

Lutz-Günther Fleischer

Diskussionsbemerkungen zum Plenarvortrag von Lothar Kolditz

Lothar Kolditz widmet sich einem schwierigen, außerordentlich komplexen Thema, erörtert es aus mehrerlei gewichtigen theoretischen Gründen und beleuchtet es aus praktischen Erwägungen mit Beispielen. Er knüpft dabei an seinen früheren – in den Diskurs gedanklich einzubeziehenden – Plenarvortrag: „Kollektivität und Emergenz - die Weltformel“ an. Er führt fort, erweitert und bezieht konsequenter Weise den Menschen als interagierendes gesellschaftliches Wesen und Individuum, dessen genetische Disposition, die Möglichkeiten und Bedingungen der Genexpression sowie der Epigenese, das Verhalten und Handeln des Menschen samt der naturwissenschaftlichen Grundlagen ein. Das verdient hohe Anerkennung und Respekt.

Lothar Kolditz geht von zwei grundlegenden Thesen aus:

- Alles Geschehen im Universum wird vom deterministischen Chaos beherrscht, in dem das komplexe Zusammenwirken nicht linearer Vorgänge, die einzeln durch Naturgesetze gesteuert werden, zur großen Vielfalt der Erscheinungen führt.
- Alles was lange genug möglich ist, wird sich irgendwann ereignen, wenn nur genügend Zeit abgelaufen ist, wobei vorhandene Triebkräfte begünstigend wirken.

M. E. ist in den dargestellten Zusammenhängen größere Zurückhaltung beim Gebrauch des Indefinitpronomen ‚alles‘ geboten, denn es steht nicht nur umgangssprachlich für die denkbar größte, wenn auch nicht genau definierbare Anzahl der Entitäten, sondern logisch gleichermaßen für Totalität, Universalität, Vollständigkeit und demgemäß für Ausschließlichkeit, da, wo sachgerecht Dominanz gemeint ist. ‚Alles‘ entspricht in den Kontexten nicht den Realitäten, selbst wenn die Kategorie Unendlichkeit auch hinsichtlich des Zeitbudgets in die Betrachtungen einbezogen wird. Unbestritten gehört die weit überwiegende Zahl der natürlichen und gesellschaftlichen Prozesse in die Gruppe des deterministischen Chaos.

Für Lothar Kolditz ist das ‚deterministisches Chaos‘, das sich Regeln unterwirft, Systemzustand und Prozess.

Die Charakterisierung der Zustände (Strukturen/Ordnungen und Wechselwirkungen) sowie der in Rede stehenden Prozesse evolvierender *biotischer* und *gesellschaftlicher Systeme* ist offenkundig kompliziert und dadurch in Theorie und Praxis anspruchsvoll. Davon zeugen auch die im Vortrag herangezogenen Beispiele. Diese hoch entwickelten *komplexen Systeme*, die aus strukturell verbundenen, unterschiedlichen Ebenen (Substrukturen) mit Emergenzen aufgebaut, analytisch schwierig oder gar nicht zu erfassen sind, weisen in ihrer *endlosen Vielfalt* eine *Vielzahl von Freiheitsgraden* auf, können sich – abhängig von *internen und externen, substanziellen, räumlichen und zeitlichen* Bedingungen – hoch dimensionale *Möglichkeitsfelder* erschließen.

Die prinzipiell quantifizierbare *Kompliziertheit* erfasst (nach meiner Auffassung) die *Ausprägung der Komplexität* des Faktischen, des grundsätzlich Möglichen sowie Denkbaren, und drückt sie beispielsweise als anschaulichen *Komplexitätsgrad* aus.

Die ‚*Kompliziertheit*‘ des jeweiligen dynamischen Systems/Objektes bzw. Prozesses indiziert generell die Menge und die Wertigkeit der strukturellen/funktionellen Einflussfaktoren/Einflussgrößen sowie der zwischen ihnen bestehenden Interaktionen/Kooperationen. (siehe L.-G. Fleischer [1]).

Diese Arbeitsdefinition verbindet den Komplexitätsgrad nicht nur formal mit der thermodynamischen Entropieproduktion. Mit der in natürlichen Prozessen infolge zunehmender Irreversibilität wachsenden Entropieproduktion sinken – wie unten noch diskutiert wird – die Zahl der Realisierungsvarianten und die thermodynamischen Wahrscheinlichkeiten von Mikrozuständen, steigen unter bestimmten Bedingungen (jenseits kritischer Parameter) Strukturiertheit, Ordnung, Organisiertheit sowie die freie Energie/Exergie und die aktuelle Information. Informationen sind folgerichtig an exponierter Stelle in den Diskurs einzubeziehen.

Stellung, Struktur und Funktion der Prozesse

Den Kern des Problems formieren die *Prozesse*, also die Art und Weise, das Wie und Warum der räumlichen, zeitlichen und raumzeitlichen, quantitativen und qualitativen Änderung mikroskopischer und makroskopischer Systemzustände in und zwischen den Emergenzebenen unter den jeweils obwaltenden Anfangs- und Randbedingungen, die ‚Richtung‘, Triebkräfte, Kinetik und Dynamik der Veränderungen/Bewegungen. Hinzu kommt die Stellung und

Funktion der Prozesse in den Ursache-Wirkungs-Ketten und deren Bedeutung für biotische und gesellschaftliche Determinanten.

Zu den exponierten *Entwicklungsprozessen* gehören in den erörterten biotischen und gesellschaftlichen Systemebenen die *Selbstinstruktion*, *Selbstregulation*, *Selbstorganisation* und *Selbstreproduktion*. Insgesamt unterliegen auch diese Ganzheiten allen Prozeduren der überragenden *Evolution*, die in den verschiedenen Emergenzebenen die Gestaltenfülle herausbildet und qualifiziert. Unter dem Einfluss komplexer, biotisch bzw. gesellschaftlich wirksamer Felder werden leistungsfähige, aufwandsoptimale (potente, effiziente und effektive) sowie funktionssichere Gesamtheiten/Organismen (im umfassenden, Abiotisches einschließenden Wortsinn) angestrebt. Die Evolution generiert, verändert und stabilisiert Heterarchien und Hierarchien in Teilen oder als Ganzes, adaptiert dabei Strukturen und Verhältnisse, wie Eigenschafts- und Ordnungsrelationen, partitive und generische Relationen. Der bevorzugte ‚natürliche‘ Weg führt dabei von der Funktion zur Struktur.

Hierarchien sind in der Regel monozentrisch ausgerichtet und besitzen emergente, irreduzible Struktur-(Organisations-)ebenen. Das ‚neue‘ Ganze ist mehr als die Summe der Teile. Zueinander disjunkte hierarchische (physikalische, chemische, biotische, technische, gesellschaftliche und andere) Subsysteme können unter Beibehaltung ihrer (relativen) Autonomie, u.U. auch Rivalität und Konkurrenz, organisatorisch flexible, dennoch am Ganzen dialektisch partizipierende, kooperative „Einheiten“ generieren – *Heterarchien* formieren. Sie sind vor allem für biotische, technische, technologische, sozio-ökonomische und soziokulturelle Systeme (d.h. verschiedene Qualitätsniveaus komplexer Systeme) typisch.

Solche Heterarchien funktionieren wie „Solistenvereinigungen oder Orchester ohne Dirigent“, was mit diametralen Vorzeichen nicht nur in Parteien und gesellschaftlichen Institutionen beobachtet werden kann.

Es spricht für die Universalität ‚erfolgreicher‘ Evolutions-Prinzipien, dass selbst *fortgeschrittene Technologien* aller Art unterdessen bewährte Modi als Muster übernahmen, um *faktische Bestimmtheit* zu erlangen: Verfügungswissen (*techné*), Erfahrungen und Erkenntnisse vom überwiegend kalkulatorisch-algorithmischen Typus, und Orientierungswissen (*epistémé*), Begründungen und Erkenntnisse vom vornehmlich axiomatisch-deduktiven Typus, zu gewinnen, zu systematisieren und praktisch umzusetzen.

Typische Verlaufsformen – Prozessklassen

Unter dem Aspekt des *Zeitverhaltens* und der *Vorhersagbarkeit* der räumlichen, zeitlichen und raumzeitlichen *Änderungen der Systemzustände* oder/und der Zustände von Subsystemen unter bestimmten Anfangs- und Randbedingungen, lassen sich die die praktisch gewichtigen *Verlaufsformen*, die Modi, als *reguläre, stochastische und deterministisch chaotische Prozesse* klassifizieren.

Zum Pol und Pool der regulären Zustandsänderungen zählen die stationären, zyklischen und mehrfachperiodischen Prozesse. Sie sind *genau determiniert*, d.h. berechen- und prognostizierbar, zeigen eine deterministische Dynamik und streben zum statischen bzw. dynamischen Gleichgewicht oder verharren in ihm. Mit solcherart deterministischen Prozessen ist keine Änderung des Informationsgehaltes im System verbunden.

Stochastische Prozesse – mit ihrem Prototyp, dem Wiener Prozess, der mikroskopischen Brownschen Partikelbewegung – sind *rein zufällig*, unterliegen einer stochastischen Dynamik und bedürfen demgemäß zur Kennzeichnung ihres Verlaufs sowie der Ergebnisse der mathematischen Statistik, der Wahrscheinlichkeitsverteilungen, stochastischer Integralgleichungen und statistischer (Zeit-/Schar-) Mittelwerte.

Eine herausragende strukturelle/funktionelle Rolle kommt dem, in allem Geschehen dominierenden, es beherrschenden, *scheinbar zufälligen deterministischen Chaos* zu. Es lässt sich gut begründet zwischen den begrenzenden Polen der regulären und der stochastischen Prozesse einordnen und wird von den namensgebenden Beschreibungsmöglichkeiten mit deterministischen Differenzen- bzw. Differenzialgleichungen sowie einem irregulären Zeitverhalten charakterisiert. Das irreguläre Zeitverhalten schließt strenge Periodizitäten aus. Die scheinbare Zufälligkeit und die Nichtlinearität der Verläufe werfen grundsätzliche Fragen der Rektifizierbarkeit der Zufallspfade und der Optionsbewertung auf.

All das trägt die statistische Gesetzeskonzeption des dialektischen Determinismus. Der dialektische Determinismus umfasst als geschlossene aber nicht abgeschlossene Theorie von der *Bedingtheit und Bestimmtheit* jedes Geschehen, womit die Kausalitäten sowie die Ursachen von Ereignissen und objektive Gesetze als wesentliche Struktur der Objekte und Prozesse in ihren Wechselwirkungen berücksichtigt sind.

Der für Hegels System- und Rechtsphilosophie fundamentale und symbolische Begriff der ‚*gedoppelten Mitte*‘ könnte sich generell als hilfreich für das Verständnis des dialektischen Zusammenwirkens extremer Pole, wie der

regulären und der stochastischen Prozesse sowie für die zwischen ihnen liegenden, graduier- und ggf. skalierbaren Zustände und Prozesse erweisen.

Mit der ansteigenden Abweichung vom idealtypischen Grenzzustand maximaler Entwicklungspotenziale [maximaler Triebkraft (größter fördernder Redundanz), maximaler Ordnung] infolgedessen mit abnehmender *Veränderungsfähigkeit*, simultan wachsendem Einfluss des Zufalls, zunehmender und skalierbarer Unordnung, manifestiert sich in bestimmten Bewegungsebenen der kooperierenden Systemelemente (Konstituenten) eine ‚redundante Ordnung‘, das (*dynamische*) *Chaos*.

Ja, es definiert sich beinahe, als von den ‚Zwängen des Selben‘ befreite, dissipierte und dissipierende, ‚*nomadische Vielfältigkeit*‘ (Michel Foucault) und formiert so den Bedeutungsgegensatz zur Ordnung (zum Kosmos im altgriechischen Ordnungssystem).

Dieser polar-konträre antonymische Pol mit seiner, für große Mengen konstituierender ‚Individuen‘, gegen Unendlich gehenden Gesamtzahl ‚mikroskopischer‘ Freiheitsgrade, das wahrscheinlichkeitstheoretisch weitgehend Unbestimmte, Ungewisse, Ungesicherte, weil Komplexe, Dynamische, Asymmetrische, Nichtlineare, ist daher für mittlere oder gar längere Zeiträume nur begrenzt prognostizierbar.

Das Konzept des Ljapunow-Exponenten bringt etwas Transparenz in dieses Chaos, weil sich mit ihm das durchschnittliche Wachstum eines infinitesimal kleinen Fehlers in einer definierten Umgebung dimensionieren lässt. Der größte Ljapunow-Exponent charakterisiert so das gesamte Systemverhalten. Seine Inverse ermöglicht es, den Zeitraum für eine sinnvolle Vorhersage des Systemverhaltens in deterministisch chaotischen Prozessen, die mittlere Prädiktionszeit, anzugeben. Das gravierende Problem der ‚tipping points‘, der qualitativen Umschlagpunkte im Prozessverlauf infolge bestimmter Rückkopplungen, bleibt wesensgemäß leider ungelöst.

Stoffliche, energetische und informationelle Aspekte – Teil und Ganzes

Bei der Diskussion der *Zustände*, *Zustandsänderungen* und der verschiedensten *Prozesse* in allen Emergenzebenen bedarf es – der *Dialektik von Teil und Ganzem* gerecht werdend – gleichermaßen der *Berücksichtigung stofflicher, energetischer* als auch *informationeller Aspekte* der Gegebenheiten sowie der Bewegungen (im Sinne von Veränderungen überhaupt). Die exponierte theoretische und praktische Rolle der Thermodynamik resultiert daraus, dass sie die allgemeinste Theorie physikalischer Vorgänge ist, ihre Gesetze in allen

Bereichen des Objektiv-Realen wirken und über die Irreversibilitäten die interne Zeit des zweikomponentigen Zeitkonzeptes implementiert wird.

In *thermodynamisch offenen Systemen* – bis zu den höchsten Organisationsebenen und Bewegungsformen – existieren von ihrer Umgebung abhängende (äquilibrierte, für bestimmte Kriterien u.U. autonome) dynamische Gleichgewichte, die auch als *Fließgleichgewichte* bzw. *steady state* (einem Dauerzustand mit Dauerleistung) bezeichnet werden. In ihnen harmonisieren – ähnlich dem Stehen und Fließen in Wasserkaskaden und in vitalen Organismen als Werden und Vergehen besonders ausgeprägt – das makroskopisch stete Verharren sowie kontinuierliche Erneuern: mit Geburten, dem Altern und Absterben.

Schon in den 70er Jahren wies G. Tembrock (zudem anschaulich) auf die besondere Bedeutung des *Informationswechsels*, für Lebewesen und die organismische Evolution hin: „Es gibt einen *zeitlich programmierten Informationsbedarf*, der sich im Verlauf des Lebens ähnlich verändert wie der *Nahrungsbedarf*. Die moderne Verhaltensbiologie sieht hier einen ihrer Schwerpunkte künftiger Forschung. Das *Organismus-Umwelt-Problem* erscheint uns dabei als die zentrale Frage“[2].

Der spezifizierte systemtheoretische Begriff ‚*Organismus*‘ darf m.E. mit Fug und Recht sowie aussichtsreich auf gesellschaftliche Systeme erweitert werden. Dementsprechend können Modalitäten, Muster und Erkenntnisse aus dem Verhalten biotischer Systeme in ihren wesentlichen Zügen adaptiert werden – ohne die Emergenz negieren zu wollen. Entscheidend sind die grundlegenden Aspekte der Ganzheitlichkeit, der Vernetzung, die zielgerichtet koordinierte oder/und akzidentelle Kooperation innerhalb der thermodynamisch offenen, starken oder mäßigen hierarchischen Gliederungen (u.U. mit heterarchischen Anteilen) sowie die stofflichen, energetischen und informationellen Interaktionen mit der Eigenumgebung obendrein mit der ferneren Umgebung.

Diese Wesenszüge und (zumindest partiell substanziell und zeitlich programmierte) Verhaltensformen sind in gesellschaftlichen Systemen mit ihren *bio-psycho-sozialen Akteuren* und ökologisch ‚eingebetteten‘ biotischen Systemen auf einer höheren Emergenzebene weiter ausgebildet. Selbst Biologen gebrauchen für lebende Gemeinschaften aus vielen eigenständigen (d.h. auch allein lebensfähigen) Organismen mit gemeinsamen Eigenschaften, Fähigkeiten und sozialen Verhaltens-Komponenten, wie dem Ameisenstaat, die Bezeichnung ‚Superorganismus‘.

Für Tembrock bildete der *Informationswechsel* den *Schlüsselbegriff* des Verhaltens und der systemischen Evolution, „der in gleicher Weise wie die Begriffe Formwechsel und Stoffwechsel verwendet wird“. Während der *Metabolismus* die Aufnahme, den Transport, die chemische bzw. biochemische Umwandlung von Stoffen in einem Organismus sowie die Abgabe von Stoffwechselprodukten an die Umgebung erfasst, charakterisiert der Informationswechsel das qualitative Niveau der *Organismus-Umwelt-Interaktion* (bestimmter Feld-Objekt-Kopplungen) und damit zugleich die individuelle und ökologische Fitness. Der zum Metabolismus gehörende Baustoff- sowie Energiestoffwechsel konstituiert und sichert primär die Lebensfunktionen des Organismus, ermöglicht aber auch Wachstum und Entwicklung. Damit erweist sich der Stoffwechsel letztlich als *Import freier Energie* und eigengesetzliche (selbstinstruierende und selbstorganisierende) Bildung bzw. Stabilisierung von Ordnung und Strukturen. Im thermodynamischen Sinne verbindet das die Negentropie. Nach diesem Verständnis sind alle Lebewesen Negentropen.

Zum Informationswechsel gehören als externe Transferprozesse die Aufnahme und Abgabe von Informationen sowie deren Verarbeitung/Transformation. Die komplexe Informationsverarbeitung umfasst – analog zu den Stoffkomponenten und Energien – drei Prozessgruppen: *das Leiten, Speichern und Wandeln*. Sie prägen maßgeblich den inneren Zustand des Organismus, sein internes und externes Verhalten. In dem und auf den Informationswechsel wirken in diesem experimentell belegbaren Konzept zwei Umweltklassen: Randbedingungen und die informationell relevante Umwelt. Tembrock nennt sie die *nichtkommunikative*, die *kommunikative Umwelt* und die *Eigenumwelt*.

Was charakterisiert die außerordentlich herausgehobenen Informationen?

Informationen existieren neben Stoffen und Energien als dritter fundamentaler Aspekt der Materie. Sie sind speicher-, konvertier- und übertragbare Strukturen mit einer Bedeutung (Semantik). Im allgemeinen Verständnis quantifizieren Informationen den – meist mit der Zahl der Binärentscheidungen (Bits) angegebenen – Aufwand zur Aufklärung, Steuerung und Regelung von Entitäten.

Der *Informationsbegriff* repräsentiert stets eine dialektische Einheit ontologischer und gnoseologischer Momente. Er hat aber in den verschiedenen Wissenschaftsgebieten unverkennbar spezifische Ausprägungen.

Der extensional und intensional ausnehmend umfassende, dennoch scheinbar vertraute Begriff *Information* ist – trotz aller anzuratender Vorsicht beim Deklarieren – ein Kandidat für das Prädikat *sui generis*. Das Einzigartige in ihren Charakteristika besteht darin, sowohl Materielles als auch Ideelles und im Status/Ereignisbild zudem sowohl Aktuelles(Faktisches) als auch Potenzielles zu vertreten, erkannte und denkbare (wahrscheinliche) *Form* sowie ‚objektivierte *Semantik*‘, nutzbares Wissen, zu sein; außerdem in den mannigfaltigen physischen Ausprägungen stofflicher und/oder energetischer Strukturen als statischer Träger oder dynamischer Ströme zu bedürfen bzw. sie anzuzeigen. Die materielle und ideelle Vielfalt fächert sich noch weiter auf, wenn der lateinische Ursprung des Terminus beachtet wird. Danach bedeutet *informare* ‚bilden‘, eine Form geben, generieren; und *forma* repräsentiert mit Form, Gestalt, Konstitution, Species, Erscheinung(sform), (An)Ordnung... den begrifflich integrierten gewaltigen strukturellen Reichtum.

Informationen besitzen als Konterfeis der *Wirklichkeit* und *Möglichkeit* prinzipiell die Eigenschaften der *Aktualität* und *Potenzialität*.

Informationen haben bekanntlich mathematisch-statistische, syntaktische, semantische, sigmatische (den Referenzbereich der Semantik betreffende) und pragmatische Aspekte, die miteinander verbunden sind. Von der Codierung über die Syntax, Semantik bis zur Pragmatik vertiefen und explizieren sich die *Bedeutungsinhalte* der Information. Daten fungieren im Verständnis der Semiotik lediglich als potenzielle Informationen für die Bedeutung des ‚übertragenen Wissens‘. Metaphorisch gedeutet sind Haufen oder selbst Stapel gut geformter Steine ebenfalls bei weitem noch kein Gebäude.

Die potenzielle Information/faktische Unbestimmtheit I_{pot} quantifiziert (meist in Bits) den Informationsgehalt (z.B. einer Datenmenge, einer Nachricht). Er kann das Nichtwissen eines Akteurs beseitigen.

Für die die potenzielle Information, d.h. zugleich die faktische Unbestimmtheit, des *i*-ten Ereignisses/Zustandes, gilt:

$$I_{\text{pot}, i} = - \ln p_i$$

Für die *mittlere potenzielle Information* ergibt sich damit:

$$I_{\text{pot.}} = \sum_{i=1}^w p_i I_{\text{pot.}, i}$$

Die $p_i = P(X_i)$ mit dem Wertebereich $0 \leq p_i \leq 1$ repräsentieren a-priori *Eintrittswahrscheinlichkeiten/Auftretenswahrscheinlichkeiten* beliebiger – inhaltlich zunächst nicht weiter spezifizierter – *diskreter Ereignisse/Zustände* X_i aus

der Gesamtmenge W . Bis auf multiplikative Konstanten entspricht die mittlere potenzielle Information sowohl der Shannonschen Informationsentropie:

$$H_{\text{Sh.}} = -1/\ln 2 \sum p_i \ln p_i,$$

als auch der energieskalierten Boltzmann/Planckschen Entropie, einer fundamentalen Größe der statistischen Theorie der Materie:

$$S_{\text{BP}} = -k_B \sum p_i \ln p_i \quad (3.1)$$

Daraus resultiert die Sinngebung der mittleren potenziellen Information als faktische Unbestimmtheit. Das Funktional H ist im Übrigen ein Sonderfall der umfassenderen Renyi-Entropie und bis auf eine Konstante eindeutig. Die von Shannon zunächst angedachte Begriffswahl favorisierte bemerkenswerterweise (als der Informationsvermittlung, der Kommunikationstechnik, tatsächlich näherliegend) uncertainty – Ungewissheit, Unsicherheit.

Leider sind stetige Größen, die *kontinuierliche Ganzheiten* informationell adäquat charakterisieren, bisher unbekannt. Ähnlich dem zur Newtonschen Gravitationskraft gehörenden Feld scheinen jedoch faktische physikalische, biotische, gesellschaftliche *Informationsfelder* und daraus resultierende *Feld-Objekt-Kopplungen* zu existieren. Beim Erfassen des Gravitationsfeldes bestehen die einzigartigen Vorteile darin, dass es nur einen Typus von Masse gibt und sich überdies alle Massen anziehen. Obgleich noch immer nicht erklärt ist, warum die Dinge eine Masse besitzen. Erkenntnistheoretische Hoffnungen tragen die gut ins Elementarteilchen-Puzzle einfügbaren, bisher unentdeckten, hypothetischen Higgs-Bosonen.

Der in der Wissenschaft ‚nachgeborene‘ informationelle Aspekt der Materie ist offenbar metrologisch noch nicht auf dem Erkenntnisniveau zur Masse (und der mit ihr verbundenen Zählgröße Stoffmenge für die Species k : N_k , n_k) oder gar zur Energie, für die sowohl Energiequanten als auch Energiefelder bekannt, bestimmbar und theoretisch eingeordnet sowie die Äquivalenz zur Masse ermittelt sind.

Hinsichtlich der *Informationsfelder* können derzeit lediglich Phänomene, wie Einwirkungen und Auswirkungen, beobachtet werden. Sie aktivieren, transformieren, steuern und regeln.

Informationen und Entropien als Explikate der Zustände und Prozesse

Zur Erinnerung: *Explikationen*, die wesensgemäß sequenzielle Prozesse sein können, zielen grundsätzlich auf Präzisierung, Verständlichkeit, Quantifizierung sowie Attraktivität und Effektivität ihrer symbolisierten Konstrukte.

Informationen und *Entropien* sind – wie erörtert, unmittelbar und charakteristisch mit stofflichen und energetischen Aspekten verbunden – zwei *fundamentale ‚Perspektiven‘*, unter denen die Zustände und Prozesse erfasst werden. Sie fungieren in verschiedenen theoretischen Systemen und in unterschiedlichen Ausprägungen als *Explikat*, wobei sie berücksichtigen können, dass in den Sphären des Mannigfaltigen und Vielfältigen das *wirklich Unterscheidbare* – das Faktische, das Aktuelle (akt.) – prinzipiell und wesensgemäß nicht mit dem *möglich Unterscheidbaren* – dem Potenziellen (pot.) – kongruent ist.

Entropien sind, sowohl im Verständnis der Thermodynamik als auch der Informationstheorie, Kriterien für die *Gestaltenfülle* (bezüglich der Menge, Vielfalt und Veränderbarkeit) der Konstituenten in der ‚bewerteten‘ Ganzheit.

Entropien sind generell makroskopische Zustandsgrößen, zeitliche Mittelwerte und speziell (d.h. situativ im Sinne der Statistik) Maße für die Menge aller Möglichkeiten im Mikrostatus eines stofflich, entropisch und energetisch sowie informationell gekennzeichneten Systems.

Die *thermodynamische* und die *informationelle Entropie* sind Teilentropien der Systeme. Beide fungieren als Maßstäbe für ‚unvorhersehbare Aktualitäten‘, für Defizite an Informationen über die gleichermaßen wahrscheinlichen Mikrozustände, für ein (abzählbares) *Quantum an Informationen*, das erforderlich ist, um die Erkenntnisse über den Mikrostatus zu spezifizieren.

Wegskizzen und ‚Triebkräfte‘ der Veränderungen und Entwicklung

Eine, von den in Kooperation initiiierenden, limitierenden und strukturierenden Systemelementen selbst ausgehende und getragene Systementwicklung, bewirkt die *Selbstorganisation*. Das System kann sich mit eigenen Mitteln – kraft der Selbstinstruktion, Selbstregelung und Selbstorganisation – aber nur dann verändern, wenn der *Treiber*, die *Veränderungsfähigkeit*, die ‚*change ability*‘, die mit der Shannon-Entropie H definierbare fördernde Redundanz:

$$\rho_{\text{Inf}}(H) = H_{\text{max.}} - H_{\text{akt.}}$$

deutlich von Null verschieden ist.

Beim *Äquilibrieren*, d.h. dem selbstregulierenden, auf ein neues, qualitativ höheres, adäquates dynamisches Gleichgewicht bzw. Nichtgleichgewicht gerichteten ‚Relaxationsprozess‘ zwischen einem System im Nichtgleichgewicht und seiner Umgebung, wird die potenzielle Information $I_{\text{pot.}}$ in aktuelle Information $I_{\text{akt.}}$ überführt. Es lässt sich zeigen, dass die Summe aus beiden

normierten, dimensionslosen Informationen einer dimensionslosen Entropieproduktion entspricht.

Aus verschiedenen Fachgebieten gibt es, wie ebenfalls von Lothar Kolditz angerissen, Hinweise auf ein, zur Selbstorganisation komplementäres, vermutlich *generelles Wirkprinzip*. Danach können in komplexen Systemen nicht apodiktisch präformierte (codierte) Strukturen, infolge deterministisch chaotischer Prozesse und in bestimmten Zeitfenstern, wie besonders dynamischen Lebens-, Transformationsphasen, begünstigt sowie nach der Aufhebung von ‚Reaktionshemmungen‘ im weitesten Wortsinn (d.h. z.B. der Aktivierung der Gene, Genome, Meme oder anderer informationeller ‚Grundeinheiten‘) über äußere informationelle Einwirkungen nachträglich (*epigenetisch*, *epimemetisch* ...) oder simultan zur Selbstorganisation im jeweiligen Organismus Strukturen generiert und weiterentwickelt werden.

Beim Informationswechsel bewirken induzierende informationelle Inputs (incoming informations) diese koordinative, adaptive und reaktive Neuorganisation des interagierenden komplexen Systems. Sie beeinflussen das Verhalten von Elementen des Organismus oder als Ganzheit.

Unter *Verhalten* seien die von außen beobachtbaren Ein- und Umstellungen des Organismus/Systems sowie die sie verursachenden Bewegungen subsumiert. Es kann nach mehrheitsfähigen verhaltenswissenschaftlichen Auffassungen *orientierend*, *motivierend* und *final realisierend* sein. Aus der kommunikativen Umwelt empfängt der Organismus Informationen (mit dem Charakter von Nachrichten), die bereits vom Sender mit Bedeutungen belegt sind. Die nichtkommunikative Umwelt transferiert Informationen (mit dem Charakter von Daten), die der Organismus erst mit Bedeutungen (für sich, ggf. auch für andere) belegt. Daneben gibt es Reflexe des Organismus auf strukturell-funktionelle Informationen aus seiner unmittelbaren Eigenumwelt [2].

Wegen der physischen Ausprägungen der Information, der stofflich-energetischen Träger der Semantik und infolge des differierenden informationellen Wertes der transferierten Zeichen aller Art bzw. der linguistischen Konstrukte (Phoneme, Wörter, Wortklassen, Entitäten, Texte etc.) gehören zum Eigenschaftsspektrum übertragener Informationen die *Transferentropien*. Bei Informationen aus der kommunikativen Umwelt, also Nachrichten, sind sie wesensgemäß niedriger als in den beiden anderen Fällen der Organismus-Umwelt-Interaktion.

Die *Äquilibrationen* resultieren – nach der vorherrschenden wissenschaftlichen Auffassung – aus der *Assimilation*, der Einordnung, der *Einpassung* in bestehende Systemstrukturen (Muster, Schemata, Matrices etc.) oder/und

mittels der *Akkommodation*, einer modifizierenden, differenzierenden, integrierenden Adaption, d.h. unter *Anpassung* der inneren Struktur an die neuen Bedingungen – einem Fitness generierenden Fit. Im Grenzfall kann das bis zum Aufgehen in einer neuen Umgebung führen.

Für das *menschliche Denken* bedeutet Äquilibration insbesondere Anpassung an neue Wahrnehmungsschemata, die Entwicklung neuer Denkstrukturen, das Erarbeiten erweiterter und vertiefter Erkenntnisse mit daraus resultierenden Handlungs- und Handlungsmustern.

Führende Vertreter der Berliner Psychologie-Schule um F. Klix heben hervor und belegen mit experimentellem Material, dass bei der Informationsverarbeitung, beim Wissenserwerb, dem Erkenntnisgewinn und der Wissensvermittlung, Kognition, Motivation und Intuition gleichermaßen wirken sowie ein Gefüge katalysierender oder inhibierender, interner und externer Entwicklungsgrößen zu beachten ist. Das verbindet nicht nur die sinnliche und rationale Stufe der Widerspiegelung, sondern formiert als Reflex die passive und aktive Akzeptanz zu Phänomen in allen Seinsbereichen, insbesondere Werturteile, die Toleranz und Maximen des Verhaltens.

In einigen Interpretationen zu bestimmten Aspekten der beschriebenen Sachverhalte oder für spezielle Anwendungsfelder finden sich in der Literatur die Begriffe *Negentropie* (eine sprachliche Kurzform für die per definitionem eigentlich ausgeschlossene negative Entropie, die als Maßstab des wirklichen Wissens interpretiert wird) und *Ektropie*. Der Statistiker und Verleger Georg Hirth führte 1900 in seiner, vom eigenen Verlag edierten, Publikation „Entropie der Keimsysteme und erbliche Entlastung“ den heute vor allem in der Biothermodynamik (life thermodynamics, human thermodynamics) erscheinenden Terminus Ektropie im Zusammenhang mit der energetischen Situation lebender Strukturen als Antonym zur Entropie ein. Es trägt erheblich zum Verständnis bei, die Präfixe zu decodieren. Die beiden logisch entgegengesetzten griechischen *Kunstworte* mit dem Wortstamm τροπή (tropé) – also Wendung, Umwandlung – unterscheiden sich sprachlich im konträren Präfix: ἐκ (oder ἐξ, auch in der lateinischen Entsprechung ex) – aus, heraus, im übertragenen Sinn: *infolge von*. ἐν bedeutet in, innerhalb, mit und im Zusammenhang mit Veränderungen, *wohin*‘.

Intensional soll mit der Ektropiezunahme (Negentropiezunahme) die zur Entropiezunahme diametrale Tendenz zum vermeintlich Unwahrscheinlichem – zur Strukturbildung, zu wachsender Ordnung, zunehmender Organisiertheit, gekoppelt damit: steigender Verfügbarkeit notwendiger ‚freier‘

Energie, d.h. der Zunahme der Potentiale freie Energie F , freie Enthalpie G und Exergie E des Systems:

$$\Delta F = \Delta U - \Delta(TS), \Delta G = \Delta H - \Delta(TS), \Delta E = \Delta H - T_U \Delta S$$

ausgedrückt werden.

Die *Zustandsfunktionen* F , G , E (bzw. deren Änderungen d oder Δ) vereinen die Aussagen des 1. und 2. Hauptsatzes über thermodynamische Gleichgewichtssysteme. In diesem Sinne sind sie universell und haben einen herausragenden Stellenwert für den Diskurs.

Die zusätzliche Besonderheit der *Exergie* – der *maximalen arbeitsfähigen Energie* – besteht darin, die Umgebung (mit definitionsgemäß konstanten Intensitätsgrößen $\Gamma_{j,U} = \text{const.}$ und dafür genügend großen Extensitäten, die die Quantitätsgrößen $P_{j,U}$ bemaßen) als *Referenzsystem* Σ_U sowie das offene – ggf. substrukturierte – *Kernsystem* Σ in einer *disjunkten Ganzheit* $C = \{\Sigma_U, \Sigma\}$ zu verbinden und so die vorteilhafte emergente Eigenschaft E zu bilanzieren.

Die gewählten integralen Notationen sind bewusst nicht auf die isotherme Prozessführung eingegrenzt, damit zweierlei erkennbar wird:

Erstens, dass für die angeführten Zustandsfunktionen (und deren Änderungen) grundsätzlich die, die Energiequalität pragmatisch differenzierenden, Beziehungen

$$\text{freie Energie} = \text{Energie} - \text{gebundene Energie}$$

und

arbeitsfähige Energie (Exergie) = Energie – nicht arbeitsfähige (Anergie) gelten.

Sie widerspiegeln den phänomenologischen Sachverhalt unterschiedlicher *Nützlichkeit* (utility) und *Verfügbarkeit* (availability) der Energien in jeglichem physikalisch basierten Zustand und Geschehen.

Und *zweitens*, dass die *gebundene Energie*, die *thermische Energie* $TS = \Gamma_1 P_1$, als spezielle, in der Eulerschen Gleichung $U = \sum_j P_j \Gamma_j = \sum_j P_j \Gamma_j$ additive, *Energieart* aus der theoretisch und praktisch herausragenden Intensitätsgröße absolute Temperatur $T = \left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_{V, n_k} = \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_{p, n_k} \left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_{V, n_k} = \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_{p, n_k}$ und der dazu konjugierten, fundamentalen Quantitätsgröße (extensiven Speichergröße) Entropie S gebildet wird.

Abgesehen von Idealisierungen ändern sich nur bei Phasenreaktionen, wie der Verdampfung l, v , der Kondensation v, l etc., die thermischen Energien ausschließlich über $T \Delta_{l,v} S$ etc. Reale Mischungen (M) und chemische, biochemische... Reaktionen (R) (sowie zahlreiche weitere natürliche Prozes-

se, d.h. irreversibel mit Entropieerzeugungen $d_i S$ und Entropieproduktionen $d_i S/dt$ ablaufende Zustandsänderungen) bewirken $\Delta_M(TS)$ und $\Delta_R(TS) = T\Delta_R S + S\Delta_R T$. Andernfalls müssten spezielle, zumeist technisch aufwendige, thermische Regulationen das thermische Gleichgewicht $T = \text{const.}$ sichern.

Es ist außerdem für die Energetik von besonderer und für deterministisch chaotische Prozesse von genereller Bedeutung, dass kein Kreisprozess allein mit dem Import und Export thermischer Energie gestaltet werden kann. Gesetzmäßig muss eine 2. Energieart vor allem zum Schließen des Kreisprozesses beteiligt sein. Das ist überwiegend die mechanische Energie.

Schon Aristoteles interpretierte intuitiv *Enérgeia* als Wirkkraft mittels der ‚Mögliches in Seiendes übergeht‘. Auf dem heutigen Erkenntnisniveau ordnen wir diese besondere Fähigkeit dem freien (vollständig in Arbeit wandelbaren, daneben als maximale Reaktionsarbeit $W_{\text{max.,R}} = -RT \ln K$ gewinnbaren), arbeitsfähigen Teil der Energieformen und Energieanteile zu.

Dadurch beantworten sich jedoch noch nicht die Fragen, wie und warum unter der arbeitsteiligen Regie des globalen Energie- und Entropiesatzes *in* und/oder *aus entropischen ‚Seen‘* (insbesondere biotischer und sozialer Natur) energie- und strukturökonomische, effiziente entropische Systeme ggf. mit eingebetteten ektropischen Substrukturen entstehen. Gesichert scheint die Existenz *entropischer Kräfte*, die ihre Ursache in der – über äußere Zwänge intensivierten – thermischen Bewegung in Vielteilchensystemen haben und heterogenisierende Cluster oder Substrukturen generieren, die als ektropische Tools, als ‚Ordner‘, in der inhomogenen komplexen Gesamtheit fungieren.

Dafür stehen u.a. die Formierung von Strukturen in binären Hartkugelsystemen aus einigen wenigen größeren in einem weit überwiegenden See deutlich kleinerer, die als wechselwirkende Teilchen einer Sorte allein repulsiven Kräften unterliegen; die Ausbildung osmotischer Drücke zwischen Kompartimenten, die von semipermeablen oder selektiven (Bio)Membranen räumlich getrennt sind oder auch die Koagulation von Erythrocyten unter bestimmten Bedingungen.

In all diesen Fällen führt die Ektropieproduktion in den thermodynamisch offenen Systemen zur Strukturierung, zur Vergrößerung der Ordnung. Das Phänomen ist mit der Maximierung der Entropieproduktion fern vom Gleichgewicht verbunden.

Analoge heterogenisierende Cluster oder Substrukturen, wie Interessengruppen, Klassen, Parteien, Eliten etc., die sich aus Gesamtheiten auf Grund von Besitz- und Aneignungsverhältnissen sowie u.U. sogar diametralen

Zielorientierungen definieren, separieren und selbstorganisieren, sind hinsichtlich ihrer Herausbildung, Organisiertheit Einflussnahmen und Wirkungsweise als ‚entropische Tools‘ in den unterschiedlichen Gesellschaftsformationen erkennbar. Als maßgebende ‚entropische Kraft der Gesellschaft‘ wird gern der Wettbewerb gepriesen. Entscheidender sind jedoch die gesellschaftlichen Widersprüche. Mit diesen Anmerkungen soll nur eine gedankliche Brücke zu gesellschaftlichen Phänomenen und Entwicklungen geschlagen werden.

Angesichts des Stellenwertes des objektiven deterministischen Chaos und – το ξαοσ – *gähnend weiter Räume*, ist es treffend mit Goethe zu resümieren, das dieser Erdenkreis noch Raum zu großen Taten gewährt; und mit Albert Einstein festzustellen: „Jede Ordnung ist der erste Schritt auf dem Weg in ein neuerliches Chaos“ [3]. Bei dieser fortwährenden Regeneration – des nur sprachlich singulare tantums – Chaos erweist sich mehrfach, was Victor Hugo in den ‚Elenden‘ betonte: „Die großen Zufälle sind das Gesetz. Die Ordnung kann nicht auf sie verzichten“ [4].

Literatur

- [1] L.-G. Fleischer: „Komplexität, Inter und Transdisziplinarität“, In: LIFIS-ONLINE [15.04.10], www.leibniz-institut.de/archiv/fleischer15_04_10
- [2] G.Tembrock: Moderne Verhaltensforschung, In: Wissen aus erster Hand - Erkenntnisse, Erfahrungen, Erfolge der Wissenschaft, L.-G. Fleischer, H. Hess [Hrsg.], Berlin 1981, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, S 67ff.
- [3] A. Einstein: In: [www. mm hs-heilbronn.de/Seite2/](http://www.mm.hs-heilbronn.de/Seite2/) Sprüche
- [4] V. Hugo: „Die Elenden“, Düsseldorf 2006, S.1216