explizit eingeführt wird.

Entsprechendes gilt für den ideellen (psychischen, erkenntnistheoretischen) Bereich. Ein klassisches Beispiel ist die Komplementarität von Empirischem und Theoretischem. Dem Logischen Empirismus lag noch die metatheoretische Konzeption der Dichotomie von Empirischem und Theoretischem zugrunde. Die Präzisierungsbemühungen des Logischen Empirismus unter Verwendung relativ aufwendiger Formalisierungen machten die Immunisierungsbemühungen immer irrelevanter und führten schließlich zur Entwicklung einer Anomalie. Mit der Entstehung der neueren Wissenschaftstheorie wurde die Aufhebung dieser Dichotomie mit Wendungen der Art umschrieben: *Jede Beobachtungsaussage ist theoriebeladen*. Mehr implizit als explizit beinhaltet diese Wendung die wechselseitige Bedingtheit von Empirischem und Theoretischem. Vorbereitet wurde dieser Ansatz schon im Logischen Empirismus: Während in seiner Frühphase die Termini der theoretischen Sprache auf empirische Termini der Beobachtungssprache definitorisch im Sinne einer nichtkreativen und kontexteliminierbaren Beziehung reduziert werden sollten, wurde in der letzten Phase seiner Entwicklung, in der Drei-Stufen-Theorie von Carnap, das Theoretische als unverzichtbare, eigenständige Entität in Form der Mathematik vorausgesetzt.³⁰ Im Gegensatz zu den früheren Phasen versagten hier die Immunisierungsbemühungen.

Auch die Informationstheorie von Shannon und Weaver (besser: Zeichenübertragungstheorie) führte in den verschiedensten Anwendungen zu Anomalien. Dies gilt speziell für die Bearbeitung von Problemen im Zusammenhang mit Computern sowie für psychologische, biologische und sprachtheoretische Probleme.³¹ Mit dem Konzept der pragmatischen Information wurde zumindest ansatzweise diese Anomalie mit Hilfe der komplementären Begriffe *Erstmaligkeit* und *Bestätigung* aufgehoben³².

Komplementäre Begriffspaare entsprechen in einer grundsätzlichen Hinsicht dialektischen Begriffspaaren. Während jedoch die dialektischen Begriffe mit den philosophischen Konzeptionen des Idealismus bzw. Materialismus verbunden sind, werden hier die komplementären Begriffe zu Grundbegriffen einer Systemtheorie.

Durch die Beziehungen zwischen den komplementären Begriffen werden die Begriffspaare zu qualitativen, elementaren Gesetzen. Sie bilden das

²⁹ Vgl. (PRIGOGINE 1980, 181f)

³⁰ Vgl. (STEGMÜLLER 1970) STEGMÜLLER rekonstruiert die Entwicklung des Logischen Empirismus in drei Hauptphasen.

³¹ Vgl. (DITFURTH, H. v. 1969)

³² Dieses Begriffspaar charakterisiert die pragmatische Information für ein System. Vgl. (WEIZSÄCKER, E. v. 1974, 82-113), (JANTSCH 1982) und (WEIZSÄCKER, C. F. v. 1985, 200ff)

Fundament einer (qualitativen) Theorie. In Beziehung gesetzte komplementäre Begriffspaare sind komplexere gesetzesartige Prinzipien, die schließlich zu einer Theorie führen, die Systeme zusammen mit ihren Umwelten konstituiert. Diese qualitative Systemtheorie ist extensional umfassender als quantitative Erweiterungen. Sie liefert für quantitative Erweiterungen eine explizitere Semantik und ist Adäquatheits-Kriterium für Quantifizierungen. Demgegenüber erfasst eine quantitative Theorie ihren Gegenstand expliziter als die qualitative: die quantitative Theorie ist also intensional konkreter. In diesem Sinne bildet die allgemeine, qualitative Theorie ein Mittel für disziplinäre und interdisziplinäre Problemexplikationen und Problembearbeitungen, für Systemanalysen und Systemgestaltungen. Mit intendierten Interpretationen und Verschärfungen kann die allgemeine qualitative Systemtheorie für verschiedene Wissenschaften konkretisiert werden. Im Folgenden werden Ausführungen zu einem Forschungsprogramm dargelegt.

Skizze eines Forschungsprogramms

I. Allgemeine Ausgangsprämissen

A1 Realität ist konstituierte Realität.

A2 Welt ist systemisch, Theorien beschreiben Realität in Komplexen, d. h. Systemen.

Gemäß A1 ist die Realität (Welt) eine konstituierte Realität jenseits von Realismus und Idealismus, einschließlich jegliche Form von Konstruktivismus.³³ Insbesondere ist die Realität keine Erlebniswelt und der Bezug zu einem Beobachter wird hier durch eine konkretere Beziehung ersetzt, durch die Konstitutionsbeziehung von Theorie und Realität. Involviert sind damit automatisch Subjektsysteme bzw. soziale Systeme, die über diese Theorie verfügen.³⁴

These 1

Eine adäquate Beschreibung einer konstitutionstheoretischen Erkenntnistheorie lässt sich nur systemtheoretisch durchführen.

Als adäquat wird hier angesehen, wenn der konstitutionstheoretische Ansatz durch ein explizites, metatheoretisches Prinzip bestimmt wird. Ein Referieren über diese Position kann nur als Erläuterung verstanden werden.

Das gesuchte Prinzip ergibt sich aus der Annahme, dass die Umwelt für selbstorganisierende Systeme konstitutiv ist. Subjekt und Objekt existieren nicht isoliert und unabhängig voneinander. Das Subjekt(-system) lässt sich lediglich analytisch von seinen Umweltsystemen trennen; entsprechendes gilt für soziale Systemzusammenhänge.

Mit der weiteren Annahme, dass Wissen eine Beziehung zwischen Subjekt-system bzw. sozialem System einerseits und Objekt (Objektsystem) andererseits ist, lässt sich das Wissen systemtheoretisch nur als emergente

³³ Vgl. zu diesem Ansatz (VARELA 1990, 103ff), (GETHMANN 1973, 1168-1187 und 1993) sowie für eine Zusammenfassung dieser Positionen, versehen mit der Skizze einer systemtheoretischen Beschreibung (KROPE, WOLZE 2005, Abschnitt 3.2).

³⁴ Mit diesem Bezug auf Theorien entfallen auch die üblichen Paradoxien, wie etwa die ‚Blinde-Fleck-Paradoxie‘, die die Luhmannschule so sorgsam pflegt: Die Theorie, mit der man ‚beobachtet‘ ist nicht die Theorie, mit der man diese ‚Beobachtung‘ ‚beobachtet‘.

Eigenschaft interpretieren. Wissen ist damit nicht atomistisch erklärbar, etwa als reine Konstruktion (Konstruktivismus) oder als Abbildung (Repräsentation) bzw. Komposition von Teilen aus beiden Bereichen (Realismus). Konstitution durch Theorien umfasst nicht nur Konstruktion, sondern auch Determination. Determination durch das Objekt und durch die Theorie (in Form einer Eingrenzung durch die Fundamentalgesetze) und auch Konstruktion durch die Theorie und das Objekt aufgrund seiner Widerständigkeit („Angebotscharakter“ durch Anomalien).

A2 lässt sich aus dem gegenwärtigen wissenschaftlichen Entwicklungsstadium begründen. Mit jeder Theorie als Mittel wird die durch sie konstituierte Realität (Realitätsbereich) komplexweise analysiert und konkretisiert durch Aufstellung spezieller Gesetze (normale Wissenschaft). Diese Komplexe sind nicht beliebig bestimmbar, wenn Anomalien vermieden werden sollen. Insbesondere sind die Beziehungen zu anderen Komplexen einzubeziehen. Die einzelnen Theorien lassen sich in diesem Sinne als (mehr oder weniger implizit bzw. unvollständig formulierte) spezielle, disziplinäre Systemtheorien auffassen. Wie die dissipativen Strukturen der Naturwissenschaft zeigen, gehen einfache Systeme durch Veränderung der Umweltbeziehungen in selbstorganisierte Systeme über.³⁵

Diese Argumentation lässt sich umdrehen: Jede Entität ideeller oder materieller Art involviert einen Systemzusammenhang, der i. Allg. aus einem übergeordneten und einem inneren Zusammenhang besteht. Die Existenz jedes Dinges, jeder Eigenschaft oder Beziehung sowie insbesondere jedes Begriffes ist also an einen Komplex oder Kontext geknüpft, der mit Subjekten bzw. sozialen Systemen in einer konstitutiven Erkenntnisbeziehung steht. Damit ist jede Systembeschreibung relativ, sie hängt von den Untersuchungs- bzw. Beschreibungszielen ab.

II. Zentrale Grundbegriffe und methodisches Prinzip

- (1) Komplementäre Begriffspaare
- (2) Wechselwirkungsbegriff

Zu (1) Charakteristika komplementärer Begriffspaare³⁶

(a) *Negativabgrenzung komplementärer Begriffe*

- Komplementäre Begriffe sind weder kontradiktorisch noch konträr, sie gehen nicht durch (klassische) Negation auseinander hervor. Die Negation von *Teil* ist *Nichtteil* und nicht *Ganzes*.
- Komplementäre Begriffe beinhalten auch keine polaren Gegensätze mit einer komparativen Ordnung zwischen den Polen. Ein Teil ist nicht mehr oder weniger ein Teil; entweder ist es ein Teil oder es ist kein Teil.
- Komplementäre Begriffe beschränken sich nicht auf additive Ergänzungen. Ein Begriff dieser Art kommt in der Mengenlehre vor: Ausgehend von einer Grundmenge, etwa den reellen Zahlen und der Ausgrenzung einer Teilmenge, etwa den irrationalen Zahlen, erhält

³⁵ Wird z. B. ein Gefäß mit Öl erhitzt, so geht es mit einem spezifischen Energiedurchsatz in ein selbst organisiertes System (Béarnard-Zellen) über, ein System ohne Funktion in ein System mit Funktion.

³⁶ Vgl. auch (WOLZE 1989, 52ff)

man die "komplementäre Menge" (Komplement einer Menge) als Ergänzung zur Grundmenge. In unserem Beispiel ist dies die Menge der rationalen Zahlen. Von dieser Art ist auch der Begriff der Komplementärfarbe.

- Komplementäre Begriffe beinhalten keine isolierten Aspekte. Solche Begriffe beziehen sich auf Dualismen oder Dichotomien.

(b) Positivbestimmung komplementärer Begriffe

- Komplementäre Begriffe konstituieren Gegensätze als Einheit. Sie bestimmen eine Unterscheidung mit einer integrierenden Beziehung zwischen den unterschiedenen Entitäten.
- Komplementäre Gegensätze bedingen einander wechselseitig und ändern sich im Prozess (qualitativ bzw. quantitativ). Die Veränderung der Teil-Ganzes-Beziehung (Komplementarität) z. B. geht einher mit einem Integrations- und Differenzierungsprozess.

Der Komplementaritätsbegriff involviert den Begriff der Bedingung, der auch für die Kausalbeziehung konstitutiv ist. Beide Begriffe, der Begriff der Ursache und der Begriff der Bedingung werden oft miteinander identifiziert, sie sind aber dennoch nicht identisch. Ursachen sind zwar auch Bedingungen, aber nicht alle Bedingungen sind Ursachen. Bedingungen beziehen sich auf Abhängigkeiten, z. B. die Abhängigkeit der Existenz eines Sachverhaltes von der Existenz eines anderen Sachverhaltes. Damit muss aber keine Produktionsbeziehung verbunden sein: Für Produktionsbeziehungen ist der Wechselwirkungs-begriff konstitutiv ist.

(c) Komplementaritätsprinzip

Das Komplementaritätsprinzip ist ein methodisches Prinzip. Seine Funktion besteht darin, geeignete komplementäre Unterscheidungen zu bestimmen. Denn je nach Systemtyp und intendierter Erklärung oder Beschreibung sind die relevanten Abhängigkeitsbeziehungen und ihre Vernetzungen untereinander zu ermitteln. Differenziert man z. B. Wirklichkeit und Möglichkeit als komplementäre Einheit, so lässt sich für naturwissenschaftliche Systeme die Möglichkeit als komplementäre Einheit von Notwendigkeit und Zufall weiter differenzieren. Alles was möglich ist, wird durch die Wirklichkeit mit Notwendigkeit bedingt. Was hiervon realisiert wird, unterliegt dem Zufall. Man denke hierbei an Zufallsgeneratoren, z. B. ein Roulette; seine Konstruktion und die Umweltbeziehungen bestimmen, was sich alles ereignen kann. Das Ereignis selbst unterliegt dem Zufall. Aus diesen Unterscheidungen lässt sich ein allgemeines Determinationsprinzip entwickeln mit Konkretisierungen zur so genannten starken und schwachen ‚Kausalität‘ (genauer: Determiniertheit).³⁷

Für Handlungen bzw. Tätigkeiten muss Möglichkeit anders bzw. zusätzlich differenziert werden, etwa nach Notwendigkeit und Freiheit.

Zu (2) Wechselwirkungs-begriff

³⁷ Vgl. hierzu so wie zum nachfolgend diskutiertem Wechselwirkungs-begriff und zum Wechselwirkungsprinzip (WOLZE 1989, 159ff)

Die Wechselwirkung zwischen zwei oder mehreren Entitäten, z. B. den Teilen eines Systems, ist eine Wirkungsproduktionsbeziehung. Der Wechselwirkungsbegriff bezieht sich einmal auf eine symmetrische Beziehung zwischen den wechselwirkenden Entitäten und zum anderen auf die Wirkungsproduktion. In der Mechanik besteht die Beziehung zwischen zwei Körpern aus einem Paar gleich großer Kräfte und die Wirkungen aus gleich große Veränderungen der Impulse.

Wechselwirkung, auch die Wechselwirkung auf der Grundlage der Tätigkeit, ist Struktur und Prozess zugleich. Struktur und Prozess sind komplementäre Entitäten. Sie sind durch einen wechselseitigen Bedingungs Zusammenhang miteinander verbunden. Die Tätigkeitswechselwirkungen lassen sich mittels komplementärer Begriffe konkretisieren.

III *Skizzen von Fundamentalgesetzen*

Das Kernstück einer Theorie ist das Fundamentalgesetz. Innerhalb der Physik sind die Fundamentalgesetze durch die allgemeinen Formeln gegeben; spezielle Formeln bringen spezielle Gesetze zum Ausdruck. Ein einfaches Beispiel ist das dynamische Kraftgesetz ($F = m \cdot a$) der Partikelmechanik, das einen Zusammenhang zwischen Kraft (F), Masse (m) und Beschleunigung (a) beinhaltet. Um die speziellen (Kraft-)Gesetze, etwa das Gravitationsgesetz, das Coulomb-Gesetz oder das Hookesche Gesetz, zu bestimmen, ist das Fundamentalgesetz als Mittel vorausgesetzt. Das Fundamentalgesetz bildet in der hier zugrunde liegenden Erkenntnistheorie eine Art Ausgangs- bzw. Vorkonstitution von Realität, die dann sowohl empirisch als auch theoretisch untersucht werden kann und zu speziellen Gesetzen führt.

Problematisch ist die Formulierung von qualitativen (Fundamental-)Gesetzen. Im Allgemeinen werden sie, wie in der Lebenswelt, durch die Beschreibung exemplarischer Beispiele mit übergreifenden Familienähnlichkeiten im Sinne WITTGENSTEINS (1967) ersetzt.³⁸ Ein Beispiel für ein qualitatives Fundamentalgesetz ist PIAGETS Gesetz von der Akkomodation, Assimilation und Äquilibration bzgl. der Lernprozesse. Im Unterschied zu der Vorstellung von der Übertragung und Speicherung objektiver Information vollzieht sich für PIAGET Lernen in den komplementären Prozessen von Akkomodation und Assimilation mit einem aktiven Ausgleich. Die Vorkonstitution von Realität, d. h. hier von Lernen, ist in beiden Fällen völlig unterschiedlich. Die jeweilige Sichtweise, die den weiteren Untersuchungen zugrunde liegt, ist durch die Fundamentalgesetze gegeben. Entsprechend unterschiedlich fallen die Fragestellungen, das methodische Vorgehen und die Ergebnisse aus.³⁹

Für die Beschreibung von Systemen ist daher zunächst ein Fundamentalgesetz zu entwickeln. Hierzu lässt sich an der von ANOCHIN, PRIGOGINE, HA-

³⁸ Die Naturwissenschaftdidaktik hat durch die Analyse empirischer Studien der Lebensweltphysik (Schülervorverständnisse) ermittelt, dass dieses Wissen wesentliche Ähnlichkeiten mit historischen Paradigmen der Physik besitzt, etwa der Aristotelischen Physik oder der Sehstrahltheorie der Optik. Die Prinzipien sind mehr implizit als explizit. Für eine Explikation der lebensweltlichen Prinzipien der Mechanik siehe (WOLZE 1991) und (KROPE, WOLZE 2005, §3.3.2)

³⁹ Aus diesem Beispiel geht auch hervor, wie wesentlich das Mittel der ‚Beobachtung‘ ist, das im Konstruktivismus stets unterschlagen wird.

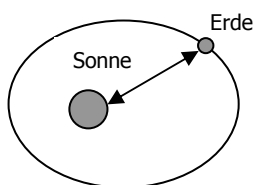
KEN und anderen beschriebenen Beziehung zwischen der Funktion und der Struktur eines Systems ansetzen. Zunächst einige Begriffspräzisierungen.

(a) Strukturbegriff

Strukturen sind das Invariante eines Systems auf den verschiedenen Systemniveaus (Teilen, Beziehungen zwischen den Teilen, Ganzheit und Umweltbeziehungen). Es lassen sich räumliche, zeitliche und raumzeitliche Strukturen unterscheiden. Ideelles, z. B. Theorien, Methoden und Normen, ist zeitliche Struktur.

Innerhalb der Strukturen laufen Prozesse ab, sie werden durch diese bedingt. Prozesse können aber auch zu Strukturveränderungen führen, zu quantitativen, graduellen oder auch qualitativen Änderungen, je nachdem ob Qualitäten verschwinden oder entstehen. Ist z. B. der Akkomodations-Assimilationsprozess vorwiegend ein Akkomodationsprozess, so führt dies zu qualitativen Strukturveränderungen und im umgekehrten Falle zu einer quantitativen. In beiden Fällen laufen die Strukturveränderungsprozesse auch in spezifischen Strukturen ab. Die Bestimmung der Struktur als Invariantes ist zwar eine notwendige Bedingung aber keine hinreichende: Nicht alle Invarianten eines ‚Systems‘ sind Strukturelemente. Erst mit der komplementären Beziehung zwischen Struktur und Prozess lässt sich, relativ zu einer spezifischen Systembeschreibung, entscheiden, welche Invarianten zur Struktur gehören und welche nicht. Diejenigen Invarianten, die den Prozess nicht mit bedingen, die also bei einer Änderung nicht zu einer Prozessänderung führen, gehören nicht zur Struktur.

Allgemeine komplementäre Beziehungen, wie die zwischen Struktur und Prozess, sind für spezifische Fälle zu konkretisieren. Für die Beziehung zwischen Akkomodation und Assimilation z. B. bedeutet dies, Konkretes für die einzelnen Stufen der Entwicklung der Intelligenz bzw. für die spezifischen Lernformen (Spiel, organisierten Lehre, Wissenschaft etc.) zu ermitteln. Wir haben hier ein spezifisches Verhältnis von Allgemeinem und Einzelem. Für einfache Systeme, wie etwa das Sonnensystem oder ein Pendel, Systeme also, die nicht evolvieren können und damit auch keine Funktion besitzen, ist die Beschreibung der komplementären Beziehung zwischen Struktur und Prozess ein Teilgesetz des Fundamentalgesetzes. Für evolvierbare Systeme reicht es nicht aus. Hier ist das bereits erörterte Prinzip der Komplementarität von Struktur und Funktion heranzuziehen.



Die Struktur-Prozess-Komplementarität sei noch am Beispiel des Planetensystems erörtert.

Struktur

Invarianz auf dem Niveau der Teile: Erhalt der geometrischen Formen von Erde und Sonne;

Invarianz auf dem Niveau der Beziehung zwischen den

gravitierenden Körpern: Wechselwirkungsbeziehung. Im sonnennahen Bereich verändert sich die Gravitationswechselwirkung quantitativ, die Umlaufgeschwindigkeit der Erde erhöht sich. Qualitative Strukturänderungen sind z. B., wenn die Sonne explodiert oder die Erde auseinander bricht oder von einem hinreichend großen Meteoriten gerammt wird. Darüber hinaus könnte ohne solche Prozesse bzw. Einflüsse das ganze Sonnensystem instabil werden und auseinander fliegen. Quantitative Gesetze liefern eine Beziehung zwischen Struktur und Prozess.

An diesem Beispiel wird auch deutlich, dass die Wechselwirkung eine elementare Struktur-Prozess-Einheit ist.

Funktionsbegriff

Der Funktionsbegriff bezieht sich auf einen dynamischen Systemaspekt, auf ein spezifisches Verhalten oder Operieren des Systems. In älteren funktionalen Systemkonzepten wird die Funktion auf eine Input-Output-Beziehung reduziert. Beispiele sind technische Systemtheorien und die behavioristische Reiz-Reaktionstheorie. Die Funktion eines Systems kann gemäß diesen Theorien durch verschiedene Strukturen realisiert werden, z. B. bei einem Kraftfahrzeuggetriebe durch Strukturen gemäß der Bauart mittels Zahnrädern, Keilriemen oder durch die Strukturen verschiedener automatischer Getriebe.

Ein solcher Funktionsbegriff wird aber dynamischen, selbstorganisierenden Systemen nicht gerecht. In der Theorie autopoietischer Systeme ist die Funktion nicht wie bei Maschinen (allopoietische Systeme) nach außen, sondern primär nach innen auf die Autopoiese ausgerichtet. Entsprechend ist der Funktionsbegriff zu verallgemeinern.

Um das Grundcharakteristikum der Funktion zu verdeutlichen, knüpfen wir an der Input-Output-Beziehung an: Input und Output sind Prozesscharakteristika, etwa der spezifische Reiz und die spezifische Reaktion bei Organismen und Organen oder bei einem Kraftfahrzeuggetriebe die Transformation von Drehzahl und Drehmoment bzgl. Motorkurbelwelle (Input) und Kardanwelle (Output). Auf der Basis des Begriffs *Prozesscharakteristik* expliziert JANTSCH (1982, 65f) unter Bezugnahme auf MATURANA den Funktionsbegriff: Die Funktion ist die Gesamtcharakteristik aller ablaufenden Prozesse des Systems.

Diese Funktion umfasst die kinetische Charakteristik der einzelnen ablaufenden Prozesse inklusive der Wechselwirkungsprozesse, also auch die Umweltbeziehungen, denn sie sind alle für die Autopoiese wesentlich. Im Prinzip hat man auch keine andere Wahl als alle inneren Prozesse mit einzubeziehen, wenn man einmal damit begonnen hat. Dies wäre auch bei dem Beispiel des Kraftfahrzeuggetriebes der Fall oder den Reaktionen von Organen auf Veränderungen in ihrer Umwelt, wie sie Gegenstand der Physiologie sind.

Allgemeine und konkrete Funktion

Zu unterscheiden ist die allgemeine und die konkrete Funktion. Während die allgemeine Funktion eines (sozialen) Systems (z. B. Krankenhaus, Schule, Universität) auf die Erzeugung von Produkten eines spezifischen Typs ausgerichtet ist, besteht die konkrete Funktion in der Herstellung eines ganz speziellen Produktes, wie einer aktuellen Blinddarmoperation, der aktuellen Aneignung eines speziellen physikalischen Gesetzes oder der aktuellen Durchführung einer speziellen empirischen Studie.

Solche speziellen Produkte sind für ANOCHIN die systembildenden Faktoren, die konkreten selbstorganisierenden Faktoren der Systeme. Wie bereits oben dargelegt, wird das nützliche Resultat einerseits durch einen „Mechanismus des „Zusammenwirkens““ (ANOCHIN, 157) hervorgebracht, wie

andererseits das nützliche Resultat die Selbstorganisationsdynamik bestimmt.

Dieser wechselseitige Bedingungs Zusammenhang hat Ähnlichkeit mit demjenigen bei der Herausbildung und Wirkungsweise des Ordnungsparameters nach Haken und der Komplementarität von Struktur und Funktion gemäß der Theorie der dissipativen Strukturen nach PRIGOGINE.⁴⁰

Für funktionelle Systeme ist mit der Prozessentwicklung auch die Entwicklung der Funktion als Prozesscharakteristikum bestimmt. Daher ist mit der Struktur-Prozess-Komplementarität eine Struktur-Funktion-Komplementarität verbunden. Sowohl für Systemanalysen als auch für Systemgestaltungen bildet die Funktion einen zentralen Ausgangspunkt. Hierauf beruht sowohl ANOCHINS Systemkonzeption als auch PRIGOGINES Evolutionsprinzip.

Der Kern des allgemeinen Fundamentalgesetzes lässt sich mit den Begriffen *Struktur* und *Prozess* formulieren:

Allgemeines Prinzip

Struktur und Prozess bedingen einander wechselseitig; formal: $\mathcal{L} [S,P]$, mit der Komplementaritätsrelation \mathcal{L} und den Abkürzungen ‚P‘ für ‚Prozess‘ und ‚S‘ für ‚Struktur‘.

Deterministische (physikalische) Prozesse sind mit den Anfangsbedingungen und der Struktur eindeutig bestimmt. Fassen wir alle Bedingungsfaktoren mit dem Begriff des Stadiums zusammen, so haben wir eine allgemeine, auch für echte Entwicklungen geltende Beziehung:

(Entwicklungs-)Stadium und (Entwicklungs-)Prozess bedingen sich wechselseitig

Die Möglichkeit wird daher durch das jeweilige Stadium (die Gegenwart und nicht die Vergangenheit) bestimmt, welches durch den vorangegangenen Prozess bedingt ist.

Prozesse und Strukturen lassen sich weiter unterscheiden, z. B. die Struktur hinsichtlich von Invarianz und Veränderung und eine evtl. (Struktur-) Veränderung hinsichtlich qualitativ und quantitativ.

Für Systeme mit Funktionen verschärft sich die Struktur-Prozess-Komplementarität zu einer

Struktur-Funktion-Komplementarität: $\mathcal{L} [S,F]$.

Für funktionelle Systeme ist mit dem Prozess auch die Funktion als Prozesscharakteristikum bestimmt. Daher ist mit der Struktur-Prozess-Komplementarität eine Struktur-Funktion-Komplementarität verbunden. Sowohl für Systemanalysen als auch für Systemgestaltungen bildet die Funktion einen zentralen Ausgangspunkt. Hierauf beruht sowohl Anochins Systemkonzeption als auch PRIGOGINES Evolutionsprinzip.

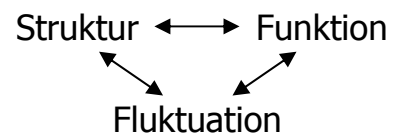
Entwicklungsprinzip

Die Entwicklung eines Systems ist eine (komplementäre) Einheit von Selbstentwicklung und Entwickeltwerden. Unter Bedingungen des Entwi-

⁴⁰ Für die Grundgesetze weiter Bereiche in Physik, Chemie und Biologie hat H. HAKEN (1981) eine einheitliche mathematische Grundlegung entwickelt.

ckeltwerdens lässt sich das neue Ordnungsprinzip *Ordnung durch Fluktuationen* als Selbstentwicklung im evolutionären Fall auffassen:

Struktur, Funktion und Fluktuationen entwickeln sich in einem wechselseitigen Bedingungs-
zusammenhang.⁴¹



Selbstentwicklung involviert Selbstorganisation und Selbstreferentialität. Die Fluktuationen sind neue Struktur-Funktions-Einheiten $\mathcal{L}[S_1, F_1]$. Wie aus Beispielen der Wissenschaftsentwicklung hervorgeht, müssen die Strukturen (Theorieansätze) der Fluktuationen nicht grundverschieden von den Ausgangsstrukturen im Anomalienkontext sein (Modifikation anstatt Neuentwicklung von Theorien/Paradigmen). Entsprechendes gilt für die Funktionen, die im Allgemeinen identisch sein und im Speziellen differieren können. Formal erhalten wir somit:

$$\mathcal{L}[S, F] \wedge \mathcal{L}[S, F_1] \wedge \mathcal{L}[S_1, F]$$

Die Systembeschreibung bzw. Systemanalyse hinsichtlich dieses Beziehungsgefüges kann sowohl auf der mikroskopischen als auch auf der makroskopischen Ebene durchgeführt werden. Die mikroskopische Beschreibung erfasst die Herausbildung von Fluktuationen und ihrer Entwicklungen inklusive ihrer internen Selbstverstärkung in der Nähe einer Übergangsschwelle von einer Struktur zu einer neuen. Nicolis und Prigogine (1971) haben für dissipative Strukturen eine mikroskopische Beschreibung entwickelt, die dem Zufall hinsichtlich des Auftretens, der Art und Größe der Fluktuationen Rechnung trägt.

Die makroskopische Beschreibung abstrahiert von diesen Prozessen. Sie erfasst die deterministische Entwicklung des Systems in eine neue strukturell-funktionelle Ordnung. Die Fluktuationen können zwar dem Zufall unterliegen, ihre Entwicklung ist jedoch bis zum Übergang zu einer neuen Struktur deterministisch. Hierbei wird angenommen, dass diese Entwicklungen Symmetriebrüche aufweisen und dass jeder symmetriebrechende Übergang mindestens zwei mögliche neue Ordnungen besitzt und damit nicht strikt determiniert ist.

In diesem Kontext bilden Zufall und Notwendigkeit eine komplementäre Einheit, sie stehen in einem wechselseitigen Bedingungs-zusammenhang zueinander. Insofern ergänzen sich beide Beschreibungsarten und sind ebenfalls aufeinander bezogen.⁴²

IV Weitere Arbeiten

- (1) Weiterentwicklung der allgemeinen Begriffe und Prinzipien
 - Untersuchung konkreter Eigenschaften der komplementären Beziehungen;
 - Explikation von Begriffspaaren, die sich auf die System-Umwelt-Relation beziehen:

⁴¹ „Autopoiese und Evolution, globale Stabilität und kohärenter Wandel, erscheinen als komplementäre Manifestation von dissipativer Selbstorganisation.“ (Jantsch 1982, 81)

⁴² Für einen Überblick vgl. (JANTSCH 1982, 77 – 92)

- a) auf die Aktivität des Systems unter bedingendem Umwelteinfluss, b) auf die Aktivität der Umwelt unter bedingendem Systemeinfluss und c) auf die symmetrische Wechselwirkungsbeziehung zwischen System und Umwelt.
 - Determinismusprinzip, Prinzip der starken und schwachen Determiniertheit (Kausalität);
 - Begriff der Instabilität und des (qualitativen) Attraktors.
 - Präzisierung der Prinzipien der Selbstorganisation, Selbstreferentialität, Selbstherstellung und des Selbsterhalts; Ausgangspunkt hierfür sind das Komplementaritätsprinzip von Struktur, Funktion und Fluktuation sowie die Prinzipien von G. ROTH (1986)⁴³
- (2) Konkretisierungen der allgemeinen Theorie
 - a) Systemtheoretische Fassung einer Tätigkeitstheorie
 - b) Konstitutionstheoretische Erkenntnistheorie
 - c) Konzept der Interaktion zwischen Subjekten auf der Grundlage einer pragmatischen Informationstheorie; Präzisierung des Begriffs der informationellen Offenheit und Geschlossenheit.
 - (3) Entstehung von Neuem
 - (4) Interventionsmethodik
 - (5) Entwicklung einer Komplementaritätslogik
 - (6) Untersuchungen zur Komplementarität von Interdisziplinarität und Disziplinarität auf der Grundlage der komplementären Systemtheorie.

⁴³ „Selbstorganisation: Selbstorganisierende Prozesse sind solche physikalisch-chemischen Prozesse, die innerhalb eines mehr oder weniger breiten Bereichs von Anfangs- und Randbedingungen einen ganz bestimmten geordneten Zustand oder eine geordnete Zustandsfolge (Grenzzyklus) einnehmen. Das Erreichen des bestimmten Ordnungszustands wird dabei nicht oder nicht wesentlich von außen aufgezwungen, sondern resultiert aus den spezifischen Eigenschaften der an dem Prozeß beteiligten Komponenten. Der Ordnungszustand wird >spontan< erreicht.“

„Selbsterstellung: ein System, das aus bestimmten, konstitutiven Komponenten K_1, K_2, \dots besteht, ist selbstherstellend, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: (i) alle Komponenten entstehen *nach* einem bestimmten Zeitpunkt t ; (ii) K_1, K_2, \dots sind die *einzigsten* Komponenten, aus denen das System nach dem Zeitpunkt t besteht; (iii) jede der Anfangsbedingungen von K_1, K_2, \dots ist zumindest teilweise durch die konstitutiven Komponenten des Systems erzeugt.“

„Selbsterhaltung: Systeme sind selbsterhaltend, wenn sie folgende Bedingungen erfüllen: (i) das System bildet zu jeder Zeit ein räumlich zusammenhängendes Gebilde (*Einheit*); (ii) das System bildet einen freien, vom System erzeugten Rand, der nicht unabhängig vom System existiert (*autonomer Rand*); (iii) das System existiert in der Umwelt, aus der es Energie und/oder Materie aufnimmt (*materielle und energetische Offenheit*); (iv) jede der konstitutiven Komponenten existiert nur für eine endliche Zeit (*Dynamizität*); (v) alle konstitutiven Komponenten partizipieren zu jeder Zeit an den Anfangsbedingungen der Komponenten, die zu einer späteren Zeit existieren, so daß das System sich dauernd erhält (*Selbstreferentialität*).“

„Selbstreferentialität: Selbstreferentielle Systeme sind solche Systeme, deren Zustände miteinander zyklisch interagieren, so dass jeder Zustand des Systems an der Hervorbringung des jeweils nächsten Zustandes konstitutiv beteiligt ist. Selbstreferentielle Systeme sind daher operational geschlossene Systeme.“

LITERATUR

- ANOCHIN, P. K.: BEITRÄGE ZUR ALLGEMEINEN THEORIE DES FUNKTIONELLEN SYSTEMS. JENA 1978.
- ASHBY, R.: Principles of the Self - Organizing Dynamic System. In: Journal of General Psychology, Bd. 37, S. 125, 1947.
- BERTALANFFY, L. v.: General Systems Theory. New York 1972.
- BIRNBAUM, N.: The Arbitrary Disciplines. In: Schubin, D. et al.: Interdisciplinarity Analysis and Research. Mt. Airy, Lomond, 1986, S. 85-66.
- BOHR, N.: Atomphysik und menschliche Erkenntnis I. Braunschweig, 1964.
- BOHR, N.: Atomphysik und menschliche Erkenntnis II. Braunschweig, 1966.
- BUCKLEY, W.: Society as a complex adaptive system. In: BUCKLEY, W. (ed.): Modern systems research for the behavioural scientist. Chicago 1968, 490-513.
- BUNGE, M.: Scientific Research, Bd. 1 u. 2. Berlin/Heidelberg/New York 1967.
- DIERKES, M.; HOFFMANN, U.; MARZ, L.: Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen. Berlin, Ed. Sigma, 1992.
- DITFURTH, H. v. (Hrsg.): Informationen über Informationen. Hamburg 1969.
- EIGEN, M.: Self-Organization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules. In: Naturwissenschaften 58, 1971, S. 465ff.
- EIGEN, M.; SCHUSTER, P.: The Hypercycle. Heidelberg/Berlin/New York 1979.
- EIGEN, M., WINKLER, R.: Das Spiel. Naturgesetze steuern den Zufall. München/Zürich 1975.
- FEYERABEND, P.: Wider den Methodenzwang. Frankfurt/M. 1991.
- FOERSTER, H. v.: On Self-Organizing Systems and their Environment. In: M. C. YOVITS and S. CAMERON (ed.); Self-Organizing Systems. London 1960, S. 31 - 50.
- FORRESTER, J. W.: Grundzüge einer Systemtheorie. Wiesbaden 1972.
- GETHMANN, C. F.: Realität. In: KRINGS, H.; BAUMGARTNER, H. M.; WILD, CH. (Hrsg.): Handbuch philosophischer Grundbegriffe. Bd. 4. München 1973, 1168-1187.
- GETHMANN, C. F.: Dasein. Erkennen und Handeln. Heidegger im phänomenologischen Kontext. Berlin/New York 1993.
- GIBBON, M. et al.: The New Production of Knowledge. London 1994.
- HAKEN, H.: Synergetics. An Introduction. Nonequilibrium Phase Transitions in Physics, Chemistry and Biology. Springer, Berlin 1978. Deutsch: Synergetik. Eine Einführung. Nichtgleichgewichts-Phasenübergänge und Selbstorganisation in Physik, Chemie und Biologie. Springer, Berlin 1981.
- HAKEN, H.: Erfolgsgeheimnisse der Natur – Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken. Stuttgart 1981a.
- HAKEN, H.; GRAHAM, R.: Synergetik – Die Lehre vom Zusammenwirken. In: Umschau in Wissenschaft und Technik 6. 1971, S. 191ff.
- HENTIG, H. v.: Polyphem oder Argos? Disziplinarität in der nichtdisziplinären Wirklichkeit. In: KOCKA 1987, S. 34-62.
- HOLLING, C. S.: Resilience and Stability of Ecological Systems. In: Ann. Rev. Ecol. And Syst. 4 (1973), S 1 ff.
- JANTSCH, E.: Die Selbstorganisation des Universums. München 1982.
- JANTSCH, E.: Inter- and Transdisciplinary University: A Systems Approach to Education and Innovation. In: Policy Sciences 1, 1970, S. 403-428
- KLEIN, J.: Interdisciplinarity, History, Theory and Practice. Detroit, Wayne State University Press, 1990.
- KLEIN, J.: Crossing Boundaries. Knowledge, Disciplinarity, and Interdisciplines. Charlottesville/London, University Press of Virginia, 1996.
- KLIR, J.: An approach to General Systems Theory. New York 1969.
- KLIR, J.: Trends in General Systems Theory. New York 1972.
- KOCKA, J. (Hg.): Interdisziplinarität. Praxis-Herausforderung-Ideologie. Frankfurt/M. 1987.
- KRAUSE, D.: Luhmann-Lexikon. Stuttgart 1999.
- KROHN, W., KÜPPERS, G., PASLACK, R.: Selbstorganisation – Zur Genese und Entwicklung einer wissenschaftlichen Revolution. In: SCHMIDT, S. J. (Hg.): Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. Frankfurt/M. 1987, 441-465.
- Krope, P.; Wolze, W.: Konstruktive Begriffsbildung. Vom lebensweltlichen Wissen zum wissenschaftlichen Paradigma der Physik. Münster/New York/ München/Berlin 2005.
- Krope, P.; Wolze, W.: The Foundation of Theories in the Complementary Relationship of Explanation and Description. In: Kožuh, B.; Kahn, R.; Kozłowska, A.; Krope, P. (eds.): Description and Explanation in Educational and Social Research. Los Angeles 2006.
- KRÜGER, L.: Einheit der Welt – Vielheit der Wissenschaft. In: KOCKA 1987, S.106-128.
- Kuhn, T. S.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt 1981.

- LAKATOS, I.: Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes. In: LAKATOS, I., MUSGRAVE, A. (eds.): Criticism and the Growth of Knowledge. Cambridge 1970, S. 91-195.
- LENK, H.: Wissenschaftstheorie und Systemtheorie. Zehn Thesen zu Paradigma und Wissenschaftsprogramm des Systemansatzes. In: LENK, ROPOHL 1978, S. 239-269
- LENK, H., ROPOHL, G. (Hg.): Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm. Königstein/Ts. 1978
- LENK, H.: Interdisziplinarität und die Rolle der Philosophie. In: Zeitschrift für Didaktik der Philosophie, Heft 1 1980, S. 10-19.
- LEVIN, L.; LIND, I. (Hrsg.): Inter-disciplinarity Revisited. Re-assessing the Concept in the Light of Institutional Experience. Stockholm (OECD/CERI) 1985.
- MATURANA, H.; VARELA, F.: Autopoiesis and Cognition. Dordrecht 1980.
- MC CULLOCH, W. S.; PITTS, W. H.: A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. In: Bull. Of Math. Biophysics, Bd. 5, S. 115, 1943
- NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I.: Fluctuations in Non-Equilibrium Systems. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA), 68, 2102-2107.
- ORCHARD, R. A.: On an Approach to General Systems Theory. In: KLIR 1972
- RAPOPORT, A.: Allgemeine Systemtheorie. Darmstadt 1988.
- Ropohl, G.: Einführung in die allgemeine Systemtheorie. In: Lenk, H.; Ropohl, G. (Hrsg.) 1978, 9-49
- PRIGOGINE, I.; GLANSDORFF, P.: Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuation. London/New York/Sydney/Toronto 1971
- PRIGOGINE, I.: Vom Sein zum Werden. München/Zürich 1980.
- ROPHOL, G.: Einführung in die allgemeine Systemtheorie. In: LENK, ROPOHL 1978
- ROTH, G.: Selbstorganisation und Selbstreferentialität als Prinzipien der Organisation von Lebewesen. In: KRÖBER, G.; SANDKÜHLER, H. J. (Hrsg.): Die Dialektik und die Wissenschaften. Köln 1986.
- SCHELSKY, H.: Einsamkeit und Freiheit. Idee und Gestalt der deutschen Universität und ihrer Reformen. Reinbek 1963.
- SCHWARZ, R. (Hrsg.): Internationales Jahrbuch für interdisziplinäre Forschung. Bd.I: Wissenschaft als interdisziplinäres Problem. Berlin 1974.
- SNEED, J. D.: The Logical Structure of Mathematical Physics. Dordrecht 1971.
- SPENCER BROWN, G.: Laws of Form. London 1969.
- STEGMÜLLER, W.: Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Bd. II, zweiter Halbband. Berlin/Heidelberg/New York 1973.
- STEGMÜLLER, W.: Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Bd. II, erster Halbband. Berlin/Heidelberg/New York 1970.
- VARELA, F. J.: Kognitionswissenschaft – Kognitionstechnik. Eine Skizze aktueller Perspektiven. Frankfurt/M. 1990.
- VOBKAMP, W.: Interdisziplinarität in den Geisteswissenschaften. In: KOCKA 1987, S. 82-91.
- WEINGART, P.: Interdisziplinarität als List der Institution. In: Kocka, J. 1987.
- WEINGART, P. (Hrsg.): Grenzüberschreitungen in der Wissenschaft. ZfI Interdisziplinäre Studien I, Baden Baden 1995.
- WEINGART P.: Interdisziplinarität - der paradoxe Diskurs. Ethik und Sozialwissenschaften, 8(4), 521-529.
- WEIZSÄCKER, C. F. v.: Aufbau der Physik. München/Wien 1985.
- WEIZSÄCKER, E. v.: Erstmaligkeit und Bestätigung als Komponenten der pragmatischen Information. In: WEIZSÄCKER, E. v. (Hrsg.): Offene Systeme I: Beiträge zur Zeitstruktur von Information, Entropie und Evolution. Stuttgart 1974.
- WITTGENSTEIN, L.: Philosophische Untersuchungen. Frankfurt/M. 1967.
- WOLZE, W.: Zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnisssysteme im Lernprozeß. Wiesbaden 1989.
- WOLZE, W.: Lernen in der Komplementarität von Autopoiesis und Evolution. Zur konstruktivistischen Aneignung des Wechselwirkungsbegriffs. In: physica didactica, 1991, 4, 3-37.

Kontakt
PD Dr. Wilhelm T. Wolze
Wolze@paedagogik.uni-kiel.de