



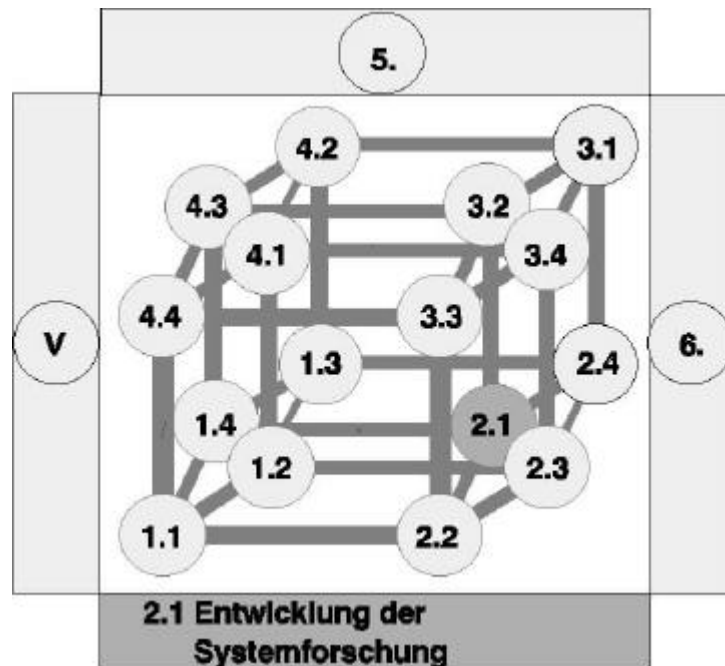
**Bild: "Pauli-Jung-Dialog" (1995, Acryl auf Leinwand, 150x100 cm) von Jürgen Jaumann, München. Der Dialog zwischen Pauli und Jung gehört zu den bedeutendsten Annäherungsversuchen zwischen Natur- und Geisteswissenschaften dieses Jahrhunderts und weist den Weg zu einer neuartigen Synthese der Wissenschaften.**

## **2. Interface zur Endo-Komplexität**

**Ziel des 2. Kapitels: Herausarbeitung eines Verständnisses für Nichtlinearität und Komplexität**

**Neue Begriffe: Systemforschung, Kybernetik, Dissipative Systeme, Selbstorganisation, Nichtlineare Dynamik, Reversibilität, Irreversibilität, Determinismus, Spiele, Simulation, Endophysik, Neuronale Netze, Evolutionsstrategien, Fuzzy Logik, Zufall, Deterministisches Chaos, Fraktale, Seltsame Attraktoren, Evolution, Zelluläre Automaten, Künstliches Leben, Komplexität, fluides Interface**

**Zusammenfassung: Die Nichtlineare Dynamik erfordert ein Verständnis der Komplementarität von reversiblen und irreversiblen Prozessen. Es ist das Wechselspiel von kreislauf- orientierten Prozessen und spiralförmig sich entwickelnden Prozessen immer höherer Ordnung, von Simulation und Handeln, die die Entwicklung der Interfaces vorantreibt. Die neuen Technologien werden dem Menschen zunehmend erlauben, seine eigene Evolution zu lenken.**



Das Chaos ist - für den Geist -  
eine Schnittstelle.

Otto E. Rössler

## 2.1 Entwicklung der Systemforschung

### 2.1.1 Systemansatz und Kybernetik/1/

Systeme sind interagierende Elemente, die Strukturen und Prozesse bilden. Der Systemansatz beschäftigt sich in ganzheitlicher Weise mit der Dynamik und der Komplexität von Interaktionen. Eine Theorie, die sich ausschließlich mit dem eigenen Fachgebiet befaßt, ist außer Stande, dieses Fachgebiet zu erklären; hierfür ist eine Metaebene wie der Systemansatz erforderlich, der interdisziplinär unterschiedliche Fachgebiete verknüpft. Die Zunahme der Komplexität und der Instabilitäten läßt keine monokausalen Erklärungsansätze mehr zu, sondern diese erfordert ein Denken, das Kybernetik, Selbstorganisation, Komplexitätsforschung und Chaosansätze berücksichtigt.

Die Zeit der Widerstände gegen das systemische Denken scheint gegenwärtig vorbei zu sein, da deren konsequente Anwendung immer mehr

zu einer Überlebensfrage für sozioökonomische Systeme wird. Systemisches Denken bedeutet laut **Ulrich** sowohl ein analysierendes als auch ein integrierendes Denken, wobei es stets verschiedene Möglichkeiten der Systembestimmung und -abgrenzung gibt.<sup>/2/</sup> Ulrich und **Probst** zufolge sind Systeme eine Form der Wahrnehmung, eine Konstruktion des menschlichen Geistes.<sup>/3/</sup> Die Frage, was unter einem System zu verstehen ist, führte bei führenden Systemforschern bisher zu folgenden Definitionen, wobei für die Arbeit insbesondere die Beschreibungen von Buckminster **Fuller** und Ulrich/Probst von Bedeutung sind:

Asbhy: "There must first be given an observer (or experimenter). A system is then defined as any set of variables that he selects from those available on the real 'machine'...and is quite different in nature from the real 'machine'."<sup>/4/</sup>

Beer: "Systems are and systems work; if not, they are not systems at all."<sup>/5/</sup>

v. Bertalanffy: "A complex of interacting elements."<sup>/6/</sup>

Boulding: "Anything that is not chaos ... any structure that exhibits order and pattern."<sup>/7/</sup>

B. Fuller: "A system is the first subdivision of Universe. It divides all the Universe into six parts: first, all the universal elements occurring geometrically outside the system; second, all the universal events occurring geometrically inside the system; third, all the universal events occurring non-simultaneously, remotely, and unrelatedly prior to the system events; fourth, the Universe events occurring nonsimultaneously, remotely, and unrelatedly subsequent to the system events; fifth, all the the geometrically arrayed set of events constituting the system itself; and sixth, all the Universe events occurring synchronously and or coincidentally to and with the systematic set of events uniquely considered."<sup>/8/</sup>

Churchman: "Ein System besteht aus einer Anzahl von Komponenten, die in der Absicht zusammengesetzt sind, für mehrere Aufgaben eine Lösung zu finden."<sup>/9/</sup>

Daenzer: "Unter einem System soll eine Gesamtheit von Elementen verstanden werden, die miteinander durch Beziehungen verbunden sind."<sup>/10/</sup>

Forrester: "Anzahl von in Beziehung stehenden Teilen mit gemeinsamen Zweck."<sup>/11/</sup>

Klir: "A system is what is distinguished as a system."<sup>/12/</sup>

Koelle: "Abgegrenzte Anordnung einer Menge von Elementen und Relationen zur autonomen Erfüllung einer Aufgabe."<sup>/13/</sup>

**Lange: Eine Menge gekoppelter aktiver Elemente heißt System aktiver Elemente, oder kurz ein System./14/**

**Schlosser: "Ein System ist das Zusammengestellte (grch.: systema), das als Einheit betrachtete, das Identifizierbare, von anderem Unterscheidbare."/15/ Systeme bilden hierbei Mengen von Relationengefügen zwischen Elementarprozessen./16/**

**Willke: "Systeme sind sinnkonstituierende und sinnkonstituierte Gebilde."/17/**

**Ulrich/Probst: "Ein System ist ein dynamisches Ganzes, das als solches bestimmte Eigenschaften und Verhaltensweisen besitzt. Es besteht aus Teilen, die so miteinander verknüpft sind, dass kein Teil unabhängig ist von anderen Teilen und das Verhalten des Ganzen beeinflusst wird vom Zusammenwirken aller Teile."/18/**

Nach Buckminster Fuller entsteht ein System erst durch die Einführung von Abgrenzungsbereichen (siehe oben). Er weist darauf hin, daß es für Systeme sowohl eine Endo- als auch eine Exo-Perspektive gibt. Unter System läßt sich darüber hinaus sowohl ein real als auch ein simulativ existierendes Gebilde unserer Wahrnehmung verstehen. Wir können hierbei auch von gegenständlichen (physischen) oder virtuellen Systemen/19/ sprechen, bei denen uns durch unser Interface eine subjektive Wirklichkeit vermittelt wird:/20/

**Physische Systeme:** - natürliches System  
- vom Menschen geschaffenes System

**Virtuelle Systeme:** - im Computer errechnetes System  
- in Gedanken vorgestelltes System

Auch Computerprogramme sind vom Menschen geschaffene Konstruktionen, jedoch ohne gegenständlichen Charakter. Die besondere Bedeutung der Computer für unser tägliches Leben macht es notwendig, diese in der systemtheoretischen Betrachtung der Wirklichkeit im Rahmen virtueller Systeme zu berücksichtigen, wozu Druckrey ausführt:/21/

**"The boundaries between the body and technology are eroding to such an extent that the future of being is enveloped in systems thinking".**

**Luhmann** unterscheidet Maschinen, Organismen, soziale Systeme und psychische Systeme, wobei soziale Systeme als Ausprägungen Interaktionen, Organisationen oder Gesellschaften formen./22/ Während sich in technischen Systemen (Maschinen) ein Steuerungssystem klar vom zu lenkenden System unterscheiden läßt, ist dies in biologischen und sozialen

Systemen nur teilweise möglich./23/ Das besondere an sozialen Systemen ist, daß sie vom Menschen zielorientiert gesteuert werden können, um komplexe Problemstellungen zu lösen. Soziale Systeme müssen jedoch nicht notwendigerweise zu sinnvollen Handlungen kommen, obwohl jeder Systemteilnehmer einzeln handlungsfähig ist. Soziale Systeme wie Unternehmen haben ihren eigenen Zweck, wobei sich drei Arten von Zwecken unterscheiden lassen: der Zweck des größeren Gesamtsystems, der Zweck des Unternehmens und die Zwecke seiner Teile./24/

In der Systemtheorie wird der sozialen Wirklichkeit eine Eigenständigkeit zuerkannt, die ausschließlich weder auf Individuen noch auf Normen zurückgeführt werden kann./25/ Da die Systemdefinition und die Systemabgrenzung eine Beobachterrelativität beinhalten, läßt systemisches Denken die Konstruktion verschiedener Wirklichkeiten zu. Systeme müssen Anforderungssituationen verstehen, Kompetenzen einschätzen, Aktivitäten planen, simulieren und lenken sowie erfolgreiche Vorgehensweisen lernen, d.h. sie müssen über reflexive und introspektive Prozesse verfügen./26/ Was wir als Teilsysteme bezeichnen, sind beobachterabhängige Abgrenzungen, die nur dann zulässig sind, wenn wir uns der gegenseitigen Kopplung dieser Teilsysteme mit ihren Umwelten bewußt sind. Hierbei ist zu beachten, daß nur aus der Perspektive des Systems heraus bestimmt werden kann, was für dieses System Umwelt ist./27/ Grundsätzlich lassen sich Systeme nach folgenden Systembereichen unterscheiden:

**Systemtypen**

Systembereiche	Zielsystem	Lenkungssystem	Beispiele für Objektsysteme: Flugzeug Telematik
Metasystem:	Zweck	Normative Führung	737-Familie Simulationen
(Gesamt-)System:	Oberziele	Strategische Führung	737-100-Serie Virtuelle Realität
Subsystem:	Zwischenziele	Operative Führung	Tragflügel Programme
Systemelement:	Einzelziele	Wirksame Führung	Winglet/28/ Algorithmen

Tab. 2.1: Systembereiche und Systemtypen

- Pioniere

Erwin **Schrödinger** und Ludwig **von Bertalanffy** vertraten als erste die Vorstellung, daß Lebewesen als offene Systeme anzusehen sind./29/ Von Bertalanffy, der die allgemeine Systemtheorie begründete/30/, entwickelte die Idee des Fließgleichgewichts (Steady State), wobei einem offenen System ständig von außen Energie zugeführt werden muß. Bei Gleichgewichtssystemen sind die Eingangs- und Ausgangszustände des

Systems zeitlich invariant.<sup>[31/](#)</sup> Unter bestimmten Bedingungen erreichen offene Systeme zeitunabhängige Zustände, sogenannte Fließgleichgewichte, welche äquifinal sind, da ihr Zustand durch unterschiedliche Anfangsbedingungen erreicht werden kann.<sup>[32/](#)</sup> Die Fähigkeit, durch Selbstregulierung und Selbstorganisation verschiedene Variablen innerhalb bestimmter Verhaltensgrenzen zu stabilisieren, wird auch als Homöostase bezeichnet. Beim Nervensystem, das eine stabile Wahrnehmung der Wirklichkeit errechnet, spricht man von kognitiver Homöostase.<sup>[33/](#)</sup> Homöostatische Phänomene, die sich Änderungen widersetzen, sind offen in Bezug auf eingehende Daten, jedoch geschlossen in Hinblick auf Materie und Energie.<sup>[34/](#)</sup> Gleichgewichtskonzepte oder die Homöostase sind jedoch für die Beschreibung des Wandels ungeeignet, da dieser fern vom Gleichgewicht stattfindet.

Wichtige Meilensteine systemtheoretischer Forschungsarbeit sind die Arbeiten zur allgemeinen Systemtheorie (**Ackoff, Boulding, Forrester, Rapoport** und **Weiss**), ganzheitlichem Systemdenken (**Vickers** und **Churchman**<sup>[35/](#)</sup>), Kommunikationstheorie (**Shannon**), Kybernetik (**Ashby, von Foerster, von Neumann, und Wiener**), Katastrophentheorie (**Thom** und **Zeemann**), Ökologie des Geistes (**Bateson**), dissipativen Systemen (**Prigogine** und **Eigen**), Synergetik (**Haken**), Selbstorganisation (**Jantsch**), Weltmodelle (**Forrester, Meadows, Fuller**), Kognition und Autopoiese (**von Foerster, von Glasersfeld, Maturana, Varela** und **Watzlawick**), Chaosforschung (**Lorenz, Feigenbaum, Mandelbrot** und **Rössler**), Systemorientiertes Management (**Beer, Malik, Probst** und **Ulrich**) sowie zur Komplexität (**Packard** und **Gell-Mann**). Mathematische Untersuchungen dynamischer Systeme wurde vor allem von Alfred **Lotka** und Vito **Volterra** durchgeführt, die hiermit auch die Wissenschaft von den Ökosystemen begründeten.<sup>[36/](#)</sup>

Die Systemforschung ist eine selbstreferentielle Wissenschaft, die sich iterativ weiterentwickelt und versucht, Systeme mit immer größer werdender Komplexität, speziell deren Organisation und Lenkung, zu verstehen. Systemforschung wird von Schiemenz als die (1) Anwendung wissenschaftlicher Methoden in Form von möglichst quantitativen Modellen (2) durch interdisziplinär zusammengesetzte Teams (3) auf Probleme der Lenkung "soziotechnischer" Systeme bezeichnet.<sup>[37/](#)</sup> Durch neue Forschungsrichtungen, wie Nichtlineare Dynamik und Endopyhsik werden zunehmend auch der Faktor Zeit, die Internalität (Innenbetrachtung) sowie die Konkretion (Teilnahme) in die Systemwissenschaften integriert. Begriffe

wie Rekursivität, Rückkopplung, Simulation, Selbstorganisation und Komplexität stehen zunehmend im Mittelpunkt der Systemtheorie, die sich mit der Wechselwirkung der Elemente und den Beziehungen des Teils zum Ganzen auseinandersetzt. Besonders wichtig bei der Untersuchung komplexer Systeme sind hierbei Kenntnisse, was mit einer bestimmten Methode nicht erreicht werden kann./38/

Das Gebiet der Systemforschung gliedert sich in einen anwendungsorientierten (Systemmethoden und -techniken) und einen theoretischen Wissenschaftsbereich (Systemtheorie). Beide, sowohl anwendungsorientierte Disziplinen von Kreativitäts-, Planungs- und Managementmethoden zur Unterstützung des konkreten Handelns, als auch systemtheoretische Beschreibungen der grundlegenden Verhaltensweisen und Strukturen komplexer Systeme sind notwendig, um komplexe Systeme verstehen und lenken zu können:

#### Systemansatz: Systemforschung

Abstrakte Ebene:	Konkrete Ebene:
Systemtheorien:	Systemanwendungen:
Systemansatz	Systemtechnik
Kybernetik	System Dynamics, Operation Research
Selbstorganisation	Evolutionäres Management
Komplexität	Systemorientiertes Management, Endo-Management

Die Aktivitäten von Systemen können als in Strukturen stattfindende Prozesse interpretiert werden./39/ Der Philosoph und Mathematiker Johann Heinrich **Lambert** (1728-1777) unterschied Systeme, die durch Kräfte des Verstandes (Wissenschaftssysteme), durch Kräfte des Willens (soziale Systeme) und durch mechanische Kräfte (Maschinen-Systeme) gebildet werden./40/ Karl W. **Deutsch** nutzte die Systemwissenschaft für die Politologie, wobei er sozialwissenschaftliche und lerntheoretische Konzepte mit der kybernetischen Systemtheorie verband. Systeme, die ihre Strukturen oder Prozesse verändern können, evolvieren. Hierbei gibt es zwei Arten der Evolution, die operational geschlossene durch Selbstbezug (Autopoiese) und die operational offene durch Phasenübergang (Deterministisches Chaos).

- Systemwissenschaften

Das Methodengebäude der Systemwissenschaften bezieht sich sowohl auf konkrete als auch auf abstrakte Systeme. Das Gebiet der Systemforschung

läßt sich hierbei in eine abstrakte Ebene der Systemtheorie und eine konkrete Ebene der Systemtechnik aufspalten, die beide den systemischen Ansatz bilden, um komplexe Erkenntnisgegenstände zu untersuchen. Die Systemtechnik ist eine Verallgemeinerung und Erweiterung der ingenieurwissenschaftlichen Methodik, die soziotechnische Systeme untersucht, während Operations Research technisch-ökonomische Systeme analysiert.<sup>41/</sup> Systemtechnik, Operations Research, Industrial Engineering, das St. Galler Management-Modell sowie das in diesem Buch behandelte Endo-Management sind konkrete Anwendungsbereiche der Systemforschung.

Während sich die Systemtechnik, die 1962 von A. D. **Hall** begründet wurde<sup>42/</sup>, mit der wissenschaftlichen Planung, dem Entwurf und der Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen befaßt, steht bei Operations Research die punktuelle Optimierung und Kontrolle von Systemen aus Menschen und Ressourcen im Mittelpunkt. Systems Dynamics wurde von Jay W. **Forrester** für Simulationen von sozio-ökonomisch-technischen Systemen am MIT entwickelt, wobei er die Zeitabhängigkeit durch Differentialgleichungen berücksichtigte.<sup>43/</sup> Sein Ansatz<sup>44/</sup> untersuchte die dynamische Natur von Systemen, die als Netzwerk von miteinander wechselwirkenden Flußgrößen unterschiedlicher Zustände und Ebenen betrachtet werden können.<sup>45/</sup> "Systems Dynamics" ist eine Simulationsmethode, die einen eleganten und verständlichen Weg bietet, das Verhalten von Systemen geringer und mittlerer Komplexität besser zu verstehen.<sup>46/</sup> Da "Systems Dynamics" überwiegend problemorientiert ist, muß meistens für jedes Problem ein neues Modell konzipiert werden.<sup>47/</sup> Das von Forrester und Meadows entworfene Weltmodell beruht ebenfalls auf dem 'Systems Dynamics'-Ansatz.

Die Systemforschung behandelt Systeme mit hoher Konnektivität (Vernetzung) und Varietät (Vielfalt) an Elementen und die sich daraus ableitende Komplexität des Systems als Ganzes.<sup>48/</sup> Jedes Element eines Systems ist mindestens mit einem anderen Element des Systems gekoppelt, d.h. es gibt in einem System keine isolierten Elemente.<sup>49/</sup> Ein System, das dadurch entsteht, daß Elemente von zwei oder mehreren Systemen miteinander gekoppelt werden, heißt System zweiter Ordnung.<sup>50/</sup> Für das Überleben eines offenen Systems ist das Verhältnis der eigenen Varietät zur Varietät der Systeme entscheidend, mit denen es in Wechselwirkung steht.<sup>51/</sup> Systeme dürfen nicht erstarren, sondern diese müssen auf Störungen reagieren, diese auffangen und mit ihnen fertig werden

können./52/ Die Struktur eines Systems ist hierbei von außerordentlich großer Bedeutung, da bestimmte Strukturen die Varietät und Lenkungsfähigkeit des Systems reduzieren, während andere diesen unterstützen./53/ Systeme, die, trotz Störungen aus der Systemumgebung ihre Lenkungsfähigkeit beibehalten, sind entweder strukturell stabil oder diese verändern ihre Struktur und passen sich einer neuen Situation an.

Während es sich bei von Bertalanffys Arbeiten noch um eine thermodynamische Gleichgewichtsbetrachtung handelt, wird in den Arbeiten von Prigogine gezeigt, daß in der Wirklichkeit die Ungleichgewichtsdynamik eine noch wichtigere Rolle spielt. Systemtheoretisches Denken bedeutet hierbei, die nichtlinearen Zusammenhänge zwischen den Teilen zu erfassen. Hierbei kann nicht mehr die Voraussage zukünftigen Verhaltens im Detail das Ziel sein, sondern vielmehr die Voraussage von Verhaltensmustern, Funktions-zusammenhängen, Problemkonfigurationen und Entwicklungslinien./54/ Deshalb muß sich die moderne Systemtheorie mit der Organisation von Komplexität auseinandersetzen, wobei dies im Rahmen einer holistischen Betrachtungsweise erfolgen sollte.

C. S. **Holling** wandte die Systemtheorie in diesem Sinne auf ökologische Fragestellungen an und sprach von elastischen Ökosystemen, wobei ihm zufolge aus ökosystemischer Sicht Evolution stets Ko-Evolution darstellt./55/ Aufbauend auf diesem Konzept entwickelte sich in den 70er Jahren die Gaia-Hypothese von James Lovelock. Seit den Arbeiten von Frederic Vester werden die Begriffe systemisch, nichtlinear, komplex, vernetzt, kybernetisch oder ökologisch in einem zusammenhängenden Kontext gesehen. Laut Vester sind die kybernetischen Systemgesetze ebenso grundlegende Naturgesetze wie etwa die Energieerhaltungssätze./56/ Die Generierung neuer Eigenschaften erfordert jedoch die Fähigkeit zum "antizipativen Lernen" und zum "Verlernen". Dies wird insbesondere in der Wirtschaft und im Management ersichtlich, wo systemische Ansätze vor allem von Friedrich v. **Hayek** und von Stafford **Beer** sowie der St. Galler Hochschule durch Hans **Ulrich**, Fredmund **Malik** und Gilbert **Probst** entwickelt wurden.

## - Triviale und Nicht-triviale Systeme

Nichttriviale Maschinen sind evolutionäre Strukturen, bei denen das Programm oder die Transformationsregeln zunächst unbekannt sind.<sup>57/</sup> In trivialen Maschinen, die kein Gedächtnis besitzen, besteht eine eindeutige Beziehung zwischen ihrem Input (Stimulus, Ursache) und ihrem Output (Reaktion, Wirkung).<sup>58/</sup> Dagegen treten in nicht-trivialen Maschinen durch unsichtbare Rückkopplungen oft Paradoxien auf, wie dies auch durch die Bilder von M. C. **Escher** oder die Videoinstallationen von **Bill Viola** deutlich wird. Rückkopplungsschleifen stellen zirkuläre Verknüpfungen von Elementen dar, wobei man je nach Wissensgebiet die Begriffe Rekursivität (Fraktale), Regelkreis (Kybernetik), Rückkopplungsschleife (Nichtlineare Dynamik), Operationale Geschlossenheit (Autopoiese) oder Feedback (biologische Systeme) für die Beschreibung der Phänomene wählt.

Triviale Maschinen sind nicht nur durch Synthese, sondern auch durch Analyse bestimmbar.<sup>59/</sup> Nicht-triviale Maschinen sind analytisch unbestimmbar, können jedoch synthetisch determiniert werden.<sup>60/</sup> In einer nicht-trivialen Maschine beeinflussen die internen Zustände sich selbst, d.h. diese erzeugen ihr eigenes Endo-Verhalten. Heinz von Foerster unterscheidet zwei Klassen von Systemen: Triviale und Nicht-Triviale:<sup>61/</sup>

	<u>Triviale Maschine (TM)</u>	<u>Nicht-Triviale Maschine (NTM)</u>
1.	synthetisch determiniert	synthetisch determiniert
2.	analytisch bestimmbar	analytisch unbestimmbar
3.	vergangenheitsunabhängig	vergangenheitsabhängig
4.	voraussagbar	unvoraussagbar

## - Katastrophentheorie

Die Katastrophentheorie (K-Theorie) geht auf René **Thom** (1972) zurück und baut auf topologischen Modellvorstellungen auf.<sup>62/</sup> Sie erlaubt, nichtlineare Änderungen in äußerst verschiedenen Systemen zu vergleichen. Es werden qualitative Veränderungen im Systemverhalten betrachtet, wobei nicht die gesamte Dynamik analysiert wird, sondern nur der Phasenübergang zwischen zwei stationären Zuständen, also von einer Gleichgewichtslage auf eine andere. Eine Erhöhung der Freiheitsgrade führt nicht dazu, daß nach Eintritt der Instabilität mehr als ein Zustand oder einige wenige Bewegungszustände möglich werden. Die qualitativ verschiedenen Alternativen für das Auftreten von Stabilitätsverlusten sind also gering. Die

Katastrophentheorie beschäftigt sich nicht mit der Form des Bewegungsmodus, sondern mit dem Verhalten der Amplituden der kritischen oder aktiven Modi unter kleiner Änderung der Parameter./63/

Bei der Katastrophentheorie werden keine Differentialgleichungen verwendet, weshalb auch keine echten Chaosphänomene oder Selbstorganisationsprozesse auftreten. Statt dessen werden diskontinuierliche Wirkungen kontinuierlicher Ursachen simuliert, wobei man die einfachste Katastrophe eine "Falte" nennt. Der Phasenübergang wird von Bifurkationen und Symmetriebrechungen begleitet. Wegen der Linearisierung des Problems kann die Systemuntersuchung nur in einer lokalen Umgebung des Verzweigungspunktes eindeutige, kritische Moden liefern. Thoms Arbeiten haben gezeigt, daß für das Verständnis komplexer Systeme holistische Betrachtungen notwendig sind. Seine Behandlung der Nichtlinearität ist ein wichtiger Beitrag zur Turbulenzforschung. Anwendungen der Katastrophentheorie wurden vor allem durch Christopher **Zeemann** (1977) ausgearbeitet. Hierzu gehören Untersuchungen zum Flimmern der Sterne, zu geistigen Störungen und zur Stabilität von Schiffen.

- Gestaltungsmerkmale

Die Systemtheorie hat sich in den letzten Jahrzehnten von einer statischen zu einer dynamischen Sichtweise gewandelt. Heutzutage stehen Vernetzung, rückgekoppelte Prozesse, Komplexität und Rekursivität im Mittelpunkt. Bei einem nichtlinearen System reicht in der Tat die Erfassung des Ist-Zustandes nicht aus, vielmehr ist die zeitliche Eigendynamik des Systems von entscheidender Bedeutung, ein Aspekt der in den seltensten Fällen durchschaut wird./64/ Phänomene wie exponentielles Wachstum, verbunden mit Rückkopplung, lassen sich mit linearen Ansätzen nicht erklären, sondern erfordern Wissen über Nichtlineare Dynamiken, um die neu entstehenden Strukturen zu beschreiben. Hierbei spielen die Systemgrenzen, die Interfaces, eine besondere Rolle. Diese sind nicht a priori gegeben, sondern müssen vom Beobachter festgelegt werden, wobei eine Vielzahl von möglichen Systemabgrenzungen möglich ist. Jedoch sind alle Zustände ohne ein Wissen über das System gleich wahrscheinlich./65/ Je mehr mögliche Zustände ein System einnehmen kann, desto größer wird hierbei die potentielle Information, die das System beinhaltet./66/

Komplexe, intransparente, vernetzte und dynamische Situationen erfordern systemorientiertes Denken und Handeln. Das Unglück von Tschernobyl war

hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß die Verantwortlichen in Kausalketten dachten, statt Nichtlineare Dynamiken, wie exponentielle Verstärkung, in ihre Handlungen mit einzubeziehen./67/ Um das Verhalten eines Systems zielorientiert zu verändern, müssen die begrenzenden Faktoren identifiziert und geändert werden./68/ Hierbei spielen Kontexte und Muster die entscheidende Rolle, weniger das zu untersuchende Objekt selbst. Systemdenken muß hierbei auch einen Weg zu Bewußtsein und Bedeutung weisen, da es sonst zu kurz greift und keine Schnittstelle zwischen Humanität und Handeln zur Verfügung stellen kann. Nach **Churchman** gibt es fünf grundlegende Merkmale, die für die sinnorientierte Gestaltung von Systemen wesentlich sind: die Ziele, die Umweltbedingungen, die Hilfsquellen und die Einzelkomponenten des Systems sowie das Managementsystem./69/

Nur in komplexen Systemen können differenzierte Aufgabenstellungen bewältigt werden. Dies bedeutet, daß man auch mehrere Ziele gleichzeitig anstreben sollte, um die Leistungsfähigkeit des Systems zu optimieren. Deshalb hebt der Systemansatz besonders die Möglichkeit von Konflikten aufgrund unterschiedlicher Zielvorstellungen hervor. Feste Regeln sind zwar notwendig, um bestimmte Ziele zu erreichen, jedoch müssen hinreichende Bedingungen durch die Teilnehmer geändert werden können, um das Handeln an die jeweilige Situation anzupassen. Durch das Wirken des Zufalls können zwei Systeme mit gleichen Anfangsbedingungen und gleichen Störfaktoren sich entlang völlig unterschiedlicher Kurven entwickeln./70/ Trotzdem lassen sich einige allgemeine Systemprinzipien angeben:

**1. Um lernfähig zu sein, müssen Systeme offen für Daten sein.**

**2. Hinter komplexen Systemen verbergen sich unsichtbare Ordnungsmuster.**

**3. Nur durch vielfältige Simulationen kann man etwas über das System lernen.**

**4. Wandel erfordert eine Veränderung der zugrunde liegenden Strukturen.**

**5. Es gibt nur wenige elementare Hebelpunkte für die Veränderung des Systems.**

**6. Je komplexer ein System ist, desto unschärfer wird das Ursache-Wirkungs-Verhalten.**

**7. Schon eine geringe Anzahl von Rückkopplungen genügt für Unvorhersagbarkeit.**

Betrachtet man den Unterschied zwischen der nicht-systemischen und der systemischen Vorgehensweise, so lassen sich nachfolgende Charakteristika für die unterschiedlichen Betrachtungsweisen herleiten. Die systemisch komplexitätsorientierte Betrachtungsweise berücksichtigt nichtlineare Verhaltensweisen von Systemen, die zu Selbstorganisation und Deterministischem Chaos führen können:

<b>Klassische mechanistische Betrachtungsweise</b>	<b>Systemische komplexitätsorientierte Betrachtungsweise</b>
monokausal	rückgekoppelt
algorithmisch	heuristisch
analoge Abläufe	parallele Prozesse
sequentiell	neuronal vernetzt
eindimensional	vieldimensional
linear	kreislauforientiert
zerlegend	ganzheitlich
isolierend	integrierend
Analyse	Synthese
Kontrollieren	Entwickeln
Objektiver Beobachter	Subjektiver Teilnehmer
Triviales System	Nicht-triviales System
Statisches Gleichgewicht	Dynamisches Ungleichgewicht
Starre Ordnung	Implizite Ordnung
Organisation	spontane Selbstorganisation
Reales Experiment	Simulation

Tab. 2.2: Nicht-Systemische und Systemische Betrachtungsweise

## - Kybernetik

Eine der bedeutendsten Entwicklungen dieses Jahrhunderts ist sicherlich die Kybernetisierung unserer Gesellschaft durch die Computer. Die ersten Untersuchungen kreiskausaler Prozesse fanden 1868 durch J. C. **Maxwell** (technische Regelung), 1925 durch R. **Wagner** (biologische Regelung), 1933 durch R. **Frisch** (volkswirtschaftliche Regelung) und 1941 durch H. **Schmidt** (bio-anthropologische Regelung) statt, ehe N. **Wiener** 1948 sein Buch "Cybernetics" veröffentlichte und damit die Kybernetik als eigenständige Disziplin begründete.<sup>[71]</sup> Heinz **von Foerster** beschrieb die Kybernetik als die Wissenschaft des Regels, Rechnens, Ordnen und der Entropieverzögerung.<sup>[72]</sup> Laut **Ashby** ist Kybernetik die Erforschung von Systemen, die offen sind für Energie, jedoch geschlossen in Bezug auf Datenübertragung, Regelung und Steuerung.<sup>[73]</sup> **Bateson** beschrieb Kybernetik als einen Zweig der Mathematik, der sich mit den Problemen der Kontrolle, der Rekursivität und der Information beschäftigt.<sup>[74]</sup> Dagegen war nach **Beer** Kybernetik die Wissenschaft von der effektiven Organisation.<sup>[75]</sup> Diese zirkuläre Organisation unterscheidet kybernetische Systeme von anders organisierten Systemen.<sup>[76]</sup> **Von Bertalanffy** sah die Kybernetik hierbei als ein Spezialgebiet seiner allgemeinen Systemtheorie. Nach relativ übereinstimmender Auffassung der erwähnten Autoren sind diese kybernetischen Prinzipien: die Entstehung spontaner Ordnung, die Unabhängigkeit vom Wachstum sowie Mehrfachnutzung und Recycling von Ressourcen, alles auch Merkmale von reversiblen Systemen.<sup>[77]</sup>

Bei der Regelung komplexer Systeme treten Rückkopplungen auf, die vor allem durch Walter **Cannon** und W. Ross Ashby untersucht wurden. Rückgekoppelte Systeme vermögen eine große Varietät zu bewältigen, da sie im Gegensatz zu Steuerungen per Regelungen auf Störungen reagieren können. Ashby betonte, daß die Varietät des lenkenden Systems ebenso groß sein muß wie die Varietät des zu lenkenden Systems. Von Foerster hob 1972 hervor, daß eine Beschreibung des Universums einer Beschreibung des Beschreibers bedarf.<sup>[78]</sup> Dies erfordert den Übergang zu einer Kybernetik 2. Ordnung, die eine Synthese aus Informationstheorie, Spieltheorie, Entscheidungstheorie, Zeichentheorie, Topologie, Neurobiologie und Systemtheorie darstellt.<sup>[79]</sup> **Clemson** spricht im Kontext der Kybernetik 2. Ordnung auch von Phänomenen der relativistischen, organisierten Komplexität.<sup>[80]</sup> Die Entwicklung dieser Kybernetik ist insbesondere deshalb ein bedeutender Schritt, weil die Phänomene des Wandels vor allem

auf positiven, d.h. sich verstärkenden Rückkopplungen beruhen, die von der simplen Kybernetik 1. Ordnung nicht erfaßt werden können.

Der Schritt zur Simulation und zum Deterministischen Chaos bedeutet, die Hervorbringung von Bewußtsein und Bedeutung durch mikroskopische Systeme zu analysieren, die von der makroskopischen Kybernetik 2. Ordnung nicht erklärt werden können. Laut von Foerster ist die Kybernetik 1. Ordnung die Kybernetik von beobachteten Systemen und die Kybernetik 2. Ordnung die Kybernetik von beobachtenden Systemen./81/ Dementsprechend führt die Berücksichtigung der Simulation und des Deterministischen Chaos zur einer Kybernetik von teilnehmenden Systemen, d.h. einer Endo-Kybernetik, die man als Kybernetik 3. Ordnung interpretieren könnte. Faßt man die Entwicklungsstufen der Kybernetik zusammen, so läßt sich im Rahmen der Endo-Betrachtung dieses Buches folgende Einteilung treffen:

<b>Maschinenkybernetik - Kybernetik 1. Ordnung:</b>	<b>Rückkopplung, Servomechanismen, Ultrastabilität, Multistabilität</b>
---	---

<b>Biokybernetik - Kybernetik 2. Ordnung:</b>	<b>Wandel, Instabilität, Flexibilität, Innovatives Lernen, Kognition, Koevolution, Selbstorganisation</b>
---	---

<b>Endo-Kybernetik - Kybernetik 3. Ordnung:</b>	<b>Virtual Reality, Simulationswelten, Deterministisches Chaos, Bewußtsein, Bedeutung</b>
---	---

Bateson hob als Minimalanforderungen für die Charakteristika des menschlichen Geistes die Differenzbildung, geschlossene Schleifen und Netze, Wechselwirkungen sowie negative und positive Rückkopplung hervor./82/ Viele Problemlösungen sind eine Leistung des Unterbewußtseins, wobei wir die zugrunde liegenden abstrakten Regeln oft nicht kennen. Nicht die Botschaft interessiert, sondern die Regeln, die die Transformationsprozesse codieren./83/ Da sich komplexe Systeme wie eine telematische Gesellschaft nicht planen lassen, müssen Regeln gesucht werden, die die Bildung einer spontanen Ordnung begünstigen./84/ Hierbei läßt sich nur der allgemeine Charakter der sich bildenden Ordnung voraussagen und nicht die besondere Position, die irgendein Element im Verhältnis zu irgendeinem anderen Element einnehmen wird./85/ Die Regeln, die das Handeln leiten, sind hierbei oft viel allgemeiner und abstrakter als es die Sprache vermitteln kann./86/ Von Foerster hat deshalb

drei Theoreme aufgestellt, die für kybernetisches Handeln von besonderer Wichtigkeit sind:

**Heinz von Försters Theorem Nr. 1:[87/](#) "Je tiefer das Problem, das ignoriert wird, desto größer die Chancen für Ruhm und Erfolg."**

**Heinz von Försters Theorem Nr. 2:[88/](#) " Die 'hard sciences' sind erfolgreich, weil sie sich mit den 'soft problems' beschäftigen; die 'soft sciences' haben zu kämpfen, denn sie haben es mit den 'hard problems' zu tun."[89/](#)**

**Heinz von Försters Theorem Nr. 3:[90/](#) " Die Naturgesetze werden von Menschen geschrieben. Die Gesetze der Biologie müssen sich selbst schreiben."**

- Feedback

Beim Feedback gibt es zwei Arten von Systemen, offene und geschlossene Kreisläufe, wobei alle Ökosysteme zu den offenen Kreisläufen zu rechnen sind.[91/](#) Die Eigenschaft von Systemen sich rückzukoppeln, verleiht diesen die Möglichkeit des Wachstums (positives Feedback) und der Schrumpfung (negatives Feedback/[92/](#)). Keine lebendige Struktur läßt sich auf Dauer durch negative Rückkopplung stabilisieren, da es zur Weiterentwicklung von Strukturen positiver Rückkopplung bedarf. Bei der positiven Rückkopplung wird eine Abweichung von einem vorgegebenen Sollwert nicht zurückgeregelt, sondern diese verursacht eine immer höhere Abweichung.[93/](#) Dies scheint auch ein wesentliches Merkmal der Wissensgesellschaft zu sein.[94/](#)

Feedback ist der Vergleich der aktuellen Leistungsfähigkeit mit der gewünschten Leistungsfähigkeit eines Systems, was insbesondere für die Robotik eine große Rolle spielt (siehe Kapitel 4.4.2).[95/](#) Hierdurch findet eine ständige Selbsterneuerung statt, wobei das Problem der Kopplung selbstregulierender Systeme elementar für die Anpassung des Menschen innerhalb der Gesellschaft und von Ökosystemen ist.[96/](#) Laut Ashby sind auch Systeme ohne Feedback eine Unterklasse von Systemen mit Feedback.[97/](#) Feedforward ist die Lenkung eines Systems durch das sofortige Korrigieren von Störeinflüssen ohne auf die Rückkopplung zu warten, was jedoch ein hohes Maß an Wissen über das potentielle Systemverhalten voraussetzt.[98/](#)

Die Rückkopplung spielt eine entscheidende Rolle beim Übergang von Chaos zu Ordnung und von Ordnung zu Chaos. Phasenübergänge benötigen den Abbau negativer, regelnder und den Ausbau positiver verstärkender Rückkopplungen. Interessant ist, daß Systeme einer Veränderung von außen durch negative Rückkopplung widerstehen oder durch positive Rückkopplung einen neuen Attraktor einnehmen können (siehe Kapitel 2.3.3). Das Wechselspiel von negativer und positiver Rückkopplung ist somit wesentlich für die Entwicklung von Systemen verantwortlich.

- MICMAC-Methode

Transformationsprozesse lassen sich in Form von Matrizen angeben. Eine solche Matrizendarstellung nutzt auch die Szenario-Methode von **Godet** (MICMAC-Methode). Die unsichtbare Dynamik des Systems entsteht in Form von Rückkopplungen, die durch die sogenannte MICMAC-Methode sichtbar gemacht werden kann. MICMAC-Matrizen haben keinen prognostischen Charakter, sondern dienen der Veranschaulichung der Wechselwirkungen komplexer Systeme. Nimmt man eine einfache quadratische Matrix mit N Spalten und Zeilen, so können die gegenseitigen Wechselwirkungen mit Zahlen zwischen 0 und 1 bewertet werden. Null bedeutet hierbei keine und 1 die maximale Wechselwirkung. Bei einer Anzahl von N Elementen gibt es  $(N^2-N)/2$  mögliche Verbindungen der Matrix, wobei die Hauptdiagonale und die spiegelbildliche Hälfte abgezogen werden:

Elemente	Verbindungen
1	0
2	1
3	3
4	6
5	10
10	45
100	4950

Wird die quadratische Kopplungsmatrix mehrfach mit sich selbst multipliziert, so lassen sich die Vernetzungswirkungen sichtbar machen. Ab der 7. Potenz der Matrizenmultiplikation zeigt sich eine stabile Rangfolge der Anzahl an Mehrfachschleifen.[/99/](#) Multipliziert man beispielsweise die Matrix 3 mal mit sich selbst, so werden die Schleifen ("Loops") mit der Länge 3 ermittelt, entsprechend bei der 7. Potenz die Schleifen der Länge 7. Die Stabilität des Ergebnisses zeigt sich dann, wenn die Division einer

beliebigen Matrixspalte oder -zeile mit einer anderen Matrixspalte oder -zeile zu konstanten Zahlen führt (z. B. Zeile  $x$ /Zeile  $y = C$ ). Die ermittelten Schleifen geben Aufschluß über die Stärke der Rückkopplung des Systems und dessen Neigung zur Instabilität. Durch Variation der Parameter können die kritischen Elemente des Modells ermittelt werden. Kritische Elemente eines Systems stehen mit vielen anderen in Verbindung und werden von vielen anderen Elementen beeinflusst und beeinflussen diese. Das MICMAC-Modell ermöglicht eine reversible Simulation verschiedener Handlungsalternativen./100/ Wichtig bei dieser Vernetzungsanalyse ist, daß Gewichtungsunterschiede zwischen relevanten und neutralen Elementen gemacht werden. Bei einem vom Autor entworfenen integralen Szenarioansatz, wurde die MICMAC-Methode mit gutem Erfolg genutzt, um Phasenübergänge im Systemverhalten durch die Veränderung der Rahmenbedingungen und von Störeinflüssen der Verkehrsflugzeugbranche zu simulieren./101/

Da die Chance erfolgreicher Veränderungen mit der Zahl der Beteiligten, der zu erfüllenden Funktionen eines Netzwerks und der Zahl der Rückkopplungen zwischen den zu erfüllenden Funktionen sinkt, ist ohne ein Erkennen der erfolgreichen Muster keine Lenkung von Systemen mehr möglich./102/ Nachfolgende Abbildung zeigt das verborgene Rückkopplungsverhalten der im Buch verwendeten Hyperkubusstruktur ohne Berücksichtigung der Diagonale. Diese Struktur ist wegen ihrer Heterarchie (ein von W. McCulloch geprägter Begriff) von besonderem Interesse. Es gibt beim Hyperkubus keine Vorzugsrichtung und keine Hierarchie, da er eine kreislauforientierte Struktur besitzt. Trotz der geringen Kopplung des Systems im Rahmen einer Matrixbetrachtung besteht eine hohe Rückkopplung zwischen den Systemelementen, die zunächst nicht sichtbar ist. Die linke Matrix repräsentiert den sichtbaren Teil der Vernetzung, während die rechte Matrix wegen der bestehenden Mehrfachschleifen dem Beobachter verborgen bleibt. Es ist aber gerade die rechte Matrix, die die besten Aussagen über das Verhalten des Systems liefert. Dies heißt bezogen auf das Management, daß wir uns auch um die verborgenen Strukturen kümmern müssen, wenn wir komplexe Systeme lenken wollen. So haben Hierarchiestrukturen ein völlig anderes Rückkopplungsverhalten als Matrixstrukturen. Im Kapitel 4 werde ich deshalb die MICMAC-Methode zur einem Vergleich des Kommunikationspotentials von Netzwerkstrukturen heranziehen (siehe Abbildung 2.2 und Kapitel 4.3.3.2).

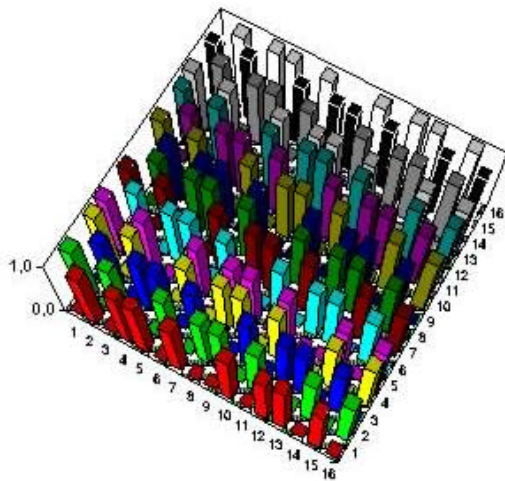
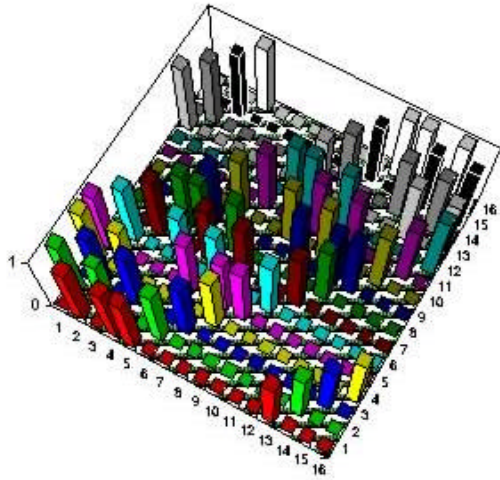


Abb. 2.1: Kopplungs- und Rückkopplungsmatrix

- Von der System- zur Interfacetheorie

Die heutige Systemforschung versucht, die Trennung zwischen Geistes- und Naturwissenschaften zu überwinden, indem durch ganzheitliche Ansätze die Gemeinsamkeiten unterschiedlicher Wissensgebiete herausgearbeitet werden (siehe Kapitel 2.2.3 und Kapitel 2.4.3). Ganzheitlich bedeutet nicht alle Teilsysteme zu kennen und daraus analytisch etwas abzuleiten, vielmehr bedeutet es, daß "das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile" und daß neben den physischen auch psychische, soziale und politische Phänomene sowie Macht und Herrschaft in die Entscheidungsfindung einbezogen

werden müssen. Eine Systemtheorie, die sich mit Wandel und mit Instabilitäten beschäftigt, benötigt eine zunehmende Vernetzung interdisziplinärer Wissensgebiete, um daraus einheitliche Handlungsprinzipien für komplexe Systeme ableiten zu können. Um Phasenübergänge zu neuen Attraktoren beschreiben zu können, wird im Rahmen des Buches die bestehende Systemtheorie um den interfaceorientierten Ansatz erweitert. Hierbei werden Simulations- und Modellwelten konstruiert, mit deren Hilfe man die erfahrbare Wirklichkeit besser verstehen kann, um mögliche Folgewirkungen von Entscheidungen frühzeitig abzuschätzen./103/

Eine neue Systemtheorie sollte auch die wissenschaftliche Grundlage für das Verständnis der Entwicklung der telematischen Gesellschaft liefern. Da das Interface zwischen Mensch und Computer immer bedeutender wird, ist eine neuartige multidimensionale und verschränkte Betrachtungsperspektive für die Medienforschung erforderlich. Interfaces bestehen wie Systeme aus Strukturen und Prozessen, sind jedoch durch Rückkopplungen geprägt, die die Möglichkeit zu Phasenübergängen zu neuen Attraktoren zulassen. Eine Systemtheorie, die Komplexität lenken will, muß in der Lage sein, die Phänomene der Kognition, des Bewußtseins und der Bedeutung zu erklären. Überträgt man in Analogie Bells holistisches Theorem der Nichtlokalität auf die Systemtheorie, so lassen sich Einzelsysteme wegen ihrer globalen Verbundenheit nicht mehr isoliert betrachten. Hierzu führt **Leinfellner** aus:/104/

**"Bell's Theorem führt einen Pan-Holismus ein, der eine durchgehende, statistisch-kausale, d.h. schwach deterministische Interaktion zwischen allen Systemen annimmt und unserer Welt einen ganzheitlichen, diesmal wissenschaftlichen Holismus von noch nicht voll erkannten Konsequenzen aufprägt."**

Da Strukturen und Prozesse die wesentlichen Merkmale von Interfaces (siehe Kapitel 2.4.3) bilden, möchte ich bereits hier die Interface-Matrix von offenen und geschlossenen Strukturen, sowie von operational offenen und geschlossenen Prozessen einführen, um die Kybernetik auch unter Berücksichtigung der Chaosforschung (siehe Kapitel 2.3.2) einzuordnen:/105/

	operational geschlossen	operational offen oder geschlossen
Struktur konstant	Kybernetik 1. Ordnung	Simulation
Struktur variabel	Kybernetik 2. Ordnung	Deterministisches Chaos

Abb. 2.2: Interface-Matrix

Das Deterministische Chaos ermöglicht durch die Öffnung der Strukturen und der Prozesse die Möglichkeit des Phasenübergangs zu neuen Attraktoren, aber auch die neuartige Möglichkeit der interaktiven Beeinflussung immer komplexerer Interfaces durch die VR-Technologie. Die Reversibilität von Prozessen durch negative Rückkopplung ermöglicht, Handlungsalternativen in abstrakter Form anhand Virtueller Realitäten durchzuspielen (abstraktes Handeln), während die Irreversibilität von Prozessen durch positive Rückkopplung die Ausführung einer Alternative (konkretes Handeln) ermöglicht. Bereits **von Hayek** betonte, daß eine vollständige Herrschaft über das Konkrete nicht möglich ist und daß man zur Steuerung gesellschaftlicher Prozesse Abstraktionen wie Sinn, Bedeutung und Normen benötigt (siehe auch Kapitel 3.4)./106/ Durch das Aufkommen der Virtuellen Realitäten wird die menschliche Fähigkeit zu Abstraktion dramatisch erweitert und es können Simulationen erfolgen, die noch vor Jahren unmöglich waren.

Die kybernetische Natur des Selbst, ebenso wie die der Welt, sind für das Bewußtsein nicht wahrnehmbar/107/, da unser eigenes Interface die Welt erschafft und verzerrt. Durch die zunehmende Miniaturisierung (z.B. Biochips, Nanotechnologie) werden auch vom Menschen geschaffene Systeme zukünftig kaum mehr direkt wahrnehmbar sein. Diese sind zwar nicht virtuell, jedoch sind diese nur noch mit Hilfsmitteln wie Mikroskopen zu betrachten. Die Kybernetik in Verbindung mit der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologien sollte zukünftig eine starke Zunahme der Generierung spontaner Ordnung bei Mensch-Maschine-Systemen erlauben.

- Der Aufbau komplexer Systeme führt zu erheblichen Machtpotentialen.
- Durch Rückkopplung kann jeder einzelne Systemteilnehmer an dieser Macht partizipieren.
- Da die Freiheit in rückgekoppelten Systemen mit Zunahme der Vernetzungen immer weiter eingeschränkt werden kann, ist das regelmäßige Entschalten besonders wichtig, um die Freiheit zu erhalten.
- Freiheit offenbart sich insbesondere bei deterministisch chaotischen Phasenübergängen, bei denen der neue Endzustand nicht vorhergesagt werden kann.

Abb. 2.3: Konsequenzen für Macht und Freiheit

### Systemwissenschaftliche Kontexte: Auswirkungen auf das Management

- |  |   |
|--|---|
| - Systemisches Denken erfordert selbst-referentielle Betrachtungsweisen.                         | - Management muß im Rahmen einer selbst-referentiellen anwendungsorientierten Wissenschaft, der Managementlehre, untersucht werden. |
| - Systemansätze erfordern das parallele Integrieren unterschiedlichster Forschungsfelder.        | - Management erfordert die interdisziplinäre Betrachtung unterschiedlicher Forschungsbereiche.                                      |
| - Simulationen ermöglichen die Abschätzung zukünftiger Verhaltensalternativen.                   | - Die Managementforschung sollte durch Simulationen vor allem untersuchen, was noch nicht ist.                                      |
| - Entscheidend für das Verständnis von Komplexität ist die Untersuchung nicht-trivialer Systeme. | - Management erfordert ein tiefergehendes Verständnis von nicht-trivialen Systemen.   |
| - Simulationswelten machen den Beobachter zu einem interaktiven Teilnehmer.                      | - Die Teilnahme im Cyberspace bedeutet für Manager ein neues interaktives Rollenverständnis.  |
| - Rückgekoppelte Systeme können nicht direkt, sondern nur indirekt beeinflusst werden.           | - Managementprobleme sind durch versteckte Rückkopplungen gekennzeichnet.   |

Abb. 2.4: Konsequenzen für das Endo-Management

---

[1](#) Der Systemansatz entspricht heute weitgehend dem der Kybernetik, weshalb beide

in einem Kapitel behandelt werden.

[2](#) Vgl. Ulrich (Handeln), 33ff.

[3](#) Vgl. Ulrich (Handeln), 34.

[4](#) Asbhy (Brain), 16.

[5](#) Beer (Brain), 27.

[6](#) v. Bertalanffy (System Theory), 55.

[7](#) Boulding (System), 9.

[8](#) Fuller (Synergetics), 95.

[9](#) Churchman (Systemanalyse), 34.

[10](#) Daenzer (Engineering), 11.

[11](#) Patzack (Systemtechnik), 18.

[12](#) Klir (Systems), 10.

[13](#) Koelle (Systemtechnik), Kap. 3, 14.

[14](#) Lange (Entwicklung), 18.

[15](#) Schlosser (Einheitswissenschaft), 66.

[16](#) Schlosser (Einheitswissenschaft), 99.

[17](#) Willke (Systemtheorie), 36.

[18](#) Ulrich (Handeln), 30.

[19](#) Virtuelle Systeme sind jedoch nicht mit künstlichen Systemen gleichzusetzen, da neben den virtuellen

Systemen auch vom Menschen geschaffene physische Systeme, wie z.B. Bilder von Künstlern,

künstliche Systeme repräsentieren.

[20](#) Vgl. Seiffert (Wissenschaftstheorie), 330.

[21](#) Druckrey (Nature), 278.

[22](#) Vgl. Luhmann (Systeme), 16.

[23](#) Vgl. Ulrich (Handeln), 86.

[24](#) Bezogen auf den Flugzeugbau kann der Zweck der Verkehrsflugzeugbranche als die Erhöhung der Mobilität, der Zweck des Verkehrsflugzeugproduzenten als die Erhöhung der Flugzeugproduktivität und der Zweck des Bereichs Tragflügel als die Reduzierung des Strömungswiderstandes aufgefaßt werden.

[25](#) Vgl. Boos (Machen), 108.

[26](#) Vgl. Kiefer (Leonardos), 239 u. 242.

[27](#) Vgl. Schmidt (Revolten), 15.

[28](#) Spezielle Flügelenden zur Reduzierung der Randwirbel an der Tragfläche.

[29](#) Vgl. Ebeling (Chaos), 104.

[30](#) Vgl. von Bertalanffy (System Theory), 90.

[31](#) Vgl. Lange (Entwicklung), 43.

[32](#) Vgl. von Bertalanffy (System Theory), 159.

[33](#) Vgl. von Foerster (Einsicht), 39.

[34](#) Vgl. von Bertalanffy (System Theory), 163.

[35](#) Churchman betonte die Humanität als wesentliches Element für die wissenschaftliche Forschung

Vgl. Koenigsberg (Introduction), 4.

[36](#) Vgl. Seiffert (Wissenschaftstheorie), 332.

[37](#) Vgl. Schiemenz (Systemtheorie), 4138.

[38](#) Vgl. Malik (Systeme), 249. So können z.B. mit Portfolioanalysen keine dynamischen Untersuchungen von Unternehmen durchgeführt werden.

[39](#) Vgl. Flood (Complexity), 11.

[40](#) Vgl. Seiffert (Wissenschaftstheorie), 330 u. 339.

[41](#) Vgl. Bruns (Systemtechnik), 2.

[42](#) Vgl. Balck (Zukunft), 47.

- [43](#) Vgl. Koelle (Systemtechnik), Kap. 11, 9.
- [44](#) Sein Ansatz ist mechanistisch und basiert vor allem auf dem Feedback-Prinzip.
- [45](#) Vgl. Espejo (Organization), 281.
- [46](#) Vgl. Koelle (Systemtechnik), Kap. 11, 17.
- [47](#) Vgl. Koelle (Systemtechnik), Kap. 11, 17.
- [48](#) Vgl. Patzak (Systemtechnik), 22f.
- [49](#) Vgl. Lange (Entwicklung), 18.
- [50](#) Vgl. Lange (Entwicklung), 24.
- [51](#) Vgl. Ulrich (Unternehmenspolitik), 189.
- [52](#) Vgl. Vester (Denken), 238.
- [53](#) Vgl. Ulrich (Unternehmenspolitik), 199.
- [54](#) Vgl. Willke (Systemtheorie), 153.
- [55](#) Vgl. Paslack (Selbstorganisationsforschung), 23.
- [56](#) Vgl. Vester (Denken), 176.
- [57](#) Vgl. von Foerster (KybernEthik), 141.
- [58](#) Vgl. von Foerster (Einsicht), 12.
- [59](#) Vgl. von Foerster (KybernEthik), 136..
- [60](#) Vgl. von Foerster (KybernEthik), 143.
- [61](#) Vgl. von Foerster (Erfinden), 60-66.
- [62](#) Vgl. Jantsch (Selbstorganisation), 78.
- [63](#) Vgl. Troger (Katastrophentheorie), 137.
- [64](#) Vgl. Ulrich (Handeln), 157.
- [65](#) Vgl. Binswanger (Information), 45.
- [66](#) Vgl. Binswanger (Information), 47.
- [67](#) Vgl. Dörner (Logik), 54.

[68](#) Vgl. Senge (Discipline), 100.

[69](#) Vgl. Churchman (Systemanalyse), 35.

[70](#) Vgl. Laszlo (Synthese), 56.

[71](#) Vgl. Seiffert (Wissenschaftstheorie), 182.

[72](#) Vgl. von Foerster (Einsicht), 21

[73](#) Vgl. Asbhy (Kybernetik), 19.

[74](#) Vgl. von Foerster (KybernEthik), 62.

[75](#) Vgl. von Foerster (KybernEthik), 62.

[76](#) Vgl. von Foerster (KybernEthik), 61.

[77](#) Vgl. Malik (Systeme), 467.

[78](#) Vgl. Maturana (Erkenntnis), 13.

[79](#) Vgl. Virilio (Eroberung), 149.

[80](#) Vgl. Clemson (Cybernetics), 21.

[81](#) Vgl. von Foerster (KybernEthik), 89.

[82](#) Vgl. Bateson (Ökologie), 619.

[83](#) Vgl. Bateson (Ökologie), 184.

[84](#) Vgl. von Hayek (Regeln), 74.

[85](#) Vgl. von Hayek (Regeln), 63.

[86](#) Vgl. von Hayek (Regeln), 110.

[87](#) Vgl. von Foerster (KybernEthik), 161.

[88](#) Vgl. von Foerster (KybernEthik), 161.

[89](#) "Hard"-Situationen sind quantifizierbar und können gemessen werden. "Soft"-Situationen haben hingegen qualitativen Charakter und können nicht vorhergesagt werden.

[90](#) Vgl. von Foerster (KybernEthik), 170.

[91](#) Vgl. DeAngelis (Feedback), 1.

[92](#) Mit systemstabilisierender Wirkung.

[93](#) Ein negatives Beispiel hierfür war der Atomunfall von Tschernobyl, ein positives Beispiel ist die Dynamik von Innovationen, wenn diese alte Problemlösungen substituieren.

[94](#) Vgl. Bailey (Thought), 180.

[95](#) Vgl. Arbib (Brain 2), 93.

[96](#) Vgl. Bateson (Ökologie), 571.

[97](#) Vgl. Asbhy (Brain), 40.

[98](#) Vgl. Arbib (Brain 2), 99.

[99](#) Vgl. Godet (Scenarios), 40.

[100](#) Die MICMAC-Methode repräsentiert eine Möglichkeit Endo-Transformationen zu simulieren.

[101](#) Vgl. Schmidt (Verkehrsflugzeugbranche), 12-22.

[102](#) Vgl. Riedl (Strategie), 170.

[103](#) Laut Hayek ist fruchtbare Sozialwissenschaft eine Untersuchung dessen, was noch nicht ist, wobei er hierfür hypothetische Modelle von möglichen Welten erstellte. Vgl. Hayek (Regeln), 33.

[104](#) Leinfellner (Holismus), 70.

[105](#) Ich werde diese Aufteilung im Laufe der Arbeit auch bei anderen Kontexten verwenden, um dem Leser die Zuordnung der Themengebiete zu erleichtern.

[106](#) Vgl. von Hayek (Regeln), 52.

[107](#) Vgl. Bateson (Ökologie), 572.