Leibniz Online, Nr. 28 (2017)
Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e. V.
ISSN 1863-3285

Lutz-Günther Fleischer (MLS)

Anmerkungen zu (realen und imaginären, disziplinären und transdisziplinären) Netzwerken in der Wissenschaft

Vortrag auf der Plenartagung „Molekulare Netzwerke in Biologie und Medizin“ am 6. April 2017

Veröffentlicht: 15.06.2017

Namhafte Experten aus führenden medizinischen und pharmazeutischen Institutionen Deutschlands sowie Österreichs, die ich herzlich begrüße, tragen Exemplarisches und Profilbestimmendes zum Thema „Molekulare Netzwerke in Biologie und Medizin“ vor.

Ein Blick auf die vorliegenden Abstracts bezeugt die sachliche Vielheit und Einheit, die jene molekularen Netzwerke konstituieren, in denen wesentliche zelluläre und subzelluläre Prozesse stattfinden.

Mit zwei *Thesen* sei das gemeinsame Anliegen grundsätzlich eingeordnet und wissenschaftstheoretisch charakterisiert.

Erstens: Für die universelle und ubiquitäre organisierte Komplexität (die ich bewusst der Kolmogorow‘schen Komplexität entgegensetze, die mit einer dominant zufälligen Assemblierung korrespondiert) sind neben den Hauptmerkmalen Vielzahl sowie Vielfalt (Mannigfaltigkeit, Vielförmigkeit, Vielgestaltigkeit etc.) der interagierenden Konstituenten und der emergenten Ebenen, Netzwerke in und zwischen den Organisationsebenen wesensbestimmend.

Als Netzwerke werden – mathematisch als Graph modellierbare – Raumordnungs-Systeme mit zu (einer oder mehreren) Masche(n) gehörenden strukturtypischen Knoten verstanden, die über Kanten miteinander verbunden sind und über Mechanismen zu ihrer Organisation verfügen. Die vermittels der geschlossenen Züge aus Kanten und Knoten: den Maschen, aufgebauten *redundanten Verbindungen,* lassen unterschiedliche Wege im zumeist *dynamischen Netzwerk* zu und definieren auf diese Weise deren Organisations-Mechanismus als typischen Zusammenhang und Fortgang – eine selbstständige und zwangsläufige Abfolge.

Zweitens: Natürliche Netzwerke und ihre adäquaten, problemspezifisch *adaptierten Modelle* sind typische reale bzw. sachbeschreibende, wissensorganisierende dynamische Raumstrukturen hoch komplexer – insbesondere Leben tragenden – Systeme sowie in ihnen etablierter oder generierter Prozesse und damit exponierte Angelegenheiten der Biologie, der Medizin, in einem: der life sciences.

Als dafür grundlegend erweisen sich – sekundiert von der evolutionären Systemtheorie – die persistente Physik und mathematische Beschreibungen. Die derzeit dominierenden Raumordnungs-Modelle sind Metaphern biotischer Originale. Der Baum fungiert ursprünglich als Metapher für strenge hierarchische Strukturen mit charakteristischen Verknüpfungen in den verbundenen Schichten/Ebenen. Inzwischen tritt das Sprossachsensystem (Rhizom) als Bildspender im Gleichnis an dessen Seite. Mit seiner leistungsstarken Spezifik ergänzt und modelliert die *Rhizomazität* mit ihren mitbestimmenden heterarchischen Elementen dynamische Struktur-Funktionssysteme. Sie vereint dialektisch widersprüchlich Ebenen spezifisch und Ebenen integrierend auf dynamischen Plattformen die Konnexion und Heterogenität.

Charakteristisch verkettete, verzweigte und verflochtene emergente Netzwerke unterschiedlichster Organisationsniveaus: im biotischen Organismus von Makromolekülen, Organellen, Zellen, Zellverbänden über Gewebe bis zu den differenzierten Organen und Lebewesen, tragen und sichern lebenswichtige kontrollierende, steuernde sowie regelnde Funktionalitäten, und sie formieren komplexe Eigenschaften, wie den Geno- und Phänotyp eines Organismus.

Die in unserem Kolloquium akzentuierten fundamentalen und kausalen *molekularen Interaktions-Netzwerke* determinieren in molekularen Organisationsebenen von Genen, Proteinen und Metaboliten sowie bei mikroskopischen/molekularen Betrachtungsweisen – zahlreiche physiologisch relevante – funktionell-strukturelle Konstellationen und die Wirkungsvielfalt; sie präformieren zudem den Charakter makroskopischer Zustände und zugeordneter kooperativer Prozesse aller Art.

„*Netzwerke* sind formalisierte Beschreibungen der Moleküle einer Zelle, zum Beispiel Proteine, und bilden das Zusammenspiel von tausenden unterschiedlicher Proteine ab. Die Proteine werden als Knoten und deren Wechselwirkungen als Kanten des Netzwerkes dargestellt. Die Struktur und Eigenschaften des Netzwerkes als Abbild der komplexen Zusammenhänge in der Zelle lassen sich dann mathematisch beschreiben. Auch in sehr großen, stark verknüpften Netzwerken lassen sich Bereiche mit vielen Kanten (*cluster*) ebenso wie zentrale Proteine (*hubs*) und Proteine an der Peripherie mathematisch erkennen“, betont Ulrich Stelzl, den wir als Referenten unseres Kolloquium erleben werden, in einem Forschungsbericht des Max-Planck-Instituts für molekulare Genetik Berlin. [Stelzl 2015, S.1]

Molekulare Wechselwirkungsnetzwerke stellen die Interaktionen und demzufolge das kooperative Wirken der Moleküle in den so charakterisierten Zellen dar. Ihrer Natur nach sind sie u. U. primär chemisch vernetzt. In Gelen aus – vornehmlich polysaccharidischen und proteinischen – Hydrokolloiden existieren zudem mehr oder minder gut ausgebildet/geordnet und temporär dreidimensionale Verhängungsnetzwerke (Entanglements) mit Verhakungen und Verhängungen verknüpfter Hydrokolloide und bestimmter Durchdringbarkeit der Knäuel in denen das Solvens eingeschlossen ist.

Die Analyse natürlicher, insbesondere biotischer Netzwerke, die Beeinflussung ihres Aufbaus, ihrer Wirkungsweise, die Kenntnis ihrer Genesis und Architektur der Ursachen und Modalitäten inhärenter Prozesse, der Unterschiede von ur- und nebensächlichen Veränderungen, das Wissen um die ätiologischen Verlaufsformen strukturell-funktioneller Defizite, die zu Insuffizienzen oder zum Totalausfall von Teilen oder der biotischen Gesamtheit führen, sind von überragender Bedeutung in den life sciences. Sie gehören zu den qualitätsbestimmenden Basiselementen der medizinischen Diagnostik, Therapie und Prophylaxe. Essentiell integriert sind die zunehmend beanspruchten Grundlagen der Genom- und Proteomanalyse.

Der demgemäß zu erörternde spürbare Erkenntnisfortschritt für die medizinische Versorgung sowie der aktuellen (vernetzten) Forschung und die anspruchsvollen, wissenschaftlich noch zu bearbeitenden Problemstrukturen bilden den Gegenstand des interdisziplinären Kolloquiums.

Das imaginäre Netz(werk) des Erkennens

Zur Deutung der Beziehungen zwischen den Erkenntnissen der Naturwissenschaften über die Wirklichkeit (W2) zur eigentlichen Wirklichkeit W1 (dem Sein und dem Sosein, dem Ontisch-Ontologischen) sowie dem Kognitiv- Diskursiven, führt der *Astrophysiker Sir Arthur Eddington* in seinem 1939 erschienen Buch „*The Philosophy of Physical Science“* eine einprägsame Parabel an.

Er vergleicht den Naturwissenschaftler mit einem Ichthyologen, verknüpft die Sachebene mit Reflexionen. Der renommierte Quanten- und Kernphysiker Hans Peter Dürr[1] leitete aus der Parabel *Eddingtons* den Titel seines Buchs „Das Netz des Physikers“ ab. Es/Er befasst sich intensiv mit dem Beitrag des naturwissenschaftlichen Denkens zu einem Gesamtverständnis unserer Wirklichkeit sowie mit der Wissenschaftsethik und ihrer praktischen Umsetzung.

Um das Leben im Meer zu erforschen wirft der Fischkundler sein NETZ aus, bewertet exakt die hinreichend große Zahl von Fängen mit allen bewährten wissenschaftlichen Methoden und entdeckt zwei Grundgesetze:

---

[1] Hans Peter Dürr (07.10.1929 -26.03.2017),Träger des alternativen Nobelpreises (1987), Heisenberg-Schüler, mehrfach Direktoriumsmitglied – letztmalig von 1987 bis 1992 – Direktor des Werner Heisenberg Institutes am Max Planck Institut für Physik und Astrophysik München.

1. Alle Fische sind größer als fünf Zentimeter
2. Alle Fische haben Kiemen

Die Beschreibung der Erkenntnisse als Grundgesetz rechtfertigt er mit dem Tatbestand, dass sich die Befunde unter diesen Bedingungen ausnahmslos und widerspruchsfrei reproduzieren, also bestätigen und überdies extrapolativ für Voraussagen nutzen lassen.

Die persistente Naturwissenschaft Physik, die „Natürliche", beschreibt, wie all ihre Schwestern, Verhaltensregularitäten der komplexen Beobachtungsobjekte, ohne darüber Auskunft zu geben, wie sich Naturgesetze in ein umfassendes Weltbild einfügen könnten. Diese Aufgabe obliegt eigentlich der Metaphysik, der Naturphilosophie, der Erkenntnistheorie, der synthetischen Philosophie (um einen wohl erwogenen Terminus des Philosophen Günter Ropohl aufzunehmen.

Verfolgen wir – dabei im Wesentlichen Dürrs Argumentation aufnehmend – nur die kritischen Einwände und versus die rechtfertigenden Argumente zum *ersten „Grundgesetz" über die Mindestgröße der Fische*.

Ein *kritischer Metaphysiker* wendet ein: Es gibt im Meer sehr wohl Fische kleiner als fünf Zentimeter, die deinem Netz entgehen. Aber er hat Schwierigkeiten, die „Objektivität" im Sinne ichthyologischer Objekte zu beweisen. Die Entgegnung des Ichthyologen: „Was ich mit meinem Netz nicht fangen kann, liegt prinzipiell außerhalb des fischkundlichen Wissens – es ist somit vage Spekulation".

Wir wissen, dass sich darin kein echter Widerspruch offenbart, sondern die Ursache verschiedener Betrachtungsweisen.

Ein zweiter Betrachter, nennen wir ihn *Kantischer Erkenntnistheoretiker*, versucht zu vermitteln, indem er einerseits den subjektiven Charakter des Grundgesetzes über die Minimalgröße der Fische bestätigt, andererseits testiert: Das Gesetz basiert nicht nur auf dem mühsamen, langwierigen Umweg des wiederholten Fangs und Vermessens der Fische, sondern viel direkter und überzeugender auf *Messungen der Maschenweite des Netzes*. „Das entspricht der Kantischen Aussage, dass die grundlegenden allgemeinen Einsichten der Physik sich deshalb in den Erfahrungen bewähren, weil sie *notwendig Bedingungen für* die Erfahrungen aussprechen." [Dürr 1988, S. 31]

Das Gleichnis ist selbstverständlich vereinfacht, dennoch differenziert genug, um wesentliche Beziehungen zwischen der objektiven Wirklichkeit und der Naturwissenschaft angemessen zu beschreiben: „Die Naturwissenschaft handelt nicht von der eigentlichen Wirklichkeit, der ursprünglichen Welterfahrung, oder allgemeiner: was dahinter steht, sondern nur von einer *bestimmten Projektion dieser Wirklichkeit*. [Dürr 1988, S. 32] Entsprechend seinem Projektionscharakter ist das auf diese Weise ermittelte naturwissenschaftliche Wissen im Allgemeinen ein eingeschränktes Wissen von der metaphysisch vorgestellten eigentlichen Wirklichkeit. Darüber hinaus erhält das wissenschaftliche Wissen durch die Projektion auch eine bestimmte Prägung, wodurch sich der Charakter der wissenschaftlichen Welt gegenüber der eigentlichen Wirklichkeit qualitativ verändert" Die Entdeckung der Quantenmechanik lenkte schon im vergangenen Jahrhundert die Aufmerksamkeit auf erkenntnistheoretische Fragen; die prinzipielle Beschränkung wissenschaftlicher Aussagen wurde deutlich. Auf diesen Tatbestand wird im später nachfolgenden Text zurückzukommen sein.

Im gleichen Kontext äußerte sich der erfahrene Quantenphysiker Dürr, der auf den Spuren der kleinsten Bausteine das Weltbild zu den Quarks, Atomen und Molekülen zur *Vorstellung der erfahrbaren Wirklichkeit als Ganzes,* zur Philosophie, erhob: *selten genau zuordenbar, niemals exakt berechenbar oder klar vorhersehbar und in der Wirkung ausgewogen sein*.

Ohne Zweifel: Die originäre (empirische) Erfahrung hat weit mehr Facetten, ist um einiges reicher als die wissenschaftlich fundierte Einsicht. Aber: „Wenn wir die Natur auf das reduzieren, was wir verstanden haben, sind wir nicht überlebensfähig"[2], bemerkt H.-P. Dürr.

Die Parabel ist als mehrdeutiges (geometrisches, literarisches und logisches) Bild im Sprachspiel treffend gewählt. Im Scheitel der ebenen geometrischen Figur vereinen sich beide Äste (metaphorisch das Bildspendende und das Bildnehmende) in einem abstrakten Gemeinsamen: im Dritten des

---

[2] Dürr, Hans-Peter http://www.zitate.de/quote/7091

Vergleichs, einem gemeinsamen Merkmal, einer gemeinsamen Eigenschaft – dem *tertium comparationis* (Point of comparison).

Das *Netz* des Ichthyologen repräsentiert im Gleichnis, in der zitierten Parabel, ebenso die experimentelle, sinnliche und die gedankliche, methodische Ausstattung: die Sachwelt und die Werk-, Denkzeuge des Wissenschaftlers, um ‚einzufangen', zu sammeln, zu vermessen, zu ordnen, auszuwerten, zu beurteilen und zu verallgemeinern (zu abstrahieren).

Netze realisieren faktisch und symbolisieren – als Metapher für das gedankliche Rüstzeug und wissenschaftliche Methoden – Verbundenes, Verknüpftes und Verzweigtes. Sie enthalten Knoten, die Maschenweiten sowie Maschenformen dimensionieren und Netzwerkdichten determinieren. Da sie umhüllen, bieten sie nicht nur einen *Zusammenhalt*, sondern sind *auch Verengungen* der Wirklichkeit oder ideeller Architekturen. Damit ändern sie die Qualität der sachlichen, räumlichen und zeitlichen Strukturen und des Denkens.

Komplexe Netzwerke durchziehen Räume sowie Zeiten und prägen – im Wechselspiel von Kontinuität und Veränderung, von Kohärenz und Heterogenität – die Vielzahl und Vielfalt ihrer evolvierenden oder gezielt modifizierten Eigenschaften.

Meine diesbezüglichen Erfahrungen sammelte ich mit experimentellen Untersuchungen und physikalisch-mathematischen Modellierungen von Prozessen der Strukturbildung sowie der finalen Funktionalisierung von *Biopolymeren*. Die stofflichen Grundlagen bildeten, neben einigen Polysacchariden, vor allem unterschiedlich prozessierte, beim kühlungsinduzierten Sol-Gel-Übergang zudem über das Milieu modifizierte, Gelatine mit dreidimensionalen tripelhelikalen *Proteinnetzwerken*, sowie extraktiv und biotechnologisch gewonnene Hyaluronate für topische Applikationen. Praktisches Ziel der Gelatine-Arbeiten waren bestimmte pharmakologische und technologische Anwendungen.

Ein besonderes interessantes, zu einem Patent führendes, Erfahrungs-Feld boten in einem kooperativen DFG-Projekt native, gelbildende, enzymhaltige – daher reaktive – Antifouling Substrate von lebenden oder fangfrischen Pilotwalen (*Globicephala melas*) von den Färöer. Die sich bei der Selbstreinigung erneuernde Substanz ist in Zellzwischenräumen der obersten, verhornten Hautschichten mit ungefähr 100 Nanometer vertikaler Ausdehnung angesiedelt und wird von Poren mit Durchmessern von ca. 200 Nanometern umschlossen. (Siehe Abb. 3, Seite 10)

Abb.1 *AB-PAS-Reaktion bei der Penetration des immunstimulierenden partikulären Biopolymers (1→3)(1→6)-β-D-Glucanen aus saccharomyces cerevisiae in die vitale Epidermis (ex-vivo) eines definierten Ohrinteguments von Hausschweinen als humandermatologischem Modellsystem. Dicke der vitalen Epidermis: 45 – 50 µm; Dicke des Stratum corneum:18 – 20 µm.*

Deutliche intrazelluläre Rotfärbung der Keratinocyten als Reaktion der vitalen Epidermis auf eine 300-minütige Behandlung/Einwirkung mit (1→3)(1→6)-β-D-Glucanen aus saccharomyces cerevisiae (10% w/w) im Na-Hyaloronat-Gel als Carrier.

(Autoren:, L.-G. Fleischer, W. Meyer, B. Schönnagel)

Anmerkungen AB-PAS-Reaktion: Alcianblau-Perjodsäure-Schiff-Reagenz–Reaktion: Biochemisches Anfärbe-Verfahren für Kohlenhydrate, wie die Glykosaminglycane Glucan und Hyaloronat.
Die Epidermis des Hausschweines zeigt in histologischen Untersuchungen grundsätzlich die gleichen Strukturelemente wie menschliche Haut: Stratum basale, Stratum spinosum, Stratum granulosum und Stratum corneum (conjunctum/disjunctum)

Die makromolekulare Ebene definiert sich in Verbindung mit der Struktur der Einzelmoleküle aus dem makromolekularen Primäraufbau, den unterschiedlichen Kettenlängen sowie ihren häufig helikalen, über das cross-linking formierten Sekundär-, Tertiären- und ggf. Tertiärstrukturen, wie beim

Kollagen sowie seinen thermisch und chemisch entflochtenen und extrahierten Hydrolysaten, in dem Milieu und unter den obwaltenden physikalischen Bedingungen. Die Vernetzung einer Biopolymerkette mit einer anderen können kovalente Bindungen oder Ionenbindungen, von Wasserstoffbrücken unterstützt, und sich kooperativ verstärkend, bewirken.

Makroskopische und mikroskopische Netzwerke im Fokus der Wissenschaft

Insbesondere die *makromolekulare,* subzelluläre und die zelluläre *Ebene* ermöglichen die medizinische Aufklärung regulärer und pathologischer Basisprozesse und die gezielte Einflussnahme darauf.
Gewiss lassen sich mit immer besseren, an die dezidierten Emergenzebenen und favorisierten Betrachtungsweisen adaptierten und mit raffinierteren (intelligenten) Netzen die Sach- und Bildebenen umfassender, vollständiger und genauer erfassen. Dennoch bleibt es beim Projektionscharakter der komplizierten wissenschaftlichen Weltbilder und den einschneidenden quantenmechanischen Beschränkungen. Die Verwendung des reichen Arsenals der Metasprache Mathematik für die formalisierten Formulierungen und Verknüpfungen von Tatbeständen sowie effektive Problemlösungs-Algorithmen, ermöglicht es allerdings, von den konkreteren Inhalten, dem WAS zu abstrahieren und generellere Ordnungen zu generieren. Wie mit den Graphen für molekulare Netzwerke skizziert, gelten derartige Interpretationen der erfahrbaren relationalen Wirklichkeit ohne Einschränkung für die Modelle der komplizierten molekularen Protein-Netzwerke mit ihren *Relationen* und den *Funktionen* in Form wechselwirkender Punktmengen sowie den Verbindungen gewisser Punktpaare über Kurven. Zur Erinnerung: Proteine bilden im mathematischen Modell Knoten, die Interaktionen zwischen Proteinen die Kanten und die geschlossenen Züge aus Kanten und Knoten die Maschen unterschiedlicher Formen und Dimensionen.

Vor allem der Naturwissenschaftler schafft ein mathematisches Gebäude, „das durch einen Prozess von ‚trial and error' immer besser die Struktur (nicht den Inhalt) der Wirklichkeit nachzubilden versucht" [Dürr 1988, S.35). Er wählt dazu ein Netz, eine Sprache, ein Paradigma, das der Wirklichkeit in gewisser Weise angepasst ist und eine Optimierung dieses Übersetzungsprozesses erlaubt.

Einen hervorragenden – weil zu den elementaren Ursachen führenden – Stellenwert haben die Netze mit kleineren, mit mikroskopischen Maschenweiten und ebensolchen, wie Francic Bacon sagt, *„lichtbringenden" Betrachtungsweisen*.

In dem Buch „Allgemeine Systemtheorie. Einführung in transdisziplinäres Denken[3] entwickelt der Technikphilosoph Günter Ropohl eine (Allgemeine) Systemtheorie als bedeutsames analytisch-methodisches wissenschaftliches Instrumentarium. Um sich zugleich von alltagssprachlichen und trivialen Systemauffassungen abgrenzen zu können, nutzt er parallel drei unterschiedliche Sprachen (mit ihrem eigentümlichen Zeichenvorrat und deren reflexiver Beziehbarkeit): eine *„generalistische Wissenschaftssprache* (Ropohl 2012, S. 11), eine *mathematisch-formalisierte Darstellung* und die *grafische Aufbereitung komplizierter Zusammenhänge*. Dieses sinnreiche Vorgehen des kooperativen

---

[3] Der Begriff **Transdisziplinarität** wird, selbst in der wissenschaftlichen Literatur, bisher nicht einheitlich gebraucht. Der Autor (L.–G. F.) schließt sich solchen Auffassungen an, die partiell oder kumulativ akzentuieren: ***Transdisziplinarität*** bezeichnet ein *integratives Prinzip* (Paradigma) der zweckrationalen Problembehandlung, Entwicklung und Forschung, das primär die Methodologie, das Rationalitätsverständnis der systematischen Zweck-Mittel-Abwägung, aber auch die holistische Organisation der Bearbeitung spezieller komplexer Probleme und die adäquate (fachübergreifende) Widerspiegelung der Resultate betrifft, wobei wissenschaftliche Methoden, disparates Wissen verschiedener Wissenschaftsdisziplinen sowie die Systemtheorie bewusst mit praktischen Erfahrungen, mit problemrelevantem außerwissenschaftlichem Wissen, in praktikablen Rationalitäten (Ganzheiten) vernetzt werden und die Ergebnisse den wissenschaftlichen und pragmatischen Kriterien genügen.
Der theoretische Ort der Transdisziplinarität findet sich – nach Ropohl – in einer von der synthetischen Philosophie angeleiteten wissenschaftlichen Systematisierung „nicht ‚zwischen' oder ‚über' den Disziplinen, sondern *jenseits des disziplinären Paradigmas"*.

Gebrauchs dreier Zeichensysteme unterschiedlichen Typs: mit sich ergänzenden Funktionalitäten und komplementären dynamischen *Leistungsmerkmalanforderungen* (Feature-Requests) nehmen fundamentale Erkenntnisse zu den „Sprachspielen“ auf. „Ich werde auch das Ganze: der Sprache und der Tätigkeiten, mit denen sie verwoben ist, das »Sprachspiel« nennen.“ Schreibt Wittgenstein [Wittgenstein 1997, §79].

Nach den gegenwärtigen Auffassungen stellt grundsätzlich ein *Zeichen* eine *relationale Trias* von Syntaktischem, Semantischem und Pragmatischem dar. In dem Sinn sind Zeichen immer verflochtene Beziehungsgefüge und in ein *komplexes Wirkgefüge* eingebettet. „Wie man jetzt voraussetzen kann, kommen in der Wirklichkeit keine Zeichensysteme vor, die völlig exakt und funktional eindeutig für sich alleine funktionieren.[...] Sie funktionieren nur, weil sie in ein bestimmtes semiotisches Kontinuum eingebunden sind, das mit semiotischen Gebilden unterschiedlichen Typs, die sich auf unterschiedlichem Organisationsniveau befinden, angefüllt ist. Ein derartiges Kontinuum wollen wir [...] als *Semiosphäre* bezeichnen" [Lotman 1990, S. 288] Da es bei den multiplen Sprachspielen um den ‚kreativ-spielerischen‘ Umgang mit mannigfaltigen *Strukturen und* vielfachen – zudem kontextabhängigen und partiell erfahrungsgeprägten – *Bedeutungen* geht, darf wohl die umfassendere Charakterisierung des Titels der germanistischen Dissertation von Inge Steutzger [Steutzger 2011,Titelseite] herangezogen werden: *„Zu einem Sprachspiel gehört eine ganze Kultur*“. Der Semiotiker und Literaturwissenschaftler Lotman spricht bei der Semiosphäre vom Kontinuum, also etwas ununterbrochen oder lückenlos Zusammenhängendem. Mir scheint der kulturrelevante Terminus *Wirkgefüge* authentisch. Handelt es sich doch um ein dynamisches Netzwerk mit Heterogenität, ohne ideale Ordnung und ohne ausschließlich logische Konstanten. In ihm dominieren sich überlagernde sowie (auch) kontingent zusammenhängende und zusammenspielende Dinge, Prozesse und Ereignisse, die mit skalierten Kopplungsintensitäten nebeneinander und aufeinander einwirken oder/und sich wechselseitig bedingen. Nota bene: Netzwerke gehören zu den exponierten komplexen Zeichensystemen der besagten Semiosphäre.

Ropohl berücksichtigt implizit dieses Gedankengut in seiner Einführung in das *transdisziplinäre Denken*. In toto plädiert er für seine Idee einer *„Synthetischen Philosophie*“, die jenseits der Einzelwissenschaften angesiedelt ist: Sie „verarbeitet und verknüpft deren grundlegende Erträge, soweit sie für allgemeines Weltverständnis oder praktisches Problemlösen von Belang sind“ [Ropohl 2012, S.9]

Von hohem Wert für die Beschreibung von Erkenntnissen der jüngeren multi- und transdisziplinären Entwicklung sowie der Wissensorganisation, darunter die Einsichten der life sciences mit ihren Konnektivitäten und Inhomogenitäten, den teilweise disparaten Wissenselementen, kann – wie vorn erwähnt – das natürliche *Netzwerk Rhizom* ein besonders geeignetes Muster sein. Mit *Rhizomorphizität*[4] wird demgemäß eine Modalität beschrieben, bei der in Feldern *polyzentrischer dynamischer*

---

[4] Das **Rhizom** ist (als biotisches Original und als metaphorisches, von Gilles Deleuze und Félix Guattari entwickeltes *Strukturmodell* zur *Weltbeschreibung* und poststrukturalistischen *Wissensorganisation*) ein verzweigtes, verästeltes, in sich verschiedenartig verflochtenes System. Im Rhizom *verweben sich Einheit und Vielheit* korrelativ. Das eine existiert weder vor oder über dem anderen, noch hebt das eine das andere auf.
In dem nicht hierarchisch zentrierten Raumbild treten anstelle der Einheit differente, miteinander formenreich verbindbare Vielheiten (sog. Plateaus) in den Fokus der Beobachtung und Interpretation. Jeder Punkt kann demzufolge beliebig mit jedem anderen Punkt verbunden werden. Ausgezeichnete Punkte sind die *Noden* (originär sind das z.B. verdickte Ansatzstellen von Blättern). Konoden verbinden im Gleichgewicht stehende Punkte (Zustände) miteinander. Rhizomatisch können diverse Perspektiven und mannigfaltige Ansätze frei verkettet werden. Ein Zentrum existiert nicht. Der *Wert scheinbar chaotischer Verknüpfungen*, wird überdies erst verständlich und beschreibbar, wenn diese als Rhizom modelliert werden. Das Rhizom funktioniert nach den Prinzipien (Theoremen) der *Konnexion* und der *Heterogenität.* Der in den Natur-, Technik-, Kultur- und Geisteswissenschaften etablierte Begriff *Heterogenität* besagt, dass die Verbindungen eigenständig und unabhängig voneinander bleiben.

Wirk- und Beziehungsgefüge prozessual Plateaus gebildet und ständig verändert werden, für die generell faktische *raum-zeitliche* Vielheiten mit Heterogenitäten und Konnexion charakteristisch sind**.**

Das heterogene und konnektive Netzwerk Wissenschaft – Strukturen, Ziele Mittel und einige themenrelevante Fortschritte

Die Naturwissenschaften Physik, Chemie, Biologie sowie ihre Hybride, wie die Physikochemie, Biophysik, Biochemie, haben aufgrund ihrer intensiver fortschreitenden *Spezialisierung immer weniger die Natur als Ganzes zum Gegenstand, sondern sich reduktionistisch verkleinernde Teile*. Disziplinär platzieren sie sich im Spannungsfeld des transdisziplinären Holismus und des hochspezialisierten Partikularismus. Angesichts der *zunehmenden (deterministischen und probabilistischen) Komplexität* wirft das die ewige und generelle Frage vom Verhältnis von Teil und Ganzen *immer* drängender auf.

Für die *Human-Medizin* weist die Deutsche Muster-Weiterbildungsordnung vom März 2008 (ohne die Zusatz-Weiterbildung) allein 33 relativ selbständige Fachdisziplinen mit weiter differenzierenden Facharztbereichen (in der Chirurgie allein 8, in der inneren und Allgemeinmedizin 9) und weitere Schwerpunkte aus. Wenigstens zu erwähnen sind überdies die Verwandten der Humanmedizin: die Zahnmedizin, Veterinärmedizin und Phytomedizin. Das zur Medizin Angeführte ist typisch und gilt analog für andere Wissenschaftsgebiete. Die Physik (zer)gliedert sich in ca. 100 Domänen.

Hinzu kommt, dass die naturwissenschaftlich fundamentale experimentelle Methode prinzipiell auch keine von Menschen unberührte/originäre Natur als Objekt/Phänomen ihrer Untersuchungen/Beobachtung/Forschung vor sich hat. Das gilt – vielleicht sogar in exponierter Weise – für die Wissenschaft vom gesunden und kranken menschlichen Organismus, vom **Vorbeugen** gegen Erkrankungen, ihrem **Erkunden** mit bestimmten Diagnosemethoden sowie dem **Behandeln** und Heilen von **Krankheiten** und Verletzungen mit einer wachsenden Vielzahl und Vielfalt der Therapieverfahren.

Eingeschlossen sei damit gleichermaßen die „ärztliche Kunst“, die erkenntnisorientierte und anwendungsbezogene Forschung zu den Strukturen und Funktionen der Organe sowie des gesamten **menschlichen** Organismus und das facettenreiche medizinische Lehrgebäude mit seinen zahlreichen Ärzteschulen vom europäischen und asiatischen Altertum, bis zur durchaus widersprüchlichen aktuellen Mannigfaltigkeit wissenschaftlicher und **alternativer** Angebote.

Die **Wissenschaft** Medizin bedient sich dabei vorzugweise der umfänglichen Grundlagen, die die **Physik**, **Chemie**, **Biologie** und **Psychologie** erarbeitet haben und ständig qualifizieren.

Eine bahnbrechende Integration naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, Instrumentarien und Methoden aus der Biologie in die Medizin – in produktiver Verflechtung mit der innovativen Gerätetechnik und ihr zugrunde liegender dualer Technologien – waren eng mit der Mikroskopie verwoben. Schrittweise steigerten sich die Fähigkeiten beim Erkunden und Erschließen mikroskopischer Tatbestände, erhöhte sich die Qualität mikroskopischer Sicht- und Betrachtungsweisen.

Die Entwicklung von Mikroskopen bei Carl Zeiss nahm mit seiner 1846 gegründeten Werkstatt ihren Anfang und bahnte sich mit der Herstellung einfacher, aber präziser monokularer Lichtmikroskope an. 1857 verkaufte Carl Zeiss sein *erstes zusammengesetztes Mikroskop.* Die 1866 beginnende Zusammenarbeit mit Ernst Abbe führte zu komplexeren Formen der Mikroskope. Mit der 1872 entwickelten Theorie Abbes zur optischen Abbildung im Mikroskop verbesserten sie sich weiter grundlegend. Die Arbeit von Carl Zeiss, Ernst Abbe, Otto Schott und August Köhler war von entscheidender Bedeutung für den gezielt fortgeführten Prozess. Optische Gläser von Otto Schott ermöglichen 1884 den Bau effektiver korrigierter Mikroskop-Systeme. Die der Lichtmikroskopie zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten beschrieb **Ernst Abbe** Ende des 19. Jahrhunderts. Die physikalisch maximal mögliche **Auflösung** eines klassischen Lichtmikroskops hängt von der **Wellenlänge** des verwendeten Lichts ab und erreicht bestenfalls das **Abbe-Limit** von ca. 0,2 **Mikrometer**.

Um objektive *Daten von lebenden Zellen* und anderen schwach markierten biotischen Proben zu gewinnen, können die Auflösung, Sensitivität und die Geschwindigkeit nie den enteilenden Wünschen gerecht werden. „Jedes einzelne Photon des Emissionslichtes ist wertvoll“, lautet eine symbolisierende Maxime für die neue Generation der variantenreichen Zeiss-Mikroskope.

Heute sind einige Verfahren bekannt, mit denen sich klassische Grenzen überwinden lassen. *S*eit den 1930 Jahren ermöglichen **Elektronenmikroskope**, die Rasterelektronenmikroskopie und inzwischen die Atom-Kraft-Mikroskopie eine weit höhere*,* bis in die Nanobereiche reichende Auflösung.

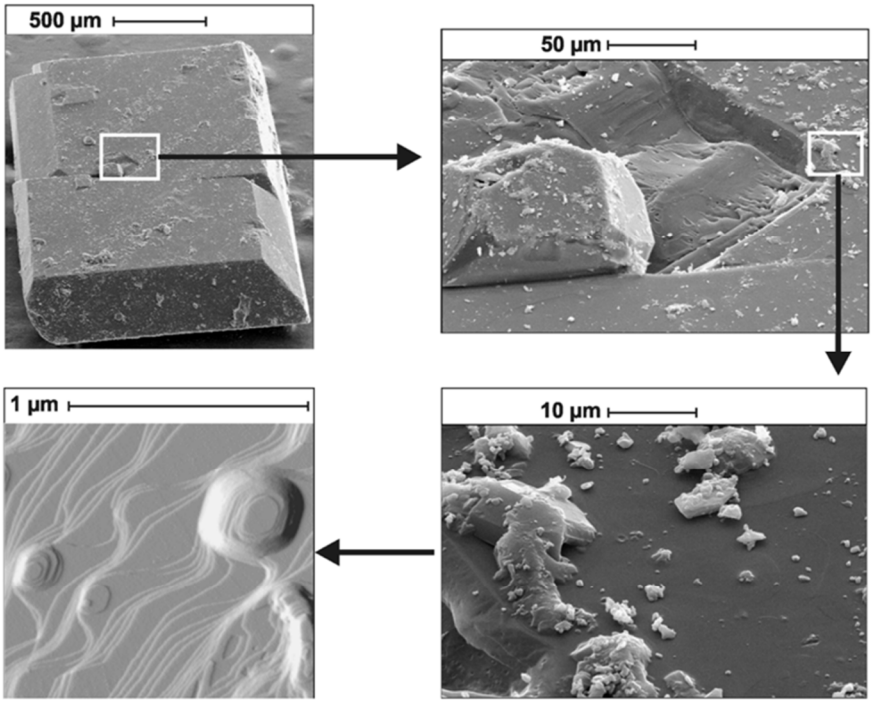

Abb.2: Rasterelektronenmikrokopie *mit Verkleinerung der markierten Oberflächen-Segmente des Zuckerkristalls (Saccharose) und wachsender Vergrößerung.*

(Autoren K .Ruprecht und L.-G. Fleischer)

Oben links: (Skale 500 µm) Zuckerkristall;

Oben rechts: (Skale 50 µm) Oberflächenstruktur eines mehrfach mit Alkohol gewaschenen Zuckerkristalls.

Unten rechts: (Skale 10 µm) Mit der gesteigerten Vergrößerung sind an der Oberfläche zahlreiche anhaftende Mikropartikel unterschiedlicher Form und Größe sowie Strukturdefekte erkennbar.

Unten links: (Skale 1 µm) Atomkraftmikroskopie - spezielles Rastersondenmikroskop mit mechanischer Abtastung der Oberfläche und der Messung atomarer Kräfte auf der Nanometerskala.

Die AFM-Aufnahme zeigt Schichten, Kinken und die Stufen der Terrassen mit 0.63 nm Höhe. Sie erlauben wertvolle Einblicke in den Prozess der Kristallisation und in die Sorption fluider Fremdstoffe.

Sie erschließen neue Ebenen in nicht nur visuell beeindruckender Weise.

Das erstmals 1855 von **Rudolf Virchow** in seinem Aufsatz über die „Cellularpathologie“ geprägte *fundamentale Konzept* der **Zelltheorie** und der **Zytologie**: *„omnis cellula e cellula* – jede Zelle entsteht aus einer Zelle“ – führte zu einer Vorstellung von der Vielfalt der Möglichkeiten unter gesunden und pathologischen Verhältnissen und überzeugte überdies wegen der Logik des vergleichbaren Vorgangs. *Heilen* bekam die Bedeutung, die normalen Bedingungen des Lebens bis in die zelluläre Ebene aufrechtzuerhalten oder wenigstens im hinreichend funktionsfähigen Maße wiederherzustellen.

Die Kenntnis der Zelle wurde entscheidend für das Verständnis der Physiologie der Zellen selbst sowie der Zellverbände und schließlich der Organfunktionen.

Die *Zelle* definierte sich somit als *kleinste Einheit der Struktur* und als *kleinste Einheit der Vermehrung.* Diese Betrachtungsweise konnte in den folgenden Jahrzehnten noch mittels der dritten Erkenntnis zur Elementarität ergänzt werden, nämlich, dass die Zelle zugleich *die kleinste Einheit der Funktion* des Lebendigen bildet. Mit diesen Theoremen war die in den Jahren 1838/39 entwickelte

Zelltheorie des Botanikers Matthias Jacob Schleiden (**1804**-**1881**) sowie des Anatomen und Physiologen Theodor **Schwann** (1810–1882) konsequent zu Ende entwickelt. Sie sah zwar die **Zelle** als gemeinsamen Baustein alles Lebendigen an, war allerdings noch mit der – nunmehr von Virchow revidierten – Vorstellung behaftet, die Zellen selbst entstünden infolge der Kondensation nicht zellulär organisierter **Materie** .

Ein ebenso gewichtiger Fortschritt war mit Erwin Schrödingers Idee eines *genetischen Codes* verbunden. Einer der Begründer der **Quantenmechan**ik lenkte nicht nur die Aufmerksamkeit der Physiker auf die Natur des Lebens und auf die physikalische Natur der Information, sondern postulierte, dass die Ordnung der Lebewesen aus der komplizierten Organisation ihrer Teile und mit den Grundgesetzen der Thermodynamik konfliktfrei zu verstehen ist.

Mit seinen Dubliner Vorlesungen[5] 1943 formulierte Schrödinger die richtigen Fragen und stellte Weichen für eine tiefgreifende und anhaltend erfolgreiche Entwicklung, die mit der Entschlüsselung des Humangenoms einen relativen Höhepunkt – ein temporäres Maximum – erreichte.

Schrödingers Buch hatte z.B. ungeahnte Auswirkungen auf Watson und Crick, die späteren Entdecker der Doppelhelix der DNS.

Er konnte allerdings u.a. deshalb auf seine Grundfrage: „Was ist Leben?“ keine hinreichenden Antworten geben, weil er neben der Vermehrung den Stoffwechsel als weiteren wesentlichen Aspekt des Lebens nur streifte und die Welt der Biologie als zu sehr mit Delbrücks extrem auf die Gene fixierten Augen betrachtete. Max Delbrück erkannte schon 1935: „Gene sind Molekülverbünde“.

Auf dem Weg zum angemesseneren Organisationsmodell des Biotischen

Wechselwirkend verkettete, vernetzte und verschränkte dynamische Komplexe bestimmen die Realität.

Heute kennt die Wissenschaft die prinzipiellen quantenmechanischen Gegebenheiten und Konsequenzen der *Verschränkung*, des untrennbaren räumlichen, zeitlichen und funktionalen gegenständlichen Ineinandergreifens sowie der lediglich relativen Bestimmtheit der Prozesse und verschiedenartiger Ereignisse. Wie die *Quantentheorie* gegenwärtig vorliegt, ist sie *„eine allgemeine Theorie über das gesetzmäßige Verhalten unserer Erfahrung“* [v. Weizsäcker 1991, S.133] bemerkt C.F. Weizsäcker. Kombinieren wir dieses Paradigma, das realiter ebenfalls das Biotische umfasst, mit den wissenschaftlichen Erkenntnissen über die universellen Phänomene der *Emergenz* sowie der *strukturellen und funktionellen Selbstorganisation* in komplexen – insbesondere in Leben tragenden, sich fortpflanzenden und entwickelnden – Systemen, so entsteht ein Weltverständnis, dessen Ideengehalt in den Lebenswissenschaften mit dem Enkapsis-Prinzip eine Vorform hatte und auch unseren Diskurs zu molekularen Netzwerken anregen kann.

In der Auseinandersetzung mit Rudolf Virchows Auffassung vom Organismus als „Zellförderation“ prägte der Anatom Martin Heidenhain (1864-1949) den Begriff „Enkapsis“, der im Griechischen – ähnlich der quantenmechanischen *Verschränkung, des Ineinandergreifens* – originär das *Ineinanderschachteln* bezeichnet. Präziser im Sinne des Urhebers gedeutet charakterisiert er die *ineinander geschachtelte strukturelle und funktionelle Organisation und Ordnung lebender Materie*.

Föderalistisch fügt sich ein Zusammenschluss so, dass die Teile der größeren, komplexeren Einheit eigenständig bleiben, gleichberechtigt und weitgehend autonom im Verbund agieren, um gemeinsame Ziele zu erreichen.

---

[5] Unter dem Titel „Was ist Leben?“ sind Dubliner Vorlesungen des Physikers und Nobelpreisträgers (1933) Erwin Schrödinger erstmals 1944 in Englisch veröffentlicht worden. Das Buch, das gemäß Untertitel, „die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet“, gehört zu den Meisterwerken naturwissenschaftlicher Prosa. Physiker, wie Erwin Schrödinger und Max Delbrück, formten in dieser Zeit das Bild der modernen Biologie auf der zellulären und molekularen Ebene.

Enkaptisch bildet der Organismus sowohl im Systemganzen als auch in seinen Teilen (Subsystemen bis zum Elementaren) mehr als eine Summe oder eine allein förmliche Aggregation der ebenenspezifischen biotischen Konstituenten.

Unter System wird die natürlich oder artifiziell, von einer kennzeichnend isolierenden Systemgrenze final umhüllte Menge von Elementen auf einem definierten Organisationsniveau verstanden, die über stofflich-energetisch-informationelle Beziehungen (Relationen) untereinander und grenzstrukturspezifisch mit der benachbarten Mitwelt, Nachwelt und der Umwelt (als Systemumgebung) interagieren können.

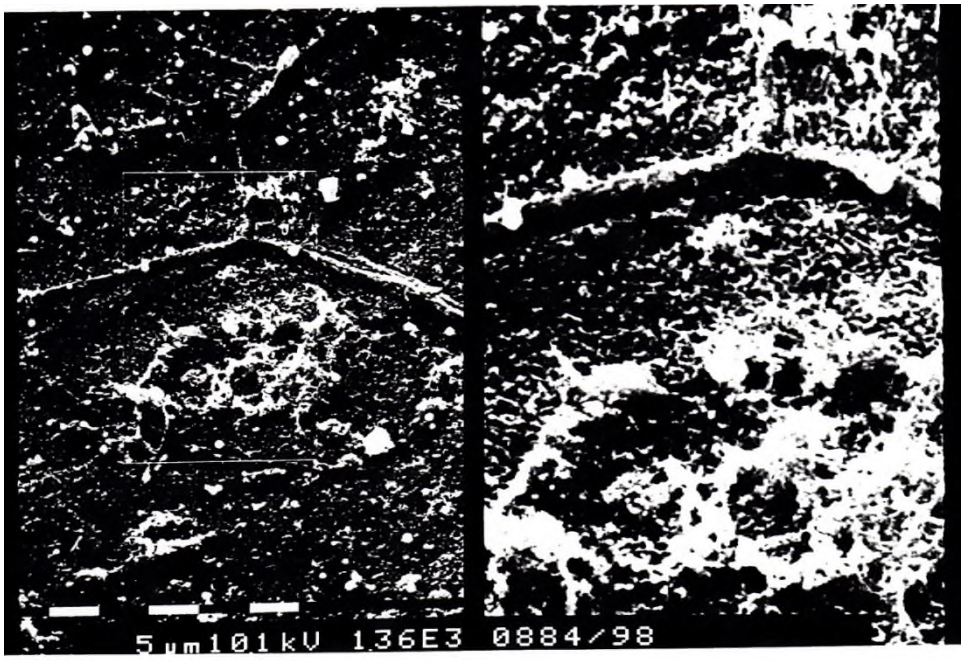

Abb.3 *Scanning-Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Aldehyd-fixierten, mit Alkohol dehyd-ratisierten und mild gefriergetrockneten Hautprobe des Pilotwals Globicephala Melas.(Skale 5µm)*
(Autoren: C. Baum, L.-G. Fleischer, W. Meyer, R. Stelzer und D. Siebers)
Die nanoraue, Korneocyten-reiche Hautoberfläche enthält mit einem Bedeckungsgrad von ca. 20% gelgefüllte Mikrokavitäten in Form von Taschen/Mulden und Poren In der breiten, rechtsschiefen Poren-Verteilung sind die Klassen von 0.2; 0.1 und 0.3 µm^2 mit fallendem Gewicht dominant.
*Das als Zentifugat aus dem Stratum Corneum gewinnbare, **enzymreiche**, **reaktive proteinische Zymogel** hat hydrophile und hydrophobe Eigenschaften und bildet als amphiphiles Biopolymer charakteristische **kovalent verbundene Netzwerke.** Es glättet die Oberfläche und übernimmt über die erniedrigte Oberflächenspannung maßgebliche Funktionen im hydrodynamisch induzierten Selbtstreigungsprozess sowie beim Verhindern der Adhäsion von Mikroorganismen - dem Biofouling.*

Demgemäß wird als (System-)Zustandsänderung jede Veränderung/Wandlung der Systemstruktur oder der Systemordnung hinsichtlich der Systemgrenze, der momentanen Beschaffenheit der Systemelemente sowie der internen und externen Relationen verstanden.

Enkapsis realisiert sich auf verschiedenen – auch ideellen Organisationsnivaus der Systeme – indem eine Struktur der Individualität [eine Entität] eine zweite Struktur *eingrenzend* (d.h. u.U. auch *einschränkend*) bindet, ohne jedoch ihre Eigenart zu zerstören. Ein reales und basales biotisches Beispiel bieten die *membranumhüllten Muskeln* mit ihren ebenfalls charakteristisch begrenzten/umrandeten Ebenen. Top down entfaltet sind das Faserbündel, Einzelfasern mit Zellummantelung, Muskelfibrillen, Sarkomeren mit Filamenten, Proteinfäden aus den mikroskopisch kleinen, kontraktilen Proteinen Aktin, Myosin und Titin. Schauen wir weitergehend analytisch auflösend z.B. auf das – auch Connectin genannte – Titin. Dieses größte bekannte menschliche Protein, konstituiert sich aus mehr als 30.000 Aminosäurebausteinen. Es hat die lineare Ausdehnung von mehr als 1 µm, eine

Kettenläge/Molmasse von 3,6 MDa/6 10^{-9} ng. Titin ist wesentlich für die passive Elastizität der Filamente. Die Kette beinhaltet 320 Peptidsequenzen. Im gestreckten Zustand sind ihre Domänen entfaltet. Wenn die Spannungen beseitigt sind, werden die Domänen wieder individuell gefaltet. Die vollständigen *genetischen Informationen für Titin* (die Funktion, die Proteine, die Orthologie, die Pfade und Mechanismen, die Expression) sind Protein-codiert. Ein *Gen* ist als molekulare Einheit ein Ort (oder eine Region) der DNA, die aus Nukleotiden besteht. Protein-codierende Gene, wie Titin, bestehen aus einer Reihe von Nukleotid-Triplets (Codons), die nicht nur das Protein, sondern auch die Signale zum Start und Stopp der Transkription verschlüsseln. Ein typisches Protein-kodierendes Gen wird vor dem endgültigen Kopieren zunächst in RNA als Zwischenprodukt vervielfältigt.

Noch diffiziler enkaptisch organisierte Systeme von hoher lebenswissenschaftlicher Relevanz behandelt die *Psychosynergetik*. In deren dynamischer Meta-Enkapsis tritt die *fraktale Evolution* auf. Um der neurophysiologischen Systembetonung des menschlichen Gehirns mit seinen *zeitcodierten enkaptischen Resonanz-Hierarchien* kognitiv-diskursiv gerecht zu werden, müssen mehrere grundlegende wissenschaftliche Konzepte inkludiert werden (was organisch vereint, also mehr denn formal integriert heißen soll) Das sind die *Fraktalität* und vorrangig die *Hakensche Synergetik*, die das qualitätsprägende *systemisch Vernetzte* und die *gleichgewichtferne Kooperativität* erfasst und mit wenigen *Ordnungsparametern* auszudrücken vermag.

Der 1975 von Benoit Mandelbrot geprägte Begriff *Fraktalität* (von lat. *frangere*, >>brechen<<) widerspiegelt die für deren mathematische Beziehungen und die fraktale Geometrie typischen *gebrochenzahligen (≈ fraktalen)* Dimensionen. Mandelbrot verwendete sie als Erster, um Fraktale zu bestimmen, die auf beliebig kleinen Skalen bestehen. Noch weitergehend bedürfen chaotische Attraktoren in der Theorie nichtlinearer Systeme zur Kennzeichnung ihrer komplizierten Geometrie Skalen verschiedener fraktaler Dimensionen.

Fraktalität bezeichnet im erweiterten systemtheoretischen Verständnis der Naturwissenschaften und der Philosophie die *Selbstähnlichkeit grundsätzlich wiederkehrender, in sich selbst verschachtelter Strukturen*. Selbstähnlichkeit meint vor allem das *Fehlen charakteristischer Längenskalen im System.*

Dazu im Gegensatz steht beispielsweise die Zuordnung typischer atmosphärischer Bewegungsformen zu Skalen [scales], wie der Turbulenz [small], der Rayleigh-Bénard-Konvektion [meso] – einem markanten Beispiel selbstorganisierender physikalischer Strukturen – sowie der Wellen und Zyklone [large].

Einen weiteren aufschlussreichen Vergleich bieten die *charakteristischen Längen* (Abmessungen) in den dimensionslosen Kenngrößen der Ähnlichkeitstheorie – einer leistungsstarken ‚Theorie des Experimentes' mit zahlreichen Applikationsfeldern. Davon zeugen über 200 Kennzahlen (Simplexe und Komplexe) aus verschiedenen Sachbereichen. Exemplarisch wählen wir die *Reynolds-Zahl* (Re), eine dimensionslose Kennzahl fluiddynamisch ähnlicher, erzwungener Strömungen. Physikalisch-mathematisch entspricht sie einem *Simplex* aus den dabei obwaltenden Kräften: den Trägheitskräften [K_G] und den Reibungskräften [K_η]: der zum *Komplex* der Messdaten führt: $Re = K_G/K_\eta = w_m\, L/\eta$ (w_m – mittlere Strömungsgeschwindigkeit, L – *charakteristische Länge* im Strömungssystem, z.B. der Rohrdurchmesser oder die Plattenlänge; η : dynamische Viskosität als Materialeigenschaft des strömenden Fluides).

Fraktalität (im Sinne von Selbstähnlichkeit) findet sich als Merkmal unterschiedlichster Entitäten, wie Gegenstände, Körper, Mengen oder geometrische Objekte. *Selbstähnlichkeit* heißt, dass ein *Muster* im Makroskopischen startend sich in immer kleineren Beobachtungs-Maßstäben in gleicher Weise oder ähnlich wiederholt; folglich sind auch kleine Ausschnitte von Kurven dem Ganzen ähnlich.

Diese Sachverhalte spiegeln sich in der mathematischen Form der beschreibenden Funktionen wider.

Potenzgesetze $y=f(x)=a\cdot x^n$ mit n€Z und $n\neq 0$ sind wesensgemäß mit der Neigung zur Fraktalität verbunden, während *Exponentialfunktionen*, wie $f(x)=\lambda\cdot\exp(\lambda\cdot x)$ mit $\lambda\neq 0$, klassische Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Zustände und Ereignisse charakterisieren.

Von überragender sozio-kultureller und damit auch genereller wissenschaftlicher Bedeutung erweisen sich die komplexen *dynamisch-dissipativen Sprachkörper* und deren inhärente *enkaptische Begriffssysteme*. Die mannigfaltigen und unzähligen nicht („sauber") präzise hierarchisch zuordenbaren Überschneidungen und Überlagerungen repräsentieren nicht nur den Sprachreichtum, sie generieren Mehrdeutigkeiten, Unbestimmtheiten, Unschärfen, bis leider u.U. Missdeutungen, Verfälschungen etc. Die vorn erörterte Wittgensteinsche Metapher von den *Sprachspielen,* den unzähligen – von den Umgangssprachen bis zur Mathematik reichenden – Arten des Zeichen-, Wort- und Satzgebrauchs, reflektiert die Tatbestände zutreffend. Im Sinne Wittgensteins lässt sich analog zum Satz [Wittgenstein 1997, 4.01] konstatieren: Der *Begriff* ist „ein Modell der Wirklichkeit, so wie wir sie uns denken".

Mit einfachen geometrischen Vorstellungen oder der herkömmlichen biogenen Metapher >>Baumstruktur<<, als Bildspenderbereich für die konventionelle Hierarchie, können solche Sachverhalte nicht hinreichend exakt erfasst, beschrieben und verstanden werden. Sie lassen die Enkapsis außer Acht.

Die Termini Enkapsis und Emergenz sind eng verwandt. Emergenz[6] besagt, dass auf ‚höheren' Stufen der charakteristischen Verbünde, aus den Wechselbeziehungen der Ebene selbst und mit den darunter liegenden Ebenen, qualitativ neue Eigenschaften resultieren, die vorher nicht existierten und nicht präformiert sind. *Strukturen und Funktionen des molekularen* (bzw. genereller eines *systemtypischen elementaren) Niveaus* bestimmen basal wesentliche Züge der darauf aufbauenden höheren Organisationsstufen. Dabei werden die Modalitäten der Bewegung (im allgemeinsten Sinn von Veränderung überhaupt), die Funktionsmechanismen der Regulation bis zur Evolution adaptiert, transformiert bzw. revolutioniert. Infolge einer modifizierten und wirksameren inneren Organisation der Materie ergeben sich über einschränkende bzw. aktivierende Bedingungen auf der qualitativ höheren Ebene neue *M*odalitäten und Entwicklungsmöglichkeiten.

Die Kooperation und Koordination der Funktionen der sie tragenden Strukturen verschiedener Systemelemente oder/und der Subsysteme führt zu einheitlichen Leistungen höherer Ordnung. Im biotischen Organismus reicht das originale *Enkapsis-Prinzip* von der *makromolekularen Ebene* über die Organellen, die Zellen, Gewebe bis zu den Organen, Organsystemen und Lebewesen. Das wurde vorn am Beispiel der *membranumhüllten Muskeln* demonstriert.

Schließlich konstituieren sich *aus Organismen und anderen Individuen* über die fundamentale Fortpflanzung Symbiosen und andere Gemeinschaftsformen überindividueller, kollektiver Systeme der *Populationen und Biozönosen.*

Resümee

Die vernetzte und vielschichtig verschachtelte Enkapsis bildet eine spezielle (kompliziertere, diffizilere) Form des Aufbaus und der Funktionsweise hierarchischer Systeme. Die dynamisch enkaptischen Hierarchien sind namentlich nicht identisch mit der einfachen Subordination der jeweils niedrigeren Organisationsstufen unter die höhere. Sie sind nicht mit der Annahme einer starren Stufenfolge im strukturellen und funktionellen Bereich vereinbar. Überdies besitzt die dynamisch enkaptische Hierarchie nicht nur für die lebende Materie eine außerordentliche Bedeutung. Die Interaktionen führen zu räumlichen, zeitlichen und funktionalen Strukturen jedes Organismus (der auf das Abiotische erweiterte Wortgebrauch Organismus ist zweckmäßig und wertvoll). Die häufig nichtlinearen *stofflich-energetisch-informatorischen* Wechselwirkungen von Strukturelementen sowie der an und mit ihnen ablaufenden (u.U. selbst verketteter) konjugierten Reaktionen schließt die Ausbildung aggregierter,

---

[6] In den meisten Fällen basiert das Phänomen der ***Emergenz*** auf einer plötzlichen Selbstorganisation. Nach dem Konzept der emergenten Selbstorganisation verbinden sich spontan – aus eigenem (innerem) Antrieb und plötzlich – zahlreiche Elemente infolge ihrer akzentuiert nächstnachbarlichen Wechselwirkungen zu Systemen mit bestimmten neuen Strukturen, Eigenschaften und Fähigkeiten, die sich qualitativ als Teil und Ganzes vom vorhergehenden Niveau/Zustand unterscheiden.

verketteter, vernetzter, vermaschter,…, auf *Selbstorganisation* und *Selbstregulation* gerichteter Wirkungskreise mit und ohne Rückkopplung ein. Leben tragende (rekursiv organisierte autopoietische) Systeme sind überdies auf die einzigartige *Selbsterhaltung* und *Selbstreproduktion* orientiert.

Selbstorganisierte Systeme fungieren effektiv und effizient in allen Bereichen des Seins; und sie ordinieren kompetent die wissenschaftlichen Reflexionen: disziplinär, inter-, multi- und zunehmend transdisziplinär. In der Regel sind derartige Systeme selbst wieder potente Elemente der Selbstorganisation und können übergeordnete reale und ideelle Systeme formieren. Dadurch gestaltet sich schließlich jene *dynamische enkaptische Hierarchie selbstorganisierter Systeme,* aus der unsere Welt aufgebaut ist. Als durchgängiges Prinzip bindet die Selbstorganisation nicht nur die emergente materielle Welt, sondern vereinigt überdies dialektisch das Objektiv-reale mit der Welt des Geistes.

Netzwerke sind in diesem kreativen ‚Spiel' zweifellos besonders exponierte Organisationsformen; und sie fungieren regulär wiederum als Konstituenten noch komplexerer funktionell-struktureller Systeme mit wirklich neuen Eigenschaften auf die jeder Fortschritt setzt.

Literatur

Dürr, Hans-Peter (1988): Das Netz des Physikers, München

Lotman, Jurij M.(1990): Über die Semiosphäre, In: Zeitschrift für Semiotik 12 Heft 4, S. 288

Ropohl, Günter (2012): Allgemeine Systemtheorie. Einführung in transdisziplinäres Denken. Berlin:, 246 Seiten

Stelzl, Ulrich (2015): Molekulare Netzwerke in der Genom- und Proteomanalyse, Forschungsbericht, Max-Planck-Institut für molekulare Genetik, Berlin

von Weizsäcker Carl F. (1991): Der Mensch in seiner Geschichte, München , S. 133

Wittgenstein, Ludwig (1997): Tractatus Logico Philosophicus, Frankfurt a.M, 4.01.

Wittgenstein, Ludwig (1997): Philosophische Untersuchungen, Frankfurt a.M..

Adresse des Verfassers: fleischer-privat@gmx.de