

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

Zur Entfaltung der Macht des Kalküls in der Wirtschaft und BWL

Beat F. Schmid, Universität St. Gallen

Zusammenfassung

Die Informationstechnologie transformiert die Wirtschaft auf fundamentale Weise. Dieser Wandel äussert sich u.a. in der Aufhebung der Distanz (Globalisierung) und in einer Beschleunigung des Produktivitätswachstums um eine Grössenordnung. Kern dieser Revolution ist der interaktive Informationsträger Computer und das rasche Wachstum maschinenlesbarer Information, die mehr und mehr in global einheitlichen Sprachen abgefasst ist.

Der Strukturkern der Basisinnovation Computer besteht im Formalismus oder Kalkül. Seine Mathematisierung hat die Entwicklung der modernen Informationstechnologie möglich gemacht, seine Umsetzung regiert den Bau der neuen IT-Welt mit ihren immer mächtigeren Diensten. Eine neue Fundamentalwissenschaft hat sich zu etablieren begonnen, die den Kern der Computerwissenschaften bildet und Kalküle und ihre Umsetzung zum Gegenstand hat.

In diesem Beitrag wird nach einer kurzen Darstellung der transformierenden Wirkung der IT auf die Wirtschaft und Bemerkungen zur Geschichte der IT-Innovation zunächst die allgemeinere These vertreten, dass die Kalkülisierung, d.h. die Schaffung eines künstlichen Symbolsystems zur Repräsentation eines Weltbereiches die notwendige Voraussetzung sowohl für die exakt-wissenschaftliche Theoriebildung wie für die Industrialisierung des betreffenden Bereiches darstellt. Dieser Prozess findet seit dem 17. Jahrhundert für die cartesianische "res extensa" (d.h. die ausgedehnte Substanz) in der Physik, der Wissenschaft der Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit, statt und in der mit ihren Erkenntnissen arbeitenden Industrialisierung.

Die neue Basisinnovation zeitigt nun eine Kalkülisierung von Descartes' "res cogitans" (d.h. der denkenden Substanz), des Denkens und Planens. Die damit verbundene neue Industrialisierung, die mit der IT-basierten Informationsverarbeitung angebrochen ist, verlangt nach einer neuen Managementlehre. Diese wird damit mindestens teilweise zu einer exakten, auf einer formalen Basis beruhenden Wissenschaft.

1. EINLEITUNG

Dieser Beitrag wurde für die Forschungsgespräche geschrieben, welche anlässlich der 100-Jahr-Feier der Universität St. Gallen zum Thema "Entwicklungsperspektiven einer integrierten Managementlehre" stattfinden. Die Betriebswirtschaftslehre ist einer der jüngsten Sprosse im universitären Bereich. Vor ca. 100 Jahren wurden an verschiedenen Stellen der industrialisierten Welt entsprechende Fachhochschulen gegründet, die allmählich universitären Rang erhielten. Damit wiederholte sich eine Entwicklung, die mit den Polytechniken im Bereich der Ingenieurwissenschaften einige Jahrzehnte früher eingesetzt hatte. Diese haben inzwischen im Verbund mit den exakten Wissenschaften in der universitären Forschungslandschaft eine Führungsposition übernommen, insbesondere in methodischer Hinsicht.

Die Zivilisation, in der wir heute leben, ist jedoch nicht nur durch technische Systeme gekennzeichnet, sondern auch durch immer komplexer werdende organisatorische Strukturen. Sie ist geprägt durch hochinterdependente, meist globale Unternehmensstrukturen einerseits, Regelsysteme und diese umsetzende Institutionen andererseits, wie Marktplätze, welche diese untereinander und mit den Konsumenten verbinden. Sind solche Strukturen früher historisch gewachsen und waren sie nur teilweise Gegenstand bewusster Planung, so hat sich dies mehr und mehr geändert und immer häufiger sind wir gefordert, solche Strukturen von Grund auf bewusst zu planen, zu lenken und zu entwickeln, d.h. sie zu managen. Selbst die Erzeugung des Wissens in der industriellen Forschung (und zunehmend auch in der universitären Forschung) ist Gegenstand bewussten Planens geworden.

Die wissenschaftliche Disziplin, die sich mit der Gestaltung, Lenkung und Entwicklung, d.h. mit dem Management solcher Strukturen befasst, ist somit nicht nur angesichts seiner kurzen Geschichte erst am Beginn seiner Laufbahn. Seine eigentliche Entfaltung darf, setzt man sie mit den Ingenieurwissenschaften vor ihrem Aufgabenhintergrund in Parallele, im nächsten Jahrhundert erwartet werden. Dies kann nicht nur angesichts der geschilderten gesellschaftlichen Bedürfnisse gefordert und erwartet werden. Es gibt vielmehr eine Reihe von innerwissenschaftlichen Gründen, die Voraussetzungen für das Eintreten dieser jungen Disziplin in eine Reifephase sprechen. Im folgenden soll eine Entwicklung skizziert werden, die, wie uns scheint, mit der Zwangsläufigkeit der Logik zu einer Transformation nicht nur der Wirtschaft und der gesellschaftlichen Systeme, sondern auch der Managementlehre als wissenschaftlicher Disziplin führen muss.

2. DIE TRANSFORMIERENDE KRAFT DER INFORMATIONSTECHNOLOGIE AUF DIE WIRTSCHAFT

Der neue Informationsträger

Mit der Erfindung des Computers steht dem Menschen zum ersten Mal in der Geschichte der Zivilisation ein *aktiver* Informationsträger zur Verfügung. Bisher kannten wir lediglich passive, künstlich hergestellte Informationsträger zur Mitteilung unseres Wissens.¹ Der Computer vermag jedoch das in ihm gespeicherte Wissen aktiv anzuwenden, um Fragen zu beantworten oder Probleme zu lösen. Bisher war diese Fähigkeit dem Informationsträger Mensch vorbehalten.

Die Informationstechnologie hat sich in den letzten fünfzig Jahren stürmisch entwickelt und eine Reihe von Paradigmen hervorgebracht, die zur kognitiven Bewältigung dieses neuen Informationsträgers dienlich sind. Besonders nützlich ist das Konzept des *Informationsobjektes*, das der objektorientierten Programmierung entstammt. Es beinhaltet eine bestimmte Datenmenge samt den für diese Daten typischen Operationen. Solche Informationsobjekte sind für den PC-Nutzer beispielsweise Texte samt den Operationen, die das Textverarbeitungsprogramm zur Verfügung stellt, um sie zu bearbeiten, oder in ein Tabellenkalkulationsprogramm eingebettete Tabellen. Zu ihnen gehören ebenso CAD-Zeichnungen, Informationssysteme, Flugreservationssysteme oder elektronische Börsen. All diesen Informationsobjekten gemeinsam ist, dass in ihnen neben Daten auch *Prozesswissen* in formalisierter, maschinenlesbarer Form gespeichert ist. Dies ist die Voraussetzung dafür, dass der hinter dem Informationsobjekt tätige und es nutzende Maschine diese Operationen ausführen kann.

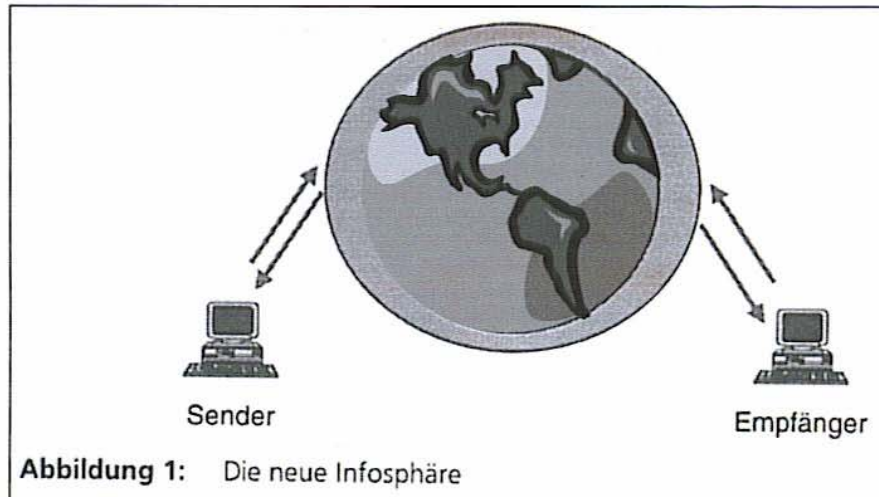
Die Verbindung des Computers mit den Telekommunikationsnetzwerken hat diese Objekte portabel gemacht. Sie können nun von einem Computer auf den anderen, entfernt arbeitenden, übertragen werden. Sie sind damit *ortslos* geworden. Ihre *Interaktion*, wie sie innerhalb eines einzelnen Systems seit Jahrzehnten möglich ist, kann nun im globalen Massstab erfolgen. Die Voraussetzung dazu ist die Entwicklung gemeinsamer Sprachen und Protokolle (wie etwa des TCP/IP des Internet). Diese Entwicklung erfolgt sehr schnell. Die physikalische Basis bilden leitungsgebundene oder drahtlose Netze, deren Auf- und Ausbau ebenfalls in rasantem Tempo voranschreitet.

Die neue Infosphäre

Die nun wie Radio- oder Fernsehprogramme ubiquitären, ortslos gewordenen Informationsobjekte bilden eine *Infosphäre*, die heute schon Hunderte von Millionen von Informationsobjekten umfasst. Sie wird gespeist aus Daten und Prozessen, die in betrieblichen Informationssystemen aufgebaut wurden, Daten und Diensten von Interorganisationssystemen (IOS) wie Börsen oder Flugreservationssysteme, Daten aus den mit Netzwerken verbundenen PCs, Tausenden von Online-Datenbanken, etc. Seit kurzem werden auch die klassischen Medien wie Zeitungen, Radio und Fernsehen mit dem Netz verbunden, womit die neue Infosphäre hinsichtlich Zahl und Art der in ihr lebenden Informationsobjekte weiteren Zuwachs erhält. Der in Abb. 1 dargestellte PC kann heute schon durch andere Empfangs- bzw. Sendegeräte wie Fernseher oder Mobiltelefon substituiert werden.

¹ Vergleiche dazu:

Huberman, B.A. (ed): *The Ecology of Computation*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1988,
 Stefik, Mark J.: *The Next Knowledge Medium*, in: Huberman, a.a.O., 1988,
 Stefik, Mark J.: *Introduction to Knowledge Systems*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Francisco, 1995.



In dem Ausmasse, wie die *Interkonnektivität* zwischen diesen Objekten zunimmt, sei es durch die Etablierung gemeinsamer Sprachen oder über Verbindungsdienste, wächst ihre Macht kombinatorisch: Durch Bilden von *Geweben* von Objekte entstehen komplex strukturierte Hypertext-Objekte mit z.T. enormem Potential. Die Evolution dieser "Mehrzeller" steht erst in den Anfängen. Auch die Verwendung gemeinsamer Sprachen und Protokolle ist erst in Teilbereichen Realität, in den meisten Bereichen noch Programm und Absicht. Sobald eine gemeinsame Sprache oder ein offenes Protokoll verwendet wird, findet ein überlegenes Wachstum statt. Die Evolution der Infosphäre wird daher in diese Richtung verlaufen. (So ist das Internet eine Folgeerscheinung der Verwendung eines offenen Protokolls.) Diese Entwicklung wird sich in Zukunft auf wesentlich reichhaltigere Dienste und Objekte fortsetzen.

Effekte

Obwohl wir erst in den Anfängen der Evolution der neuen Infosphäre stehen, ist ihre transformierende Kraft auf die Wirtschaft bereits unübersehbar:

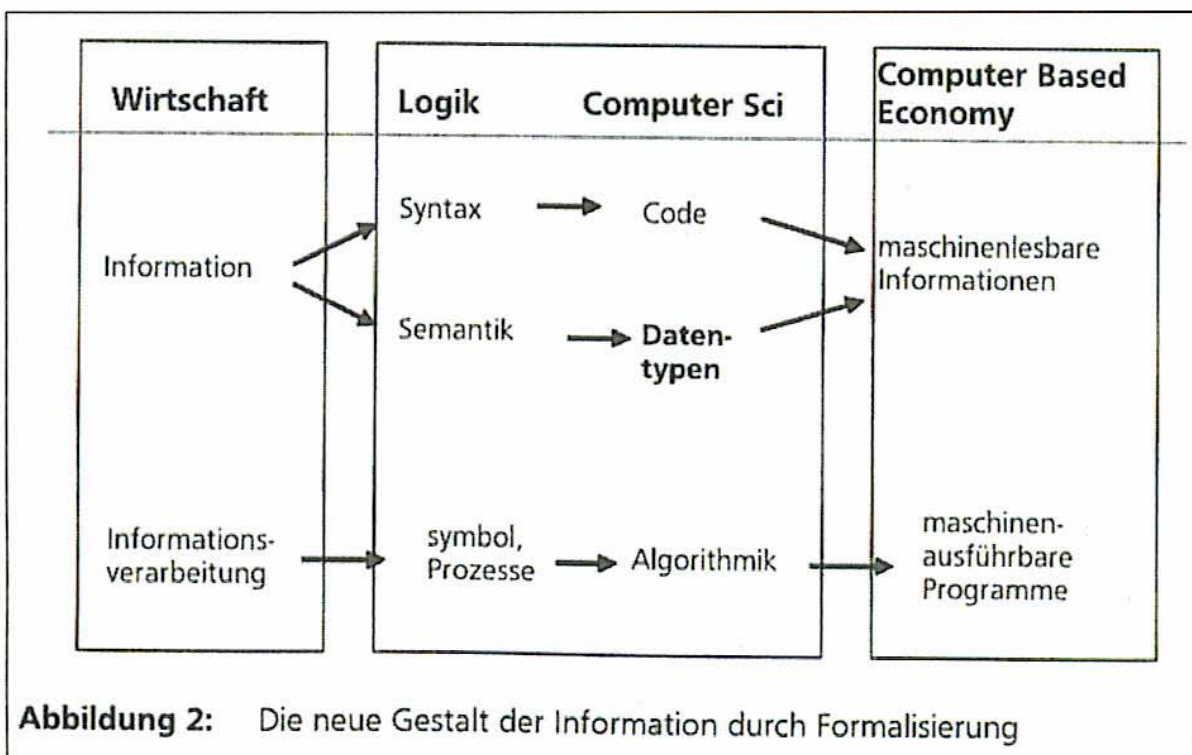
- Die Aufhebung des Raumes macht sich in der *Globalisierung* bemerkbar. Die Transformation der Finanzmärkte in elektronische Märkte beispielsweise hat Gestalt und Wirkung des Produktionsfaktors Kapital bereits deutlich spürbar verändert.
- Wir stellen eine rasante *Beschleunigung der Produktivitätsentwicklung* fest: War diese im Industriezeitalter im Bereich von einigen Prozentpunkten pro Jahr, so liegt sie heute bei einigen zehn, oft bei hundert und mehr Prozent pro Jahr. Dieser enorme Anstieg der Produktivität pro Zeiteinheit hat bisherige Vorgehensweisen für Planung und Produktion obsolet werden lassen.
- Der in die neue Informationssphäre eingetauchte *Agent* – sei es ein Unternehmen, ein Konsument, ein Mitarbeiter – ist umgeben von unzähligen, z.T. ausserordentlich mächtigen Informationsobjekten, die selber Agenten sind. Er kann an seinem Ort ihre Dienste nutzen, um Mehrwert zu schaffen oder seine Konsumbedürfnisse zu erfüllen.
- Umgekehrt ist dieser Agent über das neue Medium an jedem Ort der Erde *telepräsent* und kann dort seine Leistungen anbieten. Mit dem Anwachsen der Bandbreite wird diese Telepräsenz rasch an Macht gewinnen.

Die neue Infosphäre enthält somit eine beinahe explosionsartig wachsende Menge eines *neuartigen Rohstoffes*, der das Fundament der wissensbasierten neuen Ökonomie darstellt. Die Produktionsfaktoren Information, Kapital und Arbeit sind auf neuartige Weise verfügbar. Die kognitive Bewältigung dieser neuen Welt ist noch nicht erfolgt, die organisatorische Erschließung und Umsetzung dieser Potentiale ist noch bei weitem nicht bewältigt.

Die *Maschinenlesbarkeit* der in den Informationsobjekten vorhandenen Information erklärt einen Teil der Beschleunigung des Produktivitätswachstums. Wenn beispielsweise das Informationsobjekt "CAD-Zeichnung" (z.B. eines neuen Motors) maschinell in das Informationsobjekt "virtuelles Produkt" (im Beispiel: der Motor im Datenraum) umgesetzt werden kann, welches seinerseits zusammen mit hochkomplexer physikalischer Information (z.B. zur Mechanik, zu Verbrennungsprozessen, zu Materialverhalten) zum Input in Simulationsrechnungen (z.B. zu Verbrauch und Leistung, Verhalten bei Belastungswechseln) wird, derer Ergebnisse dann wieder Input für wirtschaftliche Bewertungsmodelle abgeben, so wird dadurch eine oft Größenordnungen betragende Beschleunigung der bisherigen Entwicklungsprozesse erreicht.

Vernetzungen von Informationsobjekten über Betriebsgrenzen hinweg, basierend auf offenen Schnittstellen bzw. gemeinsamen Sprachen, werden die Basis der künftigen wissensbasierten Ökonomie abgeben. Die damit einhergehende *Externalisierung* von bisher personengebundenem, aber auch *organisationalem Wissen*, seine Formalisierung, praktisch kostenlose Multiplizierbarkeit und ubiquitäre Verfügbarkeit schafft eine völlig neue Grundlage für die Wirtschaft der Informationsgesellschaft. Die transformierende Kraft dieses neuen Informationsäthers ist bereits heute deutlich spürbar.

Was ist der Kern, der Antrieb in diesem neuen Medium? Wir meinen, es ist die *Formalisierung*, welche als katalytisches Element wirkt. (Vgl. Abb. 2) Die Formalisierung namentlich der Abläufe sind die *Kalküle*. Dies soll nun näher begründet werden.



3. ZUR GESCHICHTE DES KALKÜLS UND DES COMPUTERS

Die Rationalisierung der Produktion

Die moderne Informationstechnologie hat geschichtlich zwei Wurzeln.

- Die Formalisierung der Logik
- Das Konzept der Rationalisierung der Arbeitsabläufe

Wir wenden uns zunächst der zweiten Wurzel zu.

Im 19. Jh. wurde die *Arbeitsteilung* mehr und mehr Gegenstand der Reflexion. In der Praxis etablierte sich schrittweise die moderne Form der Arbeitsorganisation:

- Die mündlichen Anweisungen des Prinzipals wichen zunehmend den schriftlichen, formalisierten Vorschriften.
- Es wurden Formulare und Arbeitskarten entwickelt, die gelegentlich auch schon codiert und mechanisch ausgewertet wurden (z.B. der Musterwebstuhl von Jacquard, seit 1805, oder die Lochkartenmaschine von Hollerith, 1880-1926).
- Abstraktion und Standardisierung führten zur für die Industrialisierung kennzeichnenden Substituierbarkeit von Teilen und Arbeitskräften.
- Es folgte die Ausdifferenzierung der übergeordneten Instanz (Management), welche Regeln formuliert und ihre Befolgung überwacht (- und der Schulen, die das zugehörige Wissen vermitteln sollen).

Diese hier in Stichworten beschriebene Entwicklung erfährt einen Höhepunkt in Taylor's Arbeiten und in der Ford'schen Fabrik. Die *Rationalisierung* der Produktion und des mit ihr verbundenen gesellschaftlichen Lebens fanden eine breite Wahrnehmung und wurden in fast allen Kulturbereichen eingehend diskutiert. Für die Soziologie zu Beginn des Jahrhunderts beispielsweise schreibt Bettina Heintz: "Rationalisierung' und 'Differenzierung' waren die beiden Hauptbegriffe, mit denen man in der damaligen Soziologie den Wandel zur modernen Gesellschaft zu beschreiben suchte: die Entpersonalisierung sozialer Beziehungen, die zunehmende Dominanz von kühlen Zweck-Mittel-Berechnungen, die Tendenz zur Abstraktion und Quantifizierung, die Teilung der Arbeit bis hin zur Zergliederung einzelner Arbeitsabläufe, die zunehmende Regelmäßigkeit der sozialen Verhältnisse und der Wunsch nach Berechenbarkeit und Kontrolle. Beherrschbarkeit der Welt durch Zergliederung und Berechnung, das war für die damalige Soziologie das Grundmerkmal des modernen Rationalismus, wie sie ihn in der modernen Gesellschaft verkörpert sahen. 'Rationalisierung' war der Blickwinkel, von dem her sie die Gesellschaft, in der sie lebten, verständlich zu machen suchten."²

Auch in anderen kulturellen Bereichen wurde die Rationalisierung thematisiert, z.B. in den Kunstrichtungen des Futurismus. Die maschinenhaft choreografierten amerikanischen Revuen (z.B. die Tiller Girls) wurden fasziniert durch diese Optik betrachtet. Filme Eisensteins oder Langs 'Metropolis' oder Charly Chaplins 'Modern Times' geben die damalige Wahrnehmung ebenfalls wieder.³

Von diesem Zeitgeist, von dieser Optik der Arbeitsorganisation waren auch die Mathematiker geleitet, die in den 1930er Jahren das Konzept des Computers entwickelten. Alan Turing

² Bettina Heintz, Die Herrschaft der Regel: zur Grundlagengeschichte des Computers, Campus Verlag 1993, Seite 157 f.

³ Bettina Heintz, a.a.O., S. 160, und James Monaco, Film verstehen, Rowohlt, Hamburg, 1980, S. 261

(1912-1954) und Emil Post entwickelten, unabhängig voneinander, Computerkonzepte, die sich bis in die Einzelheiten gleichen. Sie rekonstruierten dazu das Konzept des Algorithmus mit Hilfe des Paradigmas der Fließbandproduktion. Dies wird bei Post besonders deutlich. Er nimmt explizite Bezug auf den Fließbandarbeiter. Das Fließband wird bei ihm wie bei Turing zu einem endlosen Band von Feldern, die leer sein oder Symbole aus einem endlichen Alphabet enthalten können. Bei Post führt ein fiktiver Arbeiter (bei Turing wird dieser abstrakter als ‚Kopf‘ der Turingmaschine definiert) einige wenige Operationen aus:

- "A. Marking the box he is in (assumed empty),
- B. Erasing the mark in the box he is in (assumed marked),
- C. Moving the box on his right,
- D. Moving the box on his left,
- E. Determining whether the box he is in is or is not marked."⁴

Wie die Theorie später gezeigt hat, lassen sich aus diesen elementaren Operationen alle auch noch so komplexen Operationen aufbauen, durch geeignete Sequenzbildung (Programmierung). Sie sind andererseits so einfach, dass sie sich mechanisieren lassen. Das Konzept des universellen Computers war geboren, seine Umsetzung folgte binnen weniger Jahre.

Diese Leistungen wären jedoch nicht ohne die zweite Wurzel, die *Formalisierung der Logik*, möglich gewesen. Nur auf dieser Basis konnten Abläufe über ihre Formalisierung zu mathematischen Objekten und somit selber Gegenstand der Berechnung werden. Nur auf dieser mathematischen Basis waren Erkenntnisse wie diese möglich:

- Jede Maschine, d.h. jedes nach bestimmten Vorschriften arbeitende Gebilde, lässt sich mit einer Maschine simulieren (und das heisst: durch sie substituieren), die aus *Schaltern*, d.h. ganz einfachen Maschinen, aufgebaut ist.
- Es gibt eine *universelle* Maschine, welche jede andere Maschine simulieren kann, wenn sie zuvor mit einem geeigneten Input versehen (d.h. programmiert) wird.

Die Umsetzung dieser Erkenntnisse durch John von Neumann (1903-1957) u.a. führte in den 40er Jahren zum Computer.

Wir wenden uns nun dieser zweiten Wurzel, der Formalisierung der Logik, zu.

Die Formalisierung der Logik

Computerwissenschaftliche Bücher, die einen geschichtlichen Rückblick enthalten, referenzieren fast immer Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) als einen der geistigen Väter der Disziplin. Dies geschieht mit Recht. Seine Vision einer "scientia generalis" als methodisches Instrument zum Aufbau einer deduktiven Enzyklopädie, basierend auf einer einheitlichen Wissenschaftssprache ("characteristica universalis") war eine Weiterentwicklung und Verallgemeinerung von René Descartes' (1596-1650) Konzept einer "mathesis universalis" als allgemeine Theorie der Grössen und Grössenverhältnisse und allgemeiner Methodenlehre.

Bei Leibniz erfuhr diese Idee nicht nur eine Radikalisierung, sondern auch eine Konkretisierung im *Konzept des Kalküls*. Dieses sollte es ihm erlauben, die Charaktere, d.h. die Zeichen, welche Gegenstände der Welt oder des Denkens symbolisieren, nach vorgegebenen Gesetzen zu formen und umzuwandeln. Er hatte nicht nur die deutliche Vision der Substituierbarkeit der Wahrheit durch Richtigkeit im Sinne des Kalküls, wie sie in der modernen Logik inzwischen vollständig ausgearbeitet vorliegt, er entwarf auch eine Reihe von Kalkülen, die teilweise nahe an das herankommen, was im 19. Jahrhundert in der

⁴ Emil Post, Finite combinatory Processes, Formulation I, S. 289, zitiert in: Bettina Heintz a.a.O., S. 167

formalen Logik schliesslich entwickelt wurde, wie neuere Arbeiten nachweisen⁵. Nur beiläufig sei daran erinnert, dass Leibniz (nach Blaise Pascal (1623-1662) und Wilhelm Schickard (1592-1635)) eine mechanische Rechenmaschine entwickelte, die alle arithmetischen Grundoperationen auf mechanische Weise auszuführen gestattete.

Das Leibniz'sche Programm hat sich in unterschiedlichen Brechungen fortgepflanzt, z.B. in den Werken von Christian Wolf (1679-1754), Johann Heinrich Lambert (1728-1777), Gottfried Ploucquet (1716-1790) und anderen Wissenschaftlern, die sich mit einer sauberen Fundierung der Wissenschaften beschäftigten. Das Leibniz'sche Programm wurde jedoch erst im 19. Jahrhundert wirklich in weiten Teilen umgesetzt.

In Grossbritannien vor allem ist George Boole (1815-1864) zu nennen. Seine Arbeit war eingebettet in einen lebendigen Kontext von Arbeiten, die sich einerseits um eine Erneuerung der Logik bemühten und die andererseits die Mathematik unter Einbezug kontinentaler Ansätze vorantrieben. Zu letzteren gehörte auch die Analytical Society, deren Mitbegründer Charles Babbage (1791-1871) war. Babbage war ein Vorläufer der oben genannten Entwicklungen durch Turing und Post. Er entwickelte die Difference Engine und orientierte sich dabei an der Rechenmanufaktur des Baron Gaspard de Prony, der den Auftrag erhalten hatte, die Logarithmentafel neu zu berechnen⁶. Babbage entwickelte eine mechanische programmierbare Maschine, eine Vorläuferin des heutigen Computers. Er war in seinen Ideen stark betriebswirtschaftlich beeinflusst. Auch bei ihm zeigt sich die geschichtliche Verbindung zwischen dem Konzept des Computers und jenem der Arbeitsorganisation.

In Deutschland sind im Zusammenhang mit der Mathematisierung der Logik die Namen Ernst Schröder (1841-1902), die Brüder Grassmann (Hermann Günther, 1809-1877 und Robert, 1815-1901) und insbesondere Gottlob Frege (1848-1925) zu nennen⁷. In den USA leistete der Philosoph Charles Sanders Peirce (1839-1914) wichtige Beiträge zur formalen Grundlegung der Logik.

Die Logik war bis zu ihrer Formalisierung eine philosophische Disziplin, die in der Neuzeit eher mit der Psychologie als mit der Mathematik in Verbindung gebracht wurde. Ihre Formalisierung in der 2. Hälfte des 19. und in diesem Jahrhundert stellt kulturgeschichtlich betrachtet eine tiefgreifende Revolution dar. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse haben nicht nur ein neues Fundament für die Logik selber, sondern auch andere formale Disziplinen wie die Mathematik geliefert. Sie hat entwickelt sich zu dem, was heute Computer Sciences genannt wird. Der Weg dazu führt über Namen wie David Hilbert mit seinem Konzept des Formalismus, Jacques Herbrand und Kurt Gödel mit ihrem Konzept der rekursiven Funktion, Church und Kleene mit ihrem Lambda-Kalkül und dem Konzept der Lambda-Definierbarkeit, Andrej Markow mit seinem Algorithmus-Konzept und andere. Auf diesem Hintergrund formulierte Church 1936 seine bekannte These, in der er den Begriff der effektiven Berechenbarkeit mit der Präzisierung gleichsetzte, die er durch die genannten Mathematiker erfahren hatte und die sich alle als äquivalent erwiesen. Im gleichen Jahr 1936 veröffentlichten Turing und Post ihr Konzept des Computers, womit die Mechanisierung der in der formalen Logik präzisierten kognitiven Operationen konzeptionell vollendet wurde.

Damit war die Basis gelegt, allgemeine *Abläufe zum Gegenstand mathematischer Betrachtungen* zu machen und sie selbst Berechnungen zu unterwerfen. In der Folge wurden formale Sprachen entwickelt, die eine präzise Beschreibung von Abläufen gestatten - wir nennen sie heute *Programmiersprachen*. Ihre Syntax und Semantik ist inzwischen gut

⁵ Vgl. dazu Volker Peckhaus, Logik, Mathesis Universalis und Allgemeine Wissenschaft. Leibniz und die Wiederentdeckung der formalen Logik im 19. Jh., Akademie Verlag Berlin 1997.

⁶ De Prony selbst war durch Adam Smiths "Wealth of Nation" inspiriert worden, wie Charles Babbage in seiner Schrift "Economy of Manufacturers and Machinery", 1832, berichtet, im Kapitel "On the Division of Mental", zitiert in: Heintz, a.a.O., S. 215.

⁷ Siehe dazu Peckhaus, op. cit.

verstanden, ebenso ihre Beziehung zum Konzept der Maschine einerseits und zur Logik andererseits.

Computerwissenschaften, Wissenschaft der Kalküle und ihrer Umsetzung

Die im Zuge der Formalisierung der Logik und der Erfindung des Konzeptes der rechnenden oder "denkenden" Maschine entwickelten Konzepte führten nicht nur zur Praxis der Informatik, d.h. einer neuen Ingenieursdisziplin mit all ihren Spezialisierungen, auch in der Gestalt der Wirtschaftsinformatik, sondern auch zu einer allgemeinen Theorie, die Kalküle, Prozesse und rechnende oder allgemeine Produktionssysteme zum Gegenstand hat.

In einer ersten Phase wurde das *Konzept der Maschine* oder des *Automaten* als mathematisch präzise beschriebene Struktur entwickelt. Parallel dazu wurde die *Theorie der formalen Sprachen* und insbesondere der Programmiersprachen entwickelt und die Verbindung mit dem Automatenkonzept geklärt.

Inzwischen liegt uns eine ausgereifte Theorie vor, welche die Beschreibung sequentieller Prozesse zum Gegenstand hat. Sie gibt uns Mittel in die Hand, beweisbar korrekte Prozessbeschreibungen (Programme) auf der Basis formaler Sprachen zu erzeugen, deren *Semantik* geklärt ist, sowohl im operationalen Sinne, d.h. in ihrer Wirkung auf die ausführende Instanz, wie auch im sogenannten denotationellen Sinne, d.h. hinsichtlich ihrer Interpretation in abstrakten (mathematischen) begrifflichen Strukturen.

Die Programmierung, zunächst und in weiten Bereichen immer noch ein Handwerk, das sich zum Ausdruck der Pläne und Abläufe einer formal exakten Sprache bedient, wurde so zu einer wissenschaftlichen Disziplin, die auch das Rasonnieren über die Pläne auf exakt-wissenschaftlicher Basis ermöglicht und die heute an Universitäten gelehrt wird.

In den letzten Jahrzehnten ist u.a. als Folge der Vision der Künstlichen Intelligenz und der Versuche zu ihrer Umsetzung die Beziehung zwischen Logik und Algorithmik immer klarer herausgearbeitet worden. Der Beweis als Kernelement der Logik und der Algorithmus als tragendes Konzept der Informatik sind als zwei Aspekte derselben Sache erkannt worden. Michael Beeson schreibt: "The flow of information seems now to be logic, now to be computation."⁸ Die neue Grundlagendisziplin stellt nun exakte, *formale Sprachen* zur Formulierung von Algorithmen und Abläufe zur Verfügung, die unser Denken über Prozesse und Veränderungen zunächst im Umfeld der Computer, nun aber in beliebigen Strukturen zu verändern begonnen haben.

Gemeinsamer Kern der formalen Sprachen und des Automaten- oder Maschinenkonzepts ist das Konzept des Kalküls. Die *Theorie der Kalküle* ist gemeinsamer Gegenstand der Computerwissenschaft und der Logik. Es darf mit Fug und Recht behauptet werden, dass diese Theorie, welche Logik, Teile der Mathematik und der Computerwissenschaften trägt, die Leibniz'sche Vision einer "characteristica universalis" auf einer gut verstandenen und tragfähigen Basis zu realisieren vermag. Wie nicht anders zu erwarten, sind dabei einige Präzisierungen, aber auch Modifikationen notwendig gewesen, auf die hier nicht eingegangen werden soll.

Die neu entstandene Fundamentalwissenschaft kann als *allgemeine Theorie der Konstruktion und des Konstruierens* aufgefasst werden, ob nun der betrachtete Gegenstand Informationen und Gedanken betrifft oder ob er sich auf physische und ökonomische Objekte bezieht. Diese Theorie wird damit zur Basiswissenschaft einer neuen, formalen

⁸ zitiert nach: N. Greenleaf, Algorithmic Languages and the Compatibility of Functions, in: J.H. Johnson and M.J. Loomis, The mathematical revolution inspired by computing, Calderon Press, Oxford 1991.

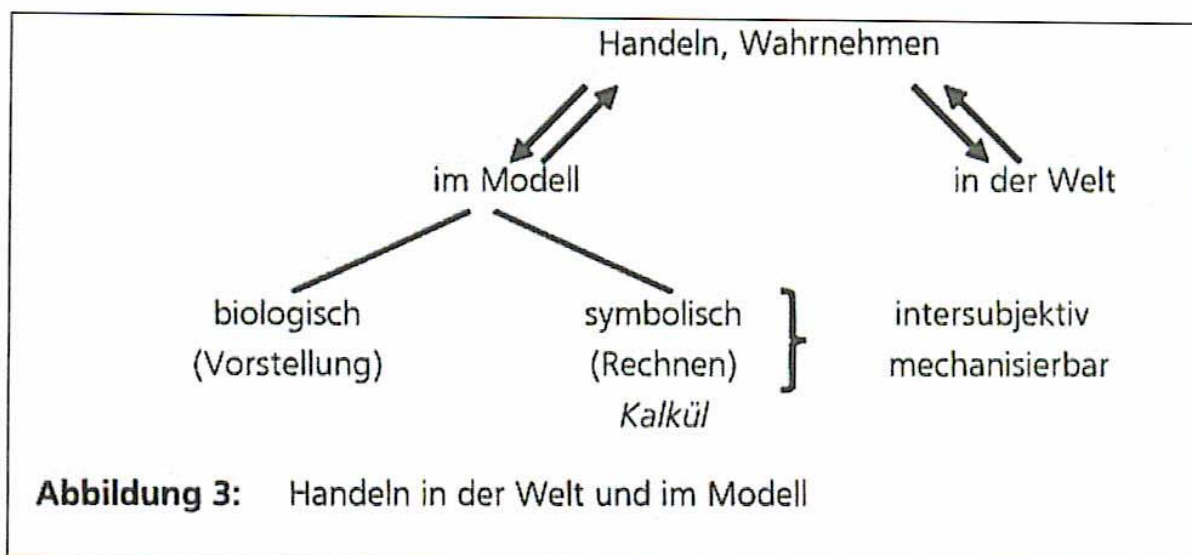
Organisationslehre. Bevor dies näher erläutert wird, sollen einige allgemeine Überlegungen zur Wirkung der Formalisierung eines Denk- und Seinsbereichs vorgetragen werden.

4. DIE FORMALISIERUNG ALS KERN DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN UND DER INDUSTRIALISIERUNG

Das symbolische Denkorgan

Die Formalisierung der Geometrie mittels der Sprache der Arithmetik durch Descartes in der analytischen Geometrie und die Beschreibung raumzeitlicher Vorgänge, namentlich von Bewegungen durch Newton (1643-1727) und Leibniz mittels dieser Sprache legte das Fundament zur neuzeitlichen Physik. Damit verfügte die Menschheit über ein *neues kollektives Denkorgan*, das, losgelöst von Vorstellungen, allein im Raum der Symbole, raumzeitliche Vorgänge zu beschreiben und zu simulieren erlaubt.

Das uns natürlich gegebene Denkorgan stellt uns ein *Modell* der Aussenwelt zur Verfügung, das mit bildlichen Vorstellungen arbeitet. Damit vermag das Denken nicht wesentlich über das sinnlich Erfahrbare in die Tiefenstruktur der Dinge vorzudringen. Das neue *symbolbasierte Denkorgan*, das im 17. Jahrhundert geschaffen wurde, befreit uns von diesen Restriktionen. Es basiert auf dem bereits in der Antike entwickelten formalen System der Zahlen mit seinen Kalkülen, das schon den alten Ägyptern komplizierte Rechnungen durchzuführen gestattete, die von sinnlichen Vorstellungen befreit waren. Durch die Erfindung des Differenzialkalküls wurde die Arithmetik so erweitert, dass die neuzeitliche Physik mit all ihren theoretischen Begriffsbildungen bis hin etwa zu dem des elektromagnetischen Feldes möglich wurde.



Die Nutzung dieses neuen symbolbasierten kollektiven Denkorgans für die Produktion in der Wirtschaft des 17. und 18. Jahrhunderts erfolgte erst nach und nach. Für lange Zeit basierten die Erfindungen noch auf dem vorwissenschaftlichen handwerklichen Verfahren. Dies gilt auch für die Erfindung der Dampfmaschine. Dagegen begann man relativ früh, die beobachteten Phänomene z.B. in der Dampfmaschine mittels der Erkenntnisse der

neuentstandenen Physik tiefer zu durchdringen, um die so gewonnenen Erkenntnisse für neue Designs zu nutzen⁹. Erst nach und nach wurden Produkte entwickelt, die ohne dieses aussersinnliche neue Organ nicht hätten entwickelt werden können. Dies gilt für weite Bereiche des Elektromagnetismus und seiner Anwendungen, z.B. in der drahtlosen Telekommunikation. Die heutige computersimulierte Entwicklung findet beinahe vollständig im symbolischen Medium statt.

Industrialisierung und wissenschaftliche Methode

Das Kennzeichnende der modernen *Ingenieurwissenschaften* und der mit ihnen verbundenen industriellen Produktion kann in der *Verwendung der wissenschaftlichen Methode* zur Erklärung der beobachteten Phänomene und zur Entwicklung verbesserter oder neuer Lösungsdesigns gesehen werden. Ihr Verfahren ist die Modellbildung unter Verwendung der theoretischen Konzepte, die rechnerische Durchdringung dieser Modelle und ihre Nutzung in Design und Produktion.

Drei Epochen des Kalküls

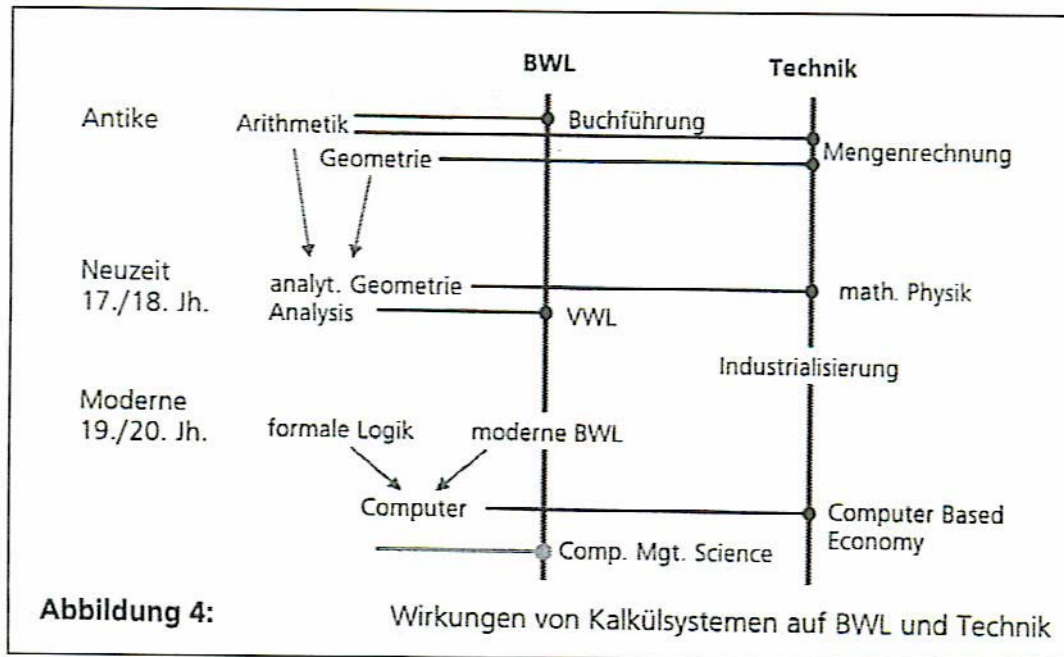
Die Macht des Kalküls, d.h. des vom sinnlichen Vorstellen losgelösten, symbolbasierten Raisonierens und Kalkulierens hat sich in (mindestens) drei Stufen entfaltet. In der *Antike* hat sie sich zunächst in der *Arithmetik* und ihren Anwendungen im wirtschaftlichen Bereich kundgetan, wo Bestandes- und Veränderungsberechnungen aller Art die Beherrschung komplexer Organisationen wie Stadtstaaten oder Reiche wie des ägyptischen oder römischen ermöglicht haben. Sie tun dies heute noch in Betrieben in der verfeinerten Gestalt des modernen Rechnungswesens.

Die zweite Demonstration ihrer Macht haben die Kalküle, wie erwähnt, im 17. Jh. im Zuge der *Formalisierung der "res extensa"*, d.h. der Arithmetisierung von Raum und Zeit, geleistet. Die Explosion des naturwissenschaftlichen Wissens und seine immer raschere Umsetzung in immer mächtigere Technologien, die den Globus, neuen Organen gleich, überziehen, geben dafür hinreichenden Beweis. Die technisch-industrielle Zivilisation ist ohne dieses Organ nicht denkbar.

Als dritte Welle hat nun die *Kalkülisierung des Denkens*, der cartesianischen "*res cogitans*" begonnen. Es darf angenommen werden, dass die Auswirkungen dieser neuen Industrialisierung – und darum handelt es sich – nicht weniger dramatisch sein werden. Bisher herrscht im Bereich der Denkopoperationen, d.h. der Verarbeitung von Information, das Handwerk vor. Die Industrialisierung dieser Prozesse hat nun mit dem Einsatz der Informationstechnologie begonnen. Dabei verstehen wir unter Industrialisierung die Ablösung des Handwerks durch auf exaktere Wissenschaften basierende Ingenieurwissenschaften. Abb. 4 fasst die wichtigsten Wirkungen der genannten Symbolsysteme auf Betriebswirtschaftslehre (BWL) und Technik zusammen.

Da die Managementlehre sich mit der Planung und Lenkung von Systemen befasst und somit mit einer rationalen Verarbeitung von Information, stellt sich die Frage, ob die Managementlehre die neue formale Wissenschaft, die sich mit der Verarbeitung von Information, mit Prozessen, ihrer Beschreibung und Gestaltung allgemein befasst, einzulassen hat. Wir meinen ja.

⁹ Vergleiche dazu etwa George Basella, *The Evolution of Technology*, Cambridge History of Science Series, Cambridge University Press, 1988



5. ANALOGIEN ZWISCHEN COMPUTERWISSENSCHAFTEN UND DER MANAGEMENTLEHRE

Managementlehre

Gegenstand der Managementlehre ist die Gestaltung von Organisationen im Sinne von zweckgerichteten sozialen *Systemen*. Diese bestehen aus in der Regel zahlreichen Akteuren oder *Agenten*, wie wir sie im Folgenden nennen wollen, denen bestimmte Funktionen oder Rollen zugewiesen werden. Sie werden über geeignete Koordinationsmechanismen so miteinander verbunden, dass die intendierten Zwecke erreicht werden.

Man unterscheidet dabei zwei hauptsächliche Koordinationsformen, nämlich die *Hierarchie* und den *Markt*. Während beim Markt die Agenten autonom sind und in jedem Einzelfalle frei entscheiden, ob sie in ein Tauschverhältnis eintreten wollen, basiert die Hierarchie auf der Ressourcenzusammenlegung und dem teilweisen Verzicht auf Autonomie. Im Gegenzug erhält der auf seine Freiheiten verzichtende Agent einen Anteil am gemeinsam erzielten Ertrag. Die so entstehenden vertikal gegliederten Hierarchien nennt man Organisationen. Zu ihnen gehören Firmen ebenso wie Bürokratien, Vereine, etc.¹⁰ Die Managementlehre befasst sich mit der *Gestaltung solcher Organisationen* und ihren Austauschbeziehungen.

Ein zweites Feld der Managementlehre besteht in der *Gestaltung der Prozesse*, d.h. der Ablauforganisation. Zielen werden Strategien zugeordnet, die ihre Erreichung versprechen. Diese werden operationalisiert, d.h. in konkrete Abläufe umgesetzt und mit den notwendigen Ressourcen versorgt. Ein Controlling wacht darüber, dass die Ziele erreicht und die Pläne eingehalten werden.

Computerwissenschaften und ihre Paradigmen

Mit dem *strukturell* gleichen Problemfeld beschäftigen sich die Computerwissenschaften. Historisch betrachtet war dieses Feld zwar zunächst sehr viel enger definiert. Die Agenten waren Funktionen und Applikationen, die Koordinationsprobleme in der hierarchischen Host-Umgebung vergleichsweise simpel. Das hat sich jedoch schrittweise geändert. Heutige offene Systeme, z.B. elektronische Märkte, weisen eine Komplexität auf, die jener von betrieblichen Strukturen durchaus entspricht.

Der Computer wurde in seiner *ersten Epoche*, die bis in die 1960er Jahre hinein dauerte, als *Assistent* gesehen. Er sollte, wie das heute der PC immer noch tut, für seinen Herrn Tätigkeiten automatisiert erledigen. Diese waren in den Anfängen fast ausschliesslich in zwei Bereichen angesiedelt: In der Durchführung von Berechnungen einerseits und in der Auswertung von Formularen andererseits. Der erste Bereich konnte auf die Vorarbeiten zurückgreifen, die in der numerischen Mathematik und in den Ingenieurwissenschaften geleistet worden waren, der zweite Bereich auf die Datenverarbeitung mit Lochstreifen und Lochkarten, wie sie seit Hollerith in grossen Betrieben und Behörden im Einsatz war.

In einer *zweiten Phase*, die die `60er bis `80er Jahre umfasste, herrschte das Paradigma des *Informationssystems* vor. Computersysteme wurden als Informationssysteme betrachtet, deren Kern Datenbanken mit ihren Datenverwaltungssystemen waren, auf denen in Applikationen abgebildete und somit automatisierte Prozesse oder Abläufe durchgeführt wurden. Diese Abläufe umfassten zuerst einfache administrative Tätigkeiten des Backoffice. Sie eroberten dann den Produktionsbereich: Die CIM-Vision steht als Programm für diese Welle der Informatisierung der Abläufe. Seit den `80er Jahren werden auch komplexere

¹⁰ Vergleiche dazu etwa Viktor Vanberg, Markt und Organisation, Mohr, Tübingen, 1982

Workflows im Bürobereich und ganze Geschäftsprozesse, z.T. auch betriebsübergreifend, im Rahmen des Business Reengineering auf diese Systeme abgebildet.

Zwei Organisationskulturen

In all diesen Fällen werden *Abläufe* gestaltet. Sie benutzen dabei mehr oder weniger komplexe Informationsobjekte, welche die Formulare, Berichte und sonstigen Dokumente der klassischen Geschäftsprozesse ersetzen und erzeugen wiederum solche Informationsobjekte, oder sie steuern physische Prozesse wie NC-Maschinen, Warenflüsse oder Geldtransaktionen. Inzwischen sind mächtige computerbasierte Systeme aufgebaut worden, auf denen ganze Branchen basieren. Ohne die modernen Flugreservationssysteme beispielsweise, bei denen es sich im wesentlichen um Informationssysteme klassischen Typs handelt, wäre die moderne Luftfahrt undenkbar. Analoges gilt für die Bankwirtschaft, Versicherungswirtschaft und viele andere Bereiche.

Im *Reich der Theorie* bestehen jedoch nach wie vor *zwei getrennte Kontinente der Organisationslehre*: Die Leitwissenschaft für den Kontinent der Informationssysteme, in denen der Taylorismus seine Triumphe feiert und der immer grössere Teile des Geschäfts an sich zieht, ist die Computerwissenschaft. Sie spielt eine Rolle, die analog zu jener der Physik in den Ingenieurwissenschaften ist. Wie die Physik in vielen Ingenieurwissenschaften die eher pragmatisch-handwerkliche Art des Arbeitens nur wenig verdrängen konnte, so ist auch in der Wirtschaftsinformatik das handwerkliche Schaffen immer noch dominant. Aber so wenig wie die grundsätzliche Zuständigkeit und langfristige Wirksamkeit der Physik in den klassischen Ingenieurwissenschaften bestritten werden kann, so wenig dürfte dies für den genannten Kontinent der Informationssysteme der Fall sein. In ihm wird sie mehr und mehr die Herrschaft übernehmen. Daneben, und weitgehend mit dem ersten unverbunden, existiert nach wie vor der *Kontinent der klassischen Organisationslehre*. Dort findet die organisatorische Gestaltung des nicht-computerisierten Geschäftes statt. Diese Trennung gilt für die Theorie in stärkerem Masse als für die Praxis.

In der Organisationslehre sind im Laufe der Zeit verschiedene *Metaphern für die Organisation* entwickelt worden¹¹. Das Bild der tayloristischen Maschinenorganisation, das der informationssystemzentrierten Informatik wohl mit Recht unterstellt werden darf, wurde abgelöst durch andere Metaphern, die das lebendige und gesellschaftliche Element der betrieblichen Realität stärker in den Vordergrund rückten. Die grundsätzliche Richtigkeit der dahinterstehenden Anliegen kann nicht bestritten werden. Ist die Trennung der zwei Kontinente auf diesem Hintergrund gerechtfertigt, wird sie auf Dauer bestehen bleiben können?

Das neue Paradigma der Computerwissenschaften

Das *neue Paradigma der Computerwissenschaften*, das sich im Verlaufe der '80er Jahre immer deutlicher herausgebildet hat und eine *dritte Phase* eingeleitet hat, ist das des *Multi Agent Systems* (MAS), d.h. eines Systems aus vielen miteinander kooperierenden Agenten (vgl. Abb. 5). Dabei wird angenommen, dass diese Agenten unterschiedliche Grade der Autonomie besitzen können. Beispiele solcher MAS sind verteilte Systeme, d.h. Computersysteme, die aus mehreren über Netzwerke verbundenen Computern bestehen, ohne dass sie ein gemeinsames Betriebssystem besitzen. Ein neueres Beispiel hierfür ist auch das Internet mit seinen Millionen von autonomen, miteinander kommunizierenden Informationsobjekten und den hinter ihnen stehenden Computern. Zu ihnen gehören aber auch Systeme künstlichen Lebens, sogenannte komplexe adaptive Systeme (Complex

¹¹ Siehe dazu Gareth Morgan: Images of Organization, Sage Publications, New Delhi, 1986

Adaptive Systems, CAS)¹². Diese und weitere Typen von MAS haben alle Züge, die in den verschiedenen Metaphern der Managementlehre angesprochen werden. (Vgl. Abb. 5).

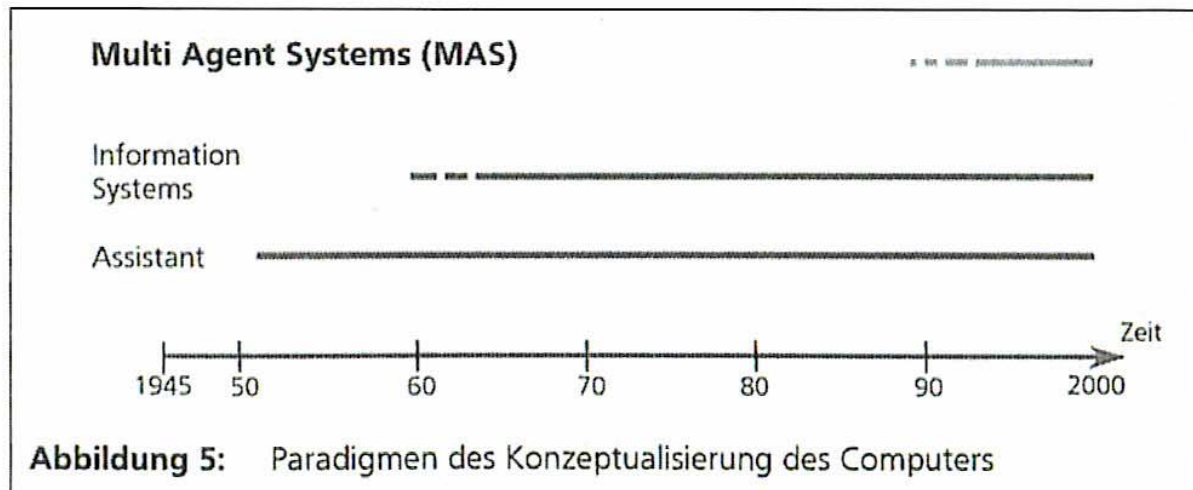


Abbildung 5: Paradigmen der Konzeptualisierung des Computers

Das Konzept der MAS hat verschiedene Wurzeln. Eine wichtige stammt aus dem Gebiet der sogenannten verteilten künstlichen Intelligenz (Distributed Artificial Intelligence, DAI). Nachdem erkannt wurde, dass das Paradigma des Experten für die problemlösende Intelligenz nur beschränkt tauglich ist, weil sehr viele intelligente Leistungen durch das Zusammenwirken mehrerer, oft sehr spezialisierter und autonomer Agenten entsteht, wurde das Konzept des MAS eingeführt und in der Folgezeit immer weiter entwickelt¹³. Solche MAS wurden und werden als Computersysteme vor allem im Produktionsumfeld eingesetzt. Organisatorische Konzepte der Betriebswirtschaftslehre fließen bei der Modellierung der Agenten ein. So besitzen solche Agenten nicht nur Wissen und eine Planbibliothek, sie besitzen auch Ziele, die Fähigkeit zur Bewertung und Auswahl von Plänen, Absichten und Verfahren, die mit der Bearbeitung dieser Größen zusammenhängen – kurz: Strukturen, wie wir sie von Betrieben her kennen, die ihre Aktionen gestalten müssen¹⁴. Bei Konflikten, z.B. um knappe Ressourcen, verständigen sie sich mittels Verhandlungen. Dazu werden Protokolle entwickelt, die, wenn möglich, Erfolg garantieren. Offene elektronische Märkte, wie sie gegenwärtig zahlreich in Entwicklung sind, können als solche Multi Agenten-Systeme betrachtet werden. Für sie werden sichere Protokolle entwickelt¹⁵; Sprachen, über die sich die Agenten austauschen können. Die Gestaltung grosser, auch globaler, kooperierender

¹² Vgl. z.B.

Murray Gell-Mann, Complex Adaptive Systems, in: Complexity, Metaphors, Models, and Reality, ed. by: G.A. Cowan, D. Pines, D. Meltzer, in Proceedings vol. XIX in the Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Addison Wesley 1994,

Murray Gell-Mann, The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and in the Complex, W.H. Freeman and Company New York, 1994

¹³ Siehe etwa G.M.P. O'Hare, N.R. Jennings, Foundations of distributed artificial intelligence, John Wiley, 1996

¹⁴ Jörg P. Müller, The Design of Intelligent Agents. A layered approach. Springer 1996

sowie Pradeep K. Sinha: Distributed Operating Systems. Concepts and Design. IEEE Computer Society Press, 1996

¹⁵ Jeffrey S. Rosenschein, Gilad Zlotkin: Rules of Encounter. Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers, MIT Press, 1994,

Chengqi Zhang, Dickson Lukose (Eds.): Multi-Agent Systems. Methodologies and Applications. Lecture Notes in Artificial Intelligence 1286, Springer 1997

Systeme im Cyberspace in der neuen Infosphäre ist in vollem Gange. Dabei können die Agenten Computer, Organisationen, hybride Systeme oder Menschen sein: Im Äther der Datenobjekte äussern sie sich über die gleiche Schnittstelle.

Die Informatik hat somit mit ihrem neuen Paradigma in der Theorie und in der Praxis ein Gebiet betreten, das zum Kernland der Betriebswirtschaftslehre gehört. Sie bedient sich dabei mehr und mehr betriebswirtschaftlicher Konzepte, in der Theorie noch zögernd, dafür umso stärker in der Praxis. Beim Bau elektronischer Börsen, von Electronic Malls und allgemein von elektronischen Märkten, aber auch beim Bau inner- und zwischenbetrieblicher Kommunikations- und Leistungsplattformen ist dies gar nicht zu umgehen.

In der *Praxis* hat somit die Verschmelzung betriebswirtschaftlicher und computerwissenschaftlicher Konzepte begonnen. Wird ihr die Theorie folgen? Wenn ja: Welche Seite übernimmt die Führung – die Managementlehre oder die Computerwissenschaften?

6. HERAUFKUNFT EINER NEUEN MANAGEMENTLEHRE ALS EXAKTE WISSENSCHAFT ?

Die Managementlehre ist eine allgemeine Wissenschaft der Gestaltung sozialer Systeme. Soziale Systeme bestehen aus einer Gemeinschaft von Subsystemen, die als Agenten bezeichnet werden können. Dies können einzelne Menschen oder andere soziale Systeme sein. Sie lehrt uns, wie solche Systeme kognitiv zu erfassen, d.h. zu beschreiben sind, wie sie in Komponenten zerlegt werden können, und wie diese und ihre Beziehungen untereinander zu gestalten sind.

Die Managementlehre gehört wissenschaftsgeschichtlich zu den *Künsten* (artes), deren Basis das natürliche und handwerksbasierte Denken ist. Die hier gestellte Frage ist, ob sie sich zu einer *exakten Wissenschaft* weiterentwickeln wird, wie dies z.B. die Medizin auf der Basis der exakten Naturwissenschaften tat. Falls die Frage mit Ja beantwortet werden kann, gilt: Wie in der Medizin wird auch für die Managementlehre zweifellos ein Bereich für das Handwerk und die Künste bestehen bleiben.

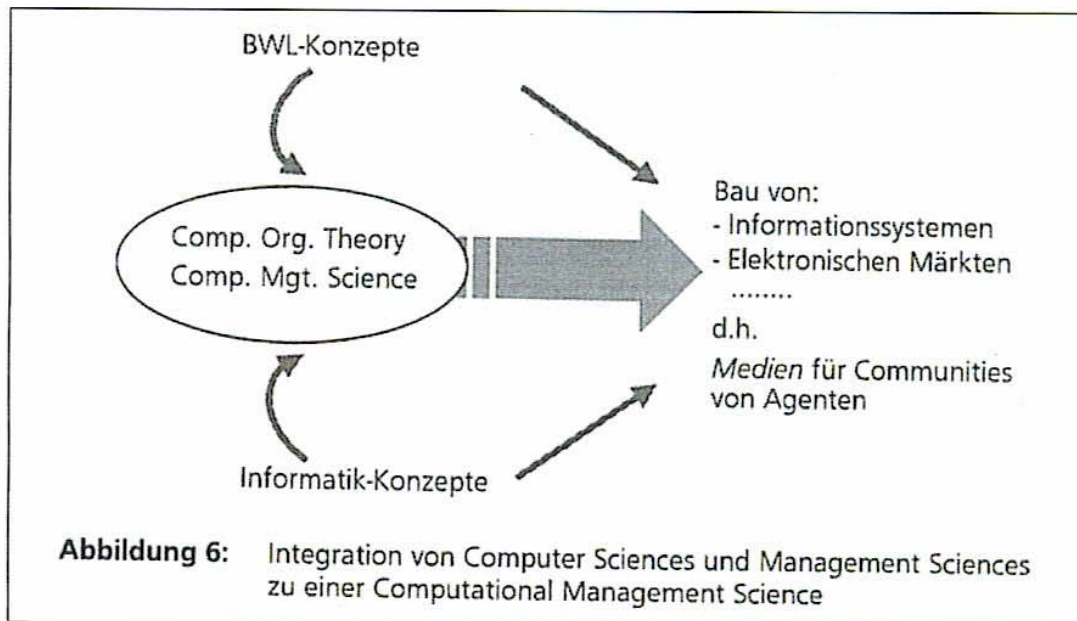
Wie bereits ausgeführt, haben die Computerwissenschaften begonnen, ihren primären Gegenstand der logischen Systeme, der kognitive Prozesse, wie sie in der Mathematik stattfinden oder der Prozesse, wie sie in technischen Systemen implementiert sind, mit dem Konzept der Multi-Agenten-Systeme so auszudifferenzieren, dass er sich mit dem Systembegriff der Managementlehre in weiten Bereichen überschneidet.

Wir können nun zwei mögliche Positionen einnehmen:

- Die Grundkonzepte beider Bereiche sind weitgehend identisch. Eine gemeinsame Basiswissenschaft wird die Paradigmen und Methoden für beide heute noch getrennten Disziplinen bereitstellen.
- Die beiden Bereiche sind wesensmässig so verschieden, dass sie keine gemeinsame Behandlung zulassen.

Bei Einnahme der *zweiten Position* wäre zu begründen, worin das wesensmässig Verschiedene nicht des Gegenstandes, sondern der Probleme und Methoden der Managementlehre besteht. Man beachte dabei, dass auch die formale, mechanisierbare Logik immer das menschliche Denken zum eigentlichen Gegenstand hat und dass umgekehrt das Konzept der Maschine oder des Automaten der Informatik keineswegs nur technisch hergestellte Maschinen intendiert, sondern immer auch den handelnden Menschen - sei es der Beweise durchführende Mathematiker, Turing's Computer (d.h. der rechnende Mensch) oder eine Organisation (wie ein Theaterensemble oder eine Firma). Es bezeichnet beliebige *nach Regeln handelnde Systeme*, soweit und insofern sie nach Regeln handeln. (Dies schliesst spontanes, "zufälliges" Handeln keineswegs aus.)

Wir vertreten hier die *erste Position* und meinen, dass sich eine *neue Basiswissenschaft* herausbildet, die sowohl die heutigen Computerwissenschaften wie Kernbereiche der heutigen Managementlehre umfassen wird, und die, wie die moderne *Physik*, auf einer formalen Basis aufbauen wird. Diese formale Basis liegt mit den Computerwissenschaften, bzw. in ihrem logischen Kern, teilweise vor. Es gilt, diese von den akzidentiellen Elementen zu befreien, die sie von ihrer Herkunft her mit sich tragen, und sie so zu verallgemeinern, dass sie den Bedürfnissen der allgemeinen Managementlehre dienlich sind.



Diese neue Wissenschaft vermag dann als Basis dafür zu dienen, die neuen Strukturen, die sich in der Infosphäre in rasendem Tempo bilden und gleichsam auskristallisieren, adäquat zu beschreiben und planmässig zu formen. Die dort anzutreffenden Informationsobjekte sind virtuellen Maschinen im Sinne der Informatik. Sie sind aber gleichzeitig oft hochkomplexe Wissensstrukturen und Repräsentanten komplexer Agenten. Ihre Beschreibung und Einbindung in neue organisationale Strukturen und Abläufe, die gegenwärtig auf pragmatischer und handwerklicher Basis erfolgt, könnte dann nach und nach auf wissenschaftliche Weise erfolgen, in Analogie zum Prozess, welche die auf der Physik ruhenden Ingenieurwissenschaften in den letzten Jahrhunderten durchlaufen haben.

Die Computerisierung, basierend auf der Formalisierung der Information und der informationsverarbeitenden Prozesse, stellt eine *neue industrielle Revolution* dar, die mehr ist als eine Welle der seit dem 18. Jahrhundert laufenden industriellen Revolution, die ihre Wurzel in der neuzeitlichen Physik hat. Deshalb sind die neuen Ingenieurwissenschaften, die zunächst im Umfeld der Computerwissenschaften als weitere Ingenieursdisziplinen, welche die bisherigen ergänzen, gesehen wurden, nicht als gültige Antwort zu betrachten. Ihre Aufgabe ist nämlich auf einem wesensmässig anderen Kontinent, der erwähnten cartesianischen "res cogitans", angesiedelt, und nicht wie jene der bisherigen Ingenieursdisziplinen auf dem Kontinent der "res extensa". Die Informationsverarbeitung im Umfeld wirtschaftlicher und anderer Organisationen ist aber eine angestammte Domäne der Betriebswirtschaftslehre. Auch aus dieser Optik ist eine Transformation der Managementlehre hin zu einer neuen Basiswissenschaft für die neue industrielle Revolution zu erwarten¹⁶.

¹⁶ Vergleiche dazu auch B. Schmid, IKT als Träger einer neuen industriellen Revolution, in: G. Schuh, H.P. Wiendahl, Komplexität und Agilität. Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Walter Eversheim, Springer Verlag 1997

7. SCHRITTE ZUR UMSETZUNG

Abschliessend soll ein Ansatz skizziert werden, wie das oben erläuterte Programm partiell in Angriff genommen werden kann. Ausgangspunkt bilden dabei Multi-Agenten-Systeme. Dazu zählen wir Betriebe, die wir im Ulrich'schen Sinne als Systeme auffassen, die ihrerseits aus Subsysteme zusammengesetzt sind¹⁷. Solche Subsysteme werden als Agenten verstanden, die ihrerseits als Multi-Agenten-System gesehen werden können. Aber auch zwischenbetriebliche Gemeinschaften von Kunden, Lieferanten und dritten Dienstleistern können als MAS aufgefasst werden. Schliesslich sind auch offene Märkte Multi-Agenten-Systeme.

Unser Ansatz fasst Multi-Agenten-Systeme als Gemeinschaften von kooperierenden Agenten auf, die Informationen oder andere Objekte wie Güter oder Leistungen austauschen. Damit sie dies tun können, bedürfen sie eines *Mediums* im Sinne einer den Austausch ermöglichenden Plattform. Statt primär die Struktur der Agenten ins Zentrum der Aufmerksamkeit zu rücken (wie das die DAJ tut), studieren wir zunächst das *Medium als einen die Gemeinschaft konstituierenden Raum*.

Zum erfolgreichen Austausch von Wissen zwischen Agenten ist ein Medium mit den folgenden Komponenten notwendig¹⁸:

- *Trägermedium / Kanäle C.*
Zunächst braucht es ein System von Verbindungen zwischen den Agenten, die einen Transport der Information vom sendenden Agenten (Sender) zum empfangenden Agenten (Empfänger) ermöglichen. Die Nachrichtentechnik nennt eine solche Verbindung einen Kanal. Ein Kanal muss geeignet sein, die zu übermittelnde Information aufzunehmen, zu tragen. Man spricht daher auch vom *Trägermedium*. Solche Trägermedien bzw. Kanäle sind physische Objekte wie Papier oder elektromagnetische Signale, die mit einer bestimmten Technologie und einer sie produzierenden Wirtschaft verknüpft sind.

Häufig wird der Medienbegriff mit dem Begriff des Trägermediums identifiziert. Man spricht dann von Printmedien, Photographie und Film als Medien, elektronischen Medien (Radio und Fernsehen) etc. Dieser Medienbegriff erfasst eine wichtige Komponente des Mediums. Er ist aber zu sehr an der Technologie und den ihr zugehörigen technischen Möglichkeiten bzw. den für sie typischen, historisch entstandenen wirtschaftlichen Strukturen ausgerichtet.

- *Logischer Raum L.*
Die ausgetauschten *Inhalte* bedürfen einer syntaktischen Strukturierung, kurz: einer *Syntax*, die den potentiellen *Sendern* und *Empfängern* bekannt ist und im Trägermedium (Kanal) realisiert werden kann. Solche syntaktischen Regeln umfassen - am Beispiel der Schrift - die verwendete Schrift (lateinisch, kyrillisch etc.), Schrifttypen, Regeln der Grammatik, Layoutregeln, etc., ohne die ein funktionsfähiger Kanal nicht entstehen und seine Aufgabe erfüllen kann. Wir können auch von der *Sprache* sprechen, die zur Codierung der Nachricht Verwendung finden soll.

Solche Regeln sind bei den klassischen Medien im Laufe der Zeit entstanden und in einem kontinuierlichen Lernprozess auf die potentiellen Sender und Empfänger

¹⁷ Ulrich, Hans: Management – Gesammelte Beiträge. Bern/Stuttgart 1984

¹⁸ Siehe Beat Schmid, in: Medien- und Kommunikationsmanagement. Begriffsbestimmung und Aufgabenfelder. Ein Diskussionspapier, Arbeitspapier Nr. 1 (Version 0.1), mcm-institute, Universität St. Gallen, 1998, sowie: ders., in: Ein Glossar für die NetAcademy, MCM-Institut der Universität St. Gallen, <http://www.netacademy.org>, März 1998

übertragen worden. Der Erwerb der Fähigkeiten zur Codierung und Decodierung der Printmedien ist anspruchsvoll und wird in der Grundschule im Verlaufe einiger Jahre erworben. Der Code für die Kommunikation über den Fernseher ist dagegen offenbar vergleichsweise leichter zu erwerben. Das neue Medium Internet ist in der Einführungsphase und verlangt von seinem Benutzer das Erlernen einer teilweise neuen Syntax. (Diese oder Teile von ihr werden häufig auch als *Protokoll* bezeichnet. Wir verwenden diesen Begriff hier jedoch in einer etwas andern, noch zu beschreibenden Weise.)

- *Semantischer Raum W.*

Erfolgreiche Kommunikation verlangt eine *Interpretation* der übermittelten Botschaft durch den Empfänger, die mit der Intention des Senders kompatibel ist. Man spricht in diesem Zusammenhang von der *Semantik* der übermittelten, d.h. im Kanal vorhandenen Nachricht. Diese Semantik ist weder im physischen Trägermedium noch in der Syntax allein enthalten. Sie verweist auf den Kontext, welchen die übermittelte Nachricht referenziert, auf die Bedeutung, welcher ihr in der externen *Welt* eignet. Wir können vom *semantischen Raum* sprechen, in dem die Kommunikation stattfindet. Dieser semantische Raum ist wesentlicher Bestandteil des Mediums im Sinne seiner Definition als Austauschmechanismus für Information.

Die Semantik umfasst *Abstrakta*, d.h. Begriffe und Symbole, die geistiger Natur sind, etwa 'rot' (als Begriff), 'Freiheit' oder 'der heilige Gral'. Sie referenziert (mögliche) *Welten*, über die unter Verwendung der Begriffe Nachrichten ausgetauscht werden können. Diese Welten als semantischer Gehalt der übermittelten Information sind das, woran die Kommunikationspartner letztlich interessiert sind. Medien ermöglichen das (Mit-)Teilen von Welten, das Bilden *gemeinsamer* Welten. Das gilt für die Innenwelt einer Organisation ebenso wie für die in den Massenmedien kommunizierten und gestalteten Welten, ob News, Olympiaden, Formel 1 oder Star Wars. Die Semantik ist einer Logik unterworfen, die von allen Teilnehmern geteilt werden muss. Man könnte daher auch vom *logischen Raum* reden, der definierender Bestandteil eines Mediums ist.

Der semantische Raum besteht meist aus einem Kern von Anliegen und Ideen, die man als Axiome bezeichnen kann, und diesen Kern umgebende Sekundärkonzepte und in ihnen formulierte Standpunkte. Die Axiome sind für die das Medium als ihre Welt auffassende Agentenpopulation mehr oder weniger verpflichtend, die sekundären Anliegen oder Positionen werden häufig geteilt oder wenigstens zugelassen. Seit Dawkins in seinem Buch 'The Selfish Gene'¹⁹ das Konzept des Mems zur Bezeichnung von Ideen, welche die Köpfe der Menschen bevölkern und sie lenken, eingeführt hat, ist die Bedeutung der die Welt erschliessenden und bildenden Funktion der Ideen oder Meme von einer Reihe von Autoren aufgenommen worden. Sie beschreiben den Wettbewerb der Meme, ihre Reproduktion und Selektion in Analogie zur Biologie und können mit diesen Kategorien eine Reihe von Phänomenen der Medien und der Ideologiebildung erklären.

Man kann mit dieser Terminologie den semantischen Raum als Bestand der Meme oder als *Memom* (in Anlehnung an den Begriff des Genoms der Biologie) verbunden mit der es regierenden Logik bezeichnen. Es *definiert die Weltsicht* der das Medium bewohnenden Agenten. Es steht andererseits wie das biologische Pendant, das Genom, im Wettbewerb mit andern Memomen, d.h. mit anderen Spezies oder Medien, um die Gunst der Agenten. Damit dieser Wettbewerb erfolgreich bestanden wird, muss eine gewisse Ordnung, ein Management des Memoms, erfolgen:

- *Organisationale Komponente R*

In einem Medium befinden sich nebst Empfänger und Sender in der Regel noch weitere

¹⁹ R. Dawkins: the Selfish Gene, Oxford University Press, New York 1976

Akteure. Im Printmedium sind dies etwa Autoren, Redakteure, Aufsichtsinstanzen, Erbringer von Diensten auf der Übermittlungsebene etc. Die *Aufgabenprofile* dieser Agententypen, ihre *Rechte* und *Pflichten* bezeichnen wir als *Rollen*. Zu einem Medium gehört somit ein *System* von aufeinander abgestimmten *Rollen*.

Die Rollen machen einen organisatorischen Aspekt des Mediums aus. Sie legen sozusagen seine *Aufbauorganisation* fest. Ohne kohärente Rollendefinitionen kann es nicht funktionieren. Das ist nicht weiter erstaunlich, ist es doch als Transaktionsmechanismus definiert. Und Transaktionen bedürfen einer Organisation, wenn sie funktionieren sollen. Es gilt, nicht nur die technischen Seiten des jeweiligen Mediums organisatorisch im Griff zu haben (z.B. eines Fernsehsenders oder eines Zeitungshauses), sondern auch die Interessen der nutzenden Kunden und Lieferanten. Dazu sind oft auch rechtliche Aspekte zu berücksichtigen (Autorenrechte, Konsumentenschutz) und die zugehörigen Rollen zu schaffen.

- *Protokoll P.*

Um konkrete Kommunikationstransaktionen abzuwickeln, d.h. das Medium wirklich seiner Bestimmung gemäss arbeiten zu lassen, sind *Abläufe* zu regeln. Dies geschieht mittels eines *Protokolls*: Die Gesamtheit DER Regeln, Rechte und Pflichten oder das aufeinander und auf die definierten Rollen abgestimmte System der Prozesse, die zur Funktionsweise eines Mediums implementiert sind, nennen wir in Anlehnung an den Sprachgebrauch, der im Kommunikationsbereich Verwendung findet, Protokoll. Es regelt die Abläufe, enthält also die *Ablauforganisation* des Mediums.

Damit ist der Medienbegriff definiert: Ein Medium besteht demnach aus einem Kanalsystem (Trägermedium), einer Syntax und einem semantischen Raum, sowie einer organisationalen Struktur, mit Rollen und Protokoll - formelhaft:

$$\text{Medium} = C + (L + W) + (R + P)$$

Das Konzept des Mediums besitzt somit neben dem eigentlichen Kanalsystem und der mit ihr verbundenen Logik als wesentliche Bestandteile eine *organisationale Komponente*, die über Rollendefinitionen aufbauorganisatorische Elemente enthält und mit den Protokollen und den Prozessen ablauforganisatorische Bestandteile umfasst.

Ein so aufgefasstes Medium ist der stabile Teil einer Organisation bzw. eines MAS, d.h. einer Gemeinschaft von Agenten. Die einzelnen Agenten, die Mitglieder der Gemeinschaft (community) sind, können in dieses Medium eintreten oder es verlassen, wie Mitarbeiter eine Firma, wie Marktteilnehmer einen Markt, wie Bürger einen Staat oder wie Fans einen Fanclub. Es selber ist als tragender Raum das Bleibende.

Mit diesem Medienbegriff lassen sich zum einen organisationale Konzepte gut rekonstruieren. Es dient aber ebenso als Rahmenkonzept für die Modellierung von Informationsinfrastrukturen, für Betriebe oder für überbetrieblichen Gemeinschaften (wir nennen sie *Knowledge Media*²⁰) oder zur Modellierung von Plattformen für den Gütertausch wie elektronische Märkte (wir nennen sie *Business Media*²¹). Es verspricht somit einen Rahmen abzugeben, um IT-basierte Infrastrukturen spezifizieren und bauen zu können.

Das hier skizzierte Medienkonzept lässt sich jedoch auch *formalisieren*. Die Entwicklung einer exakten theoretischen Basis scheint ohne grössere Probleme möglich zu sein und wird

²⁰ Vgl. hierzu <http://www.knowledgemedia.org>.

²¹ Vgl. hierzu: <http://www.businessmedia.org>

gegenwärtig erforscht²². Damit wäre eine formale Basis für Teile der Organisationslehre erreicht, die gleichermassen eine Basis für die Entwicklung technischer Plattformen wie für betriebswirtschaftliche Problemfelder liefert. Schlüsselkonzepte einer solchen Theorie sind neben dem Medium das Konzept des (intelligenten) *Agenten* und das der *Gemeinschaft* (Community), die auf das engste miteinander verknüpft sind (Abb. 7). Sie liefert die Grundlagen für die *Gestaltung* von Medien bzw. Communities²³.

Betrachtet man solche Medien bzw. Communities unter dynamischen und *evolutionären* Aspekten, so können sie als komplexe adaptive Systeme (Complex Adaptive Systems - CAS) aufgefasst werden. Die in diesem CAS-Umfeld entwickelten Konzepte lassen sich problemlos übertragen, womit neuere evolutionäre Ansätze der Managementlehre ein exaktes Fundament erhalten. Diese Andeutungen müssen hier genügen; die Ansätze sollen in Publikationen dargestellt werden, die gegenwärtig in Arbeit sind.

B. Schmid
27. April 1998

²² Lechner U., Schmid B.: Logic for Media – The computational Media Metaphor. Proceedings of the 32th Hawaiian International Conference on System Sciences (HICSS 99), 1999.

²³ Vgl. Beat Schmid: Elektronische Märkte – Merkmale, Organisation und Potentiale, in: A. Hermanns und M. Sauter (Hrsg.): Handbuch electronic Commerce (in Vorbereitung).