

Prof. Dr. Alfred Toth

Zum semiotischen und mathematischen Zusammenhang zwischen Informationstheorie und Semiotik

In that and there lay in that in their way it had lain in that way it had lain in their way it had lain as they may it had lain as they may may they as it lay may she as it lay may he as it lay as it lay may he as it lay may she as it lay may she as it lay may she as it lay may he as it lay may he yesterday as it lay may she today as it lay may he today as it lay may she yesterday as it lay may she yesterday as it lay and may it lay has it lain in this way has it lain in their way in this way does it lay in this way does it lay in their way does it lay in this way does it lay in their way.

Gertrude Stein, „Birth and Marriage“ (1924)

This article is dedicated to the blessed memory of Professor Heinz von Foerster (Vienna 13.11.1911-02.10.2002 Pescadero, CA, USA), who encouraged me to write it.

0. Vorbemerkung

Der Zweck des vorliegenden Aufsatzes ist es, wie schon der Titel sagt, weder einen historischen noch einen systematischen Überblick über das Verhältnis von Informationstheorie und Semiotik beizubringen. Hierfür verweise ich auf Meyer-Eppler (1969) und Frank (2003). Hier sollen lediglich mögliche Lösungen für einige zentrale semiotische und mathematische bisher ungelöste Probleme des Zusammenhangs von Informationstheorie und Semiotik aufgezeigt werden.

1. Informationstheorie

Nach dem „Taschenlexikon der Kybernetik“ sind „Zeichen und ihre optimale Codierung, quantitative Betrachtungen über Nachricht und Information, die Semiotik und die abstrakten Probleme der Kanäle, die Information übertragen“ Gegenstandsbereich der Informationstheorie.“ Sie sei „eine der reizvollsten und klarsten Theorien im Grenzgebiet zwischen Technik, Mathematik und Kybernetik“ (Lutz 1972, S. 151).

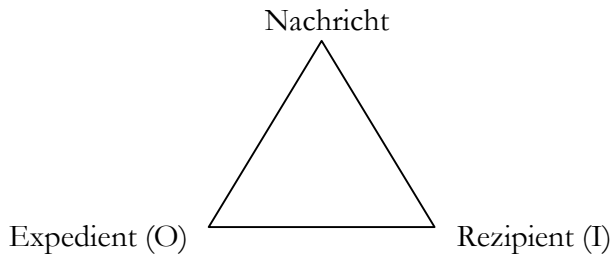
2. Semiotik

Gemäß Elisabeth Walthers Aufsatz „Ist die Semiotik überhaupt eine Wissenschaft“ stellt die Semiotik „sowohl eine Wissenschaft als auch eine Methodenlehre, die man als Kunst verstehen könnte, dar. Da es keine Wissenschaft ohne Zeichen geben kann, muß die Wissenschaft von den Zeichen – die Semiotik – darüber hinaus als Grundlage aller anderen Wissenschaften gelten, also die Grundlagenwissenschaft sein. Ich möchte mit einem Gedanken von Charles Peirce schließen, der den Rang einer Wissenschaft danach bewertet, in welchem Maße ihre Methoden eine Verallgemeinerung erlauben. Der semiotischen Methode erkannte er aus den vorher genannten Gründen den höchsten Rang mit der allgemeinsten Methode zu und nannte sie daher die Methode der Methoden“ (Walther 1991, S. 13).

3. Informationstheorie und Semiotik

Zum Zusammenhang zwischen Informationstheorie und Semiotik gibt es zwei Konzeptionen. Die eine, die auf Walther zurückgeht, stellt einen direkten Zusammenhang her zwischen den einzelnen Relationen der vollständigen Zeichenrelation und der von Bense (1975, S. 39 ff.) eingeführten funktionalen Konzeption der Zeichenrelation dar, indem der Mittelbezug (M) mit der "Formation", die Bezeichnungsfunktion ($M \Rightarrow O$) mit der "Information" und die Bedeutungsfunktion ($O \Rightarrow I$) mit der "Kommunikation" in Beziehung gesetzt werden (zur Diskussion dieser Konzeption vgl. Toth 1993, S. 28 ff.).

Die andere Konzeption stammt von Zellmer (1973, S. 65) und ersetzt die Bensesche Trias durch diejenige von Nachricht, Expedient und Rezipient, die jedoch nicht mit den Teilrelationen der vollständigen Zeichenrelation, sondern direkt mit den einzelnen Bezügen Mittel, Objektbezug und Interpretantenbezug korrespondieren:



4. Signal und Zeichen

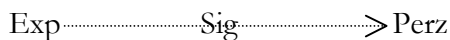
Während also bei Zellmer das Mittel als Nachricht aufgefaßt wird, wurde es von Bense in seiner "Einführung in die informationstheoretische Ästhetik" mit dem Kanal innerhalb des semiotischen Kommunikationsschemas zusammengebracht. Im folgenden Schema bezeichnet "Exp" den Expedienten, "KK" den Kommunikationskanal und "Perz" den Perzipienten:



Hierzu führte Bense aus: "Man kann dieses Schema so verallgemeinert denken, daß es jede Art komuniativer Relation, von der Energieübertragung bis zur Kausalbeziehung (Ursache-Wirkung-Relation) und Wahrnehmungs- bzw. Erkenntnisbeziehung (Subjekt-Objekt-Relation), erfaßt. Als eigentlicher Träger bzw. Vermittler dieser äußeren Kommunikation, wie wir sie bezeichnen wollen, ist das Signal anzusehen, das, wiederum nach Meyer-Eppler, als physikalisches energetisches Substrat im Sinne einer Funktion von drei Orts- und einem Zeitparameter aufzufassen ist:

$$\text{Sig} = f(q_1, q_2, q_3, t)$$

Diese Signale vollziehen also primär die bezeichnete äußere Kommunikation (Bense 1998, S. 272):



So fungiert nach Bense eben “das Mittel der Repräsentation bekanntlich als Kanal bzw. als Medium der Übertragung” (1979, S. 99), “Quasi-Sender” und “Quasi-Empfänger” korrespondieren mit dem semiotischen “Weltobjekt” bzw. mit der autoreproduktiven “Bewußtseinsfunktion” sowie mit dem semiotischen Objektbezug bzw. mit dem semiotischen Interpretantenbezug (Bense 1981a, S. 144 ff.). Wir haben damit also:

$$\text{Sig} = f(q_1, q_2, q_3, t) \equiv \{(a.b c.d 1.1, a.b c.d 1.2, a.b c.d 1.3)\} \text{ mit } a, b \in \{1., 2., 3.\}, c, d \in \{.1, .2, .3\} \text{ und } b \leq a, d \leq c,$$

und damit kommen alle 10 Zkln und Rthn als Signale in Frage. Wie in Toth (1993, S. 154 ff.) gezeigt, gibt es genau 33 kombinatorisch mögliche zeichenexterne Kommunikationsschemata.

Man kann aber anstatt vom Kanal als semiotischem Mittelbezug auch davon ausgehen, daß sowohl Expedient als auch Perzipient über ein Repertoire verfügen und die mengentheoretischen Relationen zwischen diesen Repertoires über den semiotischen Objektbezügen definieren. In diesem Fall wird der Mittelbezug als Funktion des Objektbezugs aufgefaßt. Nach Bense (1998, S. 277) gibt es die folgenden drei Möglichkeiten:

$$(2.3) = \text{Rep}_{\text{Exp}} \emptyset \text{Rep}_{\text{Perz}}$$

$$(2.2) = \text{Rep}_{\text{Exp}} \cup \text{Rep}_{\text{Perz}}$$

$$(2.1) = \text{Rep}_{\text{Exp}} \cap \text{Rep}_{\text{Perz}}$$

Eine stark verfeinerte mathematische Methode zur Bestimmung der semiotischen Objektbezüge über Mittelrepertoires hat Zellmer (1982) geliefert, indem er Zeichenrepertoires auf einer Grundmenge und auf Teilmengen dieser Grundmenge charakteristische Funktionen definierte. Der entscheidende mathematische Fortschritt der Zellmerschen Konzeption beruht aber darauf, daß er die Booleschen Operatoren \cap , \cup sowie die leere Menge \emptyset dadurch präzisiert, daß er matrizenartige Darstellungen einführte, aus denen die topologischen Distanzen bzw. Umgebungen der drei Objektbezüge direkt herauslesbar sind.

Beide Konzeptionen funktionieren aber nur dann (was Bense und Zellmer nicht sagen), wenn sowohl der Sender als Weltobjekt als auch der Empfänger als Bewußtseinsfunktion selbst wieder eine Funktion des Objektbezugs darstellen, der seinerseits eine Funktion des Mittelbezugs darstellt. Doch es geht noch weiter, denn gemäß Bense ist ja das vollständige Zeichen “eine triadische Relation von wiederum drei relationalen Gliedern, deren erstes, das ‘Mittel’ (M), monadisch (einstellig), deren zweites, der ‘Objektbezug’ (O), dyadisch (zweistellig) und deren drittes, der ‘Interpretantenbezug’ (I) triadisch (dreistellig) gebaut ist. So ist also das vollständige Zeichen als eine triadisch gestufte Relation von Relationen zu verstehen” (Bense 1979, S. 67). Bense (1979, S. 63) schematisierte diesen Sachverhalt wie folgt:

$$\text{ZR} (M, O, I) =$$

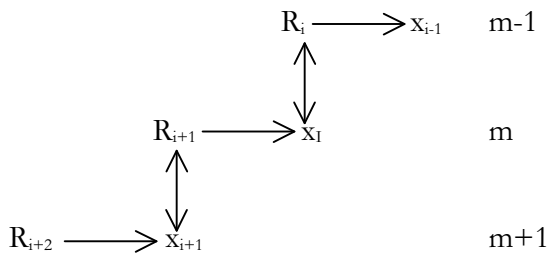
$$\text{ZR} (M, M \Rightarrow O, M \Rightarrow IO \Rightarrow I) =$$

$$\text{ZR} (\text{mon. Rel.}, \text{dyad. Rel.}, \text{triad. Rel.}) =$$

$$\text{ZR} (.1., .2., .3.) =$$

ZR 1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3
	2.1 2.2 2.3	2.2 2.2 2.3
		3.1 3.2 3.3

Da jede Funktion eine Relation darstellt, haben wir es hier aber mit Relationen von Relationen zu tun, d.h. wir stehen vor dem Problem einer logischen Zirkularität, die wir im konkreten semiotischen Fall natürlich nicht mit einer Art von "Typensemiotik" ausräumen können. Eine mögliche Lösung besteht darin, eine solche Semiotik mit der von Günther eingeführten Proöomialrelation zu definieren, d.h. als eine heterarchisch-hierarchische und nicht bloß hierarchische Relation:



Die logische Proöomialrelation ist also eine vierstellige Relationen zwischen zwei Relatoren und zwei Relata: $PR(R_{i+1}, R_i, x_i, x_{i-1})$, allgemeiner: $PR(PR^m) = PR^{m+1}$ (Kaehr 1978, S. 6). Dementsprechend kann also eine semiotische Proöomialrelation wie folgt dargestellt werden:

$$ZR(ZR^m(ZR^{m+1})) = ZR^{m+2} \text{ (mit } m = 1 = M = \text{Erstheit)}$$

Das bedeutet dann aber, daß wir den Bereich der klassisch-aristotelischen Logik, welche ja auch die Basis der zwar triadischen, aber dennoch binären Peirceschen Semiotik darstellt, verlassen haben. Erkenntnistheoretisch folgt hieraus mit Günther: "1. Das Subjekt kann ein objektives Bild von sich selbst haben; 2. Es kann sich mittels anderer Bilder auf die physischen Dinge in seiner Umwelt beziehen; 3. Sein Bereich der Objektivität kann andere Subjekte – die Du's – als Pseudo-Objekte einschließen und sich ihrer als unabhängige Willenszentren, die relativ objektiv im Verhältnis zu seinen eigenen Willensakten sind, bewußt sein" (1999, S. 22).

In einer transklassischen Logik wird also unterschieden zwischen dem Subjekt, das ein Objekt beobachtet und dem Objekt, das, selbst nun als Subjekt betrachtet, sich selbst beobachten kann, wobei die beobachtete Umgebung des beobachteten Objekts und diejenige des das beobachtende Objekt beobachtenden Subjekts nach Günthers Worten "relativ objektiv", d.h. nicht notwendig identisch sein müssen. Das gilt selbstverständlich nur für Organismen, d.h. lebende Systeme, und nicht für tote Objekte, denn ein Stein etwa hat keine eigene Umgebung, weil diese, um wiederum Günthers Worte zu wiederholen, eben nicht "zu seinen eigenen Willensakten" gehört.

Für eine auf der Proöomialrelation definierte transklassische Semiotik ist also nicht mehr die First Order Cybernetics, also die klassische Kybernetik beobachteter Systeme zuständig, sondern die transklassische Second Order Cybernetics, d.h. die Kybernetik beobachtender Systeme bzw. die "Cybernetics of Cybernetics", wie sich von Foerster (2003, S. 283-286) ausgedrückt hatte. Bense selbst hatte als erster Semiotiker – noch vor dem erstmaligen

Erscheinen des Papers von Foersters (1979), bereits "Zeichenumgebungen" eingeführt (Bense 1975, S. 97 ff., 110, 117) sowie ebenfalls bereits zwischen "zeichensexterner" und "zeicheninterner" Kommunikation unterschieden (Bense 1975, S. 100 ff.). Auch diese Konzeption, die, wie man leicht einsieht, mit derjenigen zwischen First-Order- und Second-Order-Cybernetics korrespondiert, zeigt also, daß eine polykontexturale Semiotik notwendig ist, um Information, Nachrichten, Signale, Kanäle und Repertoires ohne Zirkularität zu definieren. Benses eigene Konzeption setzt damit voraus, daß das Zeichen als Organismus aufgefaßt wird und daß daher zwischen der Umgebung des Zeichens selbst, als dessen (zeicheninterner) Beobachter der Interpretant erscheint, und der Umgebung, aus der wir als (zeichensexterne) Interpreten das Zeichen beobachten, unterschieden werden muß.

5. Informationsästhetik

Als Begründer der Informationsästhetik, unter welcher auch die generative und die numerische Ästhetik subsumiert werden, gelten heute einhellig Max Bense und Abraham A. Moles (vgl. Henckmann und Lotter 1992, S. 105 f.). "Diese Disziplin der angewandten Kybernetik geht davon aus, daß Kunstwerke spezielle Nachrichten sind, die ästhetische Information enthalten und die vom Künstler im Rahmen eines ästhetischen Kommunikationsprozesses an den Betrachter übermittelt werden. Die Informationsästhetik [...] versucht, den Shannonschen Informationsbegriff, aber auch andere mathematisch orientierte Disziplinen, auf ästhetische Kommunikationsprozesse anzuwenden und bei der Betrachtung von Kunstwerken heranzuziehen" (Lutz 1972, S. 146 ff.).

Bekanntlich hatte Bense als Maß des "ästhetischen Zustandes" die Formel von Birkhoff (1928):

$$M = O/C$$

eingeführt, wobei "M" das "ästhetische Maß", "O" "Zahl der charakteristischen Ordnungsrelationen" und "C" die "Zahl der determinierenden Konstruktionselemente (der 'Gestalt des künstlerischen Gegenstandes)" bezeichnet (Bense 1981b, S. 17).

Da die Semiotik in Benses Werk im wesentlichen erst nach seinen informationstheoretischen Arbeiten entstand, tauchte erst relativ spät die Frage nach dem Zusammenhang zwischen der mathematischen Formel Birkhoffs und der semiotischen Zeichenklasse des "ästhetischen Zustandes" (3.1 2.2 1.3) auf, die von Bense später auch als "eigenreale" (bzw. "dual-invariante") Zeichenklasse bestimmt wurde, welche nicht nur den ästhetischen Zustand, sondern auch das Zeichen selbst sowie die Zahl repräsentieren: "Ein charakteristisches Beispiel einer solchen genetischen, also zeichensextern fungierenden, Semiose bietet das Schema des semiotisch-metasemiotischen Zusammenhangs zwischen der zeichentheoretischen und der numerischen Konzeption des 'ästhetischen Zustandes' (äZ). Dabei wird die semiotische [...] Repräsentation des 'ästhetischen Zustandes' durch die realitätsthematisch identische Zeichenklasse Zkl (äZ): 3.1 2.2 1.3 und die metasemiotische (numerische) Repräsentation im einfachsten Falle durch den bekannten, ein 'ästhetisches Maß' (Ma[äZ]) bestimmenden Birkhoffschen Quotienten $Ma(\ddot{a}Z) = O/C$ [...] gegeben. Führt man nun \leftrightarrow als Zeichen für den wechselseitigen Übergang zwischen semiotischer und metasemiotischer Repräsentation ein, dann kann man schreiben (Bense 1981b, S. 17):

Zkl ($\ddot{a}Z$) \leftrightarrow Ma ($\ddot{a}Z$) bzw. Zkl ($\ddot{a}Z$): 3.1 2.2 1.3 \leftrightarrow Ma ($\ddot{a}Z$) = O/C

Bense bleibt an diesem Punkt stehen. Die Fragen, die sich erheben, sind aber: 1. Wie läßt sich der durch das Zeichen “ \leftrightarrow ” bezeichnete Übergang mathematisch fassen?; 2. Welches sind die semiotischen Entsprechungen von O und von C?

Am einfachsten ist C zu bestimmen: Die Komplexität entspricht dem semiotischen Repertoire mit seinen beiden Interpretationsmöglichkeiten, also dem vollständigen Mittelbezug (1.1, 1.2, 1.3) oder der Bestimmung des Mittelbezugs als Funktion des Objektbezugs, wie in Kap. 4. dargestellt. Schwieriger ist es mit O. Obwohl nämlich Bense in Anlehnung an Birkhoff von “Ordnungsrelation” spricht, gibt es hier drei Möglichkeiten: Man kann das Repertoire eines Zeichens als Trägermenge definieren und ihr entweder eine algebraische, eine ordnungstheoretische oder eine topologische Ordnung aufprägen, d.h. wenn X die Trägermenge darstellt:

algebraische Ordnung:	$O_{\text{Alg}} = \{X, +, \cdot\}$
ordnungstheoretische Ordnung:	$O_{\text{Ord}} = \{X, \leq\}$
topologische Ordnung:	$O_{\text{Top}} = \{X, \tau\}$, wobei τ eine Teilmenge der Potenzmenge von X ist.

Die algebraische Ordnung setzt eine körpertheoretische Semiotik voraus, wie sie in Toth (2007, S. 13 ff.) skizziert wurde. Eine ordnungstheoretische Ordnung kann entweder rein ordnungstheoretisch, verbandstheoretisch oder via Posets erfolgen (Toth 1996; Toth 2007, S. 16ff.; Toth 2007b). Eine topologische Ordnung kann entweder, wie oben angedeutet, auf einem topologischen oder einem metrischen Raum definiert werden, wobei jeder metrische Raum auch als topologischer Raum gedeutet werden kann, während das Umgekehrte nicht unbedingt gilt (Toth 2007, S. 19 ff., Toth 2007c). Die einfachsten Beispiele semiotischer topologischer Räume sind die Paare (S, σ) , wobei $S = \{.1., .2., .3.\}$, $\sigma_1 = \{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{1, 2\}, \{2, 3\}, \{1, 3\}, \{1, 2, 3\}, \emptyset\}$ und $\sigma_2 = \{S, \emptyset\}$. σ_1 induziert also die diskrete, σ_2 die indiskrete Topologie auf S. Geht man hingegen von einer ordnungstheoretischen Ordnung aus, kann man für O sämtliche Zeichenklassen einsetzen, denn diese stellen ja, da sie nach dem Schema (3.a 2.b 1.c) mit $a, b, c \in \{.1., .2., .3.\}$ und $a \leq b \leq c$ gebaut sind, Halbordnungen, d.h. transitive, reflexive und antisymmetrische Relationen dar. Und da gemäß den von Walther eingeführten Trichotomischen Triaden (Walther 1982) die Zeichenklasse (3.1 2.2 1.3) als vermittelndes Glied zwischen den drei Dreierblöcken mit (3.1×1.3) , (2.2×2.2) und (1.3×3.1) fungiert, haben wir nun eine mathematisch-semiotische Interpretation des durch “ \leftrightarrow ” symbolisierten Überganges zwischen Informationsästhetik und Semiotik gefunden.

6. Materie, Energie und Information

Bekanntlich hat Charles Sanders Peirce im Rahmen seiner Synechismus-Konzeption einen Kontinuitätszusammenhang zwischen Materie und Geist behauptet, “so that matter would be nothing but mind that had such indurated habits as to cause it to act with a peculiarly high degree of mechanical regularity, or routine” (Peirce ap. Bayer 1994, S. 12).

Dann war es das Ziel von Warren Sturgis McCulloch, einem der Begründer der Kybernetik, “to bridge the gap between the level of neurons and the level of knowledge” (McCulloch 1965, S. xix).

Und schließlich war Gotthard Günther davon überzeugt, “that matter, energy and mind are elements of a transitive relation. In other words, there should be a conversion formula which holds between energy and mind, and which is a strict analogy to the Einstein operation [$E = mc^2$, A.T.]”. Er ergänzte aber sogleich: “From the view-point of our classic, two-valued logic (with its rigid dichotomy between subjectivity and objective events) the search for such a formula would seem hardly less than insanity” (Günther 1976: 257). An einer anderen Stelle präzisierte Günther dann: “We refer to the very urgent problem of the relation between the flow of energy and the acquisition of information [...]. Thus information and energy are inextricably interwoven” (Günther 1979, S. 223).

Die Basisidee, welche sich hier von Peirce und McCulloch bis zu Günther eröffnet, ist im Grunde also nicht nur eine transitive, sondern eine zyklische Relation: Geist (mind) bzw. Information \rightarrow Materie \rightarrow Energie \rightarrow Information \rightarrow usw. Doch wie Günther bereits pointiert hatte, ist eine solche zyklische Relation auf der Basis einer zweiwertig-monokontexturalen Logik ausgeschlossen; man benötigt hierzu eine polykontexturale Logik, welche auf der in Kap. 4 kurz dargestellten Proömialrelation begründet ist und daher die klassische Dichotomie von Form und Materie durchkreuzen kann.

Hier liegt auch die Lösung der folgenden zwei nur scheinbar kontradiktorischen Aussagen: Während Frank schreibt: “Unstrittig ist, daß es in der Kybernetik nicht um Substanzhaftes (Masse und Energie), sondern um Informationelles geht. Für dieses gelten im Gegensatz zu jenem keine Erhaltungssätze” (1995, S. 62), äußerte Günther: “So wie sich der Gesamtbetrag an Materie, resp. Energie, in der Welt weder vermehren noch vermindern kann, ebenso kann die Gesamtinformation, die die Wirklichkeit enthält, sich weder vergrößern noch verringern” (1963, S. 169).

In einer monokontexturalen Welt gibt es nur Erhaltungssätze für Masse und Energie, in einer polykontexturalen Welt aber auch für Information. Und da Information, wie in Kap. 1. aufgezeigt, auf Zeichen beruht bzw. die Informationstheorie engstens verknüpft ist mit der Semiotik, muß es in einer polykontexturalen Semiotik, wie sie in Toth (2003) entworfen wurden, auch qualitative und nicht nur quantitative Erhaltungssätze geben. Um Beispiele für qualitative Erhaltungssätze zu finden, muß man jedoch, da unsere traditionelle Wissenschaft zweiwertig ist, in die Welt der Märchen, Sagen, Legenden und Mythen gehen, welche, wie sich Günther einmal ausgedrückt hatte, als “Obdachlosenasyile der von der monokontexturalen Wissenschaft ausgegrenzten Denkreise” fungieren müssen. So findet sich bei Gottfried Keller der Satz: “Was aus dem Geist kommt, geht nie verloren” (ap. Strich und Hoßfeld 1985, S. 76), und Witte bemerkt zur Überlieferung bei den afrikanischen Xosas: “Wenn die Toten den Lebenden erscheinen, kommen sie in ihrer früheren, körperlichen Gestalt, sogar in den Kleidern, die sie beim Tode trugen” (1929, S. 9), und zu den Toradja: “Die Toradja auf Celebes meinen, daß ein Mensch, dem ein Kopffäger das Haupt abgeschlagen, auch im Jenseits ohne Kopf herumläuft” (1929, S. 11). Interessant ist, daß sich qualitative Erhaltungssätze, obwohl sie von der monokontexturalen Wissenschaft geleugnet werden, in

den Überlieferungen rund um den Erdball finden und somit von den jeweiligen für die entsprechenden Kulturen typischen Philosophien und Logiken unabhängig sind.

Für Günther war das Thema der qualitativen Erhaltung über die Kontexturgrenzen hinweg – gleichgültig, ob sie logisch durch Transjunktionen oder mathematisch und semiotisch durch Transoperatoren darstellbar ist, sogar das Leitmotiv der Geistesgeschichte schlechthin: “Diese beiden Grundmotive: Anerkennung des Bruchs zwischen Immanenz und Transzendenz und seine Verleugnung, ziehen sich wie zwei rote Leitfäden, oft in gegenseitiger Verknotung und dann wieder auseinandertretend, durch die gesamte Geistesgeschichte der Hochkulturen” (Günther [1], S. 37).

Es wird also eine der für die Zukunft anstehenden Arbeiten sein, das Verhältnis von Informationstheorie und Semiotik dadurch neu zu bestimmen, daß in Ergänzung zu einer polykontexturalen Semiotik eine polykontexturale Informationstheorie geschaffen werden muß. Da es bereits gute Vorarbeiten zu einer polykontexturalen Mathematik gibt (Kronthaler 1986, Mahler und Kaehr 1993), wird sich eine polykontexturale Informationstheorie als eine Disziplin der angewandten qualitativen Mathematik auf diese und einige weitere Vorarbeiten stützen können.

Literatur

- Bayer; Udo, Semiotik und Ontologie. In: *Semiosis* 74-76, 1994, S. 3-34
- Bense, Max, *Semiotische Prozesse und Systeme*. Baden-Baden 1975
- Bense, Max, *Die Unwahrscheinlichkeit des Ästhetischen*. Baden-Baden 1979
- Bense, Max, *Axiomatik und Semiotik*. Baden-Baden 1981 (=1981a).
- Bense, Max: Übergänge zwischen numerischer und semiotischer Ästhetik. In: Plebe, Armando (Hrsg.), *Semiotica ed Estetica – Semiotik und Ästhetik*. Baden-Baden und Roma 1981, S. 15-20
- Bense, Max, *Ausgewählte Schriften*. Bd. 3: Ästhetik und Texttheorie. Stuttgart 1998
- Birkhoff, George David, *Quelques éléments mathématiques de l'art*. In: *Atti del Congresso Internazionale dei Matematici (Bologna)* 1928, S. 315-333
- Frank, Helmar G., Plädoyer für eine Zuziehung der Semiotik zur Kybernetik. In: *Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft* 36/2, 1995, S. 61-72
- Frank, Helmar G., *Semiotik und Informationstheorie*. In: Posner, Roland, Klaus Robering und Thomas A. Sebeok (Hrsg.), *Semiotik/Semiotics*. Berlin 2003, S. 2418-2438
- Günther, Gotthard, *Das Bewußtsein der Maschinen*. 2. Aufl. Krefeld 1963 Agis
- Günther, Gotthard, *Beiträge zur Grundlegung einer operationsfähigen Dialektik*. Bd. 1. Hamburg 1976
- Günther, Gotthard, *Beiträge zur Grundlegung einer operationsfähigen Dialektik*. Bd. 2. Hamburg 1979
- Günther, Gotthard, *Der Tod des Idealismus und die letzte Mythologie*. Ms., hrsg. Von Rudolf Kaehr. In: www.techno.net/pkl/tod-ideal.htm, 58 S. (= Günther [1])
- Henckmann, Wolfhart und Konrad Lotter (Hrsg.): *Lexikon der Ästhetik*. München 1992
- Kaehr, Rudolf: *Materialien zur Formalisierung der dialektischen Logik und Morphogrammatik*. Anhang zu: Günther, Gotthard, *Idee und Grundriß einer nicht-Aristotelischen Logik*. 2. Aufl. Hamburg 1978

- Kronthaler, Engelbert, Grundlegung einer Mathematik der Qualitäten. Frankfurt am Main 1986
- Lutz, Theo, Taschenlexikon der Kybernetik. München 1972
- Mahler, Thomas und Rudolf Kaehr, Morphogrammatik. Klagenfurt 1993
- McCulloch, Warren Sturgis, Embodiments of Mind. Cambridge, Mass. 1965
- Meyer, Eppler, W[erner], Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie. 2. Aufl. Berlin 1969
- Strich, Michael und Peter Hoßfeld, Wissenschaft im Zitat. Hanau 1985
- Toth, Alfred, Semiotik und Theoretische Linguistik. Tübingen 1993
- Toth, Alfred, Grundriß einer ordnungstheoretischen Semiotik. In: European Journal for Semiotic Studies 8/2-3, 1996, S. 503-526
- Toth, Alfred, Die Hochzeit von Semiotik und Struktur. Klagenfurt 2003
- Toth, Alfred, Grundlegung einer mathematischen Semiotik. Klagenfurt 2007 (2007a)
- Toth, Alfred, Semiotische Posets. Ms. (2007b).
- Toth, Alfred, Einfachste Grundbegriffe einer topologischen Semiotik. Ms. (2007c).
- von Foerster, Heinz, Understanding Understanding. New York 2003
- Walther, Elisabeth, Ist die Semiotik überhaupt eine Wissenschaft? In: Semiosis 61/62, 1991, S. 5-13
- Witte, Johannes, Das Jenseits im Glauben der Völker. Leipzig 1929
- Zellmer, Siegfried, Über mögliche Differenzierungen des Kommunikationsschemas mit Hilfe der Peirceschen Semiotik. Diss. phil. Stuttgart 1973
- Zellmer, Siegfried, Zum mathematischen Zusammenhang zwischen Ikonizität, Indexikalität und Symbolizität. In: Semiosis 27, 1982, S. 5-14

©2008, Prof. Dr. Alfred Toth