

Bert Klauninger, Institut für Gestaltungs- und Wirkungsforschung, TU Wien, e-mail: bk@ssi.at

Cyberspace als ein selbstorganisierendes System

Gliederung

1. Einleitung
 2. Cyberspace – vom ästhetischen Konzept zur wissenschaftlichen Kategorie
 3. Virtualisierung
 4. Computersysteme und die Maschinenmetapher
 5. Komplexe Systeme
 6. Allgemeine Systemtheorie und Selbstorganisation
 7. Cyberspace als selbstorganisierendes System
 8. Perspektiven
- Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Die Forschungsgruppe UTI – *Unified Theory of Information* – welche sich in den letzten Jahren an der Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien herausgebildet hat, versucht, die gemeinsamen Gesetzmäßigkeiten aller informationsverarbeitenden Systeme herauszuarbeiten und so zur Grundlegung der Informatik als Wissenschaft der Entstehung, Verteilung und Verarbeitung von Information beizutragen. Information wird hier weder als objektives, externes Faktum (im Sinne eines naiven Realismus) noch als völlig subjektive Konstruktion (im Sinne des Radikalen Konstruktivismus), sondern als Phänomen, das durch die Interaktion offener Systeme entsteht, begriffen. Grundlegend für diesen Informationsbegriff ist die Selbstorganisationstheorie, die versucht, die spontane Entstehung von neuer Information (Organisation) zu begründen.

Ich möchte nun in der vorliegenden Arbeit versuchen, den Begriff Cyberspace aus der Sicht von allgemeiner und evolutionärer Systemtheorie sowie der Selbstorganisationstheorien zu beleuchten und zu zeigen, dass eine Reduktion des Cyberspace auf computertechnische und nachrichtentechnische Begriffe unzureichend ist. Fasst man den Cyberspace als sozio-technisches System, sind es gerade die nicht-technischen Komponenten – also die *User* in ihrem gesellschaftlichen Kontext des Technologiegebrauches, die den Cyberspace zu einem komplexen System machen, das sich von der Welt der trivialen Maschinen, die in den Vorstellungen der Ingenieurwissenschaften immer noch vorherrscht, deutlich abgrenzt.

Dieser Aufsatz entstand im Rahmen des INTAS-Forschungsprojektes „Human Strategies in Complexity“ (MP/CA 2000-298), das aus Mitteln der Europäischen Union und des österreichischen Bundesministeriums für Unterricht, Wissenschaft und Kunst finanziert wurde.

2. Cyberspace – vom ästhetischen Konzept zur wissenschaftlichen Kategorie

Zunächst werde ich auf die Entstehung des Begriffes Cyberspace eingehen und seine Entwicklung von einem ästhetischen Konzept in Literatur, Kunst und Film hin zu einer wissenschaftlichen Kategorie skizzieren.

Das Kunstwort *Cyberspace* steht für „Cybernetic Space“, also kybernetischen Raum. Damit ist der Cyberspace-Begriff eng mit dem der Kybernetik verbunden. Anknüpfend an die Maschinenmetapher Norbert Wieners, der keinen prinzipiellen Unterschied in den Steuerungsmechanismen von Menschen und Maschinen sah [Wiener 1961], wurde die Machbarkeit einer Erweiterung der menschlichen Sensoren und Effektoren durch Artefakte zum Grundgedanken der Cyberspace-Idee. Das literarische Genre *Cyberpunk* wurde bereits 1980 von Bruce Bethke mit seiner gleichnamigen Kurzgeschichte begründet [Wikipedia 2004], die eine Generation von Schriftstellern, Musikern und bildenden Künstlern der Jugend-Subkultur der 80er Jahre befruchtete. Hierzu zählt auch William Gibson, in dessen Novelle *Neuromancer* 1984 das Wort Cyberspace zum ersten Mal auftaucht. Menschen tauchen mithilfe elektronischer Hilfsmittel in eine gemeinsame simulierte Welt ein, nehmen diese quasi räumlich wahr und manipulieren sie:

"Cyberspace. A consensual hallucination experienced daily by billions of legitimate operators, in every nation, by children being taught mathematical concepts... A graphical representation of data abstracted from the banks of every computer in the human system. Unthinkable complexity. Lines of light ranged in the non-space of the mind, clusters and constellations of data. Like city lights, receding..."
[Gibson 1984:67]

Dieses Thema übte in den 80er- und 90er-Jahren des 20. Jahrhunderts starken Einfluss auf Literatur, Musik und Film aus. Hier seien nur einige Beispiele aus dem Film genannt:

- Tron: der Körper des Menschen wird digitalisiert und in ein Rechnersystem transferiert, wo er das Innere des Computers räumlich erlebt
- Robocop: ein Mensch wird durch kybernetische Organe in seinen sensorischen und motorischen Fähigkeiten erweitert – er wird zum *Cyborg* (kybernetischer Organismus)
- Lawnmower Man: ein Mensch taucht mittels Cyber-Suit in eine virtuelle Welt ein
- Matrix: Menschen existieren in einer gemeinsamen Computersimulation, ohne den virtuellen Charakter dieser Welt überhaupt zu bemerken (der Ausdruck *Matrix* geht ebenfalls auf William Gibsons *Neuromancer* zurück und wird dort weitgehend synonym mit Cyberspace verwendet)

Gemeinsames Element ist hier die Simulation einer raum-zeitlich-materiellen Konfiguration, die in dieser Form nicht real existiert, sich den teilnehmenden Subjekten jedoch als sinnlich-real präsentiert. Das Eintreten in diesen Raum geschieht unter Zuhilfenahme technischer Geräte (Implantate, künstliche Organe, Cyber-Suit, Data Glove und VR-Brille). Mithilfe dieser technischen Erweiterungen können simulierte Objekte wahrgenommen, manipuliert und intersubjektiv gestaltet werden, sodass die Grenzen zwischen virtuellem und realem Raum verschwimmen.

Der Cyberspace-Begriff findet als Metapher zunehmend Eingang in Wissenschaft und Technik. Hier versteht man unter Cyberspace eine alternative Raum-Zeit-Struktur, die durch vernetzte Informations- und Kommunikationssysteme erzeugt wird. Nach dem diesjährigen Wiener-Schmidt-Preisträger Klaus Krippendorff sind zwei epistemologische Voraussetzungen für den Cyberspace konstitutiv [Krippendorff 1997]:

- Die Fähigkeit zur Digitalisierung der Welt, das heißt die prinzipielle Übersetzbarkeit von materiellen Konfigurationen in binäre Daten. Dies entspricht der philosophischen Kategorie der *Analyse*, also der Zergliederung von Phänomenen oder Konzepten in elementare Bestandteile (vgl. auch Immanuel Kant über analytische und synthetische Urteile [Kant 1787: 10f]).
- Die Fähigkeit zur Kombination und Rekombination jener durch Digitalisierung gewonnenen Daten und damit zur *Synthese* oder bewussten Rekontextualisierung der binären Daten.

Krippendorff definiert einen Cyberspace als vom Menschen erzeugtes System, das folgende Charakteristika aufweist [Krippendorff 1997]:

- Die Möglichkeit zur Dateneingabe und zum Abruf von Daten
- Algorithmen, die auf diesen Daten operieren
- Interfaces (Mensch-Maschine-Schnittstellen), welche die Interaktion des Users mit den technischen Systemen ermöglicht
- Netzwerke, die den Datenaustausch zwischen einzelnen informationsverarbeitenden Systemen ermöglichen

Nach einer solchen Definition stellt derzeit das weltweite Internet den größten jemals von Menschen geschaffenen Cyberspace dar. Im weitesten Sinne bildet jegliches technikunterstützte Kommunikationssystem wie etwa die Post oder das Telefonnetz einen Cyberspace, wobei sich das Internet durch einen noch nie da gewesenen Umschlag von Quantität (der Datenmenge, der Algorithmen, der Vernetzung) in Qualität von vergangenen Cyberspaces abhebt.

3. Virtualisierung

Durch die digitale Verarbeitung von Daten in verteilten Informations- und Kommunikationssysteme kommt es zu einer *Virtualisierung* der Information. Kants fundamentale Ordnungskategorien Raum und Zeit verlieren im Cyberspace ihre herkömmliche Bedeutung, ebenso die Einheit von Raum, Zeit und Materie:

- Raum als Ordnung des Nebeneinanders von Objekten (Nähe und Distanz) wird durch die *Delokalisierung* der Informationen aufgehoben [Raulet1988:285ff] Die Ordnungsstruktur des Cyberspace spiegelt nicht notwendigerweise eine räumliche Anordnung wider, der Speicherort der abgerufenen und manipulierten Information ist durch die weltweite Vernetzung transparent.
- Zeit als Ordnung des Nacheinanders von Ereignissen wird ebenso durch die hypertextuelle Struktur des Cyberspace abgelöst. Informationen werden nicht notwendigerweise chronologisch strukturiert, sondern alte und neue Informationen koexistieren und können sich aufeinander beziehen.
- Die Materie als Substanz der realen Welt wird durch Information abgelöst. Das Atom des Cyberspace ist das bit, das *Binary Digit*. Die vollständige Übersetzbarkeit von materiellen Strukturen in digitale Information wird oft unreflektiert hingenommen.

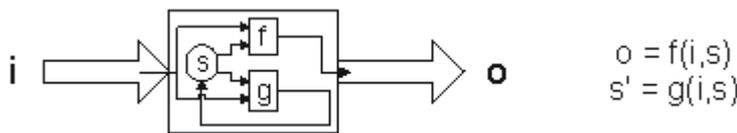
Offenbar verändert also das System Cyberspace unsere Art und Weise zu denken, zu kommunizieren und zu kooperieren, und damit gleichzeitig unsere Sicht der Welt. Der Cyberspace weist neue – emergente – Eigenschaften auf, die nicht allein durch dessen technische Struktur erklärbar sind.

4. Computersysteme und die Maschinenmetapher

Ich möchte im Folgenden zeigen, dass ein Cyberspace-Begriff, welcher nur die technologischen Komponenten von vernetzten Computersystemen berücksichtigt, der Komplexität des Phänomens Cyberspace nicht gerecht wird. Dazu werde ich die Maschinenkategorien von Foerster aufgreifen und sie durch ein weiter gehendes Konzept ergänzen: durch das *komplexe System*.

Heinz von Foerster prägte den Begriff der *trivialen Maschine*. Es handelt sich dabei um ein System mit folgenden Charakteristiken [Foerster 2003:62]:

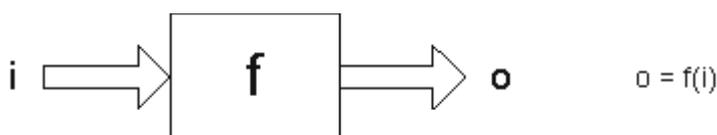
- Synthetische Determiniertheit, d.h. das Input-/Output-Verhalten der Maschine ist durch ihre Bestandteile und deren Verbindungen vollständig bestimmt
- Analytische Determinierbarkeit, d.h. ein externer Beobachter kann durch das Input-/Output-Verhalten der Maschine vollständig auf ihre Funktionsweise schließen.
- Geschichtslosigkeit, d.h. die Maschine kennt keinen inneren Zustand. Die zeitliche Abfolge der Input-/Output-Paare ist irrelevant.
- Vorhersagbarkeit, d.h. bei gegebenem Input ist auch der entsprechende Output bekannt.



Dieses Maschinenkonzept entspricht dem der Kybernetik erster Ordnung, wie es von Norbert Wiener entwickelt wurde. Die triviale Maschine fungiert als ideale Black Box, der Output ist direkt mit dem Input korreliert.

Die *nichttriviale Maschine* weist im Gegensatz zur trivialen einen inneren Zustand auf, der vom Input manipuliert wird und seinerseits den Output beeinflusst. Eine solche Maschine weist also folgende Eigenschaften auf [Foerster 2003:66]:

- Synthetische Determiniertheit
- Analytische Indeterminierbarkeit, d.h. der Beobachter kann alleine durch das Input-/Outputverhalten der Maschine im Allgemeinen nicht auf ihre Funktionsweise schließen.
- Geschichtlichkeit, d.h. der Output ist vom momentanen Input und von den vorangegangenen Inputs (die im Zustand der Maschine aufgehoben sind) abhängig.
- Unvorhersagbarkeit, d.h. durch verschiedene innere Zustände der Maschine variiert bei gleichem Input der jeweilige Output.



Heinz von Foerster sieht in diesem Typus, der Maschine der Kybernetik höherer Ordnung, eine gänzlich neue Klasse, die ihm geeignet erscheint, komplexe Systeme wie Organismen, Kommunikationen oder

Sozietäten zu beschreiben. In diesem Zusammenhang möchte ich jedoch darauf hinweisen, dass auch eine nichttriviale von Foerster-Maschine strikt deterministisch funktioniert und so Phänomene wie Nichtlinearität, Bifurkation und Emergenz nicht zu erklären vermag. Auch ein Getränkeautomat ist eine nichttriviale Maschine – er weist einen internen Zustandsspeicher auf, und abhängig von diesem reagiert er auf gleichen Input in unterschiedlicher Weise. Ein Getränkeautomat ist aber lediglich in der Lage, Information zu verarbeiten, nicht welche zu erzeugen.

Ich möchte nun kurz argumentieren, dass triviale und nichttriviale Maschinen nur zwei verschiedene Betrachtungsweisen eines deterministischen Automaten darstellen. Ist die Funktionsweise einer Maschine unbekannt, so erscheint sie als Black Box. Dies entspricht einer Betrachtung auf der Makroebene. Dem äußeren Beobachter ist es allein durch Experimente im Allgemeinen nicht möglich, auf die innere Funktionsweise der Maschine zu schließen (Arthur Gills Unbestimmbarkeits-Prinzip). Ist nun hingegen der Aufbau der Mikroebene bekannt, lässt sich jede nichttriviale Maschine in eine triviale mit Zirkelbezug umwandeln. Zur Erläuterung sei ein einfaches Beispiel gegeben:

Sei die nichttriviale von Foerster Maschine M bestimmt durch:

$$\begin{aligned} o &= f(i, s) \quad i \text{ sei der Input, } s \text{ der innere Zustand} \\ s' &= g(i, s) \quad s' \text{ sei der neue Zustand; } f \text{ und } g \text{ beliebige Zuordnungen} \end{aligned}$$

So ist M isomorph zur trivialen Maschine M' , die bestimmt ist durch:

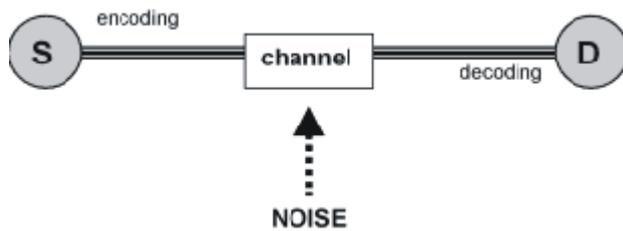
$$O = \varphi(l) \quad \text{mit } l = (i, s) \text{ und } O = (o, s')$$

Hier wird also der Zustand „externalisiert“, er ist Teil des Outputs und dient der Maschine wiederum als Input. Damit ist klar, dass eine nichttriviale Maschine genau wie eine triviale Maschine auf deterministische Funktion beschränkt ist und so keine Information erzeugen, sondern lediglich verarbeiten kann.

Nach der bisher gegebenen Definition stellen (ideale) Computer nichttriviale Maschinen dar. Ihr Output ist in deterministischer Weise vom Input und dem Zustand (Speicherinhalt) abhängig. Für den Beobachter auf der Makroebene, der die Mikrostruktur des Computers nicht kennt, erscheint die Maschine tatsächlich ein Eigenleben zu besitzen, unvorhersagbar zu agieren. Tatsächlich aber lässt sich jedes Verhalten des Computers vollständig als deterministische Abfolge von Rechenoperationen erklären. Computer sind also „nichttriviale“, aber dennoch deterministische Maschinen. Ebenso bildet die Vernetzung solcher Systeme letztlich eine einzige deterministische Maschine (lässt man die auftretenden Unsicherheiten wie Spannungsschwankungen, versagende Bauteile oder defekte Verkabelungen außer Acht).

Fasst man nun den Cyberspace rein technisch als Vernetzung von elektronischen Schaltkreisen auf, so erscheint er als eine deterministische Maschine. Es können sich keine neuen Systemeigenschaften zeigen – Emergenz im starken Sinne ist nicht möglich [Klauninger 2003:57ff]. Die Menge potentieller Systemzustände ist endlich und im Prinzip a-priori angebar.

Mit dieser Vorstellung korrespondiert auch die mathematische Theorie der Kommunikation von Shannon und Weaver [Shannon/Weaver 1963]. Information ist hier eine externe Qualität, die vom Sender codiert, über einen Kanal übertragen und vom Empfänger decodiert wird.

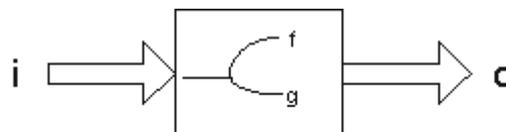


Sowohl bei der trivialen als auch bei der nichttrivialen Maschine wird Information als externe Entität bereits vorausgesetzt. Informationsentstehung kann sich nicht im Rahmen rein deterministischer Prozesse abspielen.

5. Komplexe Systeme

Unsere Forschung der letzten Jahre auf dem Gebiet von Selbstorganisationstheorien und Systemtheorie machen deutlich, dass eine über die nichttrivialen Maschinen hinausgehende Kategorie zur Erklärung komplexen Systemverhaltens notwendig ist. Charakteristisch für komplexe Systeme sind:

- Synthetische Undeterminiertheit, d.h. die Bestandteile des Systems bringen die Funktion des gesamten Systems zwar hervor, doch nicht auf deterministische Weise.
- Analytische Undeterminierbarkeit
- Geschichtlichkeit
- Unvorhersagbarkeit



$o = f(i)$ mit Wahrscheinlichkeit $p_f(i)$ bzw. $g(i)$ mit Wahrscheinlichkeit $p_g(i)$

Solche Systeme sind fähig zur spontanen Bildung neuer Systemeigenschaften, welche nicht deterministisch auf vorangegangene Eigenschaften reduzierbar sind – zur *Emergenz*. Damit können im Rahmen solcher Systeme Selbstorganisationsprozesse stattfinden, die zur Generierung neuer Information führen.

6. Allgemeine Systemtheorie und Selbstorganisation

Das Wort System kommt vom Griechischen..... das Anordnung oder Ganzes bedeutet. Dieser Begriff wurde durch die Jahrtausende von verschiedensten Philosophen und Wissenschaftlern (Aristoteles, Kant, Boltzmann, Bertalanffy, Laszlo...) in unterschiedlicher Bedeutung verwendet. Dennoch lassen sich drei Schlüsseleigenschaften eines Systems angeben:

- Systeme sind *Ganzheiten*

- Sie bestehen aus *Komponenten* (Subsystemen), sind aber im Allgemeinen nicht auf diese reduzierbar
- Sie sind von ihrer Umgebung unterscheidbar, weisen eine *Grenze* auf

Unter einem Systemansatz versteht man die Praxis, sich an ein zu erklärendes Phänomen anzunähern, „als ob“ es ein System in obigem Sinne wäre. Eine Allgemeine Systemtheorie (GST), wie sie von Ludwig von Bertalanffy begründet wurde, sucht nach Gesetzmäßigkeiten, die allen Systemen gemeinsam sind.

Es wird zwischen offenen und geschlossenen Systemen unterschieden, wobei es verschiedene Gattungen der Offenheit gibt. Thermodynamische Offenheit (Import und Export von Energie und Materie ist möglich), operationale Geschlossenheit und funktionelle Offenheit zeichnen die Systeme aus, welche die Fähigkeit zur Selbstorganisation aufweisen. Beispiele finden sich in physikalischen Systemen (Bénard-Zellen, Belousov-Zhabotinsky-Reaktion, Gas-Laser bei Hermann Haken), biologischen Systemen (vgl. etwa [Schrödinger 2001] und [Rosen 2000]) sowie in sozialen Systemen.

Unter Selbstorganisation versteht man nun einen Prozess, in dem sich mehrere offene Systeme wechselseitig aufeinander beziehen und eine gemeinsame Homöostase (Fließgleichgewicht) bilden. Dadurch entsteht ein Supersystem/Metasystem. Das „Selbst“ im Wort „Selbstorganisation“ bezeichnet dieses Supersystem. Charakteristisch ist die spontane Bildung von Ordnung oder Organisation und die lokale Verringerung der Entropie, die allerdings nur durch ein Entropiegefälle zwischen Energie-Input und –Output aufrechterhalten werden kann [Schrödinger 2001:124f].

Als Modell für Selbstorganisationsprozesse kann die Vorstellung von mehreren stochastischen Prozessen dienen, die ihre Inputs/Outputs wechselseitig aneinander angleichen und schließlich einen metastabilen Zustand erreichen. Ein Beispiel für ein solches Modell aus der AI stellt das neuronale Netzwerk dar, in dem die simulierten Neuronen „lernen“, ihre Inputs und Outputs aneinander anzupassen.

Wolfgang Hofkirchner [Hofkirchner 1998] sowie Klaus Fuchs-Kittowski [Fuchs-Kittowski/Rosenthal 1998] haben darauf hingewiesen, dass Information und Selbstorganisation als „zwei Seiten einer Medaille“ aufzufassen sind:

- Selbstorganisierende Systeme erzeugen Information
- Information ist immer das Ergebnis eines Selbstorganisationsprozesses

7. Cyberspace als selbstorganisierendes System

Nach diesen kurzen Erklärungen zum hier verwendeten Selbstorganisationsbegriff wenden wir uns nun wieder dem Cyberspace zu. Cyberspace und Gesellschaft stehen in permanenter Interaktion zueinander, wie Christian Fuchs in eindrucksvoller Weise zeigen konnte [Fuchs 2004]. Einerseits spiegeln sich in der technischen Realisierung des Cyberspace die Ziele, Normen und Werte der Gesellschaft wider, andererseits beeinflusst der Cyberspace auch das Individuum bzw. die Gesellschaft. Wolfgang Hofkirchner setzt in seiner evolutionären Systemtheorie drei Ebenen der Informationsverarbeitung voraus: *Kognition*, *Kommunikation* und *Kooperation* [Hofkirchner 2003].

- Auf der Ebene der Kognition bieten sich durch den Cyberspace neue Erkenntnismethoden und –werkzeuge, die Perzeption der Menschen verändert sich (vgl. Gerald Steinhardt: Kaleidoskopische Wahrnehmung [Steinhardt 1999:86ff]), neue Metaphern aus dem Bereich der Informatik werden auch auf andere Bereiche unseres Lebens angewandt.
- Auf der Ebene der Kommunikation kommt es zu den oben erwähnten Phänomenen der Delokalisierung und Dekontextualisierung des Informationsaustausches.
- Neue Möglichkeiten der Kooperation tun sich auf (Schlagwörter CSCW, Knowledge Society, Collective Intelligence)

Nach dem bisher Gesagten stellen verteilte Computersysteme deterministische Maschinen dar, *aber* die Interaktion der User mit den technischen Systemen lässt sich als ein technisch-gesellschaftliches Gesamtsystem fassen, das nicht mehr mit der Maschinenmetapher beschrieben werden kann. Durch die Einbettung von informationsverarbeitenden Systemen in der Gesellschaft erwächst eine potentiell unendliche Menge von Anwendungen und Inhalten, die a-priori nicht angegeben werden kann. Die eigentliche Kommunikation findet in diesem Bild nicht zwischen Computersystem und Mensch, sondern zwischen Mensch und Mensch statt. Der Computer fungiert als Erweiterung der menschlichen Sensoren und Manipulatoren. Dadurch, dass wir den Cyberspace als komplexes selbstorganisierendes System auffassen, treten typische Eigenschaften wie Nichtlinearität, chaotische Phasen, Bifurkationspunkte (Punkte, an denen eine Entscheidung zwischen mehreren möglichen Entwicklungspfaden des Systems durch einen beliebig kleinen Unterschied in den Rahmenbedingungen fällt) auf. Es kommt zum spontanen Auftreten von neuen Systemeigenschaften, die nicht deterministisch aus dem vorangegangenen Systemzustand abgeleitet werden können (Emergenz).

Eine Technologie wird immer im Rahmen von gesellschaftlichen Prozessen implementiert und verwendet. Daher ist es problematisch, den technischen Aspekt von ICTs isoliert zu betrachten. Ich möchte daher vorschlagen, den *Cyberspace als einen virtuellen Raum für soziale Interaktionen* zu betrachten, der durch die Wechselwirkung von sozialen und technischen Systemen entsteht. Auf der einen Seite wird er durch die Möglichkeiten und das konkrete Design der eingesetzten Technologie geprägt, auf der anderen Seite spiegelt er Aspekte des *User-Space* wider, zu denen neben klassischen Kategorien wie Zeit, Raum und Materie auch dessen Normen und Werte zählen.

8. Perspektiven

Die neue Situation, die der menschlichen Gesellschaft durch die Implementation von vernetzten Informationssystemen erwächst, birgt neue Chancen für die Weiterentwicklung der Menschheit in sich:

- Eine Globalisierung des Wissens, an der die gesamte Welt partizipieren könnte
- Eine Demokratisierung, die zur direkteren Ausübung der Demokratie sowie zur Öffnung isolierter Regionen beitragen könnte
- Effizienzsteigerung in Produktion und Distribution von Waren, Dienstleistungen und Wissen, was in dem Paradigma einer *Knowledge Society*, einer Gesellschaft, in deren Zentrum der *weise* Gebrauch von Wissen im Zentrum steht, Ausdruck findet

Auf der anderen Seite sind wir mit Risiken konfrontiert, wie etwa:

- Dekontextualisierung und Fragmentierung des Wissens

- *Digital Divide*: Ausschluss von bestimmten Gruppen
- Kontrolle und Überwachung
- Desorientierung und Informationsflut

Es liegt in der Verantwortung der Menschheit, auf welche Weise von den neuen Möglichkeiten, die uns der Cyberspace bietet, Gebrauch gemacht wird.

Abschließend möchte ich noch einmal darauf hinweisen, wie wichtig es ist, die Zusammenhänge zwischen den technischen und gesellschaftlichen Systemen zu beachten. Der Cyberspace kann und soll von uns so gestaltet werden, dass er unseren Bedürfnissen genügt. Die einschlägigen Ingenieurausbildungen sollten vermitteln, dass Technologie nie isoliert von ihrer Anwendung betrachtet werden kann. Jede Technologie enthält auch eine soziale Komponente. Die Qualität einer eingeführten Technologie kann nicht nur durch Effizienz, Funktionalität und Korrektheit bestimmt werden, sondern muss sich auch einer Bewertung in sozialen Kriterien wie Partizipation, Nachhaltigkeit und Usability stellen.

Literaturverzeichnis

Foerster, Heinz von: Entdecken oder Erfinden. Wie läßt sich Verstehen verstehen?, in: Einführung in den Konstruktivismus; Piper, München / Zürich, **2003** (Seiten 41-88)

Fuchs, Christian: The Internet as a Self-Organizing Socio-Technological System; "Human Strategies in Complexity" Research Paper, **2004**

Fuchs-Kittowski, Klaus / **Rosenthal**, Hans A.: Selbstorganisation, Information und Evolution. Zur Kreativität der belebten Natur, in: Fenzl, Norbert / Hofkirchner, Wolfgang / Stockinger, Gottfried (Hrsg.): Information und Selbstorganisation. Annäherungen an eine vereinheitlichte Theorie der Information; Studien Verlag, Innsbruck / Wien, **1998** (Seiten 141-188)

Gibson, William: Neuromancer; ACE Edition, New York, **1984**

Hofkirchner, Wolfgang: Information und Selbstorganisation. Zwei Seiten einer Medaille, in: Fenzl, Norbert / Hofkirchner, Wolfgang / Stockinger, Gottfried (Hrsg.): Information und Selbstorganisation. Annäherungen an eine vereinheitlichte Theorie der Information; Studien Verlag, Innsbruck / Wien, **1998** (Seiten 69-102)

Hofkirchner, Wolfgang: Projekt Eine Welt. Kognition – Kommunikation – Kooperation. Versuch über die Selbstorganisation der Informationsgesellschaft. Technikphilosophie Band 9; Lit Verlag, Münster / Hamburg / London, **2003**

Kant, Immanuel: Kritik der reinen Vernunft (Ausgabe B); Johann Friedrich Hartknoch, Riga, **1787**

Klauninger, Bert: Kausalität und Emergenz. Voraussetzungen einer allgemeinen System-Ontologie und –Epistemologie; Diplomarbeit an der Technischen Universität Wien, **2003**

Krippendorff, Klaus: Human-Centeredness. A Paradigm Shift Involved by the Emerging Cyberspaces, **1997**

(Internet: <http://www.asc.upenn.edu/usr/krippendorff/CENTEREDNESS.html> - 13.08.2004 23:34)

Raulet, Gérard: Die neue Utopie. Die soziologische und philosophische Bedeutung der neuen Kommunikationstechnologien, in: Raulet, Frank, Manfred und Gérard, van Reijen, Willem (Hrsg.): Die Frage nach dem Subjekt; Suhrkamp, Frankfurt am Main, **1988** (Seiten 283-315)

Rosen, Robert: Essays on Life Itself. Complexity in Ecological Systems; Columbia University Press, New York, **2000**

Schrödinger, Erwin: Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet; Piper, München, **2001**

Shannon, Claude E. / **Weaver**, Warren: The Mathematical Theory of Communication; University of Illinois Press, Urbana / Chicago, **1963**

Steinhardt, Gerald: Auf dem Weg zur kaleidoskopischen Wahrnehmung, in: psychosozial 22. Jg. (1999) Heft 1 (Nr. 75) (Seiten 81-98)

Wikipedia (Cyberpunk): <http://en.wikipedia.org/wiki/Cyberpunk>, 22.06.2004, 21:52