

DIE KONZEPTE DER ENTROPIE UND DIE ENTROPIE DER KONZEPTE:

Kybernetik als Universal(medien)wissenschaft?

VON ANNEMONE LIGENSA

[C]ybernetics is the science or the art of manipulating defensible metaphors; showing how they may be constructed and what can be inferred as a result of their existence.¹

Seit einiger Zeit ist besonders in der Medienwissenschaft Interesse an der Kybernetik wiedererwacht – nicht nur ein historisches, sondern auch ein wissenschaftstheoretisches.² Die Kybernetik (gr. Steuermannskunst, sowohl in Seefahrt wie Staatswesen) ist die Wissenschaft von der Struktur komplexer Systeme, insbesondere ihre Steuerung, Kommunikation und Rückkopplung, wobei Systeme alles von Molekülen über Maschinen zu Menschen sein können. Der Urknall dieser Disziplin waren die multidisziplinären Macy Conferences (1946-1953). Zu den prominenten Teilnehmern gehörten Claude E. Shannon, Norbert Wiener, John von Neumann, Heinz von Foerster, Margaret Mead und Gregory Bateson – prominente Absagen kamen von Alan Turing, Albert Einstein und Bertrand Russell. Zu den wichtigsten Publikationen dieses Kreises gehören Shannon/Weaver: „The Mathematical Theory of Communication“ (1949), McCulloch/Pitts: „A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity“ (1943), Rosenblueth/Wiener/Bigelow: „Behavior, Purpose and Teleology“ (1943) und besonders der namengebende Gründungstext von Wiener: *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* (1948).

Zwar haben diese und andere Arbeiten weit reichende Bedeutung erlangt, aber das Ziel einer *pax cyberneticae* wurde verfehlt. Das gilt auch für die ‚Kybernetik zweiter Ordnung‘ (Heinz von Foerster), die den Beobachter beobachtet und damit einen besonderen Aufklärungsanspruch verfolgt. Zu ihrem Fachorgan *Cybernetics and Human Knowing* lautete eine Rezension:

1 Pask: *The Cybernetics of Human Learning and Performance*, S. 13.

2 Dieser Text basiert auf einem Koreferat zu Stefan Riegers Vortrag auf der Jahrestagung 2006 des SFB/FK 615 *Medienumbrüche* zum Thema „Brücken und Brüche“; Riegers Vortrag ist auch in diesem Heft abgedruckt. Ein besonders passendes Format, da eine Runde des ‚Methodenstreits‘ in einem Referat von Karl Popper und einem Koreferat von Theodor W. Adorno ausgetragen wurde, auf der Arbeitstagung der Deutschen Gesellschaft für Soziologie, 19.-21.10.1961, Tübingen. Ich danke Stefan Rieger, Norbert Groeben, Manfred Grauer und Jens Schröter.

Not for the intellectually timid. The target audience for this quarterly would be that portion of the population who not only finished Douglas Hofstadter's *Godel, Escher and Bach: An Eternal Golden Braid* but also found it a little light on theory. Slim but dense, its mission is the 'understanding of understanding'.³

War das der Grund, warum die Kybernetik keine 'Universalwissenschaft' wurde – oder waren die in Nachrichten- und Waffentechnik erfahrenen Kybernetiker für die *science wars* etwa noch nicht gut genug gerüstet?

Charles P. Snow, der den Begriff der *two cultures* prägte, gehörte nicht direkt diesem Kreis, aber doch dieser Generation und ihrem Geiste an. Snow war Physiker und Angestellter im Ministry of Technology – aber auch Schriftsteller (z.B. schrieb er Universitätsromane wie *The Masters* und mit *The New Men* sogar einen Roman über Wissenschaftler im Zweiten Weltkrieg). Sein Wappenmotto lautete treffend: *Aut Inveniam Aut Faciam*. Zu Recht wird an den sozio-historischen Kontext der Kybernetik erinnert – aber auch der institutionelle Kontext der Wissenschaft sollte beachtet werden. Snows Adressaten waren weniger Wissenschaftler, als Bildungspolitiker und Öffentlichkeit, und der Stil seines berühmten Vortrages entsprach dem:

A good many times I have been present at gatherings of people who, by the standards of the traditional culture, are thought highly educated and who have with considerable gusto been expressing their incredulity at the illiteracy of scientists. Once or twice I have been provoked and have asked the company how many of them could describe the Second Law of Thermodynamics. The response was cold: it was also negative. Yet I was asking something which is about the scientific equivalent of: *Have you read a work of Shakespeare's?*⁴

Der Literaturwissenschaftler Frank R. Leavis erwiderte: „[T]here is no scientific equivalent of that question; equations between orders so disparate are meaningless.“⁵ Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik sei Spezialwissen, das je nach Kontext nützlich oder irrelevant ist; Shakespeare dagegen sei ein Fenster zur Seele der Menschheit. Snows Romane wirken, als habe er sie von einem Elektronengehirn namens „Charlie“ schreiben lassen. Leavis bezeichnete Snow sogar als „public relations man“ für die Naturwissenschaft. Die zeitgenössische Öffentlichkeit war vom polemischen Tenor der Debatte recht schockiert. Anfang der 1960er Jahre forderte der Robbins-Report in Großbritannien eine Bildungsreform, die zu einem Ausbau der technischen Hochschulen führte.

3 Chase: „Book Reviews: Cybernetics and Human Knowing“, S. 15.

4 Snow: *The Two Cultures*, S. 15-16.

5 Leavis: *Two Cultures?*, S. 27.

Nach einer Periode friedlicherer Koexistenz platzte die Bombe des *Sokal hoax* (1996): Diesmal war der Vorwurf nicht, dass die Kulturwissenschaft die Erkenntnisse der Naturwissenschaft ignoriert habe, sondern dass der französische Poststrukturalismus naturwissenschaftliche Konzepte zwar fleißig, aber völlig unverstanden verwende (unter den Zielscheiben war auch Bruno Latour, der der-einst wissenschaftliches Arbeiten als soziale Praxis erforschte). Abgesehen davon, dass solche Paradigmen-Kämpfe mehr Medienspektakel bieten als der Alltag der *normal science* (Thomas S. Kuhn), ist die Medienwissenschaft von solchen Debatten besonders betroffen, erinnerte doch der deutsche Wissenschaftsrat kürzlich daran, dass diese Disziplin aus sozialwissenschaftlich orientierter Kommunikationswissenschaft, kulturwissenschaftlicher Medialitätsforschung und informationswissenschaftlich orientierter Medientechnologie besteht. Es ist also nicht verwunderlich, dass die Medienwissenschaft sich wegen der Anforderungen, die der Universalgegenstand ‚Medium‘ stellt, für eine ‚Universalwissenschaft‘ interessiert; verwunderlich ist, dass dabei kaum gefragt wird, warum sich keine etabliert hat und was ihr Vorteil eigentlich sein soll.

Für das ‚Informationszeitalter‘ (Daniel Bell) interessiert man sich erst intensiver, seit wir es haben⁶ – und geschaffen wurde es weniger von Naturwissenschaftlern oder Philosophen als von Ingenieuren. Das ‚technische *a priori*‘ (Friedrich Kittler) wird überwiegend *a posteriori* zur Wissenschaft. Insofern ist folgender Hinweis von Stefan Rieger nicht nur für die Kulturwissenschaft, sondern auch für die Naturwissenschaft wichtig:

Technische Dispositive [...] steuern Epistemen aus und sind damit wirkmächtiger als die jeweiligen Konzepte, die solchen Dispositiven als scheinbar vorgängig immer vorausgesetzt werden.⁷

Die Thermodynamik basiert auf Erkenntnissen von Ingenieuren, Shannons Informationstheorie wurde von technischen Innovationen der Signalübertragung befördert.⁸ Der zweite Teil von Riegers Argumentation ist dagegen weniger überzeugend:

Bezogen auf den Menschen als Gegenstand von Wissen verschiebt sich die Befundlage von einer rein wissenschaftsgeschichtlichen oder rhetorischen hin zu einer anthropologischen Frage – dann nämlich, wenn als Steuerung für ein Wissen über den Menschen Techniken, Apparaturen oder Verfahrensweisen veranschlagt werden, die dem Menschen seine Gestalt nach Maßgabe der Struktur, der Reichweite

6 Vgl. Floridi: „What Is the Philosophy of Information?“

7 Rieger: „Die Kybernetik des Menschen“, S. 97.

8 Vgl. Lundheim: „On Shannon and ‚Shannon’s formula‘“.

sowie der spezifischen Möglichkeiten der jeweiligen Dispositive verleihen.⁹

Erstens ist das Verhältnis zwischen Techniken und Epistemen in beide Richtungen indirekt: Der Mensch kann praktisch viel, ohne es theoretisch zu verstehen (die Dampfkraft nutzte man lange bevor die Thermodynamik sie erklärte), und etwas zu können befördert nicht zwangsläufig die Motivation, es zu verstehen. Zweitens sind nur solche Techniken erfolgreich, die sich an die anthropologischen Konstanten und sozio-historischen Bedingungen des Menschen mindestens ebenso anpassen, wie sie Anpassungen erfordern. Deshalb interessiert sich die Kulturwissenschaft auch erst für Medientechnologien, wenn sie gesellschaftlich verbreitet und akzeptiert sind und sich ‚Kultur‘ damit machen lässt. Kulturwissenschaftliche Technikgeschichten ‚treiben nicht der Geisteswissenschaft den Geist aus‘ (Friedrich Kittler), sondern der Medientheorie und -historiographie die Naturwissenschaften. Mit der Methode der Diskursanalyse (Michel Foucault) ist das Reden über Medien und Menschen ununterscheidbar vom Sein – selbst wenn man das für epistemologisch prinzipiell ununterscheidbar hält, schließt das nicht aus, sich mit dem zu beschäftigen, was Menschen mit Medien tun, sowohl im Alltag als auch in der Wissenschaft.

Es gibt viel, das die ‚drei Kulturen‘ (wenn man zu den Natur- und Kulturwissenschaften noch die Sozialwissenschaften hinzunimmt) trennt: Themen, Epistemologien, Methoden. Anstatt das zu beklagen, kann man es aber als Vielfalt und Arbeitsteilung positiv sehen. Was den Austausch der Erkenntnisse über die Grenzen besonders erschwert, sogar zwischen verschiedenen Theorien derselben Disziplin, und was die Wissenschaft eher rhizomatisch (Gilles Deleuze/Félix Guattari) als systematisch wirken lässt, sind unterschiedliche ‚Sprachen‘. Ich meine damit nicht die Englischkenntnisse mancher Naturwissenschaftler (gelegentlich versteht selbst der Laie in naturwissenschaftlichen Fachzeitschriften die mathematischen Formeln besser als die Passagen in ‚natürlicher Sprache‘ – das andere Extrem unübersetzbarer ‚poststrukturalistischer Lyrik‘), geschweige denn mangelnde Kompetenz im Shakespeare-Englisch. Heinz von Foerster konstatierte, dass der Kybernetik keine ‚gemeinsame Sprache‘ gelungen sei.¹⁰ Das ging aber nicht nur der Kybernetik so, denn sogar in den Naturwissenschaften sind Konzepte oft überraschend vieldeutig und die jeweilige Variante eng an Einzeltheorien gebunden. Die Übertragung in andere Bereiche kann einerseits fruchtbar sein, andererseits verleitet sie dazu zu übersehen, dass man nicht notwendigerweise von demselben spricht. Mit Aristoteles: Es handelt sich um Homonyme,¹¹ die zwar im Gegensatz zu Ludwig Wittgensteins Familienähnlichkeiten gelegentlich

9 Rieger: „Die Kybernetik des Menschen“, S. 98.

10 Pias: Cybernetics, Bd. 2, S.12.

11 Vgl. Shields: Order In Multiplicity.

einen Bedeutungskern teilen, aber dieser Kern ist nicht einmal immer diejenige Bedeutung, die am besten operationalisiert ist.

Es mag einen gewissen Unterhaltungswert haben, wenn Naturwissenschaftler in kulturwissenschaftlichen Texten Fehler bei der ‚metaphorischen Übertragung‘ von naturwissenschaftlichen Konzepten exemplarisch nachweisen, erkenntnisfördernd ist das jedoch kaum, denn es geht am Grundsätzlichen vorbei: Irren ist menschlich. Die ‚naturwissenschaftliche Sprache‘ (Mathematik/formale Logik) ist nicht unbedingt eindeutig oder widerspruchsfrei, spätestens sobald sie durch Interpretation mit der Lebenswelt in Bezug gesetzt und kulturell relevant wird. Den philosophisch reflektierten Naturwissenschaftlern ist an solcher Relevanz sehr gelegen, ebenso wie Kulturwissenschaftler trotz aller Erkenntniskepsis naturwissenschaftliche Konzepte verwenden, um sich zu legitimieren.

Ich will dies an der Verbindung der Konzepte ‚Entropie‘ und ‚Information‘ illustrieren. Zu beiden Konzepten gibt es viele Betrachtungen;¹² die meisten Überlegungen, die beides in Bezug setzen, enden jedoch an ihrer eigenen Disziplinengrenze und setzen die jeweilige andere Disziplin als homogen und unproblematisch voraus. Bei solch komplexen Konzepten und Verbindungen reichen aber keine Lehrbuchdefinitionen (wie es sich Snow und Leavis wohl vorgestellt haben), sondern es bedarf einer detaillierten Betrachtung der jeweiligen internen Debatten. Wo interdisziplinäre Zusammenarbeit nötig wäre, sind die Fähigkeiten einer einzelnen Person eigentlich überfordert, aber ich halte das Bemühen darum für wichtiger als Richtigkeit in allen Details (die oft sogar unter Experten strittig oder nicht einmal allen bekannt sind). Zu Betrachtungen der Anthropologin Margaret Mead über ihre Verständnisprobleme bei den mathematischen Beiträgen auf den Macy Conferences formuliert Erhard Schüttpelz treffend: „Interdisziplinarität ist keine Frage erhöhter Kompetenz, sondern eine Frage der Anerkennung eigener Inkompetenz, eine Frage der Reversibilität von Sprechweisen“.¹³

Bei der Beschäftigung mit dem Thema begegnet findet man gelegentlich folgende Anekdote:

My greatest concern was what to call it. I thought of calling it ‚information‘, but the word was overly used, so I decided to call it ‚uncertainty‘. When I discussed it with John von Neumann, he had a better idea. Von Neumann told me, ‚You should call it entropy, for two reasons. In the first place your uncertainty function has been used in statistical mechanics under that name, so it already has a name. In the second place, and more important, nobody knows what entropy really is, so in a debate you will always have the advantage.‘¹⁴

12 Den besten philosophischen Überblick zum Informationsbegriff bieten die Arbeiten von Luciano Floridi. Zu Entropie gibt es sogar eine eigene Online-Fachzeitschrift, *Entropy*.

13 Pias: *Cybernetics*, Bd. 2, S. 121.

14 Zit. nach Tribus/McIrvine: „Energy and Information“, S. 180.

Als würde das nicht schon jegliche ‚regulative Idee‘ (natur)wissenschaftlichen Arbeitens genug in Frage stellen, ist eine weitere Tatsache (die – soweit mir bekannt – nicht zitiert wird) noch abstruser: Norbert Wiener, der Information als das *Gegenteil* von Entropie definierte (mathematisch durch Wechsel des Vorzeichens, aber auch semantisch), gibt in einer Fußnote ebenfalls ein Gespräch mit John von Neumann als Inspiration an.¹⁵ Auch ohne die genauen Abläufe und Motivationen zu kennen, ist die Tatsache für sich genommen sprechend. Das Reden über die Verbindung zwischen Information und Entropie muss man wegen seiner Verbreitung zwar nach dieser Feststellung genau so ernst – wenn nicht in gewisser Weise sogar ernster – nehmen, aber wie steht es mit dem Sein dieser Verbindung? Wäre Snow einmal von Neumann auf einem *gathering* begegnet ...

Wenden wir uns zunächst den Lehrbuchdefinitionen zu. Den Begriff ‚Entropie‘ bildete Rudolf Clausius aus den griechischen Wörtern für Energie und Transformation.¹⁶ In der Thermodynamik ist Entropie ein Maß dafür, wie nahe ein System einem Gleichgewicht ist. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt (in einer Variante), dass sich in einem geschlossenen System bestimmte Makrovariablen (wie Temperatur, Druck etc.) mit der Zeit ausgleichen. Die Entropie steigt dabei und ist im Gleichgewicht maximal. Die Entropie selbst ist nicht einfach empirisch messbar. Eine Vielzahl unterschiedlicher Mikrozustände des Systems (Konfigurationen der Atome und Moleküle) können zu demselben Makrozustand (Messgrößen wie Temperatur, Druck etc.) führen. Die probabilistische Definition der Entropie ist die Zahl der Mikrozustände, die denselben Makrozustand ergeben würden (z.B. hat Wasser mehr mögliche Mikrozustände als Eis). Mit der probabilistischen Definition ist bereits in der klassischen Physik die Möglichkeit einer epistemologischen Formulierung eingeführt: Da bei höherer Entropie mehr Mikrozustände möglich sind, wissen wir über das System weniger, es fehlt mehr ‚Information‘. Trotzdem war es zunächst nicht diese Interpretation, die die Kulturwissenschaft motiviert hat, das Konzept zu übernehmen, sondern die Prognose der unaufhaltsamen Entropie allen Seins – und das schon lange vor und auch unabhängig von der Kybernetik. Hier haben wohl weder Snow noch Leavis ihre Hausaufgaben gemacht. Das Konzept spielte eine große Rolle z.B. bei Henri Bergson, Henry Adams, Oswald Spengler und Sigmund Freud. Wie sollte ein gebildeter Zeitgenosse etwas *nicht* wahrnehmen, das sich als das Universalgesetz schlechthin darstellte? Seitdem haben sich jedoch in der Physik unerklärte Widersprüche, explizite Differenzierungen und Infragestellungen gehäuft – ironischerweise nicht zuletzt wegen der weiterentwickelten Verbindung mit dem nicht minder ‚metaphorischen‘ Konzept der Information.

15 Umgekehrt soll von Neumann den Logikern Rudolf Carnap und Yehoshua Bar-Hillel, die eine semantische Informationstheorie entwarfen, ausgedet haben, ihre Kritik an der Verbindung von Information und Entropie zu publizieren – mit dem Argument, es gebe in der Physik keinen Zweifel daran; Bar-Hillel: *Language and Information*, S. 11-12.

16 Clausius: „Über verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie“, S. 353.

Die einflussreichste naturwissenschaftliche Theorie der Information ist die von Claude E. Shannon. Wie sich in der zitierten Anekdote andeutet, leitete er sein Konzept zunächst unabhängig von der physikalischen Entropie her, kam aber zu der gleichen mathematischen Formel, die dafür verwendet wird. Sein Ansatz war heuristisch aus einer praktischen, ingenieurwissenschaftlichen Fragestellung entwickelt: die technische Effizienz der Signalübertragung zu verbessern. Das leistet der Ansatz auch sehr erfolgreich: Er ist Grundlage für ASCII-Code, Datenkompression, Verschlüsselung etc. (und gleichermaßen anwendbar für analoge wie digitale Sender). Dieses Konzept von Information enthält weder semantische Aspekte (geschweige denn weitere, wie Wahrheitsgehalt, Nützlichkeit etc.), noch drückt der Mangel daran irgendeine Haltung gegenüber der menschlichen Information aus; es ist einfach nur für die Lösung eines technischen Problems gedacht. Shannons Konzept bezieht sich auf die technische Bereitstellung von Information: Es leistet, dass die an einem Ende der Welt getippten Buchstaben möglichst schnell, fehlerfrei und ressourcensparend am anderen Ende der Welt ankommen, wobei völlig irrelevant ist, was der Inhalt der Nachricht ist oder ob jemand vor dem Bildschirm sitzt und sie auch interpretiert – aber genau das bleibt der (exogene) Zweck. Das wird zwar von Shannon klar formuliert (ebenso im Vorwort von Warren Weaver), aber Weaver stellt das Konzept als ersten Schritt dar, auch die Semantik technisieren zu können. Dies jedoch ist bis heute trotz einiger Versuche nicht gelungen (sog. *semantic gap*), geschweige denn, dass die übertragende Maschine selbst ‚verstehen‘ könnte, was sie versendet (man denke z.B. an die schlechten Ergebnisse des Übersetzungsprogramms *Babelfish*). Der Titel ‚Die mathematische Theorie der *Kommunikation*‘ grenzt an Etikettenschwindel; er scheint zumindest Weavers Absicht auszudrücken, die *kulturelle* Relevanz der Theorie zu erhöhen. Shannons Absicht war lediglich, die durchschnittliche Variabilität von Zeichenketten (z.B. englischsprachiger Texte) zu quantifizieren, um dadurch die maximal tolerable Signalstörung und die mindestens benötigte Kanalkapazität effizient bestimmen zu können. Die Buchstaben oder Wörter entsprechen strukturell den Teilchen bei thermodynamischen Systemen – Texte in Basic English haben damit eine geringere ‚Entropie‘ als die Texte von James Joyce.¹⁷ Was hat das mit physikalischer Entropie zu tun? Direkt nichts, außer der gemeinsamen Formel, die als Modellierung für strukturell ähnliche Systeme funktioniert, die nicht in einem Zusammenhang stehen müssen. Einen Statistiker würde so etwas weniger wundern als einen Physiker: Intelligenz und Körpergröße sind beide normalverteilt, ohne semantisch oder kausal etwas miteinander zu tun zu haben.¹⁸

17 Vgl. dazu z.B. Liu: „iSpace“.

18 Das MaxEnt-Prinzip von Edwin T. Jaynes erklärt möglicherweise allgemein, warum die Entropie-Formel als statistisches Modell so häufig gut funktioniert.

Wieners Definition unterscheidet sich von der Shannons nicht einfach wegen einer ‚willkürlichen‘ Änderung des Vorzeichens.¹⁹ Wiener leitet sein Informationskonzept heuristisch ganz anders her; es ist zwar in gewissem Sinne ‚semantisch‘, aber von geringerer Alltagsrelevanz. Wiener geht von einem experimentellen Messproblem aus, wobei die Genauigkeit des Messinstrumentes das Maß für ‚Information‘ ist. So kommt er wiederum zu der gleichen Formel – bis auf das Vorzeichen.²⁰ Die metaphysischen Interpretationen, die Wiener aufgrund der formalen Verbindung zur physikalischen Entropie bzw. ihrem ‚Gegenteil‘ anstellt, ergeben sich aus anschaulichen Interpretationen des physikalischen Konzepts und aus seinen eigenen Werthaltungen. Wiener identifiziert Entropie mit ‚Unordnung‘, was zumindest nicht in jedem physikalischen Kontext funktioniert. Bei einem Mischungsexperiment von Flüssigkeiten unterschiedlicher Farbe ist der Wahrnehmungseindruck, dass das stärker Vermischte ‚ordentlicher‘ ist, die Entropie ist aber höher (es gibt mehr Mikrozustände, die denselben Makrozustand ergeben würden, weil die räumliche Restriktion für die Teilchen verschiedenen Typs geringer ist). Ferner ist das Urteil darüber, ob einem der ‚ordentliche‘ oder ‚unordentliche‘ Mischungszustand ästhetisch besser gefällt, subjektiv.

Deshalb ist auch – überspitzt formuliert – Rudolf Arnheims Ästhetik auf Basis des Konzepts der Entropie lediglich ein Ausdruck dafür, dass er moderne Kunst ‚chaotisch‘ fand und sie nicht mochte, aber keine naturwissenschaftliche Fundierung von Ästhetik.²¹ Zur ‚Informationsästhetik‘ formuliert Rieger jedoch:

Der Anschluss an die Ästhetik erfolgt aber auch unabhängig von ästhetik-immanenten Bezugsnahmen: als Informationsästhetik, die auf der Frage nach dem Rauschen nicht auf die Natur als eine schwer bis überhaupt nicht exhaustierbare Datenquelle verweist, sondern die versucht mit Maßzahlen das Rauschen der Kunst in Kriterien der Un-

19 So behauptet es N. Katherine Hayles in: *How We Became Posthuman*, S. 102. Was die Rolle von Werturteilen angeht, hat Hayles Recht, aber sie kommen erst bei der Interpretation der Formel ins Spiel. Kittler postuliert ein gegensätzliches Verhältnis von Information und Entropie, aber seine Argumentation steht in keinem nachvollziehbaren Zusammenhang mehr zu irgendeiner mathematischen oder physikalischen Konzeption.

20 Kozo Mayumi (in Anschluss an Nicholas Georgescu-Roegen) argumentiert, dass Wieners Formel nicht einmal mathematisch zwingend ist (auch andere Formeln hätten den Bedingungen der Grundidee genügt) und für den stetigen Fall sogar falsch sei. Auch Donald M. MacKay, dessen Ansatz als der erste ‚semantische‘ gilt und der die Verbindung zwischen Information und physikalischer Entropie kritisiert hat, geht von einem Messproblem aus, kommt aber zu einer anderen Formel, die er in Bezug zu Wittgensteins *Tractatus Logico-Philosophicus* setzt. MacKay erwähnt, dass ihn jemand auf diese Idee gebracht hat, nennt aber keinen Namen. Vielleicht war es Wittgensteins Übersetzer Charles K. Ogden, der Erfinder des Basic English (das Shannon als einen Korpus verwendete).

21 Eine überzeugendere Übertragung von Shannons Informations-Konzept auf die (visuelle) Ästhetik, die keinen Bezug zur physikalischen Entropie behauptet, enthält die Arbeit von Daniel E. Berlyne.

wahrscheinlichkeit, der Ordnung oder Unordnung, kurz: nach Maßgabe von Komplexität anzuschreiben. Wichtig wird damit auch die Übergängigkeit von Entropie und Information als Maßzahlen, die den Anschluss an Thermodynamik und Quantenphysik begründen. Das, was ein Bild zu einem Bild macht, wird an aller Intentionalität und aller Pragmatik vorbei als informationelles Sein Gegenstand der Analyse. Die Natur des Bildes gerät so zu einer Beschreibung ästhetischer Zustände und in den Zuständigkeitsbereich einer entsprechenden Semiotik, wie sie vor allem bei Max Bense ausgearbeitet wird. Weil dabei ein Formalismus und nicht eine Semantik oder gar eine Intention das Wort führt, kann nichts nicht Gegenstand einer solchen Betrachtung werden. Die Bilder der Natur und die Natur der Bilder bringen sich endlich gegenseitig zur Ansicht.²²

Aus den vorangehenden Ausführungen ist hoffentlich deutlich geworden: Selbst in der Kybernetik bringen nur Menschen die *Bedeutung* von Bildern zur Ansicht, was keineswegs heißen soll, dass die physikalisch-technischen Eigenschaften unerforschbar, unwichtig oder uninteressant wären. In der Quantenphysik werden bestimmte mathematische Modelle sogar ‚Bilder‘ genannt (Heisenberg-Bild, Schrödinger-Bild etc.). Robert Musil (Schriftsteller und Ingenieur) beschreibt die Metaphysik der Mathematik am Beispiel der imaginären Zahlen in *Die Verwirrungen des Zöglings Törleß*:

[Törleß:] „In solch einer Rechnung sind am Anfang ganz solide Zahlen, die Meter oder Gewichte oder irgend etwas anderes Greifbares darstellen können und wenigstens wirkliche Zahlen sind. Am Ende der Rechnung stehen ebensolche. Aber diese beiden hängen miteinander durch etwas zusammen, das es gar nicht gibt. Ist das nicht wie eine Brücke, von der nur Anfangs- und Endpfeiler vorhanden sind und die man dennoch so sicher überschreitet, als ob sie ganz dastünde? Für mich hat so eine Rechnung etwas Schwindliges; als ob es ein Stück des Weges weiß Gott wohin ginge. Das eigentlich Unheimliche ist mir aber die Kraft, die in solch einer Rechnung steckt und einen so festhält, daß man doch wieder richtig landet.“ Beineberg grinste: „Du sprichst ja beinahe schon so wie unser Pfaffe [...]“.“²³

Probabilistische Interpretationen der Entropie und Ideen wie die von Wiener, dass Information sogar eine dritte physikalische Entität neben Materie und Energie sei, haben sich in der Physik so weiterentwickelt, dass sie das Verhältnis von In-

22 Rieger: Kybernetische Anthropologie, S. 209.

23 Musil: Die Verwirrungen des Zöglings Törleß, S. 140.

formation und Entropie regelrecht umgekehrt haben.²⁴ Von Neumann hat die Entropie-Formel in die Quantenphysik übertragen, die bekanntlich von ‚Unschärfe‘ geprägt ist (was man probabilistisch interpretieren kann). Ausgerechnet die ‚informatische‘ Interpretation der Physik, z.B. John A. Wheelers ‚it from bit‘-Theorie (die sich auch universalistisch ‚theory of everything‘ nennt), problematisiert die quantenmechanische ‚von Neumann-Entropie‘.²⁵ Von Neumann, laut der anekdotischen Referenzen die ‚graue Eminenz‘ der Verbindung von Information und Entropie, wird also gewissermaßen von der Radikalisierung seiner eigenen Idee dekonstruiert. ‚Unheimliche‘ experimentelle Befunde geben den Eindruck, als würden Quanten nicht unsere Fragen über ihren Zustand beantworten, sondern unsere Fragen ihre Zustände erst herbeiführen. So anschaulich eine solche Anthropomorphisierung durch das Konzept der Information auch sein kann, zumindest eins können Quanten wohl nicht, das Umberto Eco als ‚Test für Semiose‘ eingeführt hat: lügen (d.h. intentional falsch informieren).

Insofern bleibt für *meaning* ein Konzept von *mind* logisch und pragmatisch (vorläufig?) notwendig, wie auch immer man ‚Geist‘ definiert.²⁶ Die Kybernetik lieferte dafür zwar praktisch nützliche Modelle (z.B. Nervennetze als Schaltkreise), hatte aber ontologisch und epistemologisch nicht viel beizutragen:

Was wir an geistigen Funktionen beobachten, ist Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Abgabe von Informationen. [...] Auf gar keinen Fall scheint es mir wahrscheinlich oder gar bewiesen, daß zur Erklärung geistiger Funktionen irgendwelche Voraussetzungen gemacht werden müssen, welche über die normale Physik hinausgehen. [...] Der Informationsfluß bei der Reflexion ist ‚frei‘; die rotierenden Informationen müssen weder mathematischen und physikalischen Gesetzen entsprechen noch müssen sie in sich selbst folgerichtig und stetig sein. [...] Man entfernt sich hierbei immer weiter von der unmittelbaren Beobachtung der Außenwelt. Während nun die ersten Stufen dieser ‚Überbeobachtungen‘ zweifellos sehr nützlich sind [...], liegt in der Bildung immer weiterer Stufen die Gefahr der Entartung geistiger Funktionen: Das Denken wird weltfremd, es wuchert, es wird Selbstzweck, ohne Nutzen für den Menschen. Die Tendenz zu

24 In der Informatik verbindet Landauer logische Operationen direkt mit physikalischen, was aber nicht immer zu praktisch richtigen Ergebnissen führt und gelegentlich theoretisch überinterpretiert wird. Vgl. Landauer: „The Physical Nature of Information“ und Bennet: „Notes on Landauer’s Principle, Reversible Computation, and Maxwell’s Demon“.

25 Vgl. Stotland u.a.: „The Information Entropy of Quantum Mechanical States“.

26 Ich persönlich halte John R. Searles Position für die überzeugendste.

immer abstrakteren Formen des Denkens zu schreiten, scheint ein schädlicher Einfluß im Auslesekampf der Kulturen zu sein.²⁷

Von Widersprüchen in der Argumentation und den Konnotationen von ‚Sozialdarwinismus‘ einmal abgesehen: Dasselbe könnte man auch den Kybernetikern ‚vorwerfen‘. Die interessantesten Fragen sind damit aber nur aufgeschoben, nicht aufgehoben. Von Neumann hielt als letztes zum menschlichen Gehirn fest (angeblich waren es sogar seine letzten Worte überhaupt): „Whatever the system is, it cannot fail to differ considerably from what we consciously and explicitly consider as mathematics.“²⁸

Eine Kernbedeutung von ‚Information‘ kommt der ursprünglichen, lateinischen Wortbedeutung nahe, nämlich ‚(interaktive) Formung‘ (und – wie oben zitiert – steckt ‚Form‘ auch in ‚Entropie‘). Diese Bedeutung scheint die Biologie besonders zu interessieren,²⁹ die sich von der Kybernetik trotz der Gemeinsamkeit des Systembegriffs zunächst eher abgegrenzt hat (Ludwig von Bertalanffy). Physikalische Mischungsexperimente mit unterschiedlich geformten Teilchen sind für die Biologie eventuell als Modelle für die Entstehung von Molekularstrukturen relevant: Entropie kann dabei ein Motor für die Entstehung von Strukturen sein.³⁰ Daraus ergibt sich statt eines Antagonismus zwischen der Entropie des Universums und der Negentropie des Lebens³¹ ein komplexes Zusammenspiel von Entropie und Negentropie und dementsprechenden Potentialen.³² Umso komplizierter werden Prognosen – obwohl sie rein mathematisch einfacher sein sollen als Erklärungen für die Vergangenheit und Simulationsspiele auf dem PC heute weit über das hinausgehen, was sich die Kybernetiker vorstellen konnten. Dass mathematische Simulationen (auch von Computern errechnete) von Menschen gesteuerte Prozesse sind, zeigt ein Artikel in der Zeitschrift *Entropy*.³³ Der Autor versucht aus Stufen der Menschheitsentwicklung zunehmende Entropie, die er als ‚Information‘ interpretiert, zu belegen. Abgesehen davon, dass er die Stufen natürlich selbst wählt, verschiebt er seinen ursprünglichen Skalennullpunkt (Jahr 2000), weil das Erscheinen von Buchdruck und Computer sonst nicht in seine

27 Steinbuch: „Bewußtsein und Kybernetik“, S. 1, 9, 10-11. Letzteres erinnert an Richard Dawkins' *memes*.

28 Von Neumann: *The Computer and the Brain*, S. 82.

29 Vgl. z.B. Roederer: „On the Concept of Information and Its Role in Nature“.

30 Vgl. z.B. Yodh u.a.: „Entropically Driven Self-Assembly and Interaction in Suspension“.

31 Vgl. Schrödinger: *Was ist Leben?*; Brillouin: „Negentropy Principle of Information“. Negative Entropie (Schrödinger) oder Negentropie (Brillouin) ist in der Physik nicht das ‚Gegenteil‘ von Entropie im Sinne eines negativen Vorzeichens, sondern die ‚freie Energie‘ eines Systems.

32 Vgl. zum Wechsel von der Dämonisierung zur regelrechten Zelebrierung des ‚Chaos‘ Hayles: *Chaos Bound*.

33 Vgl. Coren: „Empirical Evidence for a Law of Information Growth“.

mathematische Zeitreihe passen. Demnach steht uns ein weiterer Medienumbruch im Jahre 2135 bevor (oder werden wir unseren jetzigen erst dann haben?).

Um es zusammenfassend auf den Punkt zu bringen: Der Kern des naturwissenschaftlichen Homonyms ‚Entropie‘ ist eine mathematische Formel, aber weder ist ihre Referenz eindeutig noch empirisch einfach zu beobachten. Dies ist wohl nicht einmal Naturwissenschaftlern immer bewusst, weil die Ontologie der Mathematik ungeklärt ist, genau wie die der natürlichen Sprache, und dies nicht immer mitgedacht wird.³⁴ Die allgemeinste und praktisch nützlichste Verwendung der Formel scheint die probabilistische Interpretation eines Systemzustandes zu sein (unabhängig davon, für welche Interpretation von ‚Zufall‘ man sich entscheidet). Die Verbindung der ‚Entropie‘ mit dem kulturwissenschaftlichen Homonym ‚Information‘ ist eine ausgesprochen produktive ‚Metapher‘, aber ihre Teile präzisieren sich nicht immer wechselseitig, geschweige denn, dass einer eine Fundierung des anderen wäre. Die ‚Naturalisierung‘ der Verbindung hat in der Physik zu einer Aporie geführt, die auch die ‚Kybernetik zweiter Ordnung‘ nur noch konstatieren, aber nicht mehr erklären kann. Eine Konzeption des ‚Beobachters‘, welcher Art auch immer, ist mindestens eine logische und praktische Notwendigkeit, ihn zu einem ‚Axiom‘ zu machen, genügt höchstens lokal. Soweit sich ein Bedeutungskern der ‚Information‘ ausmachen lässt, entspricht er der ursprünglichen Wortbedeutung, nämlich der (interaktiven) Formung. Diese Bedeutung scheint besonders die Biologie zu interessieren. Historisch verändert haben sich natürlich die philosophischen Hintergrundannahmen, nicht zuletzt aufgrund der gesellschaftlichen Veränderungen durch die Technologien, die Information vermitteln und untersuchen.

Um die Metapher auf sich selbst zu wenden und aus der Reflexion eine Prognose zu wagen: Die ‚Entropie‘ wissenschaftlicher Konzepte wird sich generell eher vergrößern, was lokale Paradigmenwechsel nicht ausschließt. Weder ist eine Universalwissenschaft praktisch wahrscheinlich noch wünschenswert, denn diese ‚Entropie‘ ist Folge der wissenschaftlichen Arbeit, besonders der Erweiterung des Handlungswissens. Es wäre hingegen sehr wünschenswert, dass sich verschiedene Bereiche gegenseitig mehr (und friedlicher) informieren. Durch die neuen Informationstechnologien ist das besser möglich denn je. Wie viel ich jedoch durch die Internet-Recherche für diesen Artikel zur realen Entropie (in Form globaler Erwärmung) beigetragen habe, ist ein unerfreulicherer Gedanke. Es soll Aristoteles erstaunlicherweise nicht gelungen sein zu zeigen, dass *Sein* ein Homonym ist – ob wir uns noch dahin entwickeln?

34 Vgl. z.B. Kobusch: *Sein und Sprache*; Schirn (Hrsg.): *The Philosophy of Mathematics Today*.

LITERATURVERZEICHNIS

- Arnheim, Rudolf: *Entropy and Art*, Berkeley, CA 1971.
- Avery, John S.: *Information Theory and Evolution*, Singapore 2003.
- Bar-Hillel, Yehoshua: *Language and Information: Selected Essays on Their Theory and Application*, Reading, MA 1963.
- Bell, Daniel: *The Coming of Post-Industrial Society: A Venture of Social Forecasting*, New York 1973.
- Bennett, Charles H.: „Notes on Landauer's Principle, Reversible Computation, and Maxwell's Demon“, in: *Studies in History and Philosophy of Science*, Part B, Jg. 34, Nr. 3, 2003, S. 501-510.
- Berlyne, David E.: *Conflict, Arousal and Curiosity*, New York 1960.
- Brillouin, Leon: „Negentropy Principle of Information“, in: *Journal of Applied Physics*, Jg. 24, Nr. 9, 1953, S. 1152-1163.
- Chase, Andrea: „Book Reviews: Cybernetics and Human Knowing“, in: *Whole Earth Review*, Winter 1994, S. 15.
- Clausius, Rudolf: „Ueber verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie“, in: *Annalen der Physik und Chemie*, Jg. 125, 1865, S. 353-400.
- Coren, Richard L.: „Empirical Evidence for a Law of Information Growth“, in: *Entropy*, Jg. 3, Nr. 4, 2001, S. 259-272.
- Dawkins, Richard: *The Selfish Gene*, Oxford 1976.
- Deleuze, Gilles/Guattari, Félix: *A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia* [1980], Minneapolis, MN 1987.
- Eco, Umberto: *Einführung in die Semiotik*, München 1972.
- Floridi, Luciano: „What is the Philosophy of Information?“, in: *Metaphilosophy*, Jg. 33, Nr. 1/2, 2002, S. 123-145.
- Foucault, Michel: *The Order of Things: An Archaeology of the Human Sciences* [1966], New York 1971.
- Gross, Paul R./Levitt, Norman: *Higher Superstition: The Academic Left and Its Quarrels with Science*, Baltimore, MD 1994.
- Hayles, N. Katherine: *Chaos Bound: Orderly Disorder in Contemporary Literature and Science*, Ithaca, NY 1990.
- Hayles, N. Katherine: *How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*, Chicago, IL 1999.
- Hofstadter, Douglas: *Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid*, New York 1979.
- Jaynes, Edwin T.: „Information Theory and Statistical Mechanics“, in: *Physical Review*, Jg. 106, Nr. 4, 1957, S. 620-630.

- Kittler, Friedrich: „The History of Communication Media“, in: ctheory.net, 30.07.1996, <http://www.ctheory.net/articles.aspx?id=45>, 15.12.2007.
- Kobusch, Theo: Sein und Sprache: Historische Grundlegung einer Ontologie der Sprache, Leiden 1987.
- Koertge, Noretta (Hrsg.): A House Built on Sand: Exposing Postmodernist Myths About Science, New York/Oxford 1998.
- Kuhn, Thomas S.: The Structure of Scientific Revolutions, Chicago, IL 1962.
- Landauer, Rolf: „The Physical Nature of Information“, in: Physics Letters, Part A, Jg. 217, Nr. 4-5, 1996, S. 188-193.
- Leavis, Frank R.: Two Cultures? The Significance of C. P. Snow, London 1962.
- Liu, Lydia H.: „iSpace: Printed English after Joyce, Shannon, and Derrida“, in: Critical Inquiry, Jg. 32, Nr. 3, 2006, S. 516-550.
- Lundheim, Lars: „On Shannon and ‚Shannon’s Formula‘“, in: Elektronik, Jg. 98, Nr. 1, 2002, S. 20-29.
- MacKay, Donald M.: Information, Mechanism and Meaning, London 1969.
- Mayumi, Kozo: „Information, Pseudo Measures and Entropy: An Elaboration on Nicholas Georgescu-Roegen’s Critique“, in: Ecological Economics, Jg. 22, Nr. 3, 1997, S. 249-259.
- Musil, Robert: Die Verwirrungen des Zöglings Törleß, Reinbek b. Hamburg 1978.
- Neumann, John von: The Computer and the Brain [1958], 2. Aufl., New Haven, CT 2000.
- Pask, Gordon: The Cybernetics of Human Learning and Performance. London 1975.
- Pias, Claus: Cybernetics, Bd. 1.: Transactions, Zürich/Berlin 2003.
- Pias, Claus: Cybernetics, Bd. 2: Essays and Documents, Zürich/Berlin 2004.
- Rieger, Stefan: „Die Kybernetik des Menschen: Steuerungswissen um 1800“, in: Joseph Vogl (Hrsg.): Poetologien des Wissens, München 1999, S. 97-119.
- Rieger, Stefan: Kybernetische Anthropologie: Eine Geschichte der Virtualität, Frankfurt a. M. 2003.
- Roederer, Juan G.: „On the Concept of Information and Its Role in Nature“, Entropy, Jg. 5, Nr. 1, 2003, S. 3-33.
- Schirn, Matthias: The Philosophy of Mathematics Today, Oxford 1998.
- Schrödinger, Erwin: Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet, München 1951.
- Searle, John R.: „How To Study Consciousness Scientifically“, in: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Part B, Jg. 353, Nr. 1377, 1998, S. 1935-1942.
- Shannon, Claude E./Weaver, Warren: The Mathematical Theory of Communication, Champaign, IL 1949.

- Shields, Christopher: Order in Multiplicity: Homonymy in the Philosophy of Aristotle, Oxford 1999.
- Snow, Charles P.: The Two Cultures and the Scientific Revolution, New York 1959.
- Sokal, Alan/Bricmont, Jean: Fashionable Nonsense: Postmodern Intellectuals' Abuse of Science, New York 1998.
- Steinbuch, Karl: „Bewußtsein und Kybernetik“, in: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft, Jg. 3, Nr. 1, 1962, S. 1-12.
- Stotland, Alexander u.a.: „The Information Entropy of Quantum Mechanical States“, in: Europhysics Letters, Jg. 67, Nr. 5, 2004, S. 700-706.
- Tribus, Myron/McIrvine, Edward C.: „Energy and Information“, in: Scientific American, Jg. 225, Nr. 3, 1971, S. 179-188.
- Wheeler, John A.: A Journey Into Gravity and Spacetime, New York 1990.
- Wiener, Norbert: Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine [1948], 2. Aufl., Cambridge, MA 1965.
- Yodh, A. G. u.a.: „Entropically Driven Self-Assembly and Interaction in Suspension“, in: The Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Part A, Jg. 359, Nr. 1782, 2001, S. 921-937.