

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 94	S. 137 - 143	Innsbruck, Dez. 2007
---------------------------------	---------	--------------	----------------------

Kurzer Abriss früher systemischer Denkansätze der Physik im Bereich der Sozial-, Human- und Biowissenschaften

von

Salvatore GIACOMUZZI & Klaus GARBER⁹⁾

A brief outline of early physical systemic approaches within social, human, and life sciences

Synopsis: Systemic thinking was already developed within the 1930's by cross-linkings from different disciplines of science. Three early examples shall be presented which tried to transfer results of modern physics to social, human, and life sciences.

1. Einleitung:

Der Systemische Denkansatz zeigt bis dato die innovativsten Modelle und Ansätze, um mit der Komplexität großer Systeme, wie es etwa auch Menschen sind, umzugehen. Systemisches Denken ist ein Gedankengebäude, das sich seit den dreißiger Jahren des letzten Jahrhunderts durch Vernetzung von Theorie und Praxis aus unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen entwickelt hat – und immer noch weiter entwickelt¹.

Systemisches Denken ist auch ein Denkansatz, der die Grundannahmen unseres westlichen Denkens radikal infrage stellt: hierbei insbesondere unseren Glauben an "Wahrheit", "Objektivität" oder "Widerspruchsfreiheit". Besonders die modernen Naturwissenschaften haben die Grenzen unseres „Hausverstandes“ aufgezeigt. Auch in der Welt des Komplexen versagt oft unser lineares Denken von Ursache und Wirkung.

⁹⁾ Anschriften der Verfasser: Univ. Doz. DDr. Salvatore Giacomuzzi, Univ. Klinik für Psychiatrie, Medizinischen Universität Innsbruck, Innrain 66a, 6020 Innsbruck, Österreich; Klaus Garber, Freie Universität Bozen, Fakultät für Bildungswissenschaften, Bahnhofstraße 16, 39042 Brixen, Italien.

¹ Ein System kann ohne Einschränkung der Allgemeinheit als eine begrenzte (aber nicht notwendigerweise geschlossene) Ganzheit von komplex vernetzten Komponenten, die miteinander so in Wechselwirkung stehen, dass einerseits jede Komponente alle anderen beeinflusst und andererseits von allen anderen beeinflusst wird, verstanden werden.

Im Folgenden sollen drei frühere Ansätze aus dem Bereich der Physik präsentiert werden, welche schon damals versuchten die Erkenntnisse der modernen Physik auf lebende bzw. soziale Systeme auszuweiten und anzuwenden.

2. Zur Anwendung statistischer und thermodynamischer Gesetze im Bereich der Sozialwissenschaften, Biologie und Psychiatrie:

In diesem Abschnitt soll kurz eine posthume Arbeit von Ettore MAJORANA (1906-1938) kurz aufgezeigt werden. Ettore Majorana war eine Ausnahmeerscheinung in der Physik². Seine wichtigsten Arbeiten beschäftigten sich u.a auch mit der Kernphysik sowie der relativistischen Quantenmechanik und Anwendungen in der Theorie der Neutrinos³. Sein Verschwinden im Frühjahr 1938 löste bis heute anhaltende Spekulationen aus. Ettore Majorana selbst verblieb bis zum heutigen Tage unaufgefunden.

Sein Freund Giovanni GENTILE jr. publizierte 1942 in der Zeitschrift *Scientia* die einzige von ihm nicht-physikalisch veröffentlichte Arbeit Majoranas „Il valore delle leggi statistiche nella fisica e nelle scienze sociali“⁴ - Die Rolle statistischer Gesetze in Physik und Sozialwissenschaften“. Diese Arbeit stellt einen sehr frühen Versuch dar die statistischen Gesetze der Physik auf die Sozialwissenschaften umzulegen. In dieser Arbeit beschreibt Ettore Majorana darin zuerst die Auswirkungen des Erfolgs der klassischen Mechanik im ausgehenden 18. und 19. Jahrhundert sowie die Einblicke und Triumphe der Himmelskörpermechanik. Die beschriebenen Erfolge würden vor allem auf der Annahme eines strengen Determinismus der Naturgesetze beruhen.

In einem weiteren Schritt kritisiert Ettore Majorana jedoch diesen klassischen Determinismus im Denken in einer gewissen Weise, welcher seiner Meinung nach nicht mit den exakten Daten der Naturwissenschaften übereinstimme und der menschlichen Denkfreiheit nicht genug Platz einräume.

Insbesondere die Physik der 20er und 30er Jahre des 20. Jahrhunderts zeigte, dass die klassischen Gesetze der Physik nicht mehr uneingeschränkt gelten könnten. Ettore Majorana verweist in seiner Arbeit als Beispiel auf die Unmöglichkeit etwa die Zustände

² S. GIACOMUZZI, G. HOLZMÜLLER & G. HUEMER: Ettore Majorana (1906-1938): Eine Bestandsaufnahme 64 Jahre nach seinem Verschwinden. - *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 25 (2002): 137-148.

³ Aufgrund seiner Persönlichkeit publizierte MAJORANA nur sehr wenig. Neben seinen nur neun veröffentlichten Arbeiten werden seit den 90er Jahren aber nunmehr die zahlreichen sehr originellen unveröffentlichten Beiträge in seinen Notizbüchern untersucht. Hier fanden sich u.a. Vorwegnahmen von Feynmans Pfadintegral, Arbeiten zu den Darstellungen der Lorentzgruppe, von denen ein Teil als Relativistische Theorie von Teilchen mit beliebigem inneren Drehimpuls veröffentlicht wurde, die Wigner vorgriffen, zur Thomas-Fermi-Theorie des Atoms sowie auch zur Fano-Theorie in der Atomphysik. Nach den Erinnerungen von Wick führte er schon vor 1933 unveröffentlichte Arbeiten zur Feldquantisierung aus, die Paulis und Weisskopfs Arbeiten von 1934 vorwegnahmen.

⁴ *Scientia*, Bd. 36. S. 55

von Molekülen oder Atomen mit Hilfe der klassischen Mechanik exakt berechnen zu können. Demgegenüber zeigt Ettore Majorana auf, dass sich derartige Systeme besser mit dem Konzept der Entropie beschreiben lassen.

Im Weiteren zeigt Majorana in dieser Arbeit den Wert der darauf aufbauenden statistischen Beschreibung von Systemen, welche seiner Meinung nach einen großen Teil der bisherigen Physik umfassen.

Ettore Majorana weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass zwar die klassische Physik nach wie vor an einen festen Determinismus der Vorgänge der Natur glaube, jedoch nicht die gewöhnliche Beobachtung, sondern nur die Berechnung mit Hilfe der Statistik und die damit verbundenen Wahrscheinlichkeiten von Systemzuständen könnten weiterhin annähernd exakte Ergebnisse der Naturvorgänge garantieren. Mit anderen Worten die Unexaktheit der Ergebnisse hinge damit in unzweifelhafter Weise etwa nur von den gewählten bzw. vereinfachten Randbedingungen in der Beschreibung der Systemzustände ab. Ettore Majorana führt als Beispiel aus der Sozialwissenschaft heran, dass man zwar die jährliche Quote der Eheschließungen in Europa mit den statistischen Gesetzen beschreiben könne, jedoch der wahre Charakter dieses Vorgangs wohl nur aus den individuellen Biografien abgeleitet und mit höherer Präzision verstanden werden könne. Somit könne aber im Weiteren die Inkonstanz der Ergebnisse der empirischen Sozialwissenschaften eben anhand der Komplexität der beschriebenen Phänomene erklärt werden.

Zudem seien auch die Sozialwissenschaften einem deterministischen Denken erlegen, welche an eine strenge Umlegbarkeit klassischer statistischer Gesetze auf menschliche Verhaltensweisen glauben.

In einem weiteren Gedankengang zeigt Ettore Majorana in diesem Manuskript auf, dass auch die Physik die klassischen Pfade eines streng deterministischen Denkens, etwa durch die quantenmechanischen Annahmen der Natur, verlassen musste.

Weiters führt Majorana eine kurze Übersicht in diesem Artikel auf, welche den Unterschied der klassischen zur quantenmechanischen Theorie aufzeigt. Insbesondere zeigt er dabei auf, dass eben auch im submolekularen Bereich die Gesetze nur mehr einen statistischen Charakter aufweisen, welcher höchstens nur mehr die Stabilisierung von Wahrscheinlichkeiten bedeute.

Insbesondere diese neuen Denkweisen würden den Defekt deterministischen Denkens aufzeigen, der nichts mit der klassischen statistischen Beschreibung gemeinsam habe, welche bis dato ihre Ungenauigkeit der Ergebnisse nur auf eine freiwillige Einschränkung der Anzahl der Komponenten zur Charakterisierung eines Systems zurückführe.

Dabei weist Majorana auch auf das Fehlen einer Objektivität im wissenschaftlichen Sinne hin, welche unser Denken von Kausalität und Determinismus in Frage stelle. Insbesondere würde auch schon das Gesetz des radioaktiven Zerfalls auf eben ein solches Sachverhältnis hinweisen.

Insbesondere der Wahrscheinlichkeitscharakter, welcher sich hinter den klassischen statistischen Gesetzen verberge, zeige die Notwendigkeit auch entsprechende Berücksichtigungen in den Sozialwissenschaften vorzusehen.

Auch wäre eine ähnliche mathematische Beschreibung der Vorgänge in den Sozialwissenschaften anzulegen. Es gäbe keinerlei Widersprüche dazu, dass ebenso die Tatsachenverhältnisse in den menschlichen Vorgängen einen gleich vitalen wie unvorhersehbaren sowie unvermeidbaren Wahrscheinlichkeitscharakter aufwiesen wie eben auch die Vorgänge in der Quantenwelt. Da es hierzu keinen Widerspruch gäbe, müssten eben auch die statistischen Beschreibungen der Sozialwissenschaften entsprechend erweitert werden. Die klassisch-mathematische Beschreibung entsprechender Gegebenheiten sei deswegen nicht mehr ausreichend. Vielmehr müssten die realen Gegebenheiten in den Sozialwissenschaften entsprechende Berücksichtigung finden. Deren Interpretation würde demnach nach einer neuen Wissenschaftsdisziplin verlangen.

Dieser beinahe 70 Jahre alte Text zeigt einen erstaunlich frischen Bezug zur heutigen Systemtheorie und den mathematischen Ideen der Chaos-, Komplexitäts- und Synergieansätze.

Ersetzt man in dem Artikel Majoranas das Wort Determinismus durch Kausalität offenbart sich ein moderner Text zur kritischen Analyse komplexer Vorgänge innerhalb der Sozial- und Humanwissenschaften. Die Forderung Majoranas nach einer neuen Wissenschaftsdisziplin offenbart sich heute in den modernen Konzepten der Emergenz von neuen Systemzuständen und dem Abschied von linearen, monokausalen Denkmodellen.

Wir wissen heute, dass das seinerzeitige Dogma: ein Gen – ein Protein – eine Funktion falsch ist, da es dem Systemcharakter nicht Rechnung trägt. Der Körper bildet Netzwerke, also Systeme auf allen Stufen. Dies führt uns in weiterer Folge zu einem Text Erwin SCHRÖDINGERS, welcher einige Jahre nach den Arbeiten Majoranas geschrieben wurde⁵.

Herausgehoben werden soll aus diesen 1943/44 geschriebenen Arbeiten die Diskussion Schrödingers über Ordnung, Unordnung und Entropie⁶. Schrödinger wies in dieser Arbeit darauf hin, dass Entropie unmittelbar mit den statistischen Begriffen der Ordnung und Unordnung zusammenhängt. Ausgehend vom Entropiebegriff weist Schrödinger darauf hin, dass es das natürliche Streben der Dinge sei, sich dem chaotischen Zustand anzunähern (Zustand maximaler Entropie), wenn man ihnen nicht zuvorkommt. Der unregelmäßigen Wärmebewegung der Moleküle bzw. Atome setzt Schrödinger hierbei dem menschlichen Verhalten gegenüber Büchern und Papieren gleich, die man immer wieder anwendet ohne sie wieder an die gehörigen Stellen einzuordnen.

⁵E. SCHRÖDINGER (1944): Was ist Leben? - University Press, Cambridge.

⁶In der Wärmelehre erarbeiteten die deutschen Physiker August KRÖNIG und Rudolf CLAUSIUS die kinetische Gastheorie und CLAUSIUS führte 1865 den Begriff Entropie ein. Beide entwickelten maßgeblich weiter, was heute als mechanische Wärmelehre, als Thermodynamik bezeichnet wird, deren Erster Hauptsatz der Satz von der Erhaltung der Energie ist und deren Zweiter Hauptsatz (gefunden von CLAUSIUS) besagt, dass Energie von selbst nicht von einem kalten auf einen warmen Körper übergehen könne.

In einem weiteren Schritt unternimmt Schrödinger ein Gedankenexperiment. Er deutet darauf hin, dass der lebende Organismus seinen Tod (physikalisch gesehen seinen den Zerfall in das thermodynamische Gleichgewicht) nur dadurch hinaus zögern kann, in dem er sich von negativer Entropie (Negentropie) ernährt. Er zieht damit einen Strom negativer Entropie zu sich hin, um die Entropieerhöhung, welche dieser durch sein Leben verursacht, auszugleichen und sich damit auf einer gleichmäßigen und tieferen Entropiestufe zu halten. Schrödinger weist weiters darauf hin, dass alles was in der Natur vor sich geht eine Vergrößerung der Entropie bedeute. Damit erhöht ein Organismus ununterbrochen seine Entropie (er produziert positive Entropie) und strebt damit auf den gefährlichen Zustand maximaler Entropie zu, der den Tod bedeutet. Er kann sich diesem Zustand nur dann fernhalten, wenn es ihm gelingt aus seiner Umwelt fortwährend negative Entropie (Essen, Trinken, Atmen etc.) zu entziehen.

Ein Organismus ernährt sich also von negativer Entropie. Das Wesentliche am Stoffwechsel sei also nach dieser Auffassung, dass es dem Organismus gelingt sich von der Entropie zu befreien, die er, solange er eben lebt, erzeugen muss. Die Entropie könne daher selber als ein Ordnungsmaß betrachtet werden. Der Kunstgriff, mittels dessen ein Organismus sich stationär auf einer ziemlich hohen Ordnungsstufe (einer ziemlich tiefen Entropiestufe) hält, bestehe in Wirklichkeit aus einem fortwährenden „Aufsaugen“ von Ordnung aus seiner Umwelt.

Die Ordnung ist für Schrödinger in diesem Kontext als ein wohlgeordneter Zustand der Materie zu betrachten mit den mehr oder minder komplizierten organischen Verbindungen, welche als Futter diene. Im Sinne Schrödingers hätte man auch für negative Entropie den Begriff der freien Energie verwenden können⁷.

Die Konzeption der negativen Entropie Schrödingers wird auch einige Jahrzehnte später wieder innerhalb der Psychiatrie aufgegriffen. Hier ist etwa der italienische Psychiater SCRIMALI zu nennen. In seinem Buch *Entropia della mente e entropia negativa – Entropie des Geistes und negative Entropie (2007)*⁸. Hierin beschäftigt sich Scrimali auch mit der sogenannten Frenentropie innerhalb des schizophrenen Formenkreises.

Nicholas GEORGESCU - ROEGEN (1906 - 1994) etwa hat die industriellen Wirtschaftsprozesse als Prozesse beständiger Entropie-Zunahme ("kultureller Wärmetod") beschrieben, die dem negentropen Prinzip lebender Systeme zuwider laufen. Die Forderung

⁷ Entropie = Boltzmann-Konstante mal Logarithmus der Wahrscheinlichkeit Entropie = $k \cdot \log D$. Diese "Formel für den Tod" findet sich am Grabmal Ludwig Boltzmann. Wenn D ein Maß der Unordnung ist, so kann der reziproke Wert $1/D$ als direktes Maß der Ordnung betrachtet werden. Da der Logarithmus von $1/D$ minus Logarithmus D ist, können wir die Boltzmannsche Gleichung folgendermaßen schreiben: $-(\text{Entropie}) = k \cdot \log (1/D)$, welche der "Formel für das Leben" entspricht.

⁸ Franco Agnelli Verlag

der Orientierung der Ökonomie an der Logik des Lebendigen bezeichnet er als Bioökonomie. Prinzip: Negentropie = Information = Gewinn (Verfügbarkeit); Entropie = Verlust = Kosten (Unverfügbarkeit).

Nach einer Idee von Ilya PRIGOGINE (1917-2003) zu Folge ist Leben nur weit entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht möglich. Die Gesamtänderung der Entropie $dS = d_iS + d_eS$ im offenen System Leben ergibt sich aus der Summe der innerhalb des Systems erzeugten Entropie (d_iS) und der über den Systemgrenzen transportierten Entropie (d_eS).

Worauf es tatsächlich in diesem Gedankengang an kommt, ist das Verständnis einer systemgerechten Codierung. Das ist insbesondere die Koppelung am System „Leben“ – als das gewichtigste aller Kompatibilitätsprobleme. Die Verfügbarkeit von Materie ist abhängig von der Verfügbarkeit von Energie. Die Verfügbarkeit von Energie ist eine Funktion der Verfügbarkeit von Information.

Informationsdefizite wiederum führen zu Handlungsdefiziten und Handlungsdefizite zu entgangenem Nutzen⁹. Entgangene Verfügbarkeiten sind also in diesem Sinne auch Kosten. Naturgesetze sind weit mächtiger als sämtliche Machtgesetze des Marktes zusammen. Sie wirken in einem systemischen Verständnis in die Organisation des Lebendigen überall hinein. Das Entropie-Minimum ist in diesem Verständnis auch das bioökonomische Optimum.

3. Quantenphysikalische Ansätze im Bereich der systemisch orientierten Gedächtnisforschung

In diesem Diskussionsrahmen darf auf einen beinahe in Vergessenheit geratener Beitrag Heinz von Försters (1911-2001) wieder zurückgegriffen werden¹⁰. Diese Arbeit entstand nur ein paar Jahre später als die oben zitierte Arbeit Schrödingers.

Heinz von FÖRSTERS interessierte sich schon während des Studiums für den Gedanken einer formalen Theorie der Dynamik des menschlichen Gedächtnisses. Wie er selbst beschreibt findet er im Nachkriegswien in einem Antiquariat eine Ausgabe eines Buches von EBBINGHAUS aus dem Jahre 1885 mit den Titel “Über das Gedächtnis“, welches detaillierte Beschreibungen von Experimenten enthält.

Von Förster überprüft seine theoretischen Ansätze mit den Ebbinghaus’schen “Vergessenskurven“ und stellt zu seiner Enttäuschung keine eindeutige Übereinstimmung fest. Von Förster erarbeitet den Gedanken, dass Tag für Tag die jeweils von Ebbinghaus noch erinnerten Silben durch ihre Rezitation gewissermaßen wiedererlernt werden, und

⁹Wir können heute die Entropie auch als negative Information verstehen oder eben auch die Information als negative Entropie deuten. Eine Zunahme an Information entspricht einer Abnahme der Entropie des Systems. Die Abnahme von Information entspricht einer Zunahme der Entropie im System.

¹⁰H. v. FÖRSTER (1948). Das Gedächtnis: Eine quantenmechanische Untersuchung. - Franz Deuticke, Wien.

dass demzufolge die Ebbinghaus-Kurven keinen Vergessensprozess als solchen, sondern eine Überlagerung, eine Kombination aus Vergessen und Lernen, repräsentieren.

Von Förster integriert diese Idee in seinen Formalismus und es zeigt sich, dass seine theoretisch berechnete Kurve mit den Ebbinghaus'schen Experiment sehr gut übereinstimmt. Zu dieser Produktion der theoretischen Kurve bedarf es zweier Parameter, einem Lernparameter und einem Vergessensparameter; für den ersten ergibt sich eine Variation von Person zu Person. Der Vergessensparameter jedoch ist für alle Versuchspersonen gleich. Von Förster interpretiert dieses Ergebnis als eine biologische Konstante und sucht eine quantenmolekulare Erklärung. Dazu vergleicht er die Zeitkonstante des Vergessens mit der Zeitkonstante des Verfalls organischer Makromoleküle. Auf Anraten eines Freundes (Viktor Frankl) wird diese Arbeit 1948 publiziert. Frankl selbst glaubt zwar „nichts davon, aber kann selbst keine Fehler entdecken.“ Diese Arbeit von Försters wird sein Ticket in die USA und in den Kreis Norbert Wieners und anderen.

4. Zusammenfassung:

Systemisches Denken ist ein Gedankengebäude, das sich seit den dreißiger Jahren des letzten Jahrhunderts durch Vernetzung aus unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen entwickelt hat. Es sollen drei frühere Ansätze aus dem Bereich der Physik präsentiert werden, welche schon damals versuchten die Erkenntnisse der modernen Physik auf lebende bzw. soziale Systeme anzuwenden.

