

1.2 Computer-Pioniere, Information und Logik

Computer sind zum zentralen Element der heutigen Wirtschaft avanciert und wesentlich für das Verständnis von Interfaces. Sie bilden neben unserem Gehirn das zentrale Medium individueller Wirklichkeitskonstruktion.^{/1/} Es gibt keinen Manager der Welt, der nicht auf Berechnungen von Computern angewiesen ist. Wer das Gegenteil behauptet, sollte sich genau beobachten und überprüfen, wann und wie oft er auf Computerdaten zurückgreift. Der Computer ist eine der Basisinnovationen des 20. Jahrhunderts und ist aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken, da er uns beim Lösen immer komplexerer Problemstellungen unterstützt. Für das Sammeln, Editieren, Filtern und Präsentieren von Daten ist der Computer das prädestinierte Medium.^{/2/} Er ist ein elektronisches Instrument, um Gedanken in Daten zu speichern, diese zu verpacken, zu prozessieren und zu kommunizieren.^{/3/} Die richtungsweisende Entdeckung des Deterministischen Chaos (siehe Kapitel 2.3.2) und die Fortschritte beim Komplexitätsverständnis wurden erst durch Computerexperimente möglich.^{/4/} Bereits 1920 hat Lewis **Richardson** Wettervorhersagen mit dem Computer prognostiziert.

Am deutlichsten wird die durch den Computer ermöglichte Datenverarbeitung in der Luftfahrtindustrie. Im Flugzeug-Cockpit

ermöglichen Computer die Interaktion des Piloten mit den Steuerungselementen, die Durchführung vollautomatisierter Flüge, die gesamte Flugverkehrssteuerung und -überwachung am Boden oder die Pilotenausbildung durch Flugsimulatoren. Aerodynamische Optimierungen, ja sogar komplette Flugzeugentwürfe (z.B. Boeing 777) sind mittlerweile ohne Computer nicht mehr kostengünstig zu realisieren. Der Computer dient gegenwärtig als interaktiver, universeller Datenträger, der jedes definierbare, d.h. programmierbare Input- und Output-Verhalten simulieren kann und eröffnet in Verbindung mit der digitalisierten Telekommunikation die Möglichkeit der Nutzung virtueller Datenobjekte./5/

Computer schaffen die Möglichkeit einer völlig neuartigen Beziehung zwischen Theorien und Modellen./6/ Theorien erklären hierbei, warum ein Modell Aufgaben immer wieder lösen kann, wobei ein Modell immer eine Vereinfachung (Idealisierung) dessen ist, was modelliert werden soll und nicht der Gegenstand selbst, den es modelliert. Schrift und Technologie haben ihre Wurzel in der Fähigkeit des Menschen zur Symbolbildung. Während die Schrift vor 10.000 Jahren erfunden wurde, der Buchdruck vor etwa 500 Jahren, datiert die Erfindung der aufgrund Boolescher logischer Operationen arbeitenden Personal Computer auf Ende der 70er Jahre zurück, d.h. es liegen nicht einmal 20 Jahre hinter uns, in denen wir einen einmaligen Siegeszug der digitalen, dezentral verfügbaren Zeichen erlebt haben./7/ Da die Funktion eines Modells auch darin besteht, Theorien an deren extremen Grenzen zu testen, kann der Computer somit auch als ein universeller Spielplatz aufgefaßt werden, wobei man sogar Welten erschaffen kann, in denen keine Schwerkraft existiert oder in denen sich positive und negative Ladungsteilchen abstoßen./8/

Das Besondere an Software ist, daß diese riesige Datenmengen strukturieren und sich eigene Gesetzmäßigkeiten geben kann, obwohl diese unsichtbar, abstrakt und unstetig ist./9/ Software ermöglicht uns reversible Simulationen unterschiedlicher Phänomene durchzuführen. Beim Programmieren ist der Unterschied zwischen begrenzter Schleife und unendlicher Schleife eine der wichtigsten Tatsachen, da unendliche Schleifen algorithmisch nicht zu einem Abbruch des Programms führen./10/ Die Kunst im Schreiben von Software besteht deshalb im Eliminieren der Fehler, weshalb dem Software-Test eine sehr wichtige Bedeutung zukommt. Da der Computer nichts über die reale Welt weiß, zu deren Bearbeitung sein Programm konzipiert ist, dringt der Programmierer in eine Endo-Welt ein, in der er sich keine Gedanken über die Weltsicht anderer Personen zu machen braucht./11/

Die Vorstellung, daß Computer rationales Verhalten entwickeln können, ist falsch, da man Computer manipulieren kann und diese nicht immer fehlerfrei arbeiten./12/ Computer wirken als Katalysatoren für den Zusammenschluß der Theorie des Axiomatischen Schließens, des Studiums mechanischer Berechnung und der Psychologie der Intelligenz./13/ Jeder Computer verändert Symbole und erzeugt virtuelle Bilder/14/ im Rahmen komplexer Berechnungen. Als virtuelle Maschine ist der Computer von besonderer Bedeutung, da es ohne diesen keine Chaosforschung, Fraktale, Simulationen oder Virtuelle Realitäten gäbe. Hierbei macht es keinen Sinn, vor dieser neuen Technologie zu flüchten, sondern wir müssen deren Auswirkungen auf die Gesellschaft und das Management offen diskutieren, um optimale Problemlösungen zu finden.

Managern ermöglichen Computer, unterschiedliche Wettbewerbssituationen durchzuspielen und völlig neue Geschäftsstrategien zu erproben. Man kann sich neue Tochtergesellschaften ausdenken, Ökonomien mit ausreichend Venture Capital, minimalen Steuersätzen oder gegen Null tendierenden Transaktionskosten und hiermit Wirtschaftsabläufe simulieren (siehe Kapitel 4.3.4.3). Es gibt keinerlei Beschränkungen für die Simulation zukünftiger Welten von hoher Komplexität, da uns niemand daran hindern kann, etwas in der Modellwelt der Virtuellen Realität zu programmieren, was es in der physischen Wirklichkeit möglicherweise nicht geben kann. Computer erzeugen völlig neuartige Interfaces, weshalb deren Nichtlineare Dynamik insbesondere im Hinblick auf das Management verstanden werden sollte, das zukünftig Handlungen immer mehr über Interfaces auslöst. Wegen der fundamentalen Bedeutung der Computer für die Entwicklung der Chaosforschung, der Endophysik, aber auch für das Management soll hier ein kurzer Abriss der wesentlichen Entwicklungen der Computertechnik gegeben werden.

- Der Weg zum Computer

Die Entwicklung des Computers führte über den Abakus (erstes Rechenwerk, Algorithmus im Benutzer, 3000 v. Christi) über die **Napierschen** Stäbchen (Vorläufer eines Algorithmus im Gerät, 1617), über Blaise **Pascals** automatische Rechenmaschine (Algorithmus im Gerät: Addition und Subtraktion, 1642) hin zu deren erweiterter Form, der Multipliziermaschine von Gottfried Wilhelm **Leibniz** im Jahre 1694./15/ Der Philosoph und Mathematiker Leibniz legte mit seinem Werk über die moderne Logik als der Wissenschaft der Symbole den Grundstein für die

Erfindung des Computers und somit für die nachfolgenden Arbeiten von Boole, Whitehead, Shannon, von Neumann und Wiener. Leibniz begriff als erster die Möglichkeit einer digitalen Sprache. Er erkannte, daß der komplizierte Mechanismus seiner Rechenmaschine durch die Einführung des Binärcodes (anstelle des Dezimalsystems) stark vereinfacht werden könne. Diese Idee griff George **Boole** zwei Jahrhunderte später auf und entwickelte daraus seine Theorie der binären Logik und Arithmetik, auf der alle modernen Computer gegenwärtig basieren./16/ Wie würden Unternehmen heutzutage gelenkt werden können ohne die Unterstützung auf dem binären Code basierender Computer?

Die Differenzmaschine und die analytische Maschine von Charles **Babbage**, obwohl bis zu dessen Tod im Jahr 1871 nicht fertiggestellt, gelten als wegweisend für die Entwicklung heutiger Computer. Seine Vorstellungen über gespeicherte Programme, einen adressierbaren Speicher, einen bedingten Sprungbefehl und der modifizierbaren Programmierung sind noch heutzutage Grundlage der Computertechnologie./17/ Der Weg zum Computer führte über die Tabelliermaschine von **Hollerith**, der 1896 die Tabulating Machine Company gründete (später ging daraus International Business Machines - IBM hervor).

Im Jahre 1941 wurde von Konrad Zuse der Z3, der erste funktionsfähige, vollautomatische, programmierbare Digital-Computer der Welt fertiggestellt. Der Erfinder erkannte frühzeitig, daß die Möglichkeiten eines Computers sehr stark ansteigen, wenn das Rechenergebnis auf Ablauf und Gestaltung des Programms zurückwirken kann. 1942 entwickelte er mit der S2 den ersten Prozeßrechner der Welt, der jedoch nicht zum Einsatz kam. Mit dem Plankalkül schuf Zuse bereits 1945 einen Formalismus, der die wesentlichen Eigenschaften einer modernen Programmiersprache hatte./18/ Er stellte 1966 auch zwei Funktionsmodelle für sich selbst reproduzierende Montagestraßen in der Fertigung auf./19/ Zuse entwickelte zwei mögliche Rechnerkonzepte: einerseits seine Feldrechenmaschine aus dem Jahr 1958 (SIMD-Parallelrechner), andererseits das Konzept des "Rechnenden Raumes", bei dem er den gesamten Kosmos als riesigen "Zellulären Automaten" auffaßte, als einen höchst massiven, parallelen Computer. Dieser Computer sollte aus Automaten unterhalb der Meßbarkeitsgrenze bestehen, die deterministischen Gesetzen lokaler Art gehorchen./20/ Zuse, der mit seinen Ideen den meisten seiner Zeitgenossen um Jahrzehnte voraus war, kann gegenwärtig als der wichtigste Computer-Pionier dieses Jahrhunderts bezeichnet werden./21/ Zwei weitere Computerpioniere im

deutschsprachigen Raum waren Heinz **Zemanek**/[22](#)/ und Friedrich L. **Bauer**./[23](#)/



Abb. 1.9: Computer-Pionier Konrad Zuse./[24](#)/

Während der Rechner von Zuse und der zweite Rechner dieser Art, der Mark I von Howard **Aiken** (1944 in den USA fertiggestellt)/[25](#)/, noch auf elektromechanischen Relais beruhten, basierte der von J. Presper **Eckert** und John W. **Mauchly** 1946 fertiggestellte Rechner ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) bereits auf Vakuumröhren und war somit der erste vollständig elektronische, programmierbare, digitale Universalrechner der Welt./[26](#)/ Obwohl er fast 1.000 mal schneller war, als der Mark I, fehlte ihm noch das innovative Konzept der Speicherprogrammierung (1946 von John v. **Neumann** vorgestellt), das die Geschwindigkeit der Rechner nochmals deutlich erhöhte und 1948 mit dem EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Computer) von Maurice **Wilkes** zum ersten einsatzfähigen Rechner, 1951 mit dem UNIVAC (Universal Automatic Computer) zum ersten kommerziell vertriebenen Computer und 1952 mit dem IBM 701 zum ersten kommerziell erfolgreichen Computer dieses Typs führte./[27](#)/ Der Aufstieg des Computers beschleunigte sich, als er im Bereich der Unternehmensforschung und Systemanalyse eingesetzt wurde (siehe Kapitel 2.1.1)./[28](#)/

Von Neumann entwickelte, aufbauend auf Vorarbeiten von Alan Turing, einen Computer mit einer Zentraleinheit, der sein Programm aus demselben Speicher lädt wie die zu bearbeitenden Daten (Arbeitsprinzip heutiger Rechner). Diese Maschine wird auch heutzutage noch "von-Neumann-Rechner" genannt. Mit gespeicherten Programmen war es zum ersten Mal möglich, algorithmische Methoden wie Rekursionen (für Berechnung von Fraktalen entscheidend), Unterprogramme (z.B. bei KI-Anwendungen) und selbstmodifizierende Codierungen (z. B. bei Zellulären Automaten) universell einzusetzen. Computerprogramme, die selbst Daten repräsentieren, können Daten und Programme verändern. Einen universellen Formalismus, der die Transformationsregeln von Daten eines beliebigen physischen Prozesses simulieren kann/[29/](#), repräsentieren z.B. Turing-Maschinen/[30/](#), Zelluläre Automaten, allgemeine rekursive Funktionen, Classifier-Systeme, partielle Differentialgleichungen oder von Neumann-Maschinen./[31/](#)

John v. Neumann war der erste, der die Eigenschaft der Rekursivität in seinem Spiel "Universal Constructor" zur Erzeugung von sich selbst reproduzierenden Mustern nutzte./[32/](#) Dieser erste "Zelluläre Automat", eine virtuelle Turing-Maschine, war in der Lage, durch einfachste Regeln aus sich selbst heraus ständig neue Muster zu erzeugen. Damit war das Phänomen der Emergenz geboren, d.h. des Entstehens komplexer Muster aus einfachen Regeln (siehe Kapitel 2.4.1)./[33/](#) Die Arbeiten von Turing und von Neumann waren wegweisend für die Entwicklung der Kybernetik **Wieners** (Schüler von Russell und Hilbert) und für das spätere Forschungsgebiet des Operation Research (siehe Kapitel 2.1.1). Wiener verstand die Kybernetik als Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und Maschinen, wobei seine Hauptthesen der Weg vom Analogen zum Digitalen, von der einfachen Kopplung zur Rückkopplung sowie der Übergang vom Newtonschen (reversiblen) zum Gibbsschen (irreversiblen) Zeitbegriff sind./[34/](#) Gerade die Auseinandersetzung mit diesen Zeitbegriffen und mit den daraus resultierenden erkenntnistheoretischen Fragestellungen wird für ein interfaceorientiertes Management von elementarer Bedeutung werden (siehe Kapitel 3.2).

Ted **Nelsons** Mission der 70er Jahre war "Computer Power to the People!", mit dem er sich gegen den Computer-Monopolisten IBM wandte, der den Großrechnermarkt beherrschte. Mit dem Bau des ersten Home-Computers Altair von Ed **Roberts** sowie den Apple II von Steven **Jobs** und Steve **Wozniak** wurde die Demokratisierung des Computer-Zeitalters eingeleitet.

Auch IBM brachte einen Personal Computer heraus, den im kommerziellen Heim-Computer-Markt sehr erfolgreichen PC/XT. Bill **Gates** und Paul **Allen**, die die Software für den Altair geschrieben hatten, gründeten 1975 die Softwarefirma Microsoft. Später entwickelte Microsoft für IBM das Betriebssystem MS-DOS (Microsoft Disc Operating System). Gates hatte frühzeitig erkannt, daß das Betriebssystem das Gehirn des Rechners darstellt. Da Gates die Lizenz für MS-DOS behielt und sich dieses gegenüber CP/M-86/[35/](#) und dem USCD Pascal P-System als Standard durchsetzte, konnte Microsofts Ziel Wirklichkeit werden, die Software für die meisten Personal Computer zu schreiben, ohne sich direkt an der Herstellung und dem Vertrieb von Hardware beteiligen zu müssen.[36/](#) Gates hatte bereits damals die Vision, daß Computer in jeden Haushalt Einzug halten würden.

- Chipentwicklung

Die Chipentwicklung wurde von der Erfindung der integrierten Schaltkreise durch Geoffrey **Dummer** getragen, die 1959 von Jack **Kilby** bei Texas Instruments und Robert Noyce bei Fairchild Semiconductor zur industriellen Reife entwickelt wurden.[37/](#) So entstanden immer leistungsfähigere Mikroprozessoren (z. B. der heutige Pentium-Chip von Intel), die es ermöglichten, immer komplexere Aufgaben auf immer kleineren Computern (den heutigen Notebooks) durchzuführen. So verdoppelte sich in den letzten Jahrzehnten die Kapazität der Computerchips circa alle 1,5 Jahre, was nach Gordon **Moore** (Mitbegründer von Intel), der diese Entwicklung voraussagte, als Moore'sches Gesetz bezeichnet wird.[38/](#) Bereits für das Jahr 2011 wird mit einer Milliarde Transistoren pro Chip gerechnet.[39/](#) Während es 1972 nur 150.000 Computer weltweit gab, wird allein Intel im Jahr 2000 etwa 100 Millionen integrierte Schaltkreise pro Jahr ausliefern.[40/](#) CAD (Computer Aided Design), CAE (Computer Aided Engineering), CAM (Computer Aided Manufacturing) und CASE (Computer Aided Software Engineering) werden den weltweiten Bedarf an Chips in den nächsten Jahren weiter nach oben treiben.

- Internet und World Wide Web

Das Internet (angeregt von Vinton **Cerf**) ist ein riesiges, weltweites, offenes Rechnernetz, das nicht nur einfach ein großes Netzwerk ist, sondern ein System verteilter, miteinander gekoppelter Einzelnetze.[41/](#) Trotz einem Mehr an Rechnern ist die Vernetzungsdichte so, daß nicht alle

Netzwerkknoten mit allen vernetzt sind/[42/](#), sondern es kommt auf die qualitativ wichtigen Vernetzungen an. Diese Vernetzungen benötigen Standards und gemeinsame Sprachen, damit Kommunikation stattfinden kann. Das eigentliche Metanetzphänomen bildet gegenwärtig nicht das Internet, sondern die Verbindung von Gateway-Rechnern, die die verschiedenen Datenprotokolle (beim Internet TCP/IP) übersetzen./[43/](#) Die verzweigungsartig aufgebauten, TCP/IP-Protokolle/[44/](#), die verteiltes Computing und den Datentransfer regeln, stellen sich hierbei hervorragend auf die unterschiedlichen Endgeräte ein./[45/](#) Alle Internet-Dienste basieren auf dem Client-Server-Konzept (siehe nachfolgend), weshalb für die Nutzung des Internet sowohl ein Client-Programm (z.B. Netscape) als auch ein Server- Programm (z.B. Homepageangebot über America Online) erforderlich ist./[46/](#) Bei der Nutzung des Internet lassen sich dabei drei Kommunikationsarten unterscheiden: 1:1-Kommunikation/[47/](#), 1:n-Kommunikation/[48/](#) sowie m:n-Kommunikation./[49/50/](#)

Von Bill Gates ist die Ausbreitung des Internet als die wichtigste Entwicklung in der Computerwelt seit der Einführung des IBM-PC im Jahr 1981 bezeichnet worden./[51/](#) Der elektronische Brief (E-Mail) bildet das Einstiegsangebot für das Internet. Das Design des Anwendungsprogramms MS-Windows (Vorstellung im Mai 1990), das sich bei Heimanwendungen gegenüber OS/2 und UNIX durchsetzte, war die logische Konsequenz einer Entwicklung, die immer mehr zu einer vollständigen Digitalisierung, Online-Vernetzung und Interaktivität der Welt führte und gegenwärtig im Internet/[52/](#) sowie dem dort zur Anwendung kommenden World Wide Web/[53/](#) gipfelt, das von Tim **Berners-Lee** erfunden wurde. E-Mails und Newsgroups bilden die Basis für computergestützte Kommunikation in den Datennetzen. Usenet ist z.B. ein Netzwerk mit 3 Millionen Nutzern, wobei etwa 75.000 Computer Nachrichten zwischen 5.000 Newsgroups austauschen./[54/](#) Echtzeit-Interaktionen in Text und Sprache finden auf dem Internet in sogenannten MUDs (Multi User Dimensions oder Dungeons)/[55/](#) statt, d.h. in virtuellen Welten, wo sich Teilnehmer durch Vernetzung in interaktiven Rollenspielen begegnen./[56/](#)

1995 wurden Windows 95 mit Multitasking-Fähigkeit und 1996 das Internet- Navigationssystem Microsoft Explorer vorgestellt, das vor allem dem Netscape-Browser/[57/](#) Konkurrenz macht./[58/59/](#) Entscheidend für den Endkunden im PC-Markt werden Filtersysteme bzw. Navigationssysteme sein, die die weltweiten Datenquellen nach den für den Kunden relevanten Daten absuchen./[60/](#) Intelligente Software-Agenten, "Knowbots" oder

"Softbots" werden für die Anwender in den Netzen surfen, um relevante Daten zu finden./61/ PDAs (Personal Digital Assistants) holen sich die Software und die Rechenpower aus den Netzen. General Magic aus Mountain View, California, hat hierfür einen Software-Standard mit dem Namen Teleskript entwickelt./62/ Die Firma entwirft Software, die elektronische Agenten ins Netz schickt, um dort nach wichtigen Daten für den Anwender zu suchen./63/

Das neue der Hypermedien ist, durch Links sofortigen Zugriff auf die Textquellen von Originalen zu haben, was von Ted **Nelson** als "Transclusion" bezeichnet wird./64/ Seine Vorhersagen über Hyperlinks werden zunehmend Wirklichkeit und ermöglichen völlig neuartige Systeme für die weltweite Verbreitung von Wissen. Hypertexte/65/ gestatten durch das einheitliche Adreßschema URL (Uniform Resource Locator) und den HTTP-Standard (Hyper-Text Transfer Protocol), zitierte Orginaltexte durch einen Knopfdruck abzurufen./66/ Für den Anwender ist es hierbei nicht wichtig zu wissen, wo sich ein Dokument befindet, sondern lediglich über welche Adresse er es abrufen kann.

Sobald Videobilder von hoher Qualität über den PC übertragen werden können, braucht man keine Videorecorder mehr./67/ Das Programm Java/68/ oder das Dokumentenformat OLE/69/ könnten zunehmend zu sogenannten Killer-Applikationen werden, d.h. alte Produkte oder Technologien vom Markt verdrängen sowie neue Märkte generieren./70/ Die in objektorientierten Programmen vollzogene Aufhebung der strikten Trennung von Daten und Programmen führt zu einer Emanzipation des Anwenders, der interaktiv in die Algorithmen eingreifen kann./71/ Zentralisierte und überteuerte On-line-Datenbanken haben in einer verteilten Welt des Wissens keine Überlebenschance./72/ Nicht nur, daß diese viel zu langsam sind, es gibt auch keine Links zu anderen interessanten Textquellen, was eine hierarchische und keine vernetzte Arbeitsweise ermöglicht. In den nächsten 15 Jahren wird weltweit eine gewaltige Datenvernetzung stattfinden, wobei es auch einen großen Markt chiploser Rechner geben wird, die ihre Daten, Programme und Computerpower vollständig über die Netze erhalten./73/ Da dies äußerst hohe Transferraten von Daten erfordert, ist abzusehen, daß die Transportkosten für Bits zukünftig ebenso bzw. noch stärkeren Preiskämpfen ausgesetzt sein werden, als zuvor bei den Airlines in deren Preiskriegen um den Transport von Personen./74/

Zu den größten Kunden der Computer-Industrie zählen Regierungen. So betreibt die amerikanische Behörde NSA (National Security Agency) nicht nur eines der größten Computer-Netze der US-Regierung, sondern sie ist auch an wichtigen Forschungsvorhaben im Bereich der Elektronik und der Telekommunikation beteiligt und kümmert sich um die Schlüsseltechnologie der Kryptographie (siehe Kapitel 4.2.3).^{/75/} Ein boomender Markt für das Internet ist auch das "Direct Mailing", dessen größte Anbieter Metromail of Lincoln, R. L. Polk Company und Donnelley Marketing Service sind, welche mittlerweile die Daten von 70 Millionen der 85 Millionen Haushalte in den USA gespeichert haben.^{/76/} Die primären Lockmittel für den Einstieg der Massen in die Netze sind hierbei Cybersex und Computerspiele sowie die Möglichkeit, dort im Rahmen von Electronic Commerce Geld zu verdienen.^{/77/}

- Hardware und Software

Grundsätzlich läßt sich zwischen Hardware, d.h. physischen Produkten, und Software, d.h. virtuellen Dienstleistungen, unterscheiden. Die beiden bedeutendsten Firmen in diesen Geschäftsfeldern der Computer-Entwicklung sind die Hardwarefirma Intel und die Softwarefirma Microsoft, die durch ihre Produkte und Dienstleistungen den PC-Markt revolutionierten und die neben der Hardwarefirma Compaq zu den am stärksten wachsenden Unternehmen der Computerbranche in den 80er Jahre avancierten. Computer lassen sich in zwei Kategorien einteilen, die analogen und die digitalen Rechner, wobei auch eine Mischung beider Typen möglich ist, die jedoch ein Interface zur Konvertierung von analogen in digitale Signale und umgekehrt erforderlich macht.^{/78/} Während die Informationsdarstellung digital auf Zeichenreihen basiert, wird diese analog durch elektrische Potentiale repräsentiert. Der Unterschied zwischen digital und analog besteht somit lediglich in einer unterschiedlichen Codierung der Signale.^{/79/} Digitale Computer sind deshalb nichts anderes als eine Unterklasse miteinander wechselwirkender gewöhnlicher Differentialgleichungen, was bedeutet, daß diese Art von Computern eine sequentielle Operationsweise hat.^{/80/}

Als Rechnergruppen lassen sich Personalcomputer^{/81/}, Workstations^{/82/}, Minirechner^{/83/}, Großrechner (Mainframe Computer)^{/84/} und Superrechner (Super Computer)^{/85/} unterscheiden.^{/86/} Leistungsbeeinflussende Komponenten eines Rechners sind die Hardware, das Betriebssystem, die Netzwerksoftware sowie die Anwendungssoftware.^{/87/} Der Weg von

Computersprachen führte über die Maschinensprachen/[88](#)/, Assembler, Compiler und Interpreter/[89](#)/ zu den heutigen Betriebssystemen/[90](#)/ (Sprachen höherer Ordnung), mit denen die Anwendungsprogramme der Benutzer gesteuert werden. Jedes Programm ist potentiell ein Teilprogramm eines umfangreicheren Programms. Auf der DOS-Ebene wird Windows installiert. Unter Windows wird ein Anwendungsprogramm installiert und dieses wiederum hat Unterprogramme, die beispielsweise Graphiken erzeugen. Bei der Software läßt sich zwischen System- sowie systemnaher Software/[91](#)/ und Anwendungssoftware/[92](#)/ unterscheiden./[93](#)/ Eine andere Einteilungsmöglichkeit besteht darin, zwischen Standardsoftware (packaged software)/[94](#)/ und zwischen Individualsoftware (custom software)/[95](#)/ zu differenzieren.

- Client-Server-Architektur

Das Client-Server-Modell ist das dominierende Konzept für eine kooperative Datenverarbeitung von Rechnern, die über ein Kommunikationsnetz miteinander verbundenen sind./[96](#)/ Gegenwärtig werden vor allem Mehrprozessorenssysteme als Server verwendet, um eine große Zahl von separaten Client-Programmen parallel bedienen zu können./[97](#)/ Client-Server-Architekturen bilden offene Systeme, d.h. sie basieren auf herstellerunabhängigen Standards, wodurch die Freiheitsgrade für die Anwender erhalten bleiben./[98](#)/ Ein Beispiel für modulare Client-Server-Architekturen, die flexibel auf den Kunden angepaßt werden kann/[99](#)/, ist das betriebswirtschaftliche Komplettpaket R/3 des Softwarehauses SAP/[100](#)/, das mittlerweile wegen seiner weiten Verbreitung einen de-facto-Standard setzt./[101](#)/

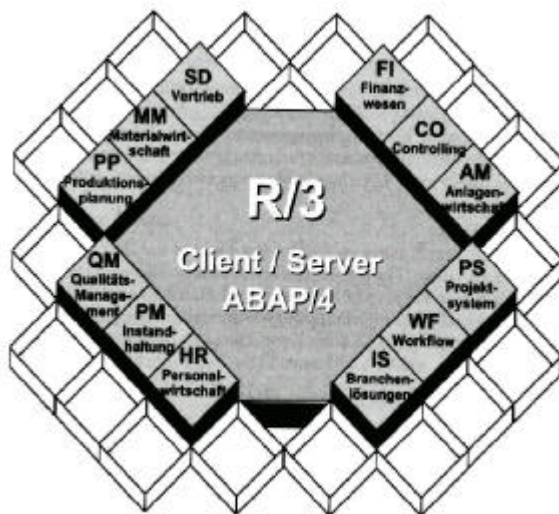


Abb. 1.10: Funktionaler Aufbau von R/3/[102/](#)

- Rechnerstrukturen

Der Computer ist eine Experimentierwiese, um die Strukturen und Prozesse komplexer Interfaces durch Simulationen zu untersuchen. Hierbei gilt es die Problemstellungen zu beachten, inwieweit die simulierten Welten mit der physischen Wirklichkeit übereinstimmen, wie wir immer komplexere virtuelle Welten erstellen können und welche Art von Verhalten aufgrund der Wechselwirkungen der Teilnehmer emergiert. Bei Computern sind Programme und Prozesse grundsätzlich voneinander zu unterscheiden. Während ein Programm ein Satz von binären Symbolen ist, existieren Prozesse nur, wenn diese auf einem Prozessor ausgeführt werden. Während in von mehreren Rechnern geteilten Speichern keine direkten Verbindungen zwischen Prozessoren bestehen, werden in verteilten Speichern Daten zwischen Prozessoren ausgetauscht./[103/](#) Das Ziel der Rechnerentwicklung ist es hierbei, die Kommunikationszeit zwischen Prozessoren zu minimieren, wobei die Topologie hierarchische Bäume, zwei- oder dreidimensionale Netze, Ringstrukturen, Pipelines und Hyperkubusstrukturen kennt./[104/](#) Nach Flynn lassen sich Computer-Konstruktionen durch Anweisungen (Instructions) und Daten (Datas) beschreiben, wobei sich vier Klassen von Rechnern ergeben:/[105/](#)

1. Eine Anweisung wird auf einen Datensatz (SISD) angewendet

2. Eine Anweisung wird auf mehrere Datensätze (SIMD) angewendet

3. Mehrere Anweisungen werden auf einen Datensatz (MISD) angewendet

4. Mehrere Anweisungen werden auf mehrere Datensätze (MIMD) angewendet

Eine andere Unterscheidung trifft Duncan, der neben Synchron-Rechnern wie SIMD, Parallelrechnern wie MIMD auch hybride Formen zwischen MIMD- und SIMD-Rechnern ("MIMD paradigm") berücksichtigt./106/ MIMD-Rechner haben sowohl verteilte Speicher ("distributed memory") als auch einen Datenpool, der von jedem Prozessor genutzt werden kann ("shared memory"). Ein Beispiel für einen äußerst leistungsfähigen Rechner mit SIMD- Struktur ist die Connection Machine CM-2 von Hillis, die durch Parallelverschiebung eines Hyperkubus (siehe Vorwort des Autors) und anschließender Verbindung der Knotenpunkte bis zur 12. Potenz erzeugt wird. Diese hat 212 (4.096) Superknoten mit je 16 Prozessoren, d.h. 65.536 Prozessoren sind miteinander verknüpft./107/ Der iPSC (Intel Personal Super-Computer) ist ein MIMD-Rechner mit verteiltem Speicher, der mit Hyperkuben von 128 bis 1.024 Prozessoren konfiguriert wird./108/ Bei der Realisierung von Parallelrechnern läßt sich neben der Parallelität der Daten auch eine Parallelität der Prozesse/109/ unterscheiden, die im Gegensatz zu den Daten nicht von zusätzlichen Prozessoren profitieren können./110/

Anweisungen

Daten	eine	mehrere
ein Satz	SISD/111/ - sequentiell - klassischer von Neumann-Rechner	MISD/112/ - keine Beispiele
mehrere Sätze	SIMD/113/ - Array-Prozessoren - Vektor-Pipelines	MIMD/114/ - mehrfache Prozessoren - Verteilte Speichersysteme

Abb. 1.11: Rechnertypen-Matrix

Der Einsatz von Parallelrechnern wird insbesondere bei individuenorientierten Simulationen von Wirtschaftsprozessen zu neuen Erkenntnissen führen (siehe Kapitel 2.2.2). Hierbei ist jedoch noch offen, ob sich SIMD-Rechner oder MIMD-Rechner als die leistungsfähigsten erweisen werden. So haben sich MIMD-Rechner insbesondere bei der Kommunikation sequentieller Prozesse und der Prozess-Synchronizität bewährt./115/ Parallelrechner der zukünftigen Generation dürfen nicht als reduktionistische Maschinen aufgefaßt werden, sondern als komplexitätslenkende Interfaces, die zunehmend in der Lage sein werden, durch eigene Wahrnehmung Probleme zu lösen./116/ Deshalb kommt insbesondere den Neuronalen Netzen (siehe Kapitel 2.2.4), bei denen es vor allem um Mustererkennungsprobleme geht, eine besondere Bedeutung zu.

Der Konzept des Sequenzraumes aus der Informatik, welches von Richard W. Hamming entwickelt wurde, nutzt ebenfalls den Aufbaucode des Hyperkubus./117/ Hierbei kann die Selbstorganisation eines Systems von Sequenzen als ein Problem der Besetzung des Sequenzraumes betrachtet werden, wodurch sich z.B. die Entstehung von Informationen erklären läßt./118/ Diesbezüglich lassen sich Phasenübergänge als Sprünge in den nächst höheren Sequenzraum erklären, wobei durch Mutation einer bestimmten Stelle der n-dimensionalen Struktur neuartige Interfaces entstehen können, die jedoch aufgrund der zugrunde liegenden Strukturen eine Art teleonomische Vorausplanung beinhalten. Da die neu entstehenden Strukturen auf den alten Strukturen aufbauen, lassen sich durch Überlagerung Hyperzyklen im Sinne Eigens (siehe Kapitel 2.1.2) herausbilden, die die Lenkung noch höherer Komplexität ermöglichen.

Das menschliche Gehirn arbeitet jedoch mit einer sehr langsamen Art von Schaltkreisen. Unsere Neuronen können einen analogen Rechenvorgang in ungefähr 5 Millisekunden durchführen, sind also mindestens 10.000 mal langsamer als ein Digitalrechner. Es eignet sich somit nicht für die sequentielle Abarbeitung von Gedächtnisinhalten in Echtzeit./119/ Zwar haben die heutigen seriellen Rechner genügend sequentielle Geschwindigkeit, um in einem Problemraum eine ausgedehnte rekursive Suche durchführen zu können, jedoch sind diese bei Problemen des Erinnerns und der Mustererkennung nicht besonders leistungsfähig. Dies führt gegenwärtig zunehmend zur Entwicklung von Parallelrechnern, die ähnlich wie die Neuronen im menschlichen Gehirn verschaltet werden. Zukünftig scheint es durch Fortschritte in der Nanotechnologie (siehe

Kapitel 4.4.3) denkbar, molekulare Computer zu bauen, die ähnlich unserem Gehirn Milliarden von parallelen Operationen durchführen können.

Seit dem Aufkommen des Computers versuchte man, denkende Maschinen herzustellen. Das erste Programm, das die Kommunikation Mensch-Maschine beleuchtete, war das ELIZA-Programm von **Weizenbaum**. Durch den Computer müssen sich die Kommunikationspartner nicht mehr am selben Ort befinden, die zeitliche Abfolge wandelt sich zur Gleichzeitigkeit, es kann eine Kommunikation mit einer Maschine stattfinden und die kognitiven Prozesse werden zunehmend von neuartigen Interfaces unterstützt. Obwohl unser Gehirn bei der Erfüllung einfacher Aufgaben wie dem Multiplizieren digitaler Zahlen nicht einmal das Niveau eines Taschenrechners erreicht, leistet es bei Aufgaben wie Sehen, Sprechen oder der Koordination von Muskeln mehr als 1.000 Supercomputer zusammen, was beweist, wie schwierig es werden wird, Maschinen zu bauen, die insgesamt ähnliche Fähigkeiten wie der Mensch besitzen (siehe Kapitel 1.4). Die Vernetzung von Computern untereinander und mit Menschen erzeugt neuartige Strukturen, die iterativ gemäß ihrem Problemlösungsverhalten verbessert werden können. Computer werden zukünftig auch in den Menschen integriert werden (Biochips) und das Gehirn und andere Körperteile mit Signalen versorgen (siehe Kapitel 4.4.3). Computer haben hierbei zwei Hauptfunktionen mit dem Gehirn gemeinsam: die Entscheidungsfindung und die Lenkung basieren auf logischen Regeln. Das Gehirn interpretiert darüber hinaus die Umgebung; ein Vorgang, der vor allem für die Robotik von äußerster Wichtigkeit ist (siehe Kapitel 4.4.2).

George **Tiesenhausen** und Wesley **Darbo** von der amerikanischen Weltraumbehörde NASA dachten in den 70er Jahren sogar daran, Roboter zu bauen, die ihrerseits andere Roboter nach dem eigenem Vorbild schaffen könnten./[120](#)/ Diese Idee, daß Computer andere Computer durch Selbstreproduktion bauen können, hatten zuvor bereits die Computer-Pioniere Zuse und von Neumann geäußert. K. Eric **Drexler** vertritt diese These im Rahmen seiner Arbeiten zur Nanotechnologie. Es ist abzusehen, daß durch die Nutzung der Molekularelektronik und Nanotechnologie (siehe Kapitel 4.4.3) zukünftig auf der Fläche eines Quadratmillimeters mehrere Millionen Transistoren integriert werden können, was zu völlig neuen Möglichkeiten bei Simulationen führt, so daß aufgrund der immensen Rechenleistung sogar individuenorientierte Ökonomiemodelle berechnet werden können. Ich werde auf diese Thematik in den Kapiteln 2.2.2 und 4.3.4.3 vertieft eingehen, insbesondere unter dem Kontext, daß wir uns nicht

von Maschinen versklaven lassen dürfen und daß wir die Freiheit des Menschen aber auch zukünftiger denkfähiger Roboter schützen müssen.

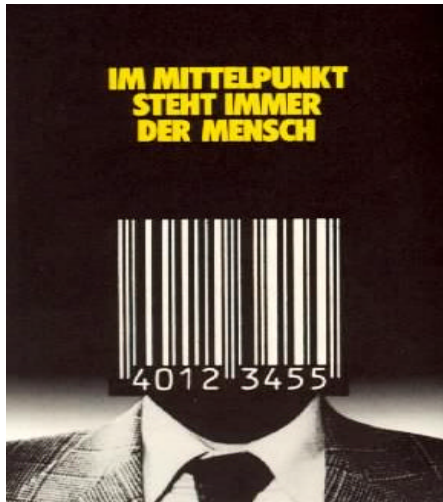


Abb. 1.12: Freiheit trotz Codierung?/[121](#)/

Computer übernehmen immer mehr geistige Routinetätigkeiten des Menschen, wobei ihr momentanes "Vorbild" das menschliche Gehirn darstellt. Es ist nicht auszuschließen, daß zukünftig Strukturen gefunden werden, die auch Bewußtsein sowie Intuition besitzen und noch erfolgreicher als das menschliche Gehirn arbeiten. Es stellt sich die Frage, ob ein Computer der als ersten Kernsatz "Ich denke, also bin ich" von sich gibt, möglicherweise gefährlich ist und deshalb vorsichtshalber ausgeschaltet werden sollte./[122](#)/ Während der Mensch durchaus fähig ist, wie ein Computer zu funktionieren, kann ein Computer das menschliche Denken (noch) nicht simulieren. Denn der menschliche Denkapparat hat einen interessanten "Konstruktionsfehler": er läßt sich im Gegensatz zum heutigen Computer nicht abstellen./[123](#)/ Während das menschliche Gehirn im Rahmen einer drei Milliarden Jahre dauernden Evolution (3×10^9 Jahre) entstanden ist, gibt es PCs gerade einmal 30 Jahre (3×10^1 Jahre). Die Evolution hatte also 108 (10.000×10.000) mal so viel Zeit wie der Mensch zur Verfügung, um Gehirne zur heutigen Reife zu entwickeln. Warum sollten wir deshalb nicht in 100-200 Jahren so weit sein, daß wir künstliche, denkende Gehirne erzeugen können?

- Informationserzeugung

Im Kontext dieser Arbeit ist, wenn es um Information geht, stets die Bedeutung gemeint, die von Daten hervorgerufen wird. Information ist deshalb ein Begriff, der stark vom menschlichen Interface abhängt, das durch unser Bewußtsein und unser Gedächtnis (frühere Bedeutungen) gebildet wird. Deshalb muß streng zwischen der objektiven Ebene (physischen Signale oder Daten) und ihren subjektiven Bedeutungen, d.h. Nachrichten oder Informationen, unterschieden werden. Der Unterschied zwischen Nachricht und Information besteht darin, daß eine Nachricht komprimiert werden kann, wenn diese redundant ist, nicht jedoch die erzeugte Information./124/ Die Nachricht oder Information einer Beschreibung hängt von der Fähigkeit eines Beobachters ab, daraus Schlußfolgerungen zu ziehen./125/ Der Begriff der Information ist laut Wiener weder Energie noch Materie/126/ und eröffnet deshalb eine neue Dimension für unser Denken und Handeln. Zunächst soll aufgezeigt werden, wie sich die Informationstheorie entwickelte und welche Probleme mit den ursprünglichen Definitionen auftraten. Historisch lassen sich nachfolgende Informationstheorien unterscheiden:/127/

**- Theorie der Kommunikation/128/ (C. E. Shannon, W. Weaver, 1949)
Beispiel: Telephonnetz**

- Theorie der Repräsentation (D. M. MacKay, 1950); Beispiel: Mikroskop

**- Theorie der Transformation und Verarbeitung von Information;
(A. Turing, 1956; verallgemeinert durch A. A. Markov, A. N. Kolmogorov
und G. J. Chaitin); Beispiel: Rechenmaschine**

**- Allgemeine Netztheorie (C. A. Petri, 1962, 1967); Theorie der lokalen und
zeitlichen Beziehungen**

Die Unterscheidung der Definitionen zum Informationsgehalt von Nachrichten zeigt, daß hier insbesondere auch der Begriff der Wahrscheinlichkeit eine Rolle spielt:/129/

**Informationsgehalt: - statistisch-selektiv (statistische Wahrscheinlichkeit)
bei Shannon und Weaver**

- semantisch (logische Wahrscheinlichkeit) bei Carnap

- deskriptiv (metrisch-strukturell) bei MacKay

Die Informationstheorie von Shannon beschreibt die strukturellen und dynamischen Eigenschaften von Systemen mit Bezugnahme auf deren Informationsgehalt. Shannon stellte einen Kontext zwischen Entropie und Information/[130](#)/ her, indem er formal den Informationsgehalt einer Nachricht analog zur Entropie (siehe Kapitel 2.1.2) definierte:/[131](#)/

Informationsgehalt = $K \log$ (Anzahl der zulässigen Nachrichten)

So kann die Information einer Nachricht als die Menge an Zufall aufgefaßt werden, die man in der Vielfalt möglicher Nachrichten vorfindet./[132](#)/ Der Informationsgehalt wird meistens durch binäre Ziffern oder Bits ausgedrückt, wobei hierbei durch K die Länge der Nachricht gemessen wird. In diesem Zusammenhang stellt der Informationsgehalt eine Art negativer Entropie dar, wozu Wiener ausführte:/[133](#)/

"Gerade wie der Informationsgehalt eines Systems ein Maß der Ordnung ist, ist die Entropie eines Systems ein Maß des Grades der Unordnung; und das eine ist einfach das Negative des anderen."

Die Informationserzeugung im Sinne von Bedeutung (Semantik) führt uns zum Begriff der pragmatischen Information. Die pragmatische Information erweitert die syntaktische/[134](#)/ Information von Shannon dadurch, daß der Kontext der Datenübermittlung aufgegriffen wird. So kennzeichnet 100% Erstmaligkeit eine Nachricht mit überwältigendem Neuigkeitswert und 0% Bestätigungscharakter, während 100 % Bestätigung eine Nachricht von überwältigender Redundanz und 0 % Neuigkeitswert charakterisiert./[135](#)/ Während die Shannon-Information mit zunehmendem Neuigkeitswert zunimmt, geht die pragmatische Information nach Erreichen eines Maximalwertes mit zunehmendem Neuigkeitswert wieder zurück, d. h. die Schere zwischen beiden öffnet sich immer weiter. Im Grenzfall von 100 % Bestätigung von pragmatischer Information entspricht dies einem Informationsgehalt von Null bei Shannon. Diese Aussage ist jedoch für eine Anwendung in der Praxis wenig hilfreich.

Die Shannonsche Interpretation durch Auftrittswahrscheinlichkeiten berücksichtigt leider nicht, daß die Bedeutung von Signalen nicht von deren Beschaffenheit, sondern von den Bedingungen beim Empfänger abhängt. Letztendlich ist für den Informationsgehalt das Vorwissen, d. h. der semantische Kontext des Empfängers entscheidend./[136](#)/ Ohne Gedächtnis ist auch die neueste und seltenste Nachricht völlig bedeutungslos. Bei Shannon tritt auch das Problem auf, daß dieser mit Zufall den absoluten

Zufall meinte. Da Nachrichten nie völlig unabhängig voneinander sind/[137/](#), muß im Kontext der Generierung von Information vom "moderaten Zufall" gesprochen werden (siehe Kapitel 2.3.1). Wegen der Subjektivität von Informationen, die eine Bedeutung und einen Zweck induzieren, läuft auch die Analogie zur Entropie ins Leere. Informationen, die keine Bedeutung hervorrufen, sind sinnlos und können deshalb auch nicht als Informationen, sondern lediglich als Zeichenkette interpretiert werden, wobei je nach Person dieselbe Zeichenkette unterschiedliche Bedeutungen haben kann. Informationen bestehen deshalb aus Unterschieden, die einen Unterschied, d.h. subjektive Bedeutungen, hervorrufen./[138/](#)

Die Bedeutung von Information wird durch das jeweils zugrunde liegende Interface bestimmt. Je entwickelter ein System ist, desto bedeutender ist dessen Informationserzeugung. Die zukünftige Wissensgesellschaft wird nicht durch ein Höchstmaß an Bestätigung gekennzeichnet sein, sondern durch ein Höchstmaß an Komplexität, was erfordert, daß ständig neue Informationen (Erstmaligkeit) über Interfaces hervorgebracht werden. Dies stellt immer größere Anforderungen hinsichtlich der Informationserzeugung und Datenverarbeitung, sowohl an das Kollektiv als auch an den Einzelnen. Für ein Gesamtsystem (Beobachter + System) gilt das Prinzip der Informationserhaltung, wobei die beim Beobachter abnehmende aktuelle Information über den Zustand des Systems im System selbst als zunehmende potentielle Information verstanden werden kann./[139/](#)

Flusser zufolge entstehen Informationen durch eigentlich unwahrscheinliche Zufälle, wobei zuvor ein Informationszerfall (Entlernen) stattgefunden haben muß./[140/](#) Hierbei ist zu beachten, daß Menschen nicht Schöpfer, sondern Spieler mit vorhandenen Informationen sind./[141/](#) Dies macht Informationen zu dynamischen Elementen des Wandels, wobei diese beim Subjekt durch Selbstbezug neue Informationen hervorbringen können. Information eröffnet deshalb eine neue Dimension für unser Denken und Handeln, obwohl diese eine Begrenzung hat. Das **Bremermannsche** Limit der Datenverarbeitung beträgt 1092 Bits/[142/](#), wobei dieses Limit bereits durch eine geringe Anzahl gekoppelter Elemente erreicht werden kann./[143/](#) Hierdurch bleibt die Datenverarbeitung in einem Endo-Raum gefangen, was Gödel (s.u.) mit einem berühmten gewordenen Theorem mathematisch bewies.

Der Prozeß der biologischen Informationserzeugung besteht aus drei Phasen: Entstehung syntaktischer Information, Bildung semantischer Information

und anschließend deren evolutionäre Optimierung./144/ Es hat den Anschein, als ob die Informationserzeugung, die Chaosforschung sowie die Interface-Theorie nachfolgende Verhaltensweisen gemeinsam haben: diese sind nichtlinear, dynamisch, simultan und diskontinuierlich. Das Aufkommen der Chaosforschung wirft die Frage auf, ob es möglich ist, einen Computer statt mit einer deterministischen Operationsweise, mit einer moderat zufälligen auszustatten, ähnlich dem chaotischen Neuronenverhalten in unserem Gehirn./145/ Dies ist deshalb so wichtig, da Kompetenz vor allem von der menschlichen Phantasie abhängt, Daten zu Informationen und diese wiederum zu Wissen zu verknüpfen sowie gegebenenfalls die Spielregeln zu ändern.

Während in der Natur neue Informationen aus Zufall entstehen, werden diese in telematischen Netzen aus Zufall und Notwendigkeit (Deterministischem Chaos) gebildet, wobei die wesentlichen Komponenten die Erzeugung von Information aus dem Gedächtnis, der Datenaustausch durch Kommunikation und die Generierung neuer Information durch Zufallsspiele sind. Es zeigt sich, daß Systeme, die durch Deterministisches Chaos gelenkt werden, versuchen, ihre Datenverarbeitung zu optimieren. Das beste Beispiel hierfür ist das menschliche Gehirn, das sehr wahrscheinlich nach dem Prinzip des Deterministischen Chaos arbeitet (siehe Kapitel 1.4). Das Gehirn ist in der Lage, den moderaten Zufall mit der Finalität zu verbinden und so Bewußtsein und Bedeutung hervorzubringen, was die Algorithmen der Künstlichen Intelligenz bisher nicht leisten können.

Durch die Vernetzung einer Vielzahl von menschlichen Gehirnen und deren Interaktionen mit Computern entstehen unvorhersagbare technische Bilder. Aus der Vielzahl der erzeugbaren virtuellen Bilder wird die Gesellschaft ebenso wie das menschliche Gehirn nur einen Bruchteil für ihre Entwicklung nutzen, wobei der Unterschied zum menschlichen Gehirn sein wird, daß sich die telematische Gesellschaft wahrscheinlich schneller als das Gehirn entwickeln wird. Dies führt zu völlig neuen Anforderungen an die Lernfähigkeit von Entscheidungsträgern, wie z.B. Managern, um verantwortungsvolle Entscheidungen treffen zu können. Hierbei ist für die anwendungsorientierte Managementlehre insbesondere die Unterscheidung von Beer interessant, der zwischen Fakten, Daten und Informationen unterscheidet, die ich zusätzlich um die Wissensebene erweitern möchte:/146/

Fakten: Alles was der Fall ist
Daten: Aussagen über Fakten
Informationen: Was uns verändert/147/
Wissen: Was uns antreibt

- Redundanz

Ein typisches Phänomen bei Daten ist die Redundanz/[148/](#), d. h. daß bestimmte Daten mehrfach vorkommen. Der moderate Zufall begünstigt das Auftreten von Redundanz. Nach Shannon ist diese deshalb eine vorhersagbare Abweichung vom Zufall. Da im Gehirn von Erwachsenen täglich 50.000 Neuronen absterben, ist Redundanz bei der Mustererkennung ein überlebenswichtiger Faktor für die Aufrechterhaltung unseres selbstreflexiven Bewußtseins. Redundanz scheint deshalb eine besondere Voraussetzung für die Selbstorganisation komplexer Interfaces zu sein. "Paradoxerweise ist in einer Gesellschaft, in der sich die Menge der produzierten Informationen und verbreiteten Daten ständig vervielfacht, gerade der Mangel an relevanten Daten eine wesentliche Ursache für mangelhafte Wahrnehmung."/[149/](#) In der telematischen Gesellschaft geht es deshalb darum, Redundanzen zu Informationen für den Teilnehmer zu verwandeln. In Unternehmen ist Redundanz aber auch die Voraussetzung für Flexibilität, damit Manager auf unterschiedlichen Positionen im Rahmen von Job-Rotation eingesetzt werden können und somit die Kreativität des Unternehmens positiv beeinflussen.

Systeme mit Redundanz haben die Eigenschaft, sich bei Mutationen nur geringfügig zu verändern, was eine Anschlußfähigkeit in der Evolution und bei der Kommunikation ermöglicht. Redundanzen ermöglichen so die Lebensfähigkeit von Unternehmen, obwohl diese, unter ausschließlicher Berücksichtigung der Kosten, eine ineffektive Nutzung von Ressourcen darstellen. Redundanz ist jedoch keine Verschwendung oder ein besonderer Luxus, sondern diese ist notwendig, um uns Freiräume zu erhalten und eine Vielzahl alternativer Ideen zu erzeugen./[150/](#) Gerade beim Denken scheint es von besonderer Bedeutung zu sein, daß redundante Kontexte vorhanden sind, die uns die ständige Herstellung neuer Kontexte ermöglichen. Redundanz ist ein sehr bedeutendes Prinzip in der Natur, dies gilt sowohl für identische Bauteile als auch für identische Repräsentanten./[151/](#)

Eine Idee hat im allgemeinen nur dann eine große Wirkung, wenn man mit ihr öfters konfrontiert wird (redundantes Auftreten), auch wenn sie als richtig und einleuchtend eingestuft wird. Ebenso wie unser Denken reversibel ist, wird auch der Datenaustausch in den Netzen eine Zeitumkehr erfordern, um sich gegen die Monopolisierung von Informationen zur Wehr zu setzen. Die Rückkopplungsprozesse der telematischen Gesellschaft erfordern deshalb ein hohes Maß an Redundanz. Die hierbei anfallenden Datenmengen für redundante Systeme erfordern neuartige Speicherkonzepte, wie z.B. holographische Speicher. Die Weiterentwicklung holographischer Techniken dürfte hierbei ermöglichen, die assoziativen Speichermöglichkeiten von Mustern deutlich zu erweitern.

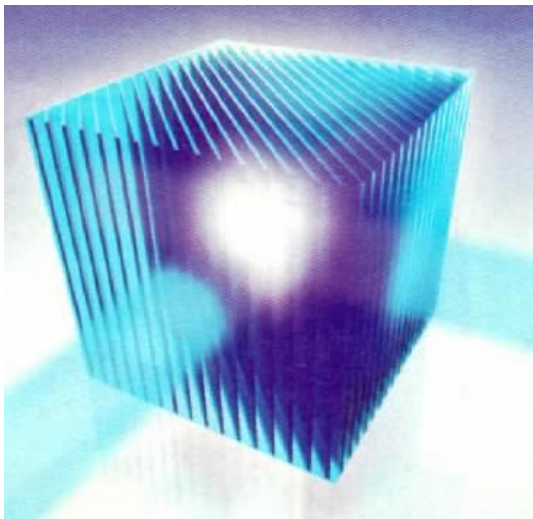


Abb. 1.13: Holographischer Datenspeicher

- Logik, Mathematik und Berechenbarkeit

Es scheint so, daß die Mathematik selbst ein Beispiel für Komplexität, für logische Komplexität darstellt/[152](#)/ und daß es uns nur gelingen wird, die Evolution zu entschlüsseln, wenn es uns parallel gelingt, die logische Komplexität unseres Denken zu decodieren. Die Annahme einer wissenschaftlichen Aussage und ihrer Problemlösungskapazität hängt von den Regeln der Logikansatzes ab, die die Beweisführung und somit ein konkretes Interface festlegen./[153](#)/ Sind diese Regeln nicht mehr gültig, müssen diese geändert werden. Während die Physik den Weg zur Mikroelektronik eröffnete, hat die mathematische Logik den Weg zu den Rechenmaschinen geebnet.

Die Logik selbst ist eine Metasprache, die bestimmt, ob eine Sprache den formalen Bedingungen einer Axiomatik genügt. Durch die Arbeiten von Bertrand **Russell** (Erklärung von Paradoxien) und Kurt **Gödel** (Unvollständigkeitstheorem) wurde deutlich, daß auch die Logik nicht lösbare Probleme und innere Widersprüche enthält. Durch von ihm gefundene Paradoxien hat Russell sowohl Cantors Mengenlehre wie auch **Freges** Logik teilweise widerlegt./154/ Es war der französische Mathematiker **Bourbaki** der, anders als Russell, eine klare Unterscheidung der Mathematik von logischen Formalismen vornahm./155/ Die Arbeiten von Alan **Turing** und Alonzo **Church** aus den 30er Jahren zeigen, daß es für die Logik, die Mathematik und die Berechenbarkeit klare Grenzen ihrer Anwendbarkeit gibt. Zwei wichtige Ergebnisse der Berechenbarkeitstheorie stammen von Turing (jede rekursiv berechenbare Funktion läßt sich in endlicher Zeit durch eine äußerst einfache symbolische Maschine - die Turing-Maschine - berechnen) und Church (jede effektiv berechenbare Funktion muß auch rekursiv berechenbar sein)./156/

Ein weiteres Theorem von **Chaitin** besagt, daß wir nicht wissen können, daß es Systeme gibt, die eine höhere Komplexität haben, als die, die wir feststellen können. Das Theorem zeigt uns, wie auch das Theorem von Gödel im nächsten Absatz, daß wir durch das Befolgen von Regeln nie die Wahrheit, sondern nur Gewißheiten finden können./157/ Da das, was wir als Realität begreifen, nur eine Interpretation der Wirklichkeit durch unser Interface darstellt, ist alles Wahrgenommene nämlich unsere subjektive Erfindung (siehe Kapitel 1.1 und Kapitel 3.3)./158/ Wir können zwar nach der absoluten Wahrheit suchen, aber finden können wir nur relative Gewißheiten. Wahrheit könnte es nur dann geben, wenn es gelänge mit einem Interface hinter unsere subjektive Gödelgrenzlinie zu schauen./159/

Turing, der eine maßgebliche Persönlichkeit für die Entwicklung des Computers war, entwickelte, aufbauend auf den Arbeiten von Bertrand Russell, ein theoretisches Computermodell und stellte dabei die moderne Theorie der Berechenbarkeit auf. Er wirkte bei der Entwicklung des ersten elektronischen Rechners mit und war ein leidenschaftlicher Verfechter der Theorie, daß Computer menschliches Denken nachahmen können, wobei er sich jedoch darüber im klaren war, daß dies viele Jahrzehnte in Anspruch nehmen wird. Er erfand den einzigen, weitgehend anerkannten Test für Maschinenintelligenz, den sogenannten Turing-Test, bei dem getestet wird, ob ein Computer menschliches Verhalten imitieren kann. Turing zufolge ist ein System dann intelligent, wenn es einen menschlichen Fragesteller davon

überzeugen kann, daß es auch ein Mensch ist. Es gibt jedoch auch berechtigte Zweifel an diesem Test-Verfahren, da der Test von einer Exo-Perspektive vorgenommen wird und nicht die interne Interaktion eines Interface berücksichtigt./160/ Zwar hat bis gegenwärtig noch kein Computer den Turing-Test bestanden, jedoch erscheint er als nicht differenziert genug, um Intelligenz nachzuweisen. Der Test sagt nichts über den inneren Aufbau (Endo-Struktur) einer Maschine aus, da er diese als Black-Box betrachtet. Die Fragwürdigkeit des Tests zeigt sich auch bei Delphinen, die als hochintelligent gelten, obwohl sie nicht in der Lage wären, den Turing-Test zu bestehen.

Im Jahr 1937 veröffentlichte Alan Turing eine Arbeit mit dem Titel "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem", wo er ein theoretisches Computermodell, die "Turing-Maschine"/161/ vorstellte, einen einfachen und leistungsfähigen Rechner, welcher heutzutage noch das Fundament der modernen Berechenbarkeitstheorie darstellt./162/ Eine Turing-Maschine kann durch eine Software in einem anderen Computer simuliert oder durch eine Hardware realisiert werden. Die Turing-Maschine ist das erste ernstzunehmende Modell von einem einfachen virtuellen Verstand./163/ Sowohl der serielle Rechner (von Neumann-Rechner) wie auch heutige Parallel-Rechner sind Turing-Maschinen. Eine Turing-Maschine ist eine Maschine, die ein Band vor- und zurückfährt, Markierungen auf einem Bandabschnitt liest, löscht und durch andere ersetzt und die von einem Zustand in einen anderen übergeht:/164/

Operationen der Turing-Maschine:

1. Lies das Input-Symbol x
2. Vergleiche x mit z , dem inneren Zustand der Maschine
3. Schreibe das passende Output-Symbol y
4. Verändere den inneren Zustand z zum neuen Zustand z'
5. Wiederhole die obige Folge mit einem neuen Input-Zustand x' .

Hierbei arbeitet die Maschine in einer völlig vorhersagbaren Weise. Deshalb eignet sich die Turing-Maschine für die theoretische Untersuchung von Algorithmen, nicht jedoch für deren Implementierung in der Praxis. Im Prinzip ist jeder moderne Computer eine Turing-Maschine, ja sogar eine universale Turing-Maschine, da er zumindest im Prinzip jeden anderen Computer imitieren kann. Prinzipiell besteht die Möglichkeit durch Software einen Computer, der einen Computer, der einen Computer usw. simuliert, rekursiv abzubilden (siehe Kapitel 2.2.2 und Kapitel 4.3.4.4.1). Deshalb kann man den Computer auch eine virtuelle Turing-Maschine nennen. Faßt

man das oben genannte zusammen, so muß der Mensch zumindest eine universale Turing-Maschine sein/[165](#)/, wobei das menschliche Denken die Virtualität repräsentiert. Turings herausragende Leistung bestand darin, daß er die Existenz einer universalen Turing-Maschine bewies, in dem er den Weg ihrer Konstruktion angab./[166](#)/

Turing bewies die Äquivalenz zwischen einem formalen logischen System und der Turing-Maschine. Er zeigte, daß ein Problem, das nicht von einer Turing-Maschine gelöst werden kann, auch von keiner anderen Maschine lösbar ist und das, obwohl bewiesen werden kann, daß es eine eindeutige Antwort gibt. Sollte das menschliche Gehirn wie eine Turing-Maschine funktionieren, könnte das Problem auch von keinem Menschen gelöst werden./[167](#)/ Computer können solange keine Ergebnisse erzielen, bis der Computer seine Berechnungen gestoppt hat. Die Frage, ob es ein allgemeines Verfahren gibt, welches uns im voraus sagt, ob ein bestimmtes Programm nach einer endlichen Anzahl von Schritten anhalten wird, ist das sogenannte "Halte-Problem" von Computern./[168](#)/ Auch hier zeigte Turing 1936 auf, daß dies nicht möglich ist ein solches Verfahren anzugeben.

Daß das Halte-Problem keine Lösung hat, impliziert hierbei, daß auch das Entscheidungsproblem keine Lösung hat. Maschinen, die zur Lösung von Managementproblemen eingesetzt werden, können so lange keine Entscheidungen treffen, bis diese angehalten werden. Daneben hat Turing gezeigt, daß es ebenso viele unlösbare wie lösbare Probleme gibt, was auch für das Management von Bedeutung ist, da es Entscheidungssituationen gibt, bei denen eine Vielzahl von Problemen nicht lösbar sind (siehe Kapitel 4.3.2.4). Ein Problem des Mathematikers Hilbert blieb bis zur Veröffentlichung Turings 1937 unbeantwortet, nämlich ob ein Algorithmus existiert, der bestimmen kann, ob eine beliebige logische Aussage eines logischen Systems, das mächtig genug ist, die natürlichen Zahlen (0, 1, 2, 3 und so weiter) zu repräsentieren, wahr oder falsch ist. Die Antwort auf Hilberts Frage war ein Nein, da diese ein unlösbares Problem darstellt.

Aufbauend auf den Arbeiten von Turing entwickelte Church eine These, die als "Church-Turing-These" bezeichnet wird und gegenwärtig eines der wichtigsten Konzepte der Philosophie, der Mathematik, des Gehirns und des Denkens bildet./[169](#)/ Die Church-Turing-These besagt, daß jeder effektive Prozess dadurch implementierbar ist, daß ein passendes Programm auf einer Universal Turing-Maschine abläuft. Diese These legte den Grundstein für die Möglichkeit von Computer-Simulationen. Hofstadters mikroskopische

Interpretation der Church-Turing-These, daß das Verhalten eines Lebewesens durch einen Computer simuliert werden kann, wird uns wieder im Rahmen der Endophysik (siehe Kapitel 2.2.3) und des Künstlichen Lebens (siehe Kapitel 2.3.4) begegnen./170/

- It's Gödel-Time

Der österreichische Mathematiker Kurt Gödel, einer der großartigsten Logiker dieses Jahrhunderts, hat mit seinen Arbeiten unser Denken über das Wesen der Mathematik und unser Verständnis formaler Systeme dramatisch verändert. Heutzutage gibt es in der modernen Logik, neben der Set-Theorie von Cantor, der Modelltheorie, der Beweistheorie (Hilbert und Gödel) auch die Rekursionstheorie (von Gödel, Turing und Church), die insbesondere durch die modernen Computer eine besondere Bedeutung erlangt hat./171/ Gödel befaßte sich damit, Axiome zu bestimmen, die als Grundlage für die ganze Mathematik dienen konnten. Gödels Theoreme handeln davon, was oder was nicht bewiesen werden kann. So bewies Gödel, daß Hilberts Traum von der Konsistenz der gesamten Mathematik unmöglich ist. Er erstaunte die Mathematiker außerdem mit dem Beweis, daß es innerhalb eines axiomatischen Systems unweigerlich Sätze gibt, die weder bewiesen noch widerlegt werden können. Laut Gödel sind solche Sätze nicht unbestimmt, sie sind ganz eindeutig entweder wahr oder falsch. Auch wenn die gefundene Antwort richtig ist, können wir dies nicht beweisen.

Gödel zeigte, daß es unmöglich ist, einen metamathematischen Beweis der Folgerichtigkeit eines Systems zu führen, der umfassend genug ist, die ganze Arithmetik zu enthalten, solange der Beweis selbst nicht Schlußfolgerungen enthält, die unterschiedlich von den Transformationsregeln sind, die in Theoremen innerhalb des Systems hergeleitet werden./172/ Gödels zweite Schlußfolgerung war, daß jede axiomatische Methode ihre Grenzen hat und somit im Wesentlichen unvollständig ist, was auch als 'Unvollständigkeitstheorem' bezeichnet wird. Gödels Beweis ist somit das erste mathematische Beispiel, daß es nur außerhalb eines nichttrivialen Universums möglich ist, dieses vollständig zu beschreiben./173/ Gödels Unvollständigkeitstheorem wird häufig als die wichtigste mathematische Theorie bezeichnet und lieferte unabhängig von Church und Turing die gleiche Antwort auf Hilberts Frage. Gödels Theorem liefert auch einen Hinweis darauf, daß ein System von innen anders aussehen kann als für einen externen Beobachter (siehe auch Kapitel 2.2.3).

Nach Gödel gibt es Formeln des Typs G , die formell unentscheidbar sind, d. h. weder G noch sein Gegenteil kann formal aus den Axiomen hergeleitet werden. Gödel zeigte somit, daß nicht alle Aktivitäten unseres Gehirns vollständig durch unser Gehirn selbst erklärt werden können, ebensowenig wie ein Computer mit den in ihm ablaufenden Algorithmen alle Probleme lösen kann. Übertragen auf das Management heißt dies, daß jede Managementlehre unvollständig sein muß, und daß diese aufgrund ihrer eigenen Regeln nicht in der Lage ist, eine vollständige Beschreibung der Lenkungscharakteristika zu geben. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß die Richtigkeit der Problemlösung von außen, d.h. außerhalb der Lenkungscharakteristika bewiesen werden kann.

Gödel geht von der Beobachtung aus, daß man aus einer endlichen Anzahl elementarer Annahmen ("Axiome") und sie verknüpfenden Regeln, mittels deren man aus beiden 'Sätze' ableiten kann, immer in der Lage ist, zumindest eine wahre Aussage zu treffen, die das System selbst nicht beweisen kann - sofern die Axiome widerspruchsfrei sind. Gödel wollte nun darauf hinaus, daß sich formale Zeichensysteme, wie die reine Arithmetik, nie würden dazu verwenden lassen, ihre eigene Vollständigkeit oder Schlüssigkeit zu beweisen.

Wie hat nun Gödel den Beweis für die Behauptung erbracht? Gödel verwendete die symbolische Logik der Principia Mathematica von Russell und Whitehead und entdeckte dabei die Möglichkeit, jedem Symbol, jedem Axiom, jedem Satz und jedem Beweis eine bestimmte Zahl zuzuordnen, die man heute als "Gödelzahl" bezeichnet. Setzt man die Gödelzahlen nun zueinander in Beziehung, macht man Aussagen über die Aussagen des Systems, also Meta-Aussagen. So wie Gödel seine Zahlen benutzte, war er in der Lage, jede meta-arithmetische Aussage durch ein mathematisches Verhältnis seiner Gödelzahlen darzustellen, mit folgender Konsequenz: Unter Verwendung der Gödelzahlen konstruierte er einen arithmetischen Satz (nennen wir ihn der Einfachheit halber " G "), dessen meta-arithmetische Aussage lautet: Die Formel G läßt sich nicht beweisen!

Wenn G ein wahrer Satz ist, dann ist auch " G läßt sich nicht beweisen" wahr und dann ist zwangsläufig das System unvollständig. Doch ist G falsch, dann läßt sich G nicht beweisen, sofern das System schlüssig ist. Und dann ist der Satz " G läßt sich nicht beweisen" wahr. Doch da G bedeutet, daß " G " sich nicht beweisen läßt, ist auch G wahr - das widerspricht jedoch unserer Prämisse. Somit ist das System nicht widerspruchsfrei!

Für die KI-Forschung ist Gödels Satz ein schwerer Schlag, da Computer auf endlichen Daten basieren, die durch eine endliche Anzahl von Anweisungen verarbeitet werden. Ein Computer ist somit nicht einmal in der Lage die eigenen Daten vollständig und widerspruchsfrei zu verarbeiten.

Abb. 1.14: Gödel-Theorem

Die Theoreme von Turing, Church, Chaitin und Gödel sind Begrenzungen des Wissens/[174/](#) im Rahmen der Mathematik und Logik, ebenso wie durch Heisenbergs Unschärferelation die Grenzen des Wissen im Rahmen der Physik aufgezeigt werden. Durch die modernen Computer und das Vorstoßen des Menschen in die Wissensgesellschaft können diese Theoreme zunehmend auch in der Alltagspraxis des Managements nicht mehr vernachlässigt werden. Solange endliche Datensätze, Prozesse oder Strukturen zugrunde liegen, spielen diese Theoreme keine Rolle für die Entscheidungsfindung. Dies ändert sich jedoch sofort, sobald wir es mit unendlichen Schleifen, wie sie in nichtlinearen Gleichungen auftreten, zu tun haben. Einem Beobachter außerhalb von Systemen liegt eine endliche Anzahl von Meßwerten vor, nicht jedoch einem interaktiven Teilnehmer innerhalb von Endo-Welten, im Rahmen derer eine unendliche Zahl möglicher Welten entfaltet werden kann. Es wird nicht mehr lange dauern, bis wir die Auswirkungen der Paradoxien in Endo-Welten im Rahmen unserer telematischen Wirklichkeitskonstruktionen spüren können./[175/](#) Ein erstes Beispiel ist die Tatsache, daß wir durch die Weiterentwicklung der Interfaces immer weniger zwischen physischer und virtueller Wirklichkeit unterscheiden können (siehe Kapitel 1.1 und Kapitel 1.3).

Atmanspacher fordert deshalb, daß das Prinzip der Induktion (von Beobachtung zum Gesetz) und Deduktion (vom Allgemeinen zum Besonderen) durch die Abduktion (Herleitung durch logische Rückbezüglichkeit), bei der Induktion und Deduktion integriert arbeiten, abgelöst werden muß, und daß neben die Außenwahrnehmung des Intellekts auch die Innenwahrnehmung durch Intuition treten sollte./[176/](#) Bei der Betrachtung von Systemen aus unterschiedlichen Blickwinkeln ist auch eine neue Form von Logik nötig, die nicht auf Ja-/Nein-Entscheidungen beruht, sondern auch Unschärfen berücksichtigt, wie dies bei der Fuzzy-Logik geschieht (siehe Kapitel 2.2.4).

- Redundanz ist ein wichtiger Faktor, um die Macht von Teilnehmern zu beschränken, und eine Gewaltenteilung herbeizuführen.
- Die Gödelgrenzlinie offenbart uns die Illusion der Macht bei der Lenkung komplexer Systeme.
- Die Verfügbarkeit dezentraler Laptops gibt dem Individuum ein Höchstmaß an Freiheit bezüglich der Wahl des Arbeitsortes und der Arbeitszeit.
- Informationserzeugung kann nur dann die Freiheit von Teilnehmern sicherstellen, wenn diese unwahrscheinliche Zustände hervorbringt.

Abb. 1.15: Konsequenzen für Macht und Freiheit

- Computer sind zu einem elementaren Werkzeug für Manager geworden.
- Computer schaffen völlig neuartige Beziehungen zwischen der Managementtheorie und der Managementpraxis.
- Aufgrund von Gödelgrenzen können wir den Managementprozess nicht vollständig formalisieren, was bedeutet, daß es Prozesse gibt, die nicht effektiv sind. Dies gilt um so mehr, je komplexer die zugrunde liegenden Interfaces werden.
- Computer erfordern, daß sich Manager verstärkt mit dem Problem der Freiheit auseinandersetzen.
- Computer können nur dann für komplexe Managementaufgaben eingesetzt werden, wenn diese ihre Berechnungen anhalten können.
- Management muß Zugriffsmöglichkeiten auf historische Daten sicherstellen. Dies wird durch die Beschleunigung der Innovationszyklen eine äußerst wichtige Aufgabe.

Abb. 1.16: Konsequenzen für das Endo-Management

[1](#) Vgl. Halbach (Interfaces), 19.

[2](#) Vgl. Glider (Television), 156.

[3](#) Vgl. Leary (Macht), 137.

[4](#) Vgl. Peitgen (Ordnung), 268.

[5](#) Vgl. Schmid (Infrastrukturen), 403.

[6](#) Vgl. Weizenbaum (Computer), 196.

[7](#) Wesentliche Arbeiten zur Zeichenlehre wurden von Peirce (Unterscheidung von Icon, Symbol und Index) sowie von Morris (Unterscheidung von Semantik, Syntaktik und Pragmatik) durchgeführt.

[8](#) Vgl. Weizenbaum (Computer), 157.

[9](#) Vgl. Wiener (Verhängnis), 84f.

[10](#) Vgl. Hofstadter (Gödel), 161.

[11](#) Vgl. Weizenbaum (Computer), 142.

[12](#) Vgl. Hofstadter (Gödel), 613.

[13](#) Vgl. Hofstadter (Gödel), 28.

[14](#) Pixelkomposition auf dem Computerschirm.

[15](#) Vgl. Kurzweil (Intelligenz), 160ff.

[16](#) Vgl. Kurzweil (Intelligenz), 164.

[17](#) Vgl. Kurzweil (Intelligenz), 165ff.

[18](#) Vgl. Alex (Zuse), 85.

[19](#) Vgl. Alex (Zuse), 86.

[20](#) Vgl. Alex (Zuse), 90. Zwar widerspricht Zuses Annahme eines ruhenden Elementarautomaten der Relativitätstheorie, jedoch können seine Theorien heute im Rahmen der Endophysik und molekular-dynamischen Simulationen weiterentwickelt werden. Seine Ideen und Projekte reichten somit von der Computererfindung, sich selbst reproduzierenden Computern bis hin zur Digitalisierung der gesamten

Physik.

[21](#) Daß seine wegweisenden Arbeiten weder von den Firmen ABB noch Siemens, noch von den Banken erkannt wurden, kann man heute als eine der größten verpaßten Chancen der deutschen Wirtschaftsgeschichte auffassen.

[22](#) Baute von 1956-1958 den ersten voll aus Transistoren bestehenden Computer des europäischen Festlandes und entwickelte die Programmiersprache PL/I.

[23](#) Mitentwickler der algorithmischen Programmiersprache (ALGOL).

[24](#) Links: Selbstbildnis von 1994. Rechts: Portrait mittels Malroboter vom Computerkünstler Holger Bär aus

Wuppertal erstellt (1990, Öl auf Leinwand, 130x130 cm). Siehe auch Kapitel 6.

[25](#) Nachträglich wurden auch die Arbeiten von John V. Atanasoff entdeckt, der 1939 am Iowa State College

einen elektronischen Computer baute (Atanasoff-Berry Computer). Vgl. Speiser (Computer), NZZ

Nr. 271, 20. Nov. 1996, S. 73.

[26](#) Vgl. Kurzweil (Intelligenz), 183.

[27](#) Vgl. Kurzweil (Intelligenz), 185f.

[28](#) Vgl. Weizenbaum (Computer), 57.

[29](#) Unter der Bedingung, daß die Regeln bekannt sind.

[30](#) Dies ist die bekannte Church-Turing-These.

[31](#) Vgl. Rasmussen (Dynamics), 219.

[32](#) Vgl. Woolley (Virtual Worlds), 79f.

[33](#) Was auch häufig beim Aufbau von Märkten durch Unternehmen zu beobachten ist.

[34](#) Vgl. Wiener (Kybernetik), 73, 147, 173.

[35](#) Erfindung von Gary Kildall, der auch das BIOS entwarf (siehe Abkürzungsverzeichnis).

Kildall ist der eigentliche Pionier der Mikrocomputer-Software, da MS-DOS eigentlich eine schlechte Kopie von CP/M war, das auch auf dem Apple lief.

[36](#) Vgl. Gates (Weg), 73.

[37](#) Vgl. Schulenburg (Nanotechnologie), 43f.

[38](#) Vgl. Gates (Weg), 56.

[39](#) Vgl. Geyer (Leistungs-Boom), Die Welt, 13. März 1997, S. WR2.

[40](#) Vgl. Negroponte (Digital), 90.

[41](#) Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 380.

[42](#) Wie bei den Neuronen im menschlichen Gehirn.

[43](#) Vgl. Braun (Münchhausen), 3f.

[44](#) TCP/IP ist plattformunabhängig.

[45](#) Zugangsarten sind die Dial-in-Verbindung über das Modem, Dial-up IP-Verbindung mit der auch Datenpakete übertragen werden können sowie Standleitungsverbindungen.

Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 382f.

[46](#) Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 384.

[47](#) Kommunikation zwischen einem Sender und einem Empfänger.

[48](#) Sender hat einen EMail-Verteiler von n Adressen.

[49](#) Öffentliche Verteiler, die grundsätzlich allen Internet-Teilnehmern zugänglich sind.

[50](#) Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 385.

[51](#) Vgl. Gates (Weg), 138.

[52](#) Das Internet ging aus dem 1969 vom amerikanischen Verteidigungsministerium aufgebauten ARPANET hervor, daß 1972 für Universitäten und Forschungseinrichtungen geöffnet wurde.

Vgl. Maier (Welt), 7.

[53](#) Das World Wide Web ist ein Informationsdienst, der das Internet benutzerfreundlich gemacht hat, indem es die Navigation und das Suchen von Daten erleichtert.

[54](#) Vgl. McLaughlin (Usenet), 91.

[55](#) MUD wurde als Rollenspiel von Roy Trubshaw und Richard Bartle Ende der 70er Jahre entwickelt und im Internet plaziert.

[56](#) Vgl. Jones (Cybersociety), 7. In den Spielen der MUDs begegnen sich "Bots" (Robots)

und "Borgs" (Cyborgs).

[57](#) Marc Andreessen entwarf den Browser Mosaic und gründete später mit Jim Clark die Firma Netscape.

Die Strategie von Netscape ist es, Browser-Programme zu verschenken. Damit ist die Erwartung verbunden, daß die Kunden Links zu Netscape schalten.

[58](#) Insbesondere die Web-Seiten-Gestaltung durch Windows -Frontpage macht Konkurrenzprodukten wie Netscape Gold und Backstage von Macromedia Marktanteile streitig.

[59](#) Um die Fähigkeiten von Web-Browsern, z.B. für Multimediaanwendungen zu erweitern ist ein sogenannter "Plug-In" oder "Add-in-Software" notwendig. Eine andere Möglichkeit Ton und Bewegung in Browser zu integrieren sind "Applets", d.h. kleine Programme, die von einem Server über das Internet übertragen werden und auf dem Rechner des Anwenders ausgeführt werden (z.B. das Java Applet oder Shockwave).

[60](#) Vgl. Gates (Weg), 123.

[61](#) Vgl. Tapscott (Economy), 111.

[62](#) Vgl. Koelsch (Infomedia), 118f.

[63](#) Vgl. Chai (Cyberstocks), 56.

[64](#) Vgl. Nelson (Literature), 100.

[65](#) Dies sind im Grunde ASCII-Texte.

[66](#) Durch Angabe des Protokolls http:// sowie des Internetrechners (z.B. www.web.de) auf dem die gewünschten Daten gespeichert sind.

[67](#) Die Fähigkeit zur Datenkompression ist die entscheidende Komponente für die Digitalisierung von Bildern und Video.

[68](#) Java wurde konzipiert, um betriebssystemunabhängig Programme zum Ablauf zu bringen.

[69](#) Objektorientierte Modelle erlauben heute die Beschreibung komplexen Verhaltens auf einer hohen Abstraktionsstufe, was insbesondere für Hypermedia-Anwendungen von besonderer Bedeutung ist.

[70](#) Vgl. Gates (Weg), 105f.

[71](#) Vgl. Idensen (Kunst-Netzwerke), 382.

[72](#) Vgl. Glider (Television), 70.

[73](#) Dies wird auch das Internet-Surfen über den Fernseher ermöglichen. Gates kaufte deshalb für 425 Millionen Dollar die Firma Web-TV, mit deren Technik das weltweite Datennetz für das Massenpublikum erschlossen werden kann. Der Verbraucher benötigt hierfür nur eine sogenannte Set-Top Box.

[74](#) Vgl. Negroponte (Digital), 77.

[75](#) Vgl. Roszak (Information), 209.

[76](#) Vgl. Roszak (Information), 215.

[77](#) Geld verdienen zunächst lediglich die Anbieter der Lockmittel und die Netzbetreiber.

[78](#) Vgl. von Neumann (Brain), 3 u. 22.

[79](#) Bei der Übertragung von Signalen gibt es drei Verfahren:

Simplexverfahren: Übertragung in nur eine Richtung

Halbduplexverfahren: wechselseitiger Sende- und Empfangsbetrieb, jedoch nicht gleichzeitig

Duplexverfahren: wechselseitiger, gleichzeitiger Sende- und Empfangsbetrieb

[80](#) Vgl. Rössler (Hierarchy), 36.

[81](#) Besonders mobile PCs sind Notebooks bzw. Laptops.

[82](#) Ein am Arbeitsplatz eines Teilnehmers installierter Hochleistungsrechner.

[83](#) Hochleistungsrechner, dessen Zentraleinheit mehrere Arbeitsplätze bedient.

[84](#) Einsatz in Rechenzentren von großen Organisationen.

[85](#) Hochleistungsrechner für technisch-wissenschaftliche Aufgabenstellungen in Form eines Vektor- oder Parallelrechners.

[86](#) Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 51.

[87](#) Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 45.

[88](#) Ein Programm, daß in Maschinensprache abgefaßt ist, wird Objektcode genannt, ein nicht in der Maschinensprache abgefaßtes Programm wird als Quellcode bezeichnet.

[89](#) Bei Interpretern werden die Befehle in den Zeilen sofort ausgeführt.

[90](#) Betriebssysteme (Operating Systems) sind die Programme, die auf der Hardware installiert werden, um die möglichen Betriebsarten festzulegen und die Abwicklung von Programmen steuern und überwachen. Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 862.

[91](#) Betriebssysteme, Datenbankverwaltungssysteme, Netzwerkssteuerungssysteme sowie Programm-entwicklungssysteme.

[92](#) Technisch/wissenschaftliche Programme, Kommerzielle Programme für Organisationen und Märkte.

[93](#) Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 170.

[94](#) Auf Mehrfachnutzung ausgelegte Software wie z.B. Microsoft Office.

[95](#) Für einen spezifischen Anwendungsfall erstellte Software.

[96](#) Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 1031.

[97](#) Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 63.

[98](#) Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 178f.

[99](#) Was auch Customizing genannt wird.

[100](#) SAP ist mit den Produkten R/2 und R/3 zum Weltmarktführer betriebswirtschaftlicher Standard-Software geworden. Das Problem von SAP ist, daß diese Programme entwickelt haben, die Differenzen zwischen unterschiedlichen Computersystemen überwinden, was jedoch durch Netzstandards zukünftig viel einfacher als durch eine bestimmte Software geschehen kann.

[101](#) Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 191.

[102](#) Vgl. Hansen (Wirtschaftsinformatik), 191.

[103](#) Vgl. Haefner (Computers), 142.

[104](#) Vgl. Haefner (Computers), 133.

[105](#) Vgl. Haefner (Computers), 125.

[106](#) Vgl. Haefner (Computers), 128f.

[107](#) Vgl. Haefner (Computers), 133.

[108](#) Vgl. Haefner (Computers), 127.

[109](#) Hierbei wird der Algorithmus in Teilaufgaben zerlegt.

[110](#) Vgl. Haefner (Computers), 141.

[111](#) Single Instruction Single Data.

[112](#) Multiple Instruction Single Data.

[113](#) Single Instruction Multiple Data.

[114](#) Multiple Instruction Multiple Data.

[115](#) Vgl. Haefner (Computers), 157.

[116](#) Johnson schlug vor, solche Computer "Cognizer" zu nennen. Vgl. Johnson (Cognizers), 6.

[117](#) Da hierbei hoch-dimensionale Räume gebildet werden können, wurde von Ingo Rechenberg vorgeschlagen, das Konzept auf Nukleinsäuren anzuwenden, um so Mutationssprünge besser analysieren zu können. Vgl. Eigen (Selbstorganisation), 127.

[118](#) So entspricht z.B. die Höhenverteilung der Erdoberfläche einer Selektionsverteilung im Sequenzraum. Vgl. Eigen (Selbstorganisation), 129.

[119](#) Wir haben ungefähr 100 Milliarden Neuronen mit je 1.000 Verknüpfungen zu anderen Neuronen, d.h. ungefähr 100 Billionen Verknüpfungen, von denen jede mit Rechenfähigkeit ausgestattet ist.

Wenn 1% davon aktiv ist, ergibt das eine Billion Rechenvorgänge in 5 Millisekunden oder rund 200 Billionen Rechenvorgänge pro Sekunde.

[120](#) Vgl. Clarke (leben), 80.

[121](#) Staeck (Plakate), 112.

[122](#) Vgl. Adams (Galaxis), 147.

[123](#) Vgl. Bestenreiner (Spiegel), 10.

[124](#) Vgl. Ruelle (Chaos), 138.

[125](#) Vgl. von Foerster (Einsicht), 85.

[126](#) Vgl. Wiener (Kybernetik), 192.

[127](#) Oeser (Informationsbegriff), 116, 123.

[128](#) Eigentlich handelt es sich hierbei um eine Informationstheorie, die der Charakterisierung von dynamischen und strukturellen Eigenschaften von Systemen in Bezug auf den Informationsgehalt dient.

[129](#) Oeser (Informationsbegriff), 118.

[130](#) Der Zusammenhang zwischen Entropie und Information wurde 1929 von Leo Szilard entdeckt.

[131](#) Ruelle (Chaos), 137.

[132](#) Vgl. Ruelle (Chaos), 4.

[133](#) Wiener (Kybernetik), 38.

[134](#) Syntax: die Grammatik von Datensätzen.

[135](#) Vgl. Atmanspacher (Metis), 207.

[136](#) Vgl. Roth (Gehirn), 94.

[137](#) Medien-Nachrichten sind von Journalisten selektierte "Ereignisse" aufgrund deren Konstruktionen von relevantem und aktuellem Geschehen.

[138](#) Vgl. Bateson (Geist), 123.

[139](#) Vgl. Atmanspacher (Metis), 77.

[140](#) Vgl. Flusser (Universum), 97.

[141](#) Vgl. Flusser (Universum), 98..

[142](#) Zum Vergleich: eine Bibliothek mit 1 Milliarde Büchern beinhaltet ungefähr $2 \cdot 10^{15}$ bits.

[143](#) Vgl. Beer (Brain), 49.

[144](#) Vgl. Küppers (Information), 251.

[145](#) Vgl. Rössler (Hierarchy), 37.

[146](#) Beer (Heart), 283.

[147](#) Informationen können jedoch auch stabilisieren, deshalb könnte man ergänzend sagen:

Informationen sind, was uns beschäftigt.

[148](#) Die Redundanz hat sich insbesondere beim Flugzeugbau bewährt, bei dem lebensnotwendige Systeme teilweise vierfach ausgelegt werden, um einen Totalausfall zu verhindern.

Redundante Datensicherung beim PC erfordert eine Speicherung der Daten auf der Harddisk, auf Disketten, auf einem zweiten Rechner oder durch einen Streamer auf einem Magnetband, um diese bei einem Ausfall des Rechners nicht zu verlieren.

[149](#) Vgl. Ulrich (Reflexionen), 22.

[150](#) Allerdings ist eine vollständige Redundanz abzulehnen, da diese totalitäre Züge trägt.

[151](#) Vgl. Riedl (Strategie), 113.

[152](#) Vgl. Pagels (Reason), 302.

[153](#) Hierbei hängt die Akzeptanz einer neuen Vorstellung von ihrer Plausibilität in Relation zu bisher akzeptierten Vorstellungen ab.

[154](#) Mengentheoretisch lautet Russells berühmter Satz: Die Menge aller Mengen, die sich selbst nicht als Element enthält, kann weder sich selbst als Element enthalten, noch sich selbst nicht als Element enthalten.

[155](#) Vgl. Pagels (Reason), 299f.

[156](#) Vgl. Churchland (Maschine), 122.

[157](#) Aristoteles benennt zwei Arten von Wahrheit, die logische Wahrheit (Notwendigkeit) und die faktische Wahrheit (Kontingenz). Auch für Hume gab es diese zwei Arten von Wahrheiten, die er als Urteile über Begriffsbeziehungen (Vernunftwahrheiten) und Urteilen über Tatsachen (Tatsachenwahrheiten) beschrieb.

Vgl. Wiedmann (Philosophie), 125.

[158](#) Vgl. von Foerster (Einsicht), 25.

[159](#) Deshalb können auch Ordnung oder Deterministisches Chaos (siehe Kapitel 2.3.2) keine objektiv

wahren Sachverhalte sein, sondern nur vom Interface abhängige Aspekte der subjektiven Wirklichkeit.

[160](#) Vgl. Casti (Inside), 125.

[161](#) Die Jugendkultur Techno liefert die subkulturelle Basis für die Durchsetzung der universellen Turing-Maschine in unsere Alltagswelt. Vgl. Lovink (Netzkritik), 238.

[162](#) Vgl. Kurzweil (Intelligenz), 112.

[163](#) Vgl. Bruner (Meaning), 6.

[164](#) Von Foerster (Einsicht), 20.

[165](#) Vgl. Weizenbaum (Computer), 105.

[166](#) Weizenbaum (Computer), 93.

[167](#) Eine Turing-Maschine kann ebenfalls nicht die Korrelationen der Quantenmechanik berechnen, denn für die Simulationen von Nichtlokalitäten wäre ein Quantencomputer erforderlich. Wenn Quantenkorrelationen jedoch bei den Aktivitäten der Neuronen eine besondere Rolle spielen, so kann eine Turing-Maschine kein menschliches Gehirn simulieren und wir könnten hoffen, daß wir als Menschen das obige Problem trotzdem lösen könnten. Vgl. Pagels (Reason), 307.

Aber auch wenn biologische Systeme keine Turing-Maschinen repräsentieren sollten, so können wir jedoch das biologische Prinzip der Selbstorganisation sehr leicht auf Computer übertragen.

[168](#) Vgl. Casti (Complexification), 135.

[169](#) Vgl. Hofstadter (Gödel), 598.

[170](#) Vgl. Hofstadter (Gödel), 610.

[171](#) Vgl. Pagels (Reason), 294.

[172](#) Vgl. Nagel (Proof), 58.

[173](#) Vgl. Rössler (Within), <http://www.aec.at/fest/fest92e/ross.html>, September 1997.

[174](#) Die Theoreme bilden deshalb die Grundlage für die Abgrenzung von Endowelten.

Vgl. Kampis (Change), 20.

[175](#) So geht bei Online-Diensten regelmäßig Post verloren, die dann in Endlosschleifen im Internet zirkuliert.

[176](#) Vgl. Atmanspacher (Metis), 39f.