

**Zeitschrift:** Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology

**Herausgeber:** Swisscom

**Band:** 76 (1998)

**Heft:** 1

**Artikel:** Schlüsselfaktor Ingenieur?

**Autor:** Schmid, Beat

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-877278>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Von der Industrie- zur Informationskultur

# Schlüsselfaktor Ingenieur?

In der Wirtschaft der Industriegesellschaft treffen wir zwei recht getrennte Kulturen an: die Kultur der Ingenieure, hervorgegangen aus den Handwerkern und Ingenieuren der alten, vorindustriellen Zeit, und die Kultur der Betriebswirtschafter, hervorgegangen aus den Händlern und Kaufleuten. Beide wirken am Bau der Industrie auf unverzichtbare Weise mit. Sie taten und tun dies auf der Basis sehr unterschiedlicher Ausbildungen: der auf mathematisch-naturwissenschaftlichem Hintergrund aufgebauten Ingenieurswissenschaften bzw. der auf sozialwissenschaftlichem Hintergrund entstandenen Betriebswirtschafts- oder Managementlehre.

**D**ie Kommunikation zwischen diesen Kulturen ist nicht einfach. Sie wird aber im Zeitalter des Simultaneous Engineering bei der Entwicklung überlegener Produkte immer dringender.

BEAT SCHMID, ST. GALLEN

Zudem wird die Organisation der Betriebe mehr und mehr zum Business Engineering, das heisst zu einer mit Konzepten der Informatik erfolgenden Organisationsgestaltung. Dies gilt wenigstens für die Prozessgestaltung, wo die klassische Ablauforganisation einer Programmierung im Grossen weicht (Workflow, Process Engineering). In den neuen elektronischen Märkten wird Aufbauorganisation mehr und mehr zum Engineering verteilter Systeme.

Während die zuletzt genannten Entwicklungen den Betriebswirtschaftler treffen, ist der Ingenieur durch die Informatisierung der Produkte, die Verfügbarkeit des Ingenieurwissens als Standardsoftware, die drohende Marginalisierung von mehr und mehr Teilen des klassischen Industriebereichs herausgefordert.

Wir stehen an der Schwelle zu einer neuen, digitalen Ökonomie. Was sind ihre Produkte? Welche Fähigkeitsprofile werden verlangt? Welches ist insbesondere das Profil des künftigen Ingenieurs?

### Die Heraufkunft der Informationsgesellschaft

Die Basistechnologien, die den Übergang von der Industriegesellschaft in die Informationsgesellschaft ermöglichen und bewirken, sind bekanntlich die Telekommunikation und die Computertechnologie, in ihrer Verbindung als Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) bezeichnet. 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, die Telepräsenz der Agenten, wie jedes Telefongespräch demonstriert (wenn auch nur für die Stimme, eines flüchtigen Teils von uns, mit dem wir uns nicht so stark identifizieren, dass die Telepräsenz erlebt wird).

Die Umsetzung der Idee des Computers als informationsverarbeitende Maschine, die in den vierziger Jahren gültige Gestalt angenommen hatte, hat mit den betrieblichen Informationssystemen eine Reife-

phase erreicht. Die interkontinentale Vernetzung dieser Systeme mittels der Telekommunikation, in Gestalt von Inter-organisationssystemen (IOS), hat eine Globalisierung der Wirtschaft in Gang gesetzt, die von den Industriestaaten bereits recht tiefgreifende Strukturveränderungen verlangt, obschon sie sich erst in ihren Anfängen befindet: Weite Bereiche der Wirtschaft werden von ihr erst noch erfasst werden. Sie verlangt eine Neudeinition der vertrauten Konzepte von Markt, Unternehmen und Staat. Die Unternehmen sind aufgrund dieser Technologie, die in der Wirtschaft im administrativen Bereich in den sechziger und siebziger Jahren Einzug hielte und im Fertigungsbereich mit der Computerintegration ihre Fortsetzung fand, von aussen (Märkte und Ordnungspolitik) und von ihrer inneren Strukturierung her betroffen. Ganze Branchen sind bereits in ihrer Struktur verändert worden, beispielsweise die Computerindustrie oder im Dienstleistungsbereich die Finanzmärkte; andere stehen mitten in der Transition, etwa die Tourismuswirtschaft oder die Medienwirtschaft. In allen Fällen zeigt sich deutlich, dass die jeweils effiziente Form der Organisation eine Funktion der verfügbaren Kommunikationsmittel und Informationsträger ist: Der Produktionsfaktor Information hat durch die IKT eine neue Gestalt erhalten, deren radikal neue Seiten nach und nach sichtbar werden.

Neben der betrieblichen Optik gilt es auch die volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung der sich verändernden «Informationswelt» im Blick zu haben. Das Produkt «Information» macht in modernen Ökonomien etwa die Hälfte der Wertschöpfung aus (ist statistisch jedoch schlecht erfasst). Neben diesem dominanten und noch wachsenden Block an Arbeitszeit widmen die Menschen einen immer grösseren Teil ihrer Lebenszeit dem Konsum von Information. Die vom Durchschnittsbürger der Industriegesellschaft dem Fernsehen gewidmete Zeit soll inzwischen, bezogen auf die Lebenszeit, der Arbeitszeit gleichkommen. Die für die Betriebe erfahrbaren Veränderungen werden auf volkswirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ebene nicht weniger tiefgreifend ausfallen.

Die grossen Veränderungen stehen jedoch erst bevor. Die Vision von Ted Nelson, der Ende der sechziger Jahre, im Zeitalter des beginnenden Rechenzen-

trenbooms, wo der Verkehr mit den von Operatoren und Kühlsystemen umgebenen Rechnern über Lochkarten und Stunden oder Tage später abzuholenden Print-out erfolgte, eine Zukunft erdachte, in der jedermann mit seinem persönlichen Computer überall und jederzeit Zugang zu allen Informationen der Menschheit (Texte, Musik usw.) hat – er dachte sich diese Informationen in Satelliten im Orbit gespeichert –, diese Vision hat eine Generation von Informatikern beflügelt. Sie ist mit PC und Notebook, nun auch in Gestalt der mit dem Mobiltelefon verschmelzenden Rechner einerseits und mit dem Internet als erster Implementation der Vision des Informations-Highways andererseits, Realität geworden. Der Einbezug des Fernsehers als Terminalalternative steht vor der Einführung. Der weitere Ausbau des Informations-Highways wird vorangetrieben, auch satellitenbasierte Breitbandkommunikationssysteme (wie Astra oder Iridium) befinden sich im Aufbau.

Und schon hat eine weitere Vision begonnen, sich in Firmengründungen wie Black Sun Interactive, Chaco Communications, OnLive!, OZ Virtual und in Geschäftsstrategien und Produkten von Firmen wie Mitsubishi oder Sony zu materialisieren: die Vision der Distributed Virtual Environments (DVE), das heisst geteilter sozialer Welten, wo Räume der Interaktion geschaffen und animiert werden, in denen die Teilnehmer sich mit sogenannten Avataren vertreten sehen, wobei die fotorealistiche Version, das heisst Virtual Realities, nur eine (ressourcenintensive) Spielart darstellt. Sie hat seit ihrer Entstehung in den siebziger Jahren eine ähnliche Fülle von Kreativität und kommerziellen Umsetzungen ausgelöst wie seinerzeit die Vision des Personal Computing. Dazu gehören die von den Einzelsimulatoren ausgehenden Schlachtfeldsimulationen des Militärs, die heute einen hohen Reifegrad erreicht haben und gelegentlich in Vergnügungsparks und Spielsalons wandern, ebenso wie die heute noch meist textbasierten MUDs (Multi User Dungeons) im Internet. Diese Technologie trifft sich gegenwärtig mit den interaktiven virtuellen Welten der Spiele von Nintendo, Sega, Sony usw.

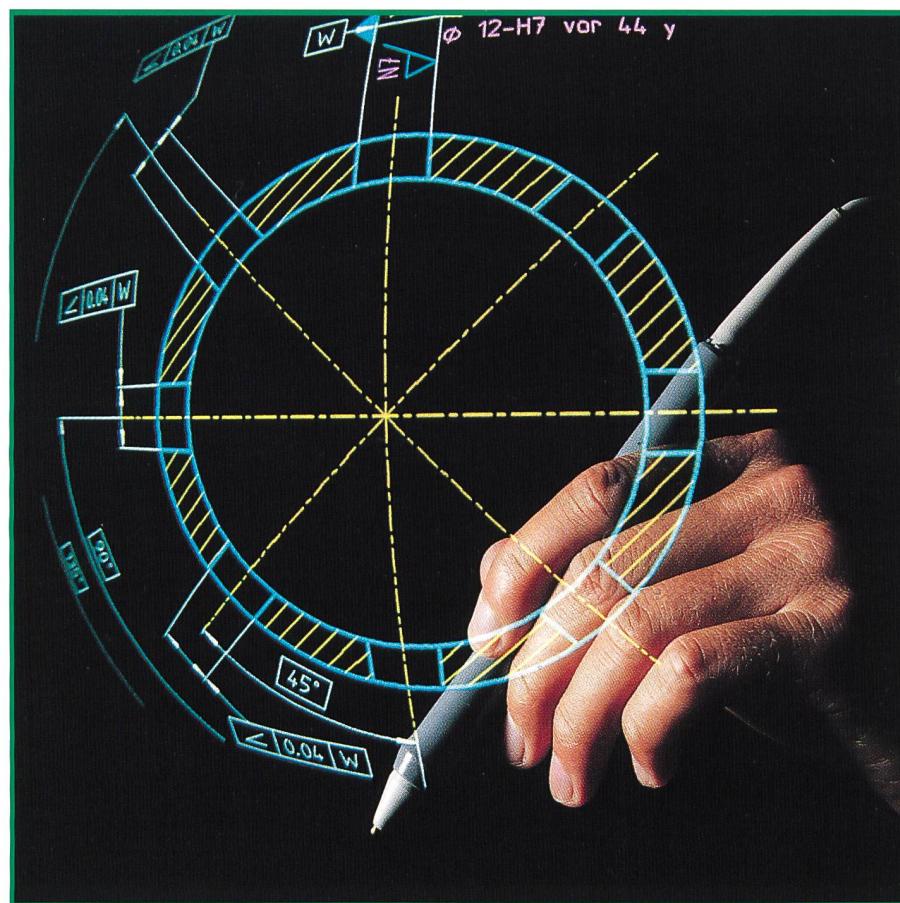
Die Protagonisten dieser Visionen sehen den Erdenbürger so, dass er mehr und mehr Zeit in solchen DVEs verbringt, Umgebungen, die in hoher Qualität von einer neuen Medienindustrie hergestellt

werden, aber auch von Gruppen oder vom einzelnen Nutzer, der seine Cyberwelt, sein Cyberhome und seine Erscheinungsform (Avatar) selber wählt und baut, mit Produkten einer neuen Industrie, u.a. einer neuen Bekleidungs- und Modeindustrie. Solche DVEs sind gegenwärtig im Entstehen, für Einkauf und Handel, für Arbeit und Schule und für die Unterhaltung. Ihre Realisation wird die Art des Informationskonsums, der Informationsprodukte, des Informationsaustauschs wohl auf fundamentalere Weise verändern als alles, was bisher

Realität wurde: Social Computing, wie diese Form des Rechnereinsatzes genannt wird, erlaubt nicht nur völlig neue Formen der sozialen Interaktion; der Nutzer kann und muss sich auf eine Art selber inszenieren und ins Spiel bringen, die historisch kaum Parallelen hat – am ehesten in den darstellenden Künsten, in Public Relations und Marketing.

Märkte, Produkte und Herstellungsprozesse des Gutes Information, des wertschöpfungsmässig dominanten Produktionsfaktors, werden sich im Zuge der skizzierten Entwicklung verändern. Ein fundamentales Reengineering der involvierten Wirtschaft ist notwendig. Aber nicht nur die Informationswirtschaft ist betroffen, sondern weiteste Teile der gesamten dienste- und -güterproduzierenden Wirtschaft. Der Anteil der Industrieprodukte im herkömmlichen Sinne an der Wertschöpfung wird kontinuierlich sinken – wie einst jener des Agrarsektors.

Handelt es sich bei dieser Umgestaltung, in der sich Konsumenten, Produkte und Märkte verändern, Branchen umgeschmolzen werden und neu entstehen, um einen Prozess, der im Zuge der industriellen Revolution Parallelen hat? Ist IKT eine neue Welle dieser Revolution, oder



ist diese Innovation mehr, hat sie ihre Wurzeln in einem eigenständigen, neuen Gebiet? Verlangt sie neue Denkkategorien? Hat sie auch Folgen für die Definition des Ingenieurs oder des Managers?

### **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. Beide sind in ihrem strukturellen Kern eng verwandt, beziehen sich aber auf wesentlich andere Seinsbereiche.

Das Einzigartige der industriellen Revolution lässt sich nicht einer bestimmten Technologie zuordnen. Viele Faktoren haben mitgewirkt, dass im Abendland, etwa in der Zeit vom 16. bis 18. Jh., eine Entwicklung stattfinden konnte, die eine einzigartige Beschleunigung des Wachstums von Wohlstand und Wissen zeitigte

und die nun den ganzen Globus erobert. Zu diesen Faktoren gehören die Zeitmessung, die, von römischen Wurzeln ausgehend, durch die Mönchsorden im Abendland etabliert wurde. Die Nutzung der Wasserkraft ist ein weiteres Element, das die spätere Entwicklung der Mechanik mindestens stark gefördert hat. Die Erfindung des Buchdrucks gehört ebenfalls zu den wesentlichen ermöglichen dieser Entwicklung. Der englische Philosoph Francis Bacon schreibt das Phänomen der neuzeitlichen Industrialisierung, das er bereits

deutlich beobachten konnte, den Erfindungen des Buchdrucks, des Schiesspulvers und des magnetischen Kompasses zu (New Atlantis, 1627). Aber keiner dieser Faktoren ist für die Erklärung dieser einzigartigen Entwicklung hinreichend. All diese Erfindungen wurden in China gemacht, und sie wurden im Abendland erst viel später genutzt.

Die zentrale Innovation des Abendlandes war vielmehr die Entwicklung der wissenschaftlichen Methode, wie sich an ihren einzigartigen Auswirkungen ex post ablesen lässt.

Das Konzept der Maschine ist der Zwilling der Rationalisierung von Räumlichkeit und Bewegung im Sinne der Mathematik. Die damals schon zahlreich vorhandenen Mechanismen, etwa zur Zeitmessung, erhielten jedoch durch die rationale mathematische Methode eine neue Semantik, wurden zu einer Defining Technology für das nun 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, begleiteten die Neuzeit in vielen Bereichen und werden

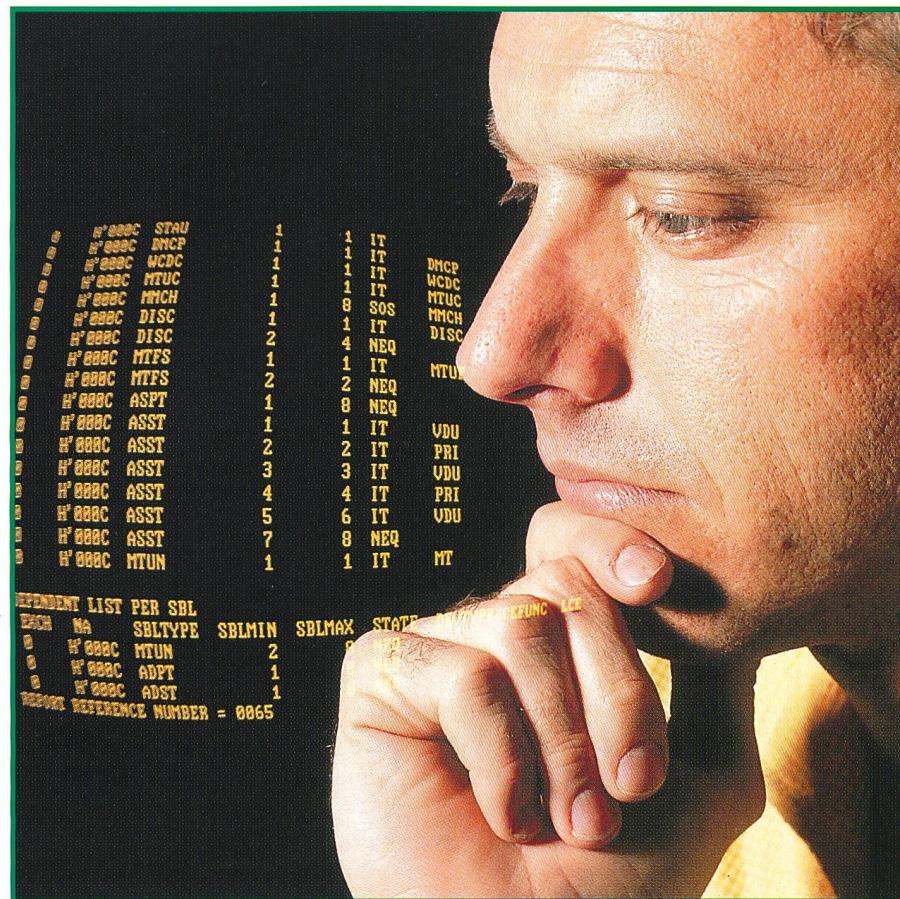
schliesslich zu einem Elternteil des Computers werden.

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, dass die gewonnenen Resultate mit den Phänomenen in den realen Systemen übereinstimmen, wenn die entsprechenden Voraussetzungen im Experiment oder in der natürlichen Umwelt erfüllt sind. 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 Organ des Denkens, Verstehens und Planens. Der Kern der naturwissenschaftlichen Methode besteht in der Mathematisierung von Raum und Zeit, der Klassischen Res extensa.

#### **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 wurden bereits erwähnt: Sie 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 Seinsbereich, nämlich die kartesianische 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 Be-rechnung. 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 gelang.

Descartes' Leistung ging weit über Galileis Leistung hinaus: Sie war, wie oben

gesagt, die Grundlage für die Mathematisierung der raum-zeitlichen Vorgänge durch Newton, Leibniz und andere. Seine Erkenntnisse waren in ihrer Anwendung nicht notwendigerweise auf die Res extensa beschränkt. Es war Leibniz, der dies vielleicht am klarsten erkannte und dessen Ansätze im 19. Jh. schliesslich erfolgreich umgesetzt wurden.

Leibniz wird oft mit den Wurzeln der Informatik in Verbindung gebracht – zu Recht. Seine Vision der Ars magna, nach der eine Maschine «denken» könne, indem sie in einem

Logikkalkül die Wahrheit oder Falschheit einer Aussage berechne, ist eng mit der Idee des mechanischen Rechnens und mit der Idee der Formalisierung der Logik verknüpft. 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.

- Sie sollte auf der Basis der Zeichen-theorie (*Ars characteristica*) zur Darstellung von Sachverhalten und deren Beziehung untereinander dienen.
- Darauf sollte die *Ars judicandi* aufbauen, die logische Schluss- und Entscheidungsverfahren beinhaltet. (Wir nennen es heute «Inferenzsystem».)
- Schliesslich sah er eine *Ars inveniendi* oder «*ars combinatoria*» vor, die es erlaubte, inhaltliche Begriffsbestimmungen auf der Basis der Definitionstheorie zu finden.

Ziel war die Verbindung von sprachlichen Konstruktionen mit mathematisch-logi-

schen 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: «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» – also Rechnen, Konstruieren. Die Wahrheiten der Vernunft sollen «wie in der Arithmetik und Algebra so auch in jedem anderen Bereich, in dem geschlossen wird, gewissermassen durch einen Kalkül erreicht werden können».

Der Kalkülbegriff, der in den Mathesis-universalis-Konzeptionen seiner Vorgänger fehlte, wird von Leibniz wie folgt dehnert: «Ein Kalkül oder eine Operation besteht in der Herstellung von Beziehungen, welche durch Umwandlung von Formeln bewerkstelligt werden, wobei die Umwandlungen entsprechend gewissen vorgeschriebenen Gesetzen vollzogen werden.»

Die Grundlage bildet, wie bereits erwähnt, die «ars characteristica», die er wie folgt dehnert: «Die Zeichenkunst, Ars characteristica, ist die Kunst, Zeichen derart zu bilden und zu ordnen, dass sie die Gedanken darstellen bzw. dass sie untereinander jene Beziehungen haben, welche die Gedanken ihrerseits untereinander haben.»

Er entwickelte dann in der Folge einen arithmetischen Logikkalkül, einen algebraischen Logikkalkül und eine Art der Klassenlogik. Im arithmetischen Logikkalkül ordnete er den Begriffen Zahlen zu. Er dachte sich die Begriffe als zusammengesetzt aus einfacheren Begriffen. Das Enthaltensein eines Begriffes in einem anderen wurde durch die Relation der Teilbarkeit dargestellt. Er erkannte nach und nach, dass Zahlen nicht ausreichend sind, um alle Schlussfiguren der Syllogistik herzuleiten. In der Folge versuchte er, Begriffe zunächst durch Paare von teilerfremden Zahlen darzustellen. Später hat er Konzepte verwendet, die recht nahe an die moderne modelltheoretische Semantik, die von Bolzano und Tarski ausgeht, herankommt.

Diese Ansätze wurden erst im letzten Jahrhundert wieder aufgenommen durch

Personen wie Boole oder Frege, die direkt mit den Grundlagen der Informatikrevolution in Verbindung gebracht werden. Mit ihnen ist in den letzten gut 100 Jahren eine Revolution in Gang gesetzt worden, die der naturwissenschaftlich-mathematischen Methode in ihrer strukturellen Bedeutung entspricht: *die Mathematisierung der Res cogitans, das heisst des Denkens und seiner Prozesse*. Die wesentlichen Elemente dieser Entwicklung:

#### *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 werden, als die industriellen Lösungen im materiellen Bereich der physikalischen Objekte und Prozesse sich von den handwerklichen Lösungen unterscheiden.

Die Wirkungen erfolgen auf zwei Wegen:

- 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 aber auch 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 – die Maschinen des Informationszeitalters**

#### **Charakterisierung des neuen Informationsträgers**

Die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung ist eine Geschichte der Entwicklung des kollektiven Wissens. Die Übertragung des Wissens ist eng an die

zur Verfügung stehenden Informationsträger geknüpft. Der einzige interaktive Informationsträger war bis vor kurzem der Mensch. Alle andern technisch hergestellten Kommunikationsmittel wie Papier oder Ton- und Bildträger waren tote Informationsträger.

Die Erfindung des Computers hat diese Situation radikal verändert: Erstmals ist es dem Menschen gelungen, neben ihm selber einen künstlichen, technisch hergestellten interaktiven Informationsträger zu bauen, der die auf ihm gespeicherte Information anzuwenden weiss, wie bereits jeder Taschenrechner erfahrbar macht. Dieser Informationsträger hat inzwischen enorme Mengen an Wissen aufgenommen und in der Gestalt von Informationssystemen und Standardsoftware an unzähligen Arbeitsplätzen verfügbar gemacht. Eine CAD-Workstation etwa stellt dem Ingenieur oder Architekten auf Knopfdruck Wissen zur Verfügung, das früher auf die Köpfe mehrerer Spezialisten verteilt war. 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. Analoges gilt für den administrativen und den Dienstleistungsbereich: Die betrieblichen Informationssysteme, die Interorganisationssysteme und die On-line-Datenbanken enthalten inzwischen enorme Informationsmengen, die sie automatisch für Problemlösungen (Beantwortung von Phrasen und Durchführung von Prozessen) anwenden können. Kurz: Der neue Informationsträger ist ein aktiver Wissensträger, Agent.

Die Einbindung dieses neuartigen «lebendigen» Informationsträgers in die Kommunikationsnetze stellt uns Kanäle zur Verfügung, welche die Eigenschaften der telekommunikativen Kanäle und der an persistente materielle Träger gebundenen Kanäle verbinden: 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: Die oft zitierte Aussage «The net becomes the computer» benennt dieses Phänomen. Zusammenfassend kann festgehalten werden: Die IKT stellt uns einen radikal neuen Informationsträger zu Verfügung,

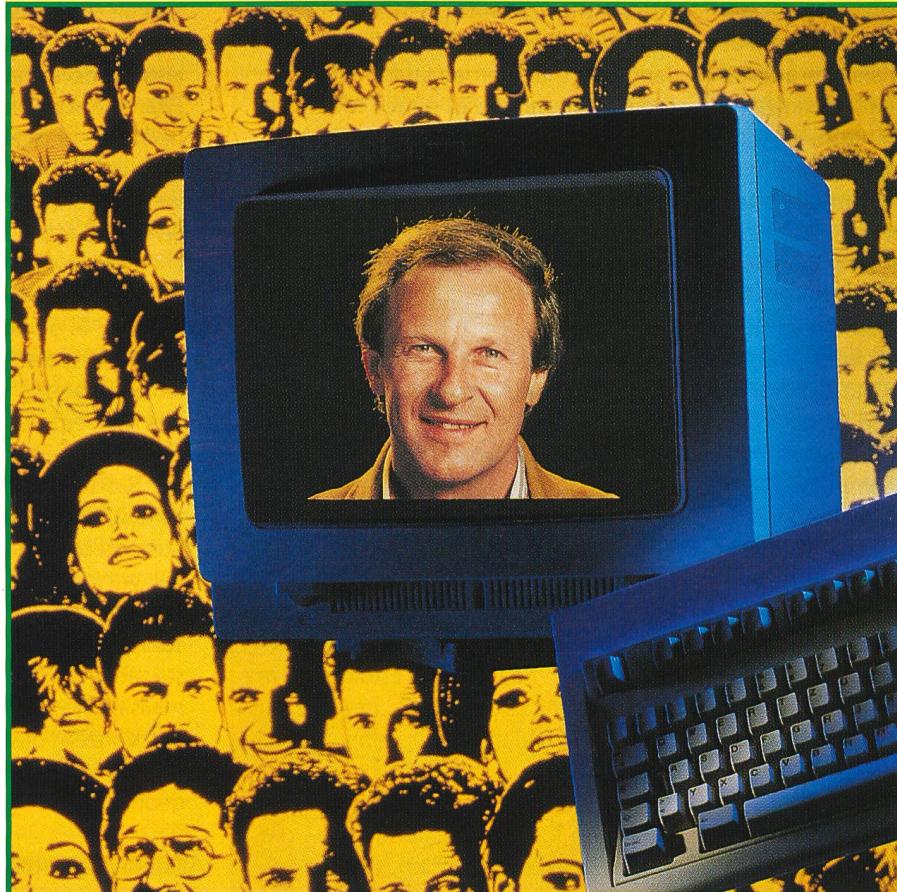
der folgende Charakteristiken aufweist:

- 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, das heißt fähig, die in ihm enthaltene Information textlich, bildlich, akustisch oder kinetisch zu äußern.

#### **Wirkungen des neuen Informationsträgers**

Der neue Informationsträger hat in seiner rund 50jährigen Geschichte die wirtschaftliche Welt bereits auf allen Ebenen tiefgreifend verändert:

- Auf der Ebene des einzelnen Mitarbeiters stehen Werkzeuge zur Verfügung, welche die Fähigkeits- und Leistungsprofile vieler Berufe und Tätigkeitsfelder mehr oder weniger radikal umgestaltet haben. Dieser Prozess ist bei weitem nicht abgeschlossen, sondern durch die Entwicklung des Computers zum Konsumelektronikartikel und durch die Etablierung des globalen Wissens- und Kommunikationsmediums vielmehr erst in ihren Anfängen.
- Auf der Ebene der Firmen sind zahlreiche Prozesse automatisiert oder umgestaltet worden, zunächst im administrativen Bereich, dann in der Produktion, nun im Bürobereich. Auch dieser Prozess ist bei weitem nicht abgeschlossen, sondern mit Business Reengineering und adaptionsoffenen Konzepten in eine neue Phase getreten. Die Rationalisierungsziele werden immer höher angesetzt, soll der Betrieb im Markt bestehen.
- Der zwischen- und überbetriebliche Bereich hat in einer ersten Welle mit den Firmennetzen und den IOS eine Umge-



staltung erfahren und eine Reorganisation der Aufbauorganisation von ganzen Branchen mit sich gebracht. Die offenen Netzwerke des Informations-Highways werden die nächste Welle der Umgestaltung der Weltwirtschaft prägen. Immer bedeutendere Teile des Wissens und der Arbeit werden im Netz beliebig verschiebbar mit immer stärkeren Auswirkungen nicht nur auf die Firmenstruktur, sondern auch auf die Volkswirtschaften.

- Auf staatlicher Ebene wird im Wettbewerb der Standorte nur bestehen können, wer durch internes Reengineering der staatlichen Prozesse die Kosten um ähnliche Beträge zu senken vermag, wie das der Wirtschaft gelingt, und wer Bürgern und Unternehmen Schnittstellen für seine Dienste zur Verfügung stellt, die ihnen effiziente und rasche Transaktionen gestatten.

Diese Wirkungen treten mit immer größerer Geschwindigkeit auf. Die Beschleunigung, welche die Einführung der Verkehrssysteme Eisenbahn und Strasse im Verbund mit den Printmedien und der Telegraphie hatte, scheint sich zu wiederholen: Ein Faktor 10 ist in weiten Bereichen der Softwareentwicklung Rea-

lität; auch bei anderen Produkten sind dramatische Reduktionen der Entwicklungszeiten und Produktlebenszyklen beobachtbar. Noch ist keine Abschwächung dieser Tendenzen erkennbar.

Im Verbund damit ist eine neue Größenordnung des Produktivitätswachstums festzu stellen. Der breiten Öffentlichkeit vertraut ist die Entwicklung im PC-Bereich, wo das Wachstum rund 50% pro Jahr beträgt. Bei Informationsgütern wie Internet-Software sind Raten im Bereich von 100% und mehr geläufig.

Im Vergleich mit dem Industriezeitalter zeichnet sich ein Quantensprung um eine Zehnerpotenz ab.

Die Produkte werden, den neuen Informationsträger nutzend, mehr und mehr mit Information angereichert, ja zur Information. Das hat wegen der neuen Gestalt der Information eine Umgestaltung aller Märkte zu einem einzigen globalen Güter- und Leistungsmarkt zur Folge sowie zu einer neuen Zusammensetzung des Industrieportfolios: Die Informationsgüter werden den Warenkorb dominieren. Die Industrieprodukte treten quantitativ in den Hintergrund, ohne ihre Bedeutung zu verlieren, soweit dies im Zuge der Industrialisierung für die Lebensmittel der Fall war. Gleichermaßen gilt für die «klassischen» Dienstleistungen etwa der Bank- und Versicherungswirtschaft: Sie lassen sich in einem globalen Markt in neuer Gestalt meist zu Bruchteilen der heutigen Kosten herstellen.

Diese Ausführungen nennen Entwicklungen, mit denen der interessierte Zeitgenosse vertraut ist. Sie referenzieren die Tatsache, dass die IKT in der Tat eine mächtige, globale wirtschaftliche Revolution ausgelöst hat. Sie lassen auch die These plausibel erscheinen, dass die hauptsächlichen Wirkungen dieser Revo-

lution sich am Horizont erst andeuten. Weiter sollte klargeworden sein, dass der neue Informationsträger als interaktives und global verfügbares Informationsobjekt zu denken ist, das mit andern Agenten in einem technisch und institutionell zu definierenden Interaktionsraum interagiert. Das Internet stellt einen solchen für Objekte primitiver Struktur dar (Protokolle wie HTML).

Die neue Wachstumsindustrie wird sich der Herstellung der neuen Informationsobjekte widmen und der mit ihnen verbundenen Plattformen und Dienste (DVEs). Sie wird wohl eine Verbindung der heutigen Medien-, Computer-, Telekommunikations- und Unterhaltungselektronikindustrie darstellen. Handelt es sich dabei um Produkte, wie wir sie von ihrer inneren Struktur her im Zuge der bisherigen Industrialisierung kennen, nämlich durch Anwendung letztlich der naturwissenschaftlich-mathematischen Methodik erschlossenen neuen Lösungsräume? Das ist zweifellos ein richtiger Aspekt. Er erfasst aber nicht die ganze Tragweite der Innovation.

### Erste Feststellung

Der neue Informationsträger hat bereits enorme Mengen von Wissen, auch von Ingenieurwissen, aufgenommen und macht es für immer weniger Geld global verfügbar. Damit fällt ein erheblicher Teil der Arbeit des Ingenieurs der Rationalisierung zum Opfer. Die verbleibende Arbeit wird mehr und mehr in globalen Märkten allozierbar.

### Zweite Feststellung

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

Die neuen Informationsobjekte werden wertschöpfungsmässig zu dominanten Produkten.

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, das heisst die Präsenz seiner Leistungen am Orte jedes andern 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.

### Die neue Basiswissenschaft

#### 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. Namen wie Cantor, Dedekind oder Russell stehen für diese Bemühungen – die aber auch zu dem führten, was die Grundlagenkrise der Mathematik genannt wurde: Ausgehend von unproblematisch erscheinenden Annahmen wurden Widersprüche entdeckt. Es schien – und es ist – alles andere als einfach, eine widerspruchsfreie, logisch exakte Basis für das Tun der Mathematiker zu legen.

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 Leibnizsche Forderung des Calculemus, des «lasst uns rechnen» beim Vorliegen einer strittigen Frage ins Werk gesetzt werden. Die Resultate von Gödel haben diese Hoffnungen zunichte gemacht, aber nicht so, dass nichts von den kühnen Plänen der Mechanisierung des Schliessens übriggeblieben 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 Namen wie Turing, Post, Markov, Curry und zahlreiche andere. Die so gewonnenen Erkenntnisse machen nun das theoretische Fundament der Informatik aus. Die hauptsächlichen Konzepte sind:

– das Konzept des formalen Systems, des

Kalküls. Es formalisiert das, was jeder Mann von Regelspielen wie dem Mühlenspiel 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) beschreibt die erlaubten «Züge». In der Informatik entsprechen diesen formalen Systemen 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 reagiert. Die Turing-Maschine ist die wohl bekannteste, aber bei weitem nicht einzige Formalisierung.
- 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 raumzeitliche Objekte möglich wurde. 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, das heisst Automaten, die jeden andern Automaten simulieren können. Konzepte wie «Simulation» wurden mathematisch rekonstruierbar.

Diese Erkenntnisse führten zum Plan und 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.

#### Der Taylorismus des Denkens und die Idee des Computers

Die zunehmende Industrialisierung im 19. Jh. verlangte Rationalisierung, das heisst regelgeleitetes oder mechanisiertes Handeln. 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 auch von Maschinen durchgeführt werden können. Eine erste Mechanisierung steuernden Tuns fand statt als Arbeits erleichterung am Webstuhl: Die einzelnen Arbeitsschritte wurden mittels Lochkarten übertragen. (Dieses Prinzip wurde bereits 1728 vom Pariser Mechaniker Falcon erdacht.) Jacquard schaffte 1805 mit seinem über ein endloses Band gelochter Papierkarten gesteuerten automatischen Webstuhl den industriellen Durchbruch. In seinem Buch «Wealth of Nation» beschreibt Adam Smith Anfang des 19. Jh. die rationalisierte Rechenzerlegung. In der damals voll einsetzenden Industrialisierung war die schnelle und korrekte Lösung von komplexen technisch-wissenschaftlichen Berechnungen von grösster Bedeutung. Man zerlegte die Rechenformeln bis hin zu den elementaren Rechenoperationen. Diese erledigten vor allem Frauen, welche in «Fabriken» die in ihre Einzelschritte zerlegten Rechnungen von Hand durchführten. Damals bezeichnete man die Rechnerinnen, welche die rein mechanische Zahlenarbeit leisteten (das heisst, das Rechenwerk verkörperten), als «computers». (Auch Turing dachte bei seinem Computer an einen rechnenden Menschen, den es mechanisch zu imitieren galt.) Für die entsprechende Zerlegung der mathematischen Aufgaben in einfachste Rechenoperationen waren Ingenieure (eigentliche Programmierer) zuständig. Sie fassten ihre Überlegungen in einem sogenannten Rechenplan (= Programm) zusammen. Neben der durch die Ingenieurwissenschaften gelegten mechanischen bzw. elektromechanischen Basis waren auch organisatorische Errungenschaften konzeptionelle Voraussetzung für die Erfindung des Computers: die Taktarbeit, das heisst der Zusammenschluss vieler Menschen zu einem gemeinsam handelnden und leicht zu befehligen 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 Frederick Winslow Taylors 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 Fords Autofabriken in Detroit einen weiteren Höhepunkt.

Dieses Kulturphänomen traf sich in den

## Literatur

*Basalla, George, The Evolution of Technology, Cambridge History of Science Series, Cambridge University Press, 1988.*

*Boiter, David, Turing's Man, Western Culture in the Compter Age.*

*von Engelhardt, Wolf, Leibniz Gottfried Wilhelm: Schöpferische Vernunft, Schriften aus den Jahren 1668–1686, 1955.*

*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.*

*Oberweis, Andreas, Schätzle, Roland, Stucky, Wolffried, Weitz, Wolfgang, Zimmermann, Gabriele, INCOME, X/F A Petri net based approach to workflow management, in: WI '97.*

*Dawkins, R., The selfish gene, Oxford University Press, New York, 1976.*

*Hagel III, John. Armstrong, Arthur G., net. gain: expanding markets through virtual communities, Harvard Business School Press, Boston, 1997.*

*Müller, Jörg P., The design of intelligent agents. A layered approach. Lecture.*

*Notes in artificial intelligence, vcl. 1177, Springer, 1996.*

*Plotkin, Henry, Darwin machines and the nature of knowledge, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1994.*

*Steffik, Mark J., The next knowledge medium, in: The ecology of computation, A. Huberman (editor), Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), 1988.*

*Tapscott Don, Digital Economy, .....*

Köpfen der Mathematiker nun mit dem erwähnten Hilbertschen Formalismus. 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 fünfziger 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.

Die Mathematisierung und Mechanisierung der Logik und der logischen Prozesse hat nicht nur eine mathematische, sondern auch eine betriebswirtschaftliche Wurzel und ist mit ihr aufs engste verknüpft. Diese Verbindung hat vielleicht paradigmatischen Charakter für die Informationsgesellschaft.

### Dritte Feststellung

Das neue Schlüsselkonzept des Computers vereinigt in sich Konzepte und Wissen aus den Ingenieurwissenschaften, der Betriebswirtschaftslehre und der Mathematisierung der Logik.

### Die Computerwissenschaften als Theorie des Herstellens des Herstellbaren

Die logische Wurzel 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. Die mathematische oder formale Logik beschäftigt sich mit den Eigenschaften von syntaktischen Ausdrücken, den Wirkungen syntaktischer (oder symbolischer) Umformungen – und das ist es, was der Computer tut – und ihrer Semantik, das heisst ihrer Relation zu den in ihnen abgebildeten Welten. Diese Theorie hat einen hohen Reifegrad er-

reicht, ist aber immer noch eines der lebendigsten Forschungsgebiete. 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.)

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]. 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]. 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» heraus – Rechnen aufgefasst als rationales Herstellen, Konstruieren: Eine Theorie oder Logik der Konstruktionen und des Konstruierens, das heißtt, der mit dem Herstellen verbundene Prozess hat sich herauszubilden begonnen. Dazu gehören die sogenannte konstruktive Mathematik, aber auch weite Bereiche der neueren Entwicklungen der mathematischen Logik und, eng damit verbunden, der theoretischen Informatik.

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

– Unter Modularität versteht man die Bildung von in sich möglichst abgeschlossenen Funktionseinheiten, die eine klar definierte Aufgabe in verschiedenen Umgebungen ausführen können. Größ-

sere Systeme werden durch den Zusammenbau solcher Module realisiert – ein Konzept, das im Maschinen- und Apparatebau breite Verwendung findet.

– Unter Generizität versteht man die Verwendbarkeit von einmal erstellten Programmen in verschiedenen Kontexten durch eine geeignete Parametrisierung. Die Konzepte der Klassenbibliotheken und Standardsoftware gehören hierher.

Diese Konzepte sind nicht scharf abgegrenzt, der Akzent liegt etwas anders: Während der Modularität die Idee der besseren Überschaubarkeit, der bewältigbaren 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 leichter 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 Objekt-orientierung 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 sich, nachdem der Bereich des sequentiellen, an einen Prozessor oder Akteur adressierten Algorithmus befriedigend verstanden und beherrscht wurde, verteilten Konzepten zugewandt. Die Ablauforganisation, das heißtt Programmierung von Systemen mit vielen Agenten, ist ein lebendiges Forschungsfeld. Eine Fülle von Konzepten ist entwickelt und analysiert worden: Petri-Netze, Hoares CSP oder das Actor-Konzept von Agha und Hewitt, um nur einige zu nennen. In engem Verbund damit werden alternative aufbauorganisatorische Konzepte studiert. Die streng hierarchische von-Neumann-Rechnerarchitektur und die im Geiste damit verwandten Host-Architekturen sind um an-

dere, verteilte und offene Modelle ergänzt worden – bis hin zu völlig dezentral funktionierenden Systemkonzepten, wie etwa die von den von Newell schon in den fünfziger Jahren entwickelten Produktionssystemen ausgehenden Architekturen. Solche Ansätze sind in offenen Welten wie dem Internet zur konzeptionellen Bewältigung dieser Strukturen heranzuziehen.

Das Paradigma der nächsten Epoche der Informatikentwicklung, das der MAS (Multi Agent Systems), liefert oder wird eine theoretische Basis liefern für den Bau der globalen Systeme, auf denen unsere Wirtschaft und Gesellschaft mehr und mehr beruht.

#### Vierte Feststellung

- Die Computerwissenschaften sind aus einer Mathematisierung oder Formalisierung der Logik und der Anwendung der organisatorischen Prinzipien der Rationalisierung, wie sie im Taylorismus die wohl bekannteste Ausprägung erfahren haben, entstanden.
- Der Computer hat inzwischen nur 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 Prozess-engineerings (der Programmierung) entstanden.
- Es ist aber auch eine allgemeine Theorie der Konstruktion, der Gestaltung von nach beschreibbaren und rationalen Prinzipien arbeitenden und aufgebauten Systemen oder Organisationen entstanden – eine neue formale Systemtheorie, mit dem Akzent auf dem Gestalten und Lenken, das heißtt 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.
- Die IKT stellt daher nur in ihrer physischen Seite (Halbleitertechnik, Kommunikationstechnik usw.) eine neue Welle der bekannten industriellen Revolution dar. In ihrer logischen, von dieser technologischen Realisation unabhängigen Gestalt eröffnet sie dem menschlichen Denken und industriellen Gestalten eine neue Dimension.

## Eine neue BWL?

## Eine neues Ingenieurwesen?

Die Wirtschaft ist im Umbau begriffen. Neue Typen von Unternehmen bilden sich heraus. 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. (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.

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 Informatiksysteme und damit Gegenstand der Informatik. Deren Konzepte finden nicht nur Anwendung, sondern werden bei überlegenen Lösungen mehr und mehr zur Richtschnur werden müssen.
- 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 rationalen Organisation der Arbeit, das sie zur Entstehung des Computers beigesteuert 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 und Vorgehensweisen und überlegene Lösungen vermitteln können – in Analogie zur Entwicklung der Naturwissenschaften in den letzten Jahrhunderten.

Auf der andern Seite werden die Produkte mehr und mehr zu Information, die auf dem neuen interaktiven Informationsträger gespeichert ist, das heißt zu Informationsobjekten im genannten Sinne. Das bisher auf handwerkliche Art erzeugte Prozesswissen wird industrialisiert und als Commodity, als industriell hergestelltes Produkt im globalen Markt für jedermann verfügbar. Damit wird die Arbeit des Ingenieurs ebenfalls neu definiert. Die Fertigung der neuen Produkte in einer medialisierten, globalen Wirtschaft verlangt eine neuartige Kombination von Fertigkeiten.

### These

Die überkommene Gestalt der disziplinären Kulturen ist nur in Nischen überlebensfähig. Der Ingenieur wie der Orga-

nisator und Manager der Informationsgesellschaft steht vor einer doppelten Herausforderung: Einerseits gilt es, die Konstruktion von Lösungen (auch) aus dem Geist der neuen formalen Grundlagen disziplin der Computerwissenschaften als einer allgemeinen Theorie der Konstruktionen und Prozesse zu beherrschen, wie es der klassische Ingenieur bislang auf dem naturwissenschaftlich-mathematischen Hintergrund tat. Andererseits gilt es, diese Lösungen in einer globalen neuartigen Mediengesellschaft in Zusammenarbeit mit dem Kunden (und seinem Vertreter) zu finden. Der formal-analytische Blick ist mit Sozialkompetenz, mit Einfühlungsvermögen in die neuen Communities zu kombinieren. Da diese Anforderungen nur von wenigen Einzelpersonen einzulösen sind, gehört zur Ausbildung der Zukunft das Erlernen der Zusammenarbeit in «multikulturellen» Gruppen. 1

Prof. Dr. Beat F. Schmid  
Institut für Medien- und Kommunikationsmanagement, Universität St. Gallen

## Summary

### From the industry to the information culture

In the economy of industrial societies we encounter two rather diverse cultures: the culture of the engineers, which evolved from the artisans and engineers of the pre-industrial age, and the culture of the business managers, which evolved from the dealers and merchants. Both make an essential contribution to the development of the industry. They did this and still do this on the basis of highly different educational backgrounds: engineering concepts based on mathematics and natural sciences, and economics or management concepts based on social sciences.

The communication between these cultures is not easy. But in the age of simultaneous engineering it acquires a high degree of urgency in the development of superior products. The organization of the enterprises is increasingly geared towards business engineering, that is, an organization following the concepts of information science. This applies at least to the process design where the traditional organization and procedures are supplanted by global programming (workflow, process engineering). In the new electronic markets the organization and the procedures are increasingly engineered as distributed systems.

Whereas the last-mentioned developments affect the business manager, the engineer is challenged by the informative labelling of the products, the availability of engineering skills in the form standard software, and the marginalization of a growing number of traditional industry segments.

We are at the threshold to a new, digital economy. What are its products? What skill profiles are required? What in particular is the profile of the future engineer?