All copyrights of this article are held by the author/s

To cite this publication

we suggest to use the APA (American Psychological Association) standard:

[Author's Last Name, Initials, (year), Title of work. Retrieved month, day, year, from source.]

You downloaded this document for free
from the

The NetAcademy is an internet research platform organizing the accumulation, dissemination and review of scientific research and publications world wide.

For any use of this document which is not strictly private, scholarly work, please contact the NetAcademy editors respectively the MCM institute at the below address.

The NetAcademy ®
www.netacademy.org
NA.editors@netacademy.org

The NetAcademy project has been developed at the
Institute for Media and Communications Management MCM
University of St. Gallen
Blumenbergplatz 9
CH-9000 St. Gallen, Switzerland
www.mcm.unisg.ch

IKT als Träger einer neuen Industriellen Revolution

Beat F. Schmid, Institut für Medien- und Kommunikationsmanagement, Universität St. Gallen (1997) Op. cit: In: Schuh, G.; Wiendahl, H.P.: Komplexität und Agilität : Steckt die Produktion in der Sackgasse? Festschrift zum 60. Geburtstag von Professor Walter Eversheim. Berlin , Heidelberg: Springer, 1997.

Abstract: *Im Folgenden wird gezeigt, dass die Erfindung des Computers uns in der Gestalt der IKT (Informations- und Kommunikationstechnologie) nicht nur eine neue Informationsinfrastruktur mit revolutionär neuen Merkmalen zur Verfügung stellt, sondern auch einen neuen logischen Raum erschliesst, der das Potential hat, die Managementlehre ähnlich zu transformieren, wie die mathematische Methode in den letzten Jahrhunderten die Naturwissenschaften verändert hat: Nach der Mathematisierung und der wissenschaftlich-ingenieurmässigen Beherrschung der Cartesischen res extensa, der räumlichen oder physischen Welt, ist nun eine Mathematisierung und ingenieurmässige Beherrschung der res cogitans, des Denkens und seiner Prozesse, in Gang gekommen. Die dabei der Physik entsprechende neue Basiswissenschaft ist heute die Informatik. Sie wird sich zu einer allgemeinen Organisationslehre entwickeln müssen, die als Teil einer neuen Managementwissenschaft aufgefasst werden kann.*

IKT: Vom Telegraph und Computer zum Distributed Virtual Environment (DVE)

Die Telekommunikation wurde vor bald 150 Jahren erfunden. Ihr Effekt ist eine eigentliche Aufhebung des Raumes: Sie erlaubt das Treffen räumlich entfernter Agenten im gleichen virtuellen Raum, d.h. die Telepräsenz der Agenten. Die Umsetzung der Idee des Computers als informationsverarbeitende Maschine hat mit den betrieblichen Informationssystemen eine Reifephase erreicht. Die interkontinentale Vernetzung dieser Systeme mittels der Telekommunikation, u.a. in Gestalt von Interorganisationssystemen (IOS) hat eine Globalisierung der Wirtschaft in Gang gesetzt, die von den Industriestaaten bereits recht tiefgreifende Strukturveränderungen verlangt. Eine Neudefinition der vertrauten Konzepte von Markt, Unternehmen und Staat ist gefordert.

Die grossen Veränderungen stehen jedoch erst bevor. Die Vision von Ted Nelson, der bereits Ende der 60er-Jahre eine Zukunft erdachte, in der jedermann mit seinem persönlichen Computer überall und jederzeit Zugang hat zu aller

Information der Menschheit (Texte, Musik, etc.), hat eine Generation von Informatikern beflügelt. Sie ist mit PC und Notebook einerseits und mit dem Internet als erster Implementation der Vision des Informationhighways andererseits Realität geworden. Der Einbezug des Fernsehs als Terminalalternative steht vor der Einführung. Der weitere Ausbau des Informationhighways, auch mit satellitenbasierten Systemen (wie Astra oder Iridium), ist im Gange.

Und bereits hat eine weitere Vision begonnen, sich zu materialisieren: die Vision der *Distributed Virtual Environments* (DVE), d.h. geteilter sozialer Welten, wo Räume der Interaktion geschaffen und animiert werden, in denen die Teilnehmer sich in phantastischen Gestalten, sogenannten Avataren, vertreten sehen, - wobei die photorealistische Version, d.h. Virtual Realities, nur eine (ressourcenintensive) Spielart darstellt. Sie hat seit ihrer Entstehung in den 70er-Jahren eine ähnliche Fülle von Kreativität und kommerziellen Umsetzungen ausgelöst wie seinerzeit die Vision des Personal Computing. Diese Technologie trifft sich gegenwärtig mit den interaktiven virtuellen Welten der Spiele von Nintendo, Sega, Sony u.a.

Die Protagonisten dieser Visionen sehen den Erdenbürger mehr und mehr Zeit in solchen DVE's verbringen, Umgebungen, die in hoher Qualität von einer neuen Medienindustrie hergestellt werden, aber auch von Gruppen oder vom einzelnen Nutzer, der seine Cyberwelt, sein Cyberhome und seine Rollenspiele selber wählt und baut, mit Produkten einer neuen Industrie, u.a. einer neuen Bekleidungs- und Modeindustrie. Solche DVE's sind gegenwärtig im Entstehen, für Einkauf und Handel, für Arbeit und Schule und für die Unterhaltung. Social Computing, wie diese Form des Rechnereinsatzes genannt wird, wird die Art des Informationskonsums, der Informationsprodukte, des Informationsaustauschs wohl fundamentaler verändern als alles, was bisher Realität geworden ist (cfr. [Tapscott 95]).

Eine neue Welle der industriellen Revolution - oder eine neue Revolution?

Das Fundament der industriellen Revolution: die neuzeitliche Physik - oder die Mathematisierung der res extensa

Um ein besseres Verständnis der Computerrevolution zu gewinnen, ist ein Vergleich mit der neuzeitlichen wissenschaftlichen Revolution nicht nur hilfreich, sondern notwendig, wie sich zeigen wird: Beide sind in ihrem strukturellen Kern eng verwandt, beziehen sich aber auf wesentlich andere Seinsbereiche.

Die *zentrale Innovation* des Abendlandes war die Entwicklung der *wissenschaftlichen Methode*. Sie hat ein weitverzweigtes Wurzelwerk:

- Bahnbrechend war die Leistung *Galilei's* (1564-1642), der das deduktive System der Euklidischen Geometrie auf die Beschreibung von Bewegungen anwandte und so etwa das Fallgesetz oder die Wurfparabel aus einfachen Annahmen herleiten, im mathematischen Sinne beweisen konnte. Das Buch der Natur war für ihn in mathematischen Lettern geschrieben.
- *Descartes* (1596-1650) war es, der mit der *analytischen Geometrie* den Formalismus entwickelte, auf dem die neuzeitliche Mathematik und Physik aufbaut: Geometrische Objekte wie Bahnkurven wurden zu mathematischen Objekten, zu analytisch behandelbaren Gleichungen.
- *Newton* (1643-1727) und *Leibniz* (1646-1716) gelang die im wesentlichen noch heute gültige Erfassung der Bewegung und der sie beschreibenden Grössen mit der Erfindung des *Differentialkalküls*. Grössen wie Geschwindigkeit, Kraft, Energie, Arbeit bekamen einen klar definierten Sinn und konnten Gegenstand von planender Berechnung werden.

Das *Konzept der Maschine* ist der Zwilling dieser Rationalisierung von Raum und Bewegung im Sinne der Mathematik. Die damals schon zahlreich vorhandenen Mechanismen, etwa zur Zeitmessung, erhielten durch die rationale mathematische Methode eine neue Semantik, wurden zu einer 'Defining Technology' [Bolter 86] für das folgende Zeitalter, - wie der Computer nun für das Informationszeitalter. 'Defining Technologies' verändern unseren Blick auf die Welt. Das Maschinenkonzept und das mit ihm verbundene Konzept der Rationalisierung, der analytischen Beschreibung von Vorgängen, begleitete die Neuzeit in vielen Bereichen und wird schliesslich nach seiner Adaption durch die Wirtschaft zu einem Elternteil des Computers werden, wie wir sehen werden.

Die als Folge der Entdeckung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Methode sich stürmisch entwickelnde neuzeitliche Physik erfasste bekanntlich immer weitere Bereiche der raum-zeitlich ausgedehnten Welt, von Descartes *res extensa* (ausgedehnte Substanz) genannt: Thermodynamik, Hydro- und Aerodynamik, Elektrodynamik, physikalische Chemie sind Stationen. Ihre Denkweise hat nun auch begonnen, das Reich der lebendigen Substanzen, mit Einschluss der kognitiven Organe, zu erfassen.

Der Kern der Methode besteht in der *symbolischen Repräsentation* der jeweils studierten Objektbereiche in formalen Systemen, in denen auf rein mechanische Weise Deduktionen so vorgenommen werden können. Damit wird eine künstliche *Parallelwelt* im Formalismus verfügbar, womit die Fähigkeiten der uns natürlich gegebenen Vorstellungskraft dramatisch erweitert werden: Wir verfügen gleichsam über ein *neues künstliches Organ* des Denkens, des Verstehens und Planens.

Das Fundament der Informatikrevolution: Logik und Organisation - oder die Mathematisierung der *res cogitans*

Ist die Informatikrevolution als eine weitere Welle der industriellen Revolution zu verstehen - oder handelt es sich um etwas wesentlich Neues? Die Nutzung der elektromagnetischen Felder zur Nachrichtenübertragung durch die Telekommunikation und die Halbleitertechnologie gehören der industriellen Revolution an, sind typische Wellen, die durch Basisinnovationen ausgelöst wurden. Der Computer ist aber nicht an Halbleiter gebunden. Das zugrunde liegende Konzept stammt aus einer andern Welt. Es erschliesst der wissenschaftlichen Methode eine *neue Dimension*, einen neuen Seinsbereichs, nämlich die Cartesianische *res cogitans* (denkende Substanz) und nicht bloss eine weitere Provinz der *res extensa*.

Die Idee der Mathematisierung des Denkens war zur Zeit Descartes in manchen Köpfen vorhanden. Sein Zeitgenosse Hobbes (1588 - 1679) etwa, ein grosser Bewunderer von Galilei, verstand unter 'rationeller Erkenntnis' ebenfalls Berechnung. Er sah in den Operationen der Logik eine klare Analogie zu den Operationen der Geometrie und Arithmetik und versuchte, für das Feld der Politik das zu leisten, was Galilei für die Physik gelungen war - was ihm allerdings nicht glückte.

In unserem Zusammenhang ist jedoch vor allem Leibniz Vision der 'ars magna' zu nennen, nach der eine Maschine in einem Logikkalkül die Wahrheit oder Falschheit einer Aussage berechnen sollte. Diese Idee wurzelt in einer umfassenderen Bemühung: Leibniz suchte nach einer fundamentalen Reorganisation des Wissens - nach der 'mathesis universalis'. Für diese Reorganisation war seiner Ansicht nach zunächst eine Reorganisation der Wissenschaftssprache Voraussetzung. Kernstück war deshalb für ihn eine Kunstsprache, die 'characteristica universalis', wie er sie nannte. Ziel war die Verbindung von sprachlichen Konstruktionen mit mathematisch-logischen Verfahren, um so ein exaktes Organ für die philosophische und wissenschaftliche Analyse und die Praxis zu erhalten, das mit der Sicherheit des Rechnens die gewünschten Ergebnisse liefert [Engelhardt 55]: "Wenn man alle Charaktere oder Zeichen finden könnte, die geeignet wären, alle unsere Gedanken ebenso rein und streng auszudrücken, wie die Arithmetik die Zahlen oder die analytische Geometrie die Linien ausdrückt, könnte man offenbar bei allen Gegenständen, soweit sie dem vernünftigen Denken unterworfen sind, das tun, was man in der Arithmetik und der Geometrie tut" - *d.h. Rechnen und Konstruieren*.

Er entwickelte in der Folge einen arithmetischen Logikkalkül, einen algebraischen Logikkalkül und eine Art der Klassenlogik - allerdings ohne Erfolg. Diese Ansätze wurden erst im letzten Jahrhundert wieder aufgenommen, durch Forscher wie Boole oder Frege, die direkt mit den Grundlagen der Informatikrevolution in Verbindung gebracht werden. Mit ihnen ist in den letzten gut hundert Jahren eine Revolution in Gang gesetzt worden, die der naturwissenschaftlich-

mathematischen Methode in ihrer strukturellen Bedeutung entspricht: *die Mathematisierung der res cogitans, d.h. des Denkens und seiner Prozesse.*

These: Die IKT-Revolution wird eine Industrialisierung im Sinne der Mechanisierung von Informations- und Kommunikationsprozessen mit sich bringen, welche sich von den bisherigen, mit den uns natürlich gegebenen kognitiven Werkzeugen erarbeiteten Lösungen nicht weniger unterscheiden wird, als sich die industriellen Lösungen im Bereich der res extensa, d.h. der physikalischen Objekte und Prozesse, von den handwerklichen Lösungen unterscheiden.

Die Wirkungen erfolgen auf zwei Wegen (die im Folgenden kurz beleuchtet werden):

- Der *neue Informationsträger*, den uns die IKT zur Verfügung stellt, erlaubt durch die Neugestaltung von Prozessen ein *Reengineering der Wirtschaft* mit dramatischen Effekten. Dieser Prozess ist im Gange, aber erst in den Anfängen.
- Die Informatik (Computational Sciences) stellt uns darüber hinaus einen *Formalismus* und eine mathematische Theorie zur Verfügung, die uns die Welt der Informationsobjekte und -prozesse auf ähnlich folgenreiche Weise neu sehen lassen, wie das in der Neuzeit durch die Anwendung der mathematischen Methode in Physik und Technologie geschehen ist: Sie stellt eine *formale Theorie des Konstruierens, Implementierens und Lenkens* zur Verfügung, die auch die *Managementlehre* umgestalten wird.

Der neue Informationsträger

Charakterisierung des neuen Informationsträgers

Informationsträger können als Kanäle im Sinne der Nachrichtentechnik aufgefasst werden: Sie verbinden Raum-Zeit-Punkte. Bibliotheken etwa transportieren Information über die Zeit hinweg; die Stimme überwindet kleine, das Telefon grosse räumliche Distanzen. Die moderne Telekommunikation stellt uns Kanäle zur Verfügung, die grossräumig eine praktisch simultane Präsenz von Informationsobjekten gestatten - allerdings in flüchtiger, nur für den Augenblick vorhandener Form. Bücher, CDs, Videos etc. gestatten die Überwindung von grossen räumlichen und zeitlichen Distanzen, aber nur im Punkt-zu-Punkt-Modus. All diese Kanäle sind zudem tote Informationsträger: Die in ihnen enthaltene

Information ist per se unveränderlich und wird erst durch den Benutzer (Agenten) mit der notwendigen Semantik versehen und dadurch zu Wissen.

Die Erfindung des Computers hat diese Situation radikal verändert: Erstmals ist es dem Menschen gelungen, einen künstlichen, technisch hergestellten interaktiven Informationsträger zu bauen, der die auf ihm gespeicherte Information anzuwenden weiss. Solches demonstriert bereits jeder Taschenrechner, der "weiss", was die Rechnung 65×43 ergibt. Dieser Informationsträger hat inzwischen enorme Mengen an Wissen aufgenommen und in der Gestalt von Informationssystemen und Standardsoftware an unzähligen Arbeitsplätzen verfügbar gemacht. Dieses Wissen kann für immer weniger Geld beliebig vervielfältigt werden. Es wird im Wettbewerb der konkurrierenden Systeme immer reichhaltiger. Die Definition der Fähigkeiten des Ingenieurs und die Form seiner Ausbildung müssen überdacht werden.

Die Einbindung dieses neuartigen 'lebendigen' Informationsträgers in die Kommunikationsnetze ermöglicht neuartige Verbindungen, welche die Eigenschaften der telekommunikativen Kanäle und der an persistente materielle Träger gebundenen Kanäle verschmelzen: Die Information ist im Prinzip global, 'on line' verfügbar, wie Fernsehen, aber für beliebige Dauer. Mit seiner Verbindung mit dem Netz wird das im Informationsträger Computer gespeicherte Wissen von der Trägermaschine losgelöst und ubiquitär verfügbar.

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Die IKT stellt uns einen radikal neuen Informationsträger zur Verfügung, der folgende Charakteristiken aufweist:

- Er ist *interaktiv*, kann die gespeicherte Information (wenigstens im Prinzip) anwenden - er ist somit Wissensträger, Agent.
- Er ist *ortslos*, ubiquitär verfügbar, *gleichzeitig* von räumlich weit verteilten Agenten nutzbar.
- Er ist *multimedial*, d.h. fähig, die in ihm enthaltene Information textlich, bildlich, akustisch, kinetisch oder auf andere sinnlich erfahrbare Weise zu äussern.

Die nun rasch dominant werdende Internet-Welt, neben der überbetrieblichen auch im innerbetrieblichen (Intranet) und zwischenbetrieblichen Bereich (Extranet), erzwingt eine neue Sicht der IKT-Welt: Sozietäten von hybriden, d.h. menschlichen, maschinellen oder gemischten Agenten, die in einem bestimmten Kontext interagieren. Die inzwischen klassischen Konzepte des Computers und des Informationssystems sind zur Beschreibung und Planung dieser Strukturen nicht ausreichend

Die konzeptionell interessierende Grösse ist somit nicht mehr der Rechner, auch nicht die Software, sondern das *interaktive Informationsobjekt*, aufgefasst als Agent im Netz, in dieser neuen Infosphäre ubiquitär verfügbar, um mit andern Informationsobjekten Wissen auszutauschen, Leistungen zu erbringen oder zu beziehen. Informationssystemgestaltung wird Gestaltung dieser Objekte, ihrer Interaktionsräume und Interaktionen.

1. Feststellung: Eine *Infosphäre* mit radikal neuen Eigenschaften ist im Aufbau, die als Infrastruktur des Informationszeitalters dient. Sie gewährt tendenziell an jedem Ort der Erde Zugriff auf alle existierenden Informationsobjekte. Diese *Informationsobjekte sind interaktive Agenten* von z.T. grosser Mächtigkeit.

Der *Konsument* und das *Unternehmen* des Informationszeitalters sind umgeben von einem Heer solcher ihm potentiell zur Verfügung stehenden Agenten. Es gilt, aus ihnen Nutzen und Wertschöpfung zu ziehen.

Umgekehrt erlaubt diese Infosphäre dem *Anbieter* die *Telepräsenz*, d.h. die Präsenz seiner Leistungen am Orte jedes anderen Agenten. Er ist gefordert, eine Attraktivität zu entwickeln, die ihn zum nachgefragten Kommunikations- und Tauschpartner werden lässt.

Die *Gestaltung dieses neuen Mediums*, der Begegnungsräume und Agentenschnittstellen (im Sinne der DVE) sowie der *Kommunikations- und Austauschprozesse* ist die nun zu lösende individuelle, unternehmerische und gesellschaftliche Aufgabe.

Der neue logische Raum

Die Formalisierung der Logik

Im letzten Jahrhundert wurde das Unternehmen, das Leibniz mit seinem Projekt einer 'characteristica universalis' begonnen hatte, durch Boole, Frege, Peirce und andere wieder in Angriff genommen: Die formale oder *mathematische Logik* wurde Realität. Die Erfolge der mathematischen Logik hatten ihr Echo im Versuch, der Mathematik selber ein sauberes logisches Fundament zu geben, - was zunächst zu dem führte, was die Grundlagenkrise der Mathematik genannt wurde: Ausgehend von unproblematisch erscheinenden Annahmen wurden Widersprüche entdeckt.

Auf diesem Hintergrund wurde um die Jahrhundertwende von Hilbert das Projekt des Formalismus vorgeschlagen: Die 'Spiele' und 'Spielzüge' der Mathematiker sollten mit endlichen formalen Systemen beschrieben werden. Auf ihrer Basis sollte die Leibniz'sche Forderung des 'calculus', des 'lasst uns rechnen' beim Vorliegen einer strittigen Frage ins Werk gesetzt werden. Die Resultate von Gödel haben diese Hoffnungen in ihrer ursprünglichen Form

zunichte gemacht - aber nicht so, dass nichts von den kühnen Plänen der Mechanisierung des Schliessens übrig geblieben wäre.

Durch die Analyse des Machbaren wurde vielmehr das Konzept des effektiv Herstellbaren, des auf der Basis endlicher und unzweideutiger Beschreibungen Lehr- und Lernbaren herausgearbeitet, durch eine Reihe bekannter Forscher wie Turing, Post, Markov, Curry und zahlreichen anderen. Die so gewonnenen Erkenntnisse machen nun das theoretische Fundament der Informatik aus. Die hauptsächlichlichen Konzepte sind:

- Das *Konzept des formalen Systems*, des Kalküls. Es formalisiert das, was jedermann von Regelspielen wie dem Mühlespiel oder Schach, aber auch von Grammatiken her geläufig ist: Ausgehend von einer endlichen Menge von Grundobjekten (Zeichen, Alphabet) werden zulässige Konfigurationen (Wörter, Sätze, ...) definiert. Eine endliche Menge von Regeln (oder Regelschemen) beschreiben die erlaubten 'Züge'. In der Informatik entsprechen diesen formalen Systeme die formalen Sprachen.
- Das *Konzept des Automaten*, Rechners oder der Maschine. Es formalisiert auf der Basis des formalen Systems einen Akteur, der sich in einem bestimmten Zustand befindet und nach bestimmten Vorschriften in Abhängigkeit vom aufgenommenen Input agiert. Die Turing-Maschine ist die wohl bekannteste, aber bei weitem nicht die einzige Formalisierung dieses Konzepts.
- Das *Konzept des Algorithmus*, der Vorgehensweise, um ein bestimmtes Ergebnis zu erlangen.

All diese Konzepte wurden zu *mathematischen Objekten*, die mit den Mitteln der Mathematik untersucht und bearbeitet werden können, wie das im 17. Jh. mit der analytischen Methode für raum-zeitliche Objekte geschah. Eine Fülle von Erkenntnissen wurde gewonnen, zur Syntax formaler Sprachen und zu ihrer Semantik, zur Zerlegbarkeit von Automaten - man erkannte etwa, dass jeder Automat aus primitiven Automaten (Schaltern) aufbaubar ist und dass es universelle Automaten gibt, d.h. Automaten, die jeden andern Automaten simulieren können. Konzepte wie 'Simulation' wurden mathematisch rekonstruierbar.

Diese Erkenntnisse gaben die Möglichkeit in die Hand, solche universellen Maschinen systematisch zu entwerfen und zu bauen. Aber dazu bedurfte es noch einer andern Zutat, die nicht aus dem Reich der Logik oder Mathematik stammte, sondern aus der Wirtschaft.

Die Taylorismus des Denkens und die Idee des Computers

Am Anfang dieser Wurzel der Erfindung des Computers stand die bereits im 18. Jh. erkannte Tatsache, dass sich Teile des menschlichen Handelns in einzelne

Schritte zerlegen lassen, die dann von Menschen oder Maschinen durchgeführt werden können. In seinem Buch „Wealth of Nation“ etwa beschreibt Adam Smith anfangs des 19. Jh. die rationalisierte Rechenzerlegung.

Der lochkartengesteuerte Webstuhl von Jacquard war ein prototypisches Beispiel. Als in den 1820er Jahren Baron Gaspard de Prony den Auftrag übernahm, Zahlen für die neuen Logarithmentafeln zu berechnen und zusammenzustellen, machte er sich Smith's Überlegungen zunutze und errichtete eine Rechen-Manufaktur, in welcher die Rechnungen zerlegt und von einem Heer von Rechnerinnen ausgeführt wurden.

Für die amerikanische Volkszählung 1890 schlug Hermann Hollerith Fragebogen mit Ja- und Nein-Antworten vor, ihre Übertragung auf Lochkarten und ihre Auswertung mit dafür konstruierten elektromechanischen Maschinen. Während die manuelle Auswertung der Volkszählung anno 1880 bei 50 Millionen Einwohnern noch 500 Personen und sieben Jahre benötigte, erledigten anno 1890 43 *Hollerith-Maschinen* die 63 Millionen Personenkarten in einem Jahr. Mr. Hollerith fusionierte seine Hollerith-Company 1922 mit zwei anderen technischen Unternehmen zur Spezialfirma für automatisches Rechnen und Registrieren - der späteren International Business Machines (IBM).

Neben dieser mechanischen bzw. elektromechanischen Basis war jedoch die *organisatorische* Errungenschaft der Rationalisierung konzeptionelle Voraussetzung für die Erfindung des Computers: die *Taktarbeit*, d.h. der Zusammenschluss vieler Menschen zu einem gemeinsam handelnden und leicht zu befehlighenden Körper. Sie war bis zur Moderne nur im militärischen Bereich bekannt: Das Heer war der Ort, wo das Maschinenhafte, Berechenbare einer Masse durch einheitlichen Drill erzielt wurde. Nun hielt diese Disziplin Einzug in die Wirtschaft. Die Rationalisierung in der Arbeitsorganisation wurde durch *Taylor's wissenschaftliche Betriebsführung* auf ein neues Niveau gehoben. Die Methode der Normung und der extremen Spezialisierung der Arbeiter - reduziert auf wenige Handgriffe, die im Takt am *Fliessband* ausgeübt werden - erreichte in Henry Ford's Autofabriken in Detroit einen Höhepunkt.

Taktarbeit, Drill und die Begeisterung für das Prinzip Maschine bildeten in der Folge ein wesentliches Ingrediens für den *modernen Zeitgeist*, sichtbarwerdend in Kunstströmungen wie Futurismus, Konstruktivismus, Suprematismus, in der Literatur etwa in Aldous Huxley's „Brave New World“ 1932, in Filmen wie Charlie Chaplins „Modern Times“ 1936, und in den Revuen (z.B. der amerikanischen Tiller Girls), die im Grunde genommen eine mit militärischer Präzision geschulte Bewegungsmaschinerie darstellten, die durch ihren andersartigen, erotischen Kontext begeisterte.

Dieses *Kulturphänomen* traf sich in den Köpfen der Mathematiker nun mit dem erwähnten Hilbert'schen Formalismus. (Bettina Heintz hat dies im einzelnen nachgezeichnet [Heintz 93]). Turings Maschine verfügt über wenige Grundoperationen: Einlesen von Zeichen, Zeichen löschen bzw. überschreiben, Bewegung nach rechts, Bewegung nach links, Anhalten. Sie gehorcht als

verarbeitendes Prinzip einem Algorithmus, genau wie der Arbeiter am Fließband. Ganz explizit nimmt der Mathematiker *Emil Post*, der einen anderen, mit der Turing-Maschine äquivalenten Vorschlag für den Computer unterbreitete, auf das Fließband Bezug. Sie übertrugen auf *mentale* Prozesse, was Taylor und Ford noch auf körperliche Bewegungen beschränkt hatten.

Die Umsetzung dieser Ideen durch Zuse, Aiken, Stibitz, Eckert, Mauchly, von Neumann und andere ist in zahlreichen Veröffentlichungen beschrieben. In den '50er Jahren wurde der Computer dann für eine breite Öffentlichkeit zu einer neuen 'defining technology': zum *künstlichen Gehirn*. Es begann der Siegeszug des computerbasierten Taylorismus in den Betrieben.

Mit diesen geschichtlichen Reminiszenzen soll ins Bewusstsein gerufen werden, dass die Erfindung des Konzeptes des Computers nicht nur eine mathematische, sondern auch eine betriebswirtschaftliche Wurzel hat und mit ihr aufs engste verknüpft ist.

Die Computerwissenschaften als Theorie des Herstellens des Herstellbaren

Die logische Basis der Computerwissenschaften hat dazu geführt, dass die Logik heute in der Informatik eine analoge Rolle spielt wie in den Naturwissenschaften und in den mit ihnen verbundenen Ingenieurwissenschaften die Analysis. Der Dialog zwischen Logik und Mathematik hat das Paradigma 'logic as computation' hervorgebracht. Die algorithmische Interpretation der Prädikatenlogik in der Programmiersprache Prolog ist ein Höhepunkt dieser Entwicklung (cfr. [Sperschneider 91]).

Das durch die Hinzunahme des organisatorischen Paradigmas im Zuge dieser Entwicklung entstandene Konzept des Computers hat in der Folge jedoch auf die Logik und Mathematik zurückgewirkt: 'The computer has supplied mathematics with a new central concept, the algorithm, and with new languages for algorithm indeed with a new algorithmic view of the nature of mathematics' [Greenleaf 91]. Algorithmen - der Begriff taucht in der heutigen Bedeutung erst in diesem Jahrhundert auf - wurden nun mathematische Konzepte zur Beschreibung von Abläufen: '.... computing has given mathematica powerful new languages of algorithms, which can refine and sharpen our thinking about process and change' [Greenleaf 91]. Exakte und mächtige Sprachen für Algorithmen mit klarer Syntax und Semantik gehören heute zum Werkzeug der Informatik.

Auf diesem Hintergrund bildet sich nun immer stärker das Paradigma 'computation as logic' [Lalemont 93] heraus - Rechnen aufgefasst als rationales Herstellen, Konstruieren: Eine Theorie oder *Logik der Konstruktionen und des Konstruierens*, d.h. der mit dem Herstellen verbundenen Prozesse hat sich herauszubilden begonnen. Dazu gehört die sogenannte konstruktive Mathematik, aber

auch weite Bereiche der neueren Entwicklungen der mathematischen Logik und, eng damit verbunden, der theoretischen Informatik.

Schon in den 60er Jahren wurden saubere Konzepte zur Beschreibung von (konstruierten) Datenobjekten und mit ihnen arbeitenden Prozessen entwickelt. 'Daten und Algorithmen' war das zugehörige Paradigma der Programmierung; Daten- und Funktionsmodellierung wurde Basis für die Realisierung der Informationssysteme. In den 70er Jahren wurden aufbauorganisatorische Konzepte wichtig: die Konzepte der Modularität und Generizität.

- Unter *Modularität* versteht man die Bildung von in sich möglichst abgeschlossenen Funktionseinheiten. Grössere Systeme werden durch den Zusammenbau solcher Module realisiert.
- Unter *Generizität* versteht man die Verwendbarkeit von einmal erstellten Programmen in verschiedenen Kontexten durch eine geeignete Parametrisierung.

Diese Konzepte sind nicht scharf abgegrenzt, der Akzent liegt etwas anders: Während der Modularität die Idee der besseren Überschaubarkeit, der noch zu bewältigenden Kontrollspanne zugrunde liegt, ist es bei der Generizität die Idee der Wiederverwendbarkeit. Sie ergänzen sich. Das erste Paradigma hat seinen Ausgangspunkt eher in der Hierarchie, macht komplexe hierarchische Systeme besser beherrschbar, während das zweite mit der Reduktion der Fertigungstiefe verbunden ist: Es ermöglicht eine stärkere Gewichtung des 'buy' gegenüber dem 'make'.

In der Informatik haben diese Konzepte ihren Niederschlag in Client/Server-Architekturen, oder in Konzepten der Objektorientierung mit den zugehörigen Architekturkonzepten wie Open Distributed Processing (ODP) oder CORBA gefunden. Im Bereich der Standardsoftware sind pragmatisch entstandene, theoretisch jedoch meist wenig befriedigende Lösungen in breitem Einsatz und dominieren heute den Softwaremarkt. Wie bei den Programmiersprachen werden sich jedoch wohl auch hier nach und nach syntaktisch und semantisch saubere Konzepte durchsetzen - mit entsprechenden Konsequenzen für die Produktivität.

Die Theorie hat, nachdem der Bereich der sequentiellen, an einen Prozessor oder Akteur adressierten Algorithmen befriedigend verstanden und beherrscht wurde, sich verteilten Konzepten zugewandt. Die Ablauforganisation, d.h. die Programmierung von Systemen mit vielen Agenten ist ein lebendiges Forschungsfeld. In engem Verbund damit werden neue aufbauorganisatorische Konzepte studiert. Die streng hierarchische von Neumann-Rechnerarchitektur und die im Geiste damit verwandten Host-Architekturen sind um andere, verteilte und offene Modelle ergänzt worden. Das Paradigma der neuen Epoche der Informatik-Entwicklung, das der MAS (Multi Agent Systems), wird eine theoretische Basis für den Bau der globalen Systeme liefern, auf denen unsere Wirtschaft und Gesellschaft mehr und mehr beruht (cfr. [Brauer 93]).

2. Feststellung: Die Computerwissenschaften sind aus einer Mathematisierung oder *Formalisierung der Logik* und der Anwendung der *organisatorischen Prinzipien der Rationalisierung* entstanden, wie sie im Taylorismus die wohl bekannteste Ausprägung erfahren haben.

Der Computer hat inzwischen weite Bereiche der Wirtschaft automatisiert und dem Taylorismus auf diese Weise einen Siegeszug bereitet (mit Maschinen anstelle der Menschen). Es ist eine *reife Disziplin* des Prozessengineerings (*der Programmierung*) entstanden.

Entstanden bzw. im Entstehen ist aber auch eine *allgemeine Theorie der Konstruktion, der Gestaltung* von nach beschreibbaren und rationalen Prinzipien arbeitenden und aufgebauten *Systemen oder Organisationen* - eine neue formale Systemtheorie, mit dem Akzent auf dem Gestalten und Lenken, d.h. auf dem, was man im betrieblichen Bereich *Management* nennt.

Diese Theorie stellt einen *neu erschlossenen logisch-mathematischen Raum* dar, um Gegenstände und Prozesse des *Denkens* symbolisch zu erfassen und zu 'berechnen', in strenger Analogie zum logisch-mathematischen Raum der Physik für die raum-zeitliche Welt.

5. Eine neue Betriebswirtschaftslehre?

Die Wirtschaft ist im Umbruch begriffen. Neue Typen von Unternehmen bilden sich heraus [Hagel 97]. Die Gestaltung der *Ablauforganisation* in den Unternehmen wird unter Schlagworten wie Business Process Redesign oder Business Reengineering mehr und mehr von der Informatik geprägt. Die Prozessmodellierung und -gestaltung ist aber nichts anderes als Programmierung im Grossen. (Dass die Prozessoren hier nicht immer nur Computer, sondern mehr und mehr auch Menschen oder hybride Systeme sind, ist aus theoretischer Sicht nicht relevant.) In diesem Feld darf mit der raschen Einführung auch theoretisch sauber begründeter Konzepte der Informatik gerechnet werden (s. [Oberweis 97] als Beispiel, das in diese Richtung weist).

Die *aufbauorganisatorische* Gestaltung von komplexen Handelssystemen im Bereich der IOS war und ist bisher primäres Handwerk der Informatik. Gegenwärtig gilt es, im Internet offene Handelsplattformen, elektronische Märkte und Produktionssysteme aufzubauen.

- Die Gestaltung solcher Strukturen verlangt zum einen die intensive Nutzung der Informatik: Sie sind (auch) Informatiksysteme und damit Gegenstand der Informatik.
- Die Gestaltung dieser Systeme ist zum andern aber eine genuin betriebswirtschaftliche Aufgabe. Sie umfasst alle wesentlichen Elemente und Beziehungen des Unternehmens, namentlich jene zu den Kunden und Lieferanten. Die Entsorgung der Informatik ins Back Office oder in den Factory Floor ist hier nicht mehr möglich.

Ein intensiver *Dialog zwischen Informatik und Managementlehre* wird daher unumgänglich. Das wird nur auf der Basis gemeinsamer Konzepte, einer gemeinsamen Sprache gelingen. Diese gilt es zu entwickeln. Die neue Organisations- und Managementlehre wird dabei den durch die Informatik erschlossenen logischen Raum nicht umgehen können. Sie sollte es auch nicht, da sie dieser neuen Gestaltungsdimension neben dem Konzept der rationellen Organisation der Arbeit, das sie zur Entstehung des Computers beige-steuert hat, noch einen reichen Fundus von Wissen zu vermitteln hat, und da umgekehrt die Konzepte und Werkzeuge der Informatik ihr eine neue wissenschaftliche Basis, exakte und mächtige Konzepte, Vorgehensweisen für überlegene Lösungen vermitteln können - in Analogie zur Entwicklung der Naturwissenschaften in den letzten Jahrhunderten.

Die Managementlehre ist eine junge Disziplin. Sie steht im universitären Kosmos erst am Anfang ihrer Geschichte. (Die Gründung von Schulen zu diesem Gebiet liegt etwa 100 Jahre zurück.) Es ist angesichts der Bedeutung, welche die Gestaltung der neuen IKT-basierten Strukturen erlangt hat und erst recht noch erlangen wird, wohl nicht riskant zu vermuten, dass ihr im nächsten Jahrhundert eine ähnliche Entwicklung bevorsteht wie den Technischen Wissenschaften und Naturwissenschaften in diesem Jahrhundert.

Literatur

- [Bolter 86] Bolter, David: Turing's Man. Western Culture in the Computer Age. Harmondsworth: Penguin, 1986
- [Brauer 93] Bauer, F.L., Brauer, W., Schwichtenberg, H.: Logic and Algebra of Specification. NATO ASI Series. Springer 1993
- [Engelhardt 55] von Engelhardt, Wolf, Leibniz: Schöpferische Vernunft. Schriften aus den Jahren 1668-1686, 1955
- [Greenleaf 91] Greenleaf, Newcomb: Algorithmic languages and the computability of functions, in: The mathematical revolution inspired by computing. Johnson J.H. and Loomes M.J. (editors), Clarendon Press: Oxford, 1991.
- [Hagel 97] Hagel III, John, Armstrong, Arthur G.: Net.gain: Expanding markets through virtual communities. Harvard Business School Press, Boston, 1997
- [Heintz 93] Heintz, Bettina: Die Herrschaft der Regel. Zur Grundlagengeschichte des Computers. Campus: Frankfurt a. Main 1993

- [Lalemont 93] Lalemont, R.: Computation as logic. Masson Paris 1990, University Press Cambridge 1993
- [Oberweis 97] Oberweis Andreas, Schätzle Roland, Stucky Wolffried, Weitz Wolfgang, Zimmermann Gabriele: INCOME/WF - A Petri net based approach to workflow management, in: Wirtschaftsinformatik '97. Hrg. Krallmann, TU Berlin
- [Sperschneider 91] Sperschneider, V., Antoniou, G.: Logic - A foundation for computer science. Addison-Wesley 1991
- [Tapscott 95] Tapscott, D.: Digital Economy. Promise and peril in the age of networked intelligence. McGraw Hill 1995