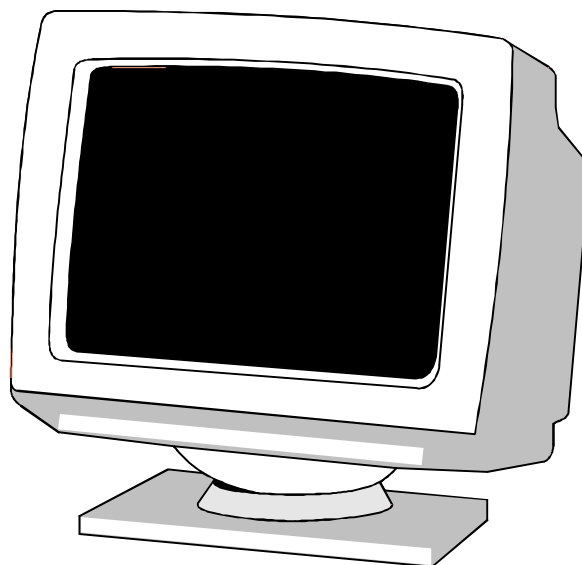
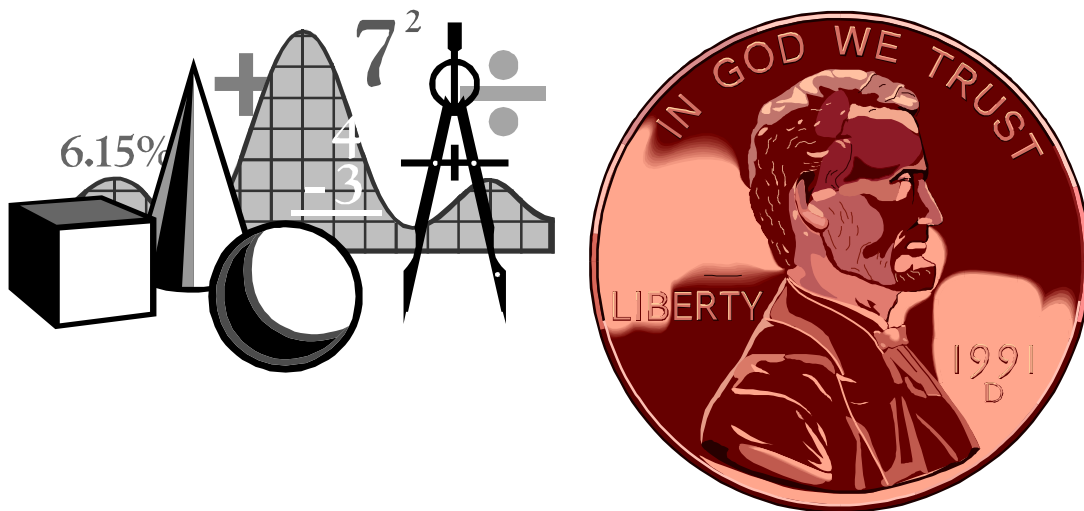


Grundzüge der WIRTSCHAFTSINFORMATIK I



Hardy Hanappi
(überarbeitet von Sascha Nemecek)

Grundzüge der WIRTSCHAFTSINFORMATIK

Universitätsdozent Mag. Dr. Hardy Hanappi

Inhalt

DIE POSITION DER WIRTSCHAFTSINFORMATIK ALS WISSENSCHAFTLICHE DISZIPLIN	3
HISTORISCHER ZUGANG	5
<i>Von der Philosophie zur Sozialwissenschaft - ein Überblick.</i>	5
<i>Politikwissenschaft</i>	7
<i>Soziologie</i>	11
<i>Ökonomie</i>	12
LOGISCHE ABGRENZUNG ZU ANDEREN DISZIPLINEN.....	14
<i>Wirtschaftswissenschaften</i>	14
<i>Strukturwissenschaften</i>	15
<i>Informatik</i>	16
<i>Andere Disziplinen</i>	17
PERSPEKTIVEN	18
DIE SOZIALWISSENSCHAFTLICHE KOMPONENTE	20
DAS DILEMMA DER 'ECONOMICS OF INFORMATION'	20
<i>Aneignung von Information</i>	20
<i>Produktion von Information</i>	29
<i>Innovationstheorien</i>	30
<i>Ideologische Manipulation</i>	33
ANSÄTZE EINER POLITISCHEN ÖKONOMIE DER INFORMATION	36
<i>Firmen und Infrastruktur</i>	38
<i>Institutional Economics</i>	40
KOMMUNIKATIONSPROZESSE	42
<i>Regulierung und Zugang zu Medientechnologien</i>	48
METHODISCHE PROBLEME.....	48
<i>Repräsentative Entitäten:</i>	48
<i>Ceteris-Paribus Klausel:</i>	49
<i>Nutzenmaximierung:</i>	49
<i>Gleichgewichtsanalyse:</i>	50

DIE STRUKTURWISSENSCHAFTLICHE KOMPONENTE.....	51
SPRACHE UND MODELL	51
<i>Konsistenz</i>	52
<i>Relevanz</i>	52
<i>Abstraktionsgrad</i>	52
<i>Zeitdimension:</i>	52
<i>Lernen:</i>	52
EMPIRIE UND ANALYTISCHE METHODEN	54
<i>Induktion und Deduktion im Wissenschaftsprozess</i>	54
ALGORITHMUS UND SIMULATION.....	56
DIE TECHNISCHE KOMPONENTE.....	58
RECHNER.....	58
<i>Architektur und Technik</i>	58
<i>Komponenten und Arbeitsweise</i>	59
<i>Beurteilungskriterien</i>	64
<i>Entwicklungstendenzen</i>	67
BETRIEBSSYSTEME.....	69
<i>Aufgaben und Arbeitsweise</i>	69
<i>Typen von Betriebssystemen</i>	72
PROGRAMMIERSPRACHEN	74
<i>Sprachgenerationen</i>	74
<i>Übersetzungsprogramme</i>	77
KOMMUNIKATIONSSYSTEME.....	78
<i>Kapitelübersicht</i>	78
TECHNISCHE GRUNDLAGEN DER KOMMUNIKATION.....	80
<i>Geräte, Leitungen und Verfahren</i>	80
<i>Schnittstellen und Protokolle</i>	85
STANDORTÜBERGREIFENDE NETZE	87
<i>Rechtliche Situation und Anbieter</i>	87
<i>Fest- und Funknetze</i>	90
<i>Mehrwertdienste</i>	95
RECHNERNETZE	97
<i>Grundlagen</i>	97
KOMMENTIERTES LITERATURVERZEICHNIS:.....	100

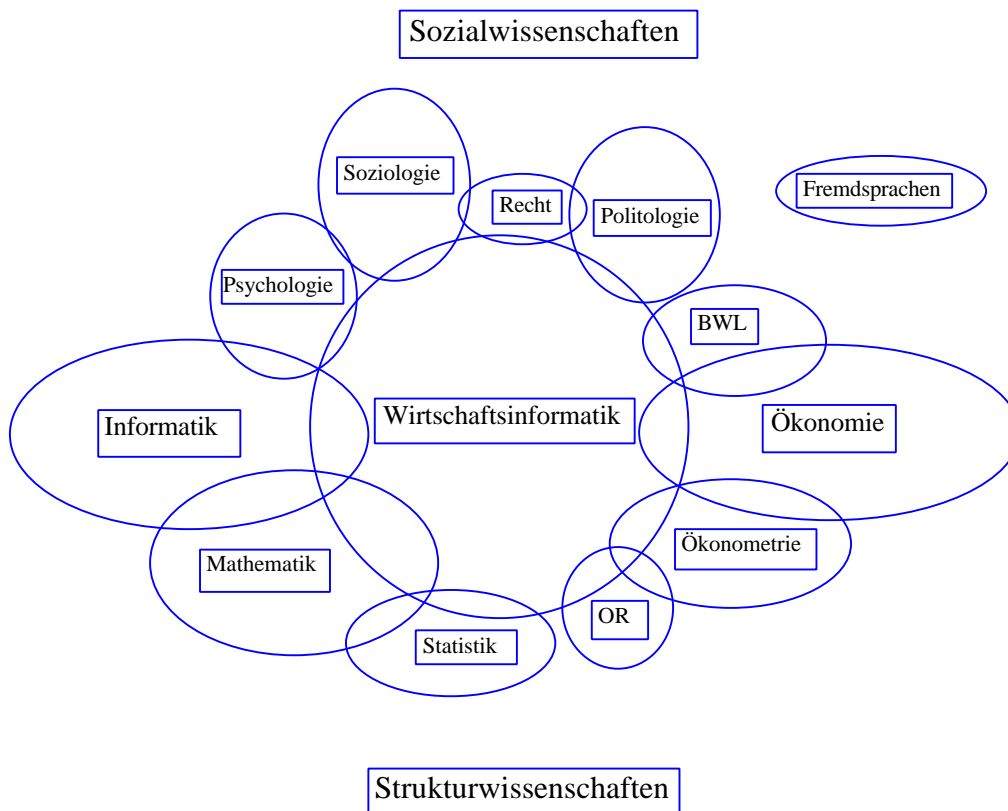
Die Position der Wirtschaftsinformatik als wissenschaftliche Disziplin

Die Wirtschaftsinformatik ist eine sehr junge Disziplin, ihr Anspruch eine eigenständige Wissenschaft zu sein ist nach wie vor umstritten. Auch wenn die Einführung von wirtschaftsinformatischen Studien an Universitäten in den letzten 20 Jahren und die in der Folge eingetretene große Beliebtheit dieses Studiums unübersehbar sind, so ist dieser Erfolg leider nicht von einer entsprechenden fundamentalen Herausarbeitung des Wesens wirtschaftsinformatischer Forschung begleitet gewesen. Nach wie vor scheint der Kern der Disziplin nichts anderes als eine lose zusammenhängende Sammlung von Randgebieten anderer, älterer Disziplinen zu sein. Kohärenz scheint nur durch die Anforderungen des Arbeitsmarktes, auf dem sogenannte 'Generalisten' - Akademiker die eine Mischung aus Teilgebieten mehrerer etablierter Studien beherrschen - gefragt sind, gegeben zu sein. Manche Proponenten der Wirtschaftsinformatik gehen sogar so weit zu behaupten, daß eine darüber hinausgehende einheitliche Theorie der Wirtschaftsinformatik wohl kaum möglich sein werde [Lehner/Hildenbrand/Maier, 1995, S.10]. Dagegen spräche schon die teilweise geringe Überschneidung der unter diesem Begriff momentan subsumierten Ansätze.

Nun ist die Diagnose des gegenwärtigen Zustands, die die genannten Autoren bieten, zwar zutreffend, es ist jedoch falsch daraus auf eine prinzipielle Unmöglichkeit einer einheitlichen Theorie der Wirtschaftsinformatik zu schließen. Im folgenden wird der Versuch unternommen genau dazu einen Beitrag zu leisten.

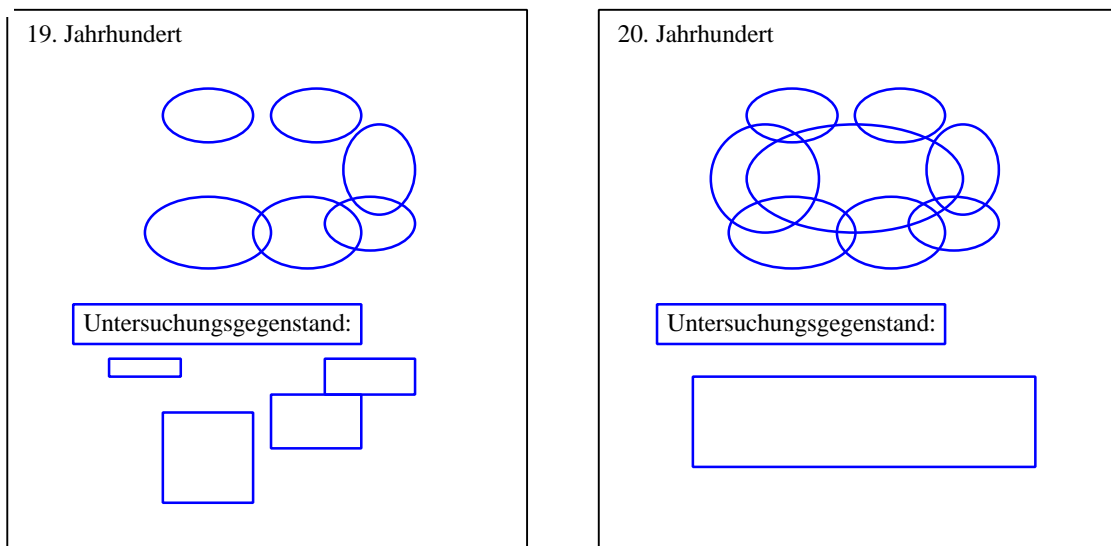
Der Grundgedanke des hier vertretenen Ansatzes kann folgendermaßen zusammengefaßt werden:

Abbildung 1: Wirtschaftsinformatik und umgebende Disziplinen



Gegenwärtig sind zumeist die in Abbildung 1 dargestellten etablierten Wissenschaftsdisziplinen mit Teilgebieten im Bereich Wirtschaftsinformatik vertreten. Soll Wirtschaftsinformatik eine eigenständige Disziplin sein, so ist zu klären, welcher Inhalt im Kern, also nicht von Teilen anderer Disziplinen überdeckt, zu behandeln ist. Um das zu bewerkstelligen empfiehlt es sich den Untersuchungsgegenstand auf den sich diese Kernwirtschaftsinformatik bezieht näher ins Auge zu fassen. Gibt es einen solchen einheitlichen Untersuchungsgegenstand nämlich nicht, so wäre die Entwicklung einer eigenständigen Disziplin hinfällig. In der Tat hat es einen solchen Untersuchungsgegenstand im vorigen Jahrhundert nicht gegeben, es läßt sich jedoch leicht zeigen, daß sich in diesem Jahrhundert ein solcher entwickelt hat: Im 20. Jahrhundert ist eine Verflechtung ökonomischer, politischer, technischer und informationsverarbeitender Prozesse eingetreten, die jeden einzelnen dieser Aspekte nur vor der gleichzeitigen Behandlung aller anderen Prozesse sinnvoll beschreibbar werden läßt. Es ist also die Dynamik des zu untersuchenden Gesellschaftsprozesses, die eine Disziplin Wirtschaftsinformatik notwendig werden läßt. Wie Grafik 2 veranschaulichen soll, sind wissenschaftliche Disziplinen also etwas, das zu bestimmten Zeitpunkten entsteht und zu bestimmten Zeitpunkten auch wieder obsolet werden kann indem es in anderen Disziplinen aufgeht - ein dynamisches Phänomen.

Abbildung 2: Entstehung der Wirtschaftsinformatik als Konsequenz der Entwicklung ihres Untersuchungsgegenstandes



Das Phänomen Wirtschaftsinformatik kann, und daraus folgt die Gliederung die in der Folge verwendete Gliederung, unter drei unterschiedlichen Aspekten diskutiert werden: einem sozialwissenschaftlichen Aspekt, einem strukturwissenschaftlichen Aspekt und einem technischen Aspekt. Jeder dieser Aspekte kann klarerweise auf die Erkenntnisse, besser noch auf die Probleme einiger unter ihm subsumierten Disziplinen zurückgreifen. So teilt sich etwa die Sozialwissenschaft in Ökonomie, Politikwissenschaft und Soziologie (um nur die wichtigsten zu nennen); die Strukturwissenschaften in das Schwergewicht Mathematik und seine stärker algorithmisch, wahrscheinlichkeitstheoretisch oder ökonometrisch orientierten Partnerdisziplinen; die technischen Wissenschaften in eine Informatik, die selbst in Definitionsschwierigkeiten steckt, und verschiedene andere Ingenieurwissenschaften.

Diese, im wesentlichen historische Argumentation für die Notwendigkeit unserer Disziplin führt auf die Notwendigkeit einer historischen Diskussion des Informationsbegriffes selbst. Nicht nur um einen der wichtigsten Begriffe zu definieren - Definitionen sind ja stets erst das Endergebnis einer oft langwierigen Etablierung von Begriffen - sondern auch um die Relevanz des in der Folge verwendeten, breiteren begrifflichen Instrumentariums plausibel zu machen.

Das folgende Kapitel beschreibt daher die Begriffe „Information“ und „Wissen“ unter der Perspektive der Entstehung der Sozialwissenschaften. Als Arbeitshypothese wird dabei unterstellt, daß Wissen einfach akkumulierte Information ist. Es ist dabei jedoch auch zu beachten, daß dieser in historischer Zeit ablaufende Akkumulationsprozeß durchaus auch Subtraktion von Informationen aus Wissensbeständen, also Vergessen, beinhalten kann.

Historischer Zugang

Von der Philosophie zur Sozialwissenschaft - ein Überblick.

Wissenschaftliche Erkenntnis entsteht aus vorwissenschaftlichem Erfahrungswissen, wenn dieses von der Wissenschaftlergemeinschaft als "allgemeingültig, geordnet und überprüfbar" erachtet wird. Wie Karl Popper¹, die zentrale Figur der erkenntnistheoretischen Schule des „Positivismus“, feststellt, ist damit die Beurteilung der Wissenschaftlichkeit einer Theorie einer Gruppe als Wissenschaftler geltender Menschen überantwortet. Thomas Kuhn², Imre Lakatos³ und andere Epigonen Poppers⁴ haben bemerkt, daß diese Sichtweise eine träge und kontinuierlich erfolgende Wissensentwicklung prognostizieren müßte: Poppers Wissenschaftlergemeinschaft fände wenig Anlaß *neue*, ihren eigenen alten Forschungsergebnissen widersprechende Theorien zu akzeptieren. Nur in seltenen, durch Ergebnisse von Experimenten unausweichlich gewordenen Problemfällen könnte eine Erweiterung herrschender Theorie stattfinden. Wie Kuhn für die Physik nachweist, verlief der historisch beobachtbare Wissenschaftsprozess anders. Auf Phasen Popperscher "Normalwissenschaft" folgen Durchbrüche neuer "Paradigmen". Das Neue an Kuhns eigenem Ansatz ist, daß er auf Geschichte und Entstehung von Wissenschaft bezug nimmt, um den realen Prozeß besser beschreiben zu können. Sein Versuch einer Dynamisierung der positivistischen Weltsicht bleibt jedoch bei der Beschreibung einzelner Fälle von "Entstehung des Neuen" stehen⁵, ist in diesem Verharren im Deskriptiven selbst positivistisch. Gerade im Bestehen darauf, daß nur das unmittelbar empirisch beobachtbare - das "Positive" - Gegenstand der Wissenschaft sein könne liegt ja der Kern der positivistischen Weltsicht. Als Kampfansage an die religiöse Weltsicht des Mittelalters ist der Positivismus daher bis heute als ein Kind der französischen Aufklärung kenntlich⁶. Er ist jedoch nicht das einzige Kind.

¹) Die Literaturhinweise auf die wichtigen Werke der erwähnten Autoren sind immer nur als Hinweise für mögliche Vertiefungen in Details zu verstehen. Eine kurze Charakterisierung der Bücher findet sich am Ende dieses Skriptums. In diesem Sinne sei hier Poppers Buch [Popper, 1973] erwähnt.

²) [Th. Kuhn, 1967]

³) [I.Lakatos, 1982]

⁴) Eine neuere, aufschlußreiche Zusammenfassung des Niederganges des positivistischen Paradigmas findet sich bei [B.Caldwell, 1982].

⁵) [Th. Kuhn, 1977]

⁶) Der Ahnherr des älteren Positivismus ist Auguste Comte [A.Comte, 1979 (1844)], der uns auch im Zusammenhang mit der Entstehung der Soziologie begegnen wird.

Wie Descartes bemerkt, ist das wesentliche an der Kritik der religiösen Weltansicht nicht die Existenz von Vertretern eines Gegendogmas, nicht die Ratio einer aufgeklärten Wissenschaftlergemeinschaft, sondern die *Methode der Kritik* selbst⁷. Einzig das Zweifeln ist als unbezweifelbar zu betrachten. Es ist die Methode der Kritik, die erstarrte Positivismen aufzubrechen vermag und sie hat hierbei einen mächtigen Verbündeten: die Praxis. Wo immer der positivistisch versuchte Fachwissenschaftler an letzten Begriffen, an "Sachverhalten" und "Gegenständen", angekommen zu sein glaubte, entriß ihm die experimentelle Praxis eines seine Theorie bezweifelnden Konkurrenten schon bald die neuen Götter. Jede Empirie ist durch Begriffe vermittelt, der Begriff der "Unmittelbarkeit", der "unmittelbaren Einsichtigkeit", ist selbst ein Dogma. Anstatt von einem scheinbar unmittelbar Einsichtigen auszugehen und zu deduzieren, besteht die Aufgabe der Wissenschaft vielmehr darin, das hinter der Oberfläche der unmittelbaren Erscheinung verborgene Wesen der zugrundeliegenden Prozesse zu ergründen. Ihr Zweifel am unmittelbar Gegebenen ist ihre einzige Existenzberechtigung. Der neuere Positivismus des ausgehenden 20. Jahrhunderts hat sich auf das Gebiet der Logik zurückgezogen. Er beschäftigt sich mit Ableitungsregeln und der inneren Konsistenz von Aussagensystemen und postuliert diese als letztes, unmittelbar Gegebenes. Die Verbindung zur Außenwelt durchschneidet der junge Wittgenstein, Repräsentant dieses neopositivistischen "logischen Apriorismus", durch lapidare Tautologien: "Die Welt ist, was der Fall ist."⁸ Damit scheint zwar die Logik vor allem Zweifel gerettet zu sein, doch ist sie in dieser Strenge auch für alle Praxis *unbrauchbar*! Es gibt keine unproblematisch gegebenen, einfachen "Gegenstände" auf die logische und mathematische Formalismen bloß anzuwenden wären. Der reife Wittgenstein bemerkt das und gesteht eine gewisse Beliebigkeit der Anwendung eines Formalismus ein, wenn er von sogenannten "Sprachspielen" spricht⁹. Damit ist aber auch bei ihm die positivistische Weltansicht zusammengebrochen: gibt es keine Wahrheit die die "Dinge" in ihrer Unmittelbarkeit positiv und *eindeutig* aussprechen, so ist Wissenschaft prinzipiell Arbeit an der Vieldeutigkeit der Begriffe, Kritik am Gegebenen, und in diesem Sinne "negativ". Ableitungsregeln, mathematische und sprachliche Konventionen können dabei enorm helfen, gerade der Erfolg der Physik belegt dies, dennoch erschöpft sich der Wissenschaftsprozeß nicht in deren Anwendung. Es sind vielmehr gerade die Schwierigkeiten, die die Formalwissenschaften mit einer brauchbaren Beschreibung ihres Gegenstandsbereiches haben, die ihre eigene Entwicklung vorantreibt¹⁰. Erst in diesem Wechselspiel zwischen Theorie und Praxis, und nicht als "logisches Apriori", werden die Formalwissenschaften auch in ihrer Genese verständlich. Die Chance einer Wissenschaft Wirtschaftsinformatik liegt aus dieser Sicht gerade darin, wieder näher an ihren Gegenstandsbereich heranzukommen, und von ihm zu lernen, als es zum Beispiel der klassischen Mathematik, der Nachrichtentechnik oder der klassischen Ökonomie möglich wäre. Doch was ist der Gegenstandsbereich der Wirtschaftsinformatik?

Es geht bei dieser Disziplin vor allem zwei erklärungsbedürftige Begriffe: "Sozialwissenschaft" und "Information" (und damit „Wissen“). Diese sind zu kritisieren.

Der Begriff "Information" ist ein sehr moderner Begriff. Viele der Phänomene, die wir heute mit diesem Begriff bezeichnen haben zu anderen Zeiten von verschiedenen Wissenschaften verschiedene Namen erhalten. Ein guter Teil der in der *Informatik* ablaufenden Diskussion um den Informationsbegriff würde, rückübersetzt in die Sprache älterer, traditionsreicher Wissenschaften dort wohl den Eindruck großer Naivität hinterlassen. So erfrischend und belebend ein neuer, nicht durch klassische Debatten belasteter Diskurs allerdings dort auch wirken mag, so wäre den Vertretern der Informatik dennoch zu raten auch die wichtigsten Entwicklungen des Informationsbegriffes in anderen Wissenschaften zu beachten: wer bestehende Theorie ignoriert, ist dazu verurteilt sie neu zu erfinden.

Aus der hier vertretenen Perspektive sind Begriffe wie der Informationsbegriff nicht bloß "kontextabhängig", sie entstehen und ihre Relevanz verschwindet *in historischer Zeit*. So ist etwa der Begriff der "Ehre" ein wichtiger Begriff für das Verständnis des Mittelalters, eine Relevanz, die ihm sowohl für die Zeit davor als auch danach nicht zukommt. Ein anderes Beispiel, an dem sich die Entstehungsbedingungen für einen Begriff zeigen, ist der Begriff "Arbeit". Erst als die unterschiedlichsten Typen von konkreter Arbeit, die Tätigkeiten des Bauers, der unterschiedlichen Handwerker etc., bereits auf breiter Basis existierten, bekam das theoretische Konstrukt des Begriffes "Arbeit" für die Theoriebildung Gewicht. Begriffe haben ein "Leben", sie sind keine "Gegenstände a priori". Sie werden von Theoretikern geboren und überleben nur, wenn sie eine konkrete Mannigfaltigkeit der Wirklichkeit in der sie erprobt werden in ihrem besonderen Begriff brauchbar als Gedankenkonkretum denkbar machen.

⁷) [R. Descartes, 1980(1637)]

⁸) [L. Wittgenstein, 1978 (1921)]

⁹) [L. Wittgenstein, 1977 (1945)]

¹⁰) Die Theorie der strategischen Spiele ist ein gutes Beispiel für eine solche kreative Rückkopplung einer Beschreibungsproblematik (in der Ökonomie) auf die Mathematik.

Analog zu den beiden anderen Beispielen gilt das auch für den Informationsbegriff. Eine extensive Aufzählung all dessen, was man nicht alles als Information interpretieren könnte, muß daher komplettiert werden durch die Angabe der gesellschaftlichen Bedingungen, die diese neue Sichtweise überhaupt erst entstehen ließen: Erst in Gesellschaften in denen Produktion und Distribution von Ideologie zur entscheidenden Bedingung für ihre Reproduktion wird, also im 20. Jahrhundert¹¹, konnte die konkrete Mannigfaltigkeit von Informationsverarbeitungsprozessen auch auf ihren theoretischen Begriff gebracht werden. Der wesentliche Anstoß kam, wie bei vielen Innovationen, durch die Möglichkeiten großer, erzwungener und zentral koordinierter Anstrengungen typischer Kriegswirtschaften zustande.

Fazit: Die Dynamik der Begriffe (auch des Informationsbegriffes) hängt eng mit der Dynamik der Gesellschaftsprozesse zusammen.

Damit sind wir beim zweiten der zu problematisierenden Begriffe angelangt - den "Sozialwissenschaften". Begriff und damit auch Gegenstandsbereich der Sozialwissenschaften entstanden zugleich mit den modernen Handels- und Industriestaaten im 18. Jahrhundert. Eine Wissenschaft von der Gesellschaft stellte sich die Aufgabe zu ergründen welche versteckten sozialen Gesetzmäßigkeiten die sichtbaren Verhaltensweisen der Individuen und den jeweiligen beobachteten "Wohlstand der Nationen" (so der Titel des berühmten Buches¹² des Ökonomen Adam Smith aus dem Jahre 1763) vermitteln. Die zunehmende Arbeitsteilung und Spezialisierung, die von Smith als der Hauptgrund für die Prosperität einer Gesellschaft bezeichnet wurde, machte auch vor der Einheitlichkeit der Wissenschaft von der Gesellschaft nicht halt. Es entstanden sozialwissenschaftliche Fachdisziplinen wie Ökonomie, Soziologie und Politikwissenschaft.

Jede dieser Disziplinen entwickelte ihre eigene Art mit den Phänomenen, die wir heute als typisch informationswissenschaftliche bezeichnen würden, umzugehen. Für alle gilt aber, daß die meist unterstellte Problematik Information-Individuum in den Sozialwissenschaften zu ersetzen ist durch das Paar Information-Gesellschaft.

Das gelingt nicht immer. Bestimmte sozialwissenschaftliche Schulen haben sich dem sogenannten "methodologischen Individualismus" verschrieben, einem dem Positivismus folgenden methodischen Postulat, das behauptet, jede sozialwissenschaftliche Theorie müsse vom (unmittelbar und "positiv" sichtbaren) Verhalten der einzelnen Individuen ausgehen. Die Besonderheit gesellschaftlicher Organisationsformen verschwindet, wird reduziert zum bloßen Aggregat, zur Summe der individuellen Verhaltensweisen. Abgesehen davon ist jedoch inzwischen hinlänglich klar geworden, daß das isolierte Individuum, das womöglich gar als repräsentativ für alle Individuen der Gesellschaft gelten soll, nicht die unmittelbar gegebene, natürliche kleinste Modellierungseinheit ist, sondern eine äußerst gewagte theoretische Konstruktion darstellt¹³.

Das Thema "Information in den Gesellschaftswissenschaften" ist ein großes Thema. Kaum ein Bereich der Sozialwissenschaften, der davon nicht betroffen wäre, kaum ein Aspekt des Informationsbegriffes zu dem die Sozialwissenschaften nicht wichtiges beizutragen hätten. Es wäre vermessen eine, wenn auch noch so verkürzte, enzyklopädische Behandlung der vorhandenen Ansätze anbieten zu wollen, wo ganze Forscherteams schon bei Teilaspekten in einer Flut ständig anschwellenden Materials untergehen. Statt dessen soll in der Folge eine kleine tour de force durch Politikwissenschaft, Soziologie und Ökonomie unternommen werden, die die Verquickung von Information und Gesellschaft exemplarisch klarmacht.

Politikwissenschaft

Die Folge Politikwissenschaft-Soziologie-Ökonomie wurde nicht zufällig gewählt. Politische Regelsysteme werden meist als *chronologisch älter* als ökonomische Institutionen betrachtet. Das heißt, daß die in frühen Gesellschaften stärker auftretende Organisation durch angedrohte oder durchgeführte physische Gewaltausübung zwar Gegenstand der Politikwissenschaft nicht aber der Ökonomie ist.

¹¹) Selbstverständlich hat die Produktion von Ideologie stets eine große Rolle gespielt. Erst in unserem Jahrhundert ist jedoch der Rückzug physischer Gewalt zugunsten ideologischer Mächte (in entwickelten Industriestaaten und zu Friedenszeiten) in einem Maße fortgeschritten, das bisher unvorstellbar schien.

¹²) [A.Smith, 1974(1789)]

¹³) Die einzige Rechtfertigung dieser Annahme ist, daß nur durch sie bestimmte Modelle analytisch behandelbar werden. Moderne Simulationstechniken nehmen diesem Argument jedoch einiges von seiner Schärfe: wozu offensichtlich realitätsferne Modelle analytisch sauber lösen, wenn andererseits realitätsnahe komplexere Modelle mittels Simulation beliebig gut approximiert werden können.

Umgekehrt ist die Politik der Ökonomie gerade in entwickelten Gesellschaften meist *logisch nachgeordnet*. Sind ökonomische Institutionen, wie zum Beispiel Märkte, einmal entstanden, so werden politische Regelsysteme, die Organisation von Macht, entsprechend diesen Institutionen gestaltet. In diesem Sinne kann in entwickelten Gesellschaften von einer logischen Abhängigkeit der politischen Strukturen von den ökonomischen gesprochen werden. Und zwar genau solange wie diese Kausalitätsrichtung stärker ist als die ihr entgegenwirkende der Determinierung ökonomischer Verhältnisse durch politische Zwänge.

Die soziologische Schichtung einer Gesellschaft schließlich kann als die vermittelnde Struktur zwischen den Polen Politik und Ökonomie betrachtet werden. Empirische Sozialforschung versucht die Transformationsmechanismen der Wechselwirkung zwischen Politik und Ökonomie in der Gesellschaftsstruktur aufzudecken.

Aus der soeben angestellte Überlegung folgt eine interessante methodische Richtlinie: sozialwissenschaftliche Forschung (und die ihr folgende, didaktisch aufbereitete Lehre ihrer Ergebnisse) hat die Alternative zwischen einem, der Geschichte folgendem Nachvollziehen der Entwicklung (einem historischen Ansatz) und einer Untersuchung der logischen Struktur¹⁴ der kontemporären Gesellschaft (einem logischen Ansatz). Wie in der Anatomie des Menschen die Entwicklungslogik der Lebewesen von den Anfängen bis zum fertigen homo sapiens wiedergefunden werden kann, so hofft dieser zweitgenannte "logische Ansatz" in den höchstentwickelten Industriegesellschaften die Spuren ihrer Entstehung - und damit ihre Entwicklungsgesetze - zu entdecken.

Geht man vom historischen Ansatz aus und fragt man nach der Bedeutung von "Information" in frühen Gesellschaften, so springt sofort ins Auge, daß der homo sapiens stets in Gemeinschaften gelebt hat, "Information" also stets im Sinne von Kommunikation innerhalb dieser Gemeinschaften, Tradierung von für die Gemeinschaft wichtigem Wissen etc. zu verstehen ist. Je stärker das Zusammenleben in festgefügte soziale Formen gegossen wird, von der Ackerbaurevolution (Selbsthaftwerdung etwa 7000 v.Chr.) über die Entstehung von Warenproduktion (etwa 700 v.Chr. im Mittelmeerraum), desto stärker und fortgeschrittener erfolgt auch die Codifizierung der für das Sozialwesen relevanten Informationen. Ein ganz zentraler Schritt erfolgt mit der Bündelung von Information in Form von Geld und Preisen. Darauf wird unter „Ökonomie“ noch zurückgekommen.

Schon für die frühesten sozialen Formen kann aber die folgende, auf der Entwicklung der Technik basierende Unterteilung getroffen werden:

- Tradiertes Wissen zur Produktion und Reproduktion der Gesellschaft, technisches Wissen zur Beherrschung der Produktionsprozesse (im folgenden unter dem Begriff "Technik" zusammengefaßt).
- Was technisch nicht beherrscht wird, unbeeinflussbare Störungen der Produktion, werden als Ausfluß "des Willens der Götter" ebenfalls Bestandteil einer Art von Wissen (im folgenden unter dem Begriff "Religion" zusammengefaßt). Es kommt zu einer Projektion der eigenen Macht über die Natur auf nur in der Vorstellung existierende Subjekte (Götter), die als Beherrscher derjenigen Prozesse imaginiert werden, denen die menschliche Gemeinschaft ohnmächtig gegenübersteht.

Schon sehr früh versuchen die Menschen mit den Mächten, die sie als verantwortlich für ihr, von ihnen nicht kontrollierbares "Schicksal" halten, in Verbindung zu treten. Eine eigene Sprache, nachgebildet jener die sie untereinander verwenden, soll die Kommunikation mit dem Unbekannten, den Göttern, herstellen um diese zu beeinflussen, sie günstig zu stimmen. Der Dialog mit dem Unbekannten schafft sich sein eigenes Vokabular und zwar verstärkt sobald sich Spezialisten für diese Aufgabe, Medizinmänner und ganze Priesterkassen, innerhalb der Gesellschaft bilden. Eng mit religiösem Wissen verbunden ist auch die *Kunst*, die ja nicht nur als religiöse Kunst ebenfalls diesen Dialog sucht. Die Betonung des Unterschiedes von "echter" Kunst und bloß technischer Beherrschung der Produktion bestimmter Werke ist bis heute Gegenstand kunsttheoretischer Diskussion.

¹⁴) "Logik" im hier verstandenen Sinn ist natürlich nicht mit dem bei Wittgenstein angesprochenen Begriff "formaler Logik" zu verwechseln.

Die "Priesterkaste" als Mittler zwischen den Göttern und den restlichen Gesellschaftsmitgliedern wird bald nicht nur zum Verwalter religiösen Wissens sondern zunehmend auch Hüter des technischen Wissens¹⁵. An die Seite der aus dem Produktionsprozeß entwachsenden Strukturierung der Gesellschaften nach bestimmten Aufgaben in diesem tritt also eine zweite Teilung in "Informationsbearbeiter" und dem Rest. Zwar wird auch diesem Rest in gewissem Ausmaß Information zur Verfügung gestellt, die Bestimmung dieses Ausmaß selbst ist aber ebenso wie die Erweiterung und Codifizierung des Wissens Aufgabe einer ganz bestimmten Elite. Sind Gesellschaften einmal reicher strukturiert, das heißt, existieren Klassen, Kasten oder dergleichen, und ist das Zusammenleben in dieser Gesellschaft durch bestimmte Herrschaftsverhältnisse geregelt, so wird die politische Macht der herrschenden Gruppen immer auch durch eine, mit Hilfe bestimmter Informationsprozesse ausgeübte, "ideologische" Macht¹⁶ aufrechterhalten. Politische Macht kann demgemäß sein:

- Macht durch *direkte* Gewaltausübung oder
- Macht mittels Kontrolle über Informationsprozesse.

Konzentriert beobachtbar sind die beschriebenen Entwicklungen zunächst in den ersten Ballungsräumen, den Städten. Nicht umsonst verdankt die Politikwissenschaft ihren Namen dem griechischen Stadtstaat, der Polis. Das Studium politischer Macht ist denn auch das Kernstück dieser Fachdisziplin:

"Konstitutiv für politische Wissenschaft ist die Analyse der Bedingungen politischer Macht, ihrer konkreten Erscheinungsformen und der in ihnen wirksamen Entwicklungstendenzen." [W.Aabendroth/K.Lenk, 1968]

Wie sehen nun die "Informationen" aus, deren Kontrolle für die politische Stabilität einer Gesellschaft so wichtig ist? Welche allgemeinen Charakteristika, die über das singuläre Beispiel hinausgehen, können für sie noch gefunden werden? Betrachtet man wiederum die Genese wichtiger Informationen so kann ihre Entwicklung als Wechselspiel zwischen Faktenwissen und prozeduralem Wissen beschrieben werden.

Der *erste Schritt* ist sowohl in "Technik" als auch in "Religion" die Bestimmung der relevanten Entitäten. Sei es die Erschaffung einer mystischen Instanz, die bei Versagen menschlicher Kräfte zu beschwören ist, oder sei es die Postulierung des Begriffes "Energie" als relevante physikalische Entität, stets sind zunächst die Schauspieler festzulegen von denen das Stück handeln soll¹⁷. Auch wenn diese Festlegung manchmal ein langwieriger Prozeß ist, so stellt die fertige Liste der relevanten Entitäten doch Faktenwissen dar. Typische Akteure der Politik sind einzelne Politiker, Stände, Klassen, der (repräsentative) Wähler und ähnliches. In der "Technik" geht es um Produzenten und Gruppen von Produzenten, Arbeitsmaterial, Werkzeug, Orte, Zeitpunkte etc., in der Religion um Götter, Kirche, Laien, aber auch oft um andere Personifikationen wie das Böse, die Erbschuld und so fort.

Im *zweiten Schritt*, der chronologisch vom ersten nicht zu trennen ist, wird der prozedurale Ablauf, der die Entitäten zueinander in Beziehung setzt, gemerkt. Wie man sich das beim einzelnen Individuum vorstellen kann wurde in Teil 2 angesprochen. Was bei Gesellschaften an vorsprachlicher Rezeption prozeduralen Wissens vor sich geht, wird meist noch viel vager, als "Klasseninstinkt" etwa, umschrieben¹⁸.

Im *dritten Schritt* wird das prozedurale Wissen in gesprochene Sprache übertragen. Wie immer es vorher gemerkt wurde - verteilte, parallele Speicherung im nicht-technischen Sinne bietet sich an - nun wird es in eine lineare, weil *zeitlich hintereinander* aufgereiht liegende, Struktur gepreßt. Prozedurales Wissen bekommt damit die in von Neumann Maschinen so gut bearbeitbare Form: es wird Programm (mündliche Einschulung auf technischen Geräten, Predigt oder anderes).

¹⁵) Das läßt sich besonders gut in Zeiten beobachten, in denen technisches Wissen in großem Umfang in Vergessenheit zu raten droht. So waren etwa die Klöster im Mittelalter Hort des technischen Wissens der Antike (vgl. [G.Duby, 1981]).

¹⁶) Als interessante, einführende Literatur in die Ideologietheorien können empfohlen werden: [G.Therborn, 1980], [D.McLellan, 1986], [H.J.Lieber, 1985].

¹⁷) Selbst in der Ontogenese kann diese phylogenetisch erste Phase wiederentdeckt werden. Wie Piaget in seiner eindrucksvollen Untersuchung der Entwicklungspsychologie des Kindes feststellt, spielt das Prinzip der "Erhaltung", also des Wiedererkennens von Entitäten, die erste und überragend wichtige Rolle für alles weitere [J.Piaget, 1983 (1967)].

¹⁸) Eine interessante, frühe Arbeit zu diesem Thema ist [M.Halbwegs, 1985 (1925)].

Im *vierten Schritt* schließlich kann es auch noch in geschriebene Sprache, also in eine räumliche Struktur verwandelt werden. Damit verläßt das prozedurale Wissen das strenge Hintereinander alles zeitlichen und es bedarf folglich einer Interpretation, die das Nebeneinander geschriebenen Textes wieder in eine Sequenz (von vorn nach hinten, von rechts nach links) verwandelt. Erst durch den semantischen Gehalt kann das im geschriebenen Programm erstarrte prozedurale Wissen wieder aktiviert werden. Daher rührt die große Bedeutung von "Sachkundigen", ob sie nun Computer-Manuals auslegen oder Bibelinterpretieren sind.

Jedes geschriebene Programm ist daher, bei Ignorierung seiner Semantik, als räumliche Struktur interpretierbar, während umgekehrt jeder gewachsenen Struktur ihre Genese, der Prozeß ihrer Entstehung, eingeschrieben ist (siehe auch den Anfang dieses Kapitels). Faktenwissen und prozedurales Wissen gehen beständig ineinander über. Wie schon Kant feststellte, scheinen Zeit und Raum zwei Dimensionen aufzuspannen, innerhalb derer unsere (bei Kant: individuelle; hier aber: kollektive) *Erfahrung* stattfindet [I.Kant, 1980 (1781)].

Man könnte nun ganz einfach "Information" als Namen für alles Erfahrene, spekulativ vielleicht sogar als Namen für alles Erfahrbare, verwenden. Jedes Bitmuster, jede durch irgendwelche sozialen Rezeptoren prinzipiell wahrnehmbare Struktur hieße dann "Information". In der Tat ist eine solche Verwendung des Wortes "Information" aber unbrauchbar, weil viel zu weit. Begriffe werden erst dadurch brauchbar, daß es auch etwas gibt, was sie *nicht* bezeichnen. Es ist sozusagen sein Rand, seine Grenze zu dem was durch ihn nicht erfaßt wird, was einen Begriff sinnvoll macht. Der Gedanke, daß ein Begriff auch seiner eigenen Negation als notwendiges Ingredienz bedarf, geht auf den großen Nachfolger und Gegenspieler Kants, auf Hegel, zurück [G.W.F.Hegel, 1979 (1832)].

Die durch kontinuierliche Erfahrung erfolgende stufenweise Negation der in einer Gesellschaft verwendeten Begriffswelt zur Beschreibung von "Technik" und "Religion" trifft aber immer auch auf den Widerstand gegen das Neue, auf die Ignoranz gegenüber Widersprüchen, auf Blindheit gegenüber neuen Strukturen. Erst in diesem feindlichen Klima können die treffendsten neuen Begriffssysteme von schwächeren Vorschlägen geschieden werden. "Information" ist aus dieser politikwissenschaftlichen Sicht nichts anderes als das, was die ältere philosophische Diskussion als brauchbaren Begriff bezeichnet hat. So verstandene "Information" kann mit der Widersprüchlichkeit ihrer Semantik mitwachsen, wie es gerade Beispiele aus Kunst und Religion zeigen. Sie kann aber auch, man denke an die theoretische Physik, aus sich heraus, ohne Anstoß durch eine widersprüchliche Erfahrungswelt, neue Information, ja neue synthetische Aussagen, die erst im Nachhinein durch die Empirie bestätigt werden, produzieren¹⁹.

Der Gegensatz eines so verstandenen Informationsbegriffes zu dem in der Nachrichtentechnik üblichen könnte schärfer kaum sein. War dort der Informationsgehalt einfach über die Häufigkeit des Auftretens eines materiell in einem Medium realisierten Zeichens mehr oder weniger objektiv bestimmbar, so ist der hier damit korrespondierende Begriff der Brauchbarkeit einer "Information", eines Begriffes, von der den Begriff verwendeten Gruppe nicht zu trennen. Er entsteht und vergeht mit den Widersprüchen zu deren Bewältigung er von der ihn verwendeten Gruppe geschaffen wurde. War für die Nachrichtentechnik die strenge Trennung von Syntax, Semantik und Pragmatik der Ausgangspunkt, so nimmt die politische Praxis Syntax und Semantik in ein einheitlich pragmatisch orientiertes Sprachspiel mit hinein, versucht gerade mit der Vieldeutigkeit von Begriffen eine vieldeutige Welt präziser zu treffen als es mit eindeutigen Informationen, die auch eindeutig unbrauchbar sein können, möglich wäre. Begriffe entwickeln sich wie die Gesellschaft selbst: Entstehung und Lösung von Widersprüchlichkeiten ist ihr strukturierendes Prinzip. Den Formalismen der Nachrichtentechnik ist hingegen jede historische Zeit ausgetrieben worden. Starr und zeitlos harren sie ihrer Anwendung, wann durch wen und wozu diese auch erfolgen mag. Veränderung kann ihnen nur durch Unterwerfung unter einen noch allgemeineren, sie als Sonderfall einschließenden Formalismus zuteil werden.

All das sollte nicht als Kritik an der Nachrichtentechnik, für deren Zwecke ihr begriffliches Instrumentarium ja ausreicht, mißverstanden werden. Es sollte nur zeigen wie grundverschieden "Information" im Gegenstandsbereich der Politikwissenschaften verstanden werden muß.

Nur bei Einschränkung auf bestimmte historische Epochen kann dort überhaupt Konkretes gesagt werden. Langfristig bedingt der Stand technischen Wissens die politische Organisation der Gesellschaft. Die dieser Organisationsform entsprechenden sozialen Gruppen produzieren die ihnen jeweils adequat scheinenden Begriffswelten. Von dieser gesellschaftlichen Dynamik gehen aber wiederum die Impulse für eine Erhöhung des technischen Wissens aus. Schneidet man in diesen Zirkel hinein so gilt:

Die relevanten Fragen der Theorie kommen aus der realen Entwicklung.

¹⁹) Es war genau diese unerhörte Eigendynamik der Welt der "Informationen", die Hegel dazu veranlaßte im Prozessieren der Begriffe die grundlegende geschichtliche Bewegung zu sehen, der alle materielle Entwicklung in ihren endlosen Negationen folgen muß.

Soziologie

Wie schon weiter oben ausgeführt, kann die Soziologie als Mittler zwischen den Polen Politikwissenschaft und Ökonomie aufgefaßt werden. Um die erwähnten Transformationsmechanismen in den Schichten der Gesellschaft aufzudecken, muß sie ihren Gegenstandsbereich in einem ganz speziellen Licht betrachten: Die Entitäten soziologischer Forschung sind soziale Strukturen, feste Formen sozialen Verhaltens, die unabhängig von den sie aktualisierenden Individuen gedacht werden können. Die Verfestigung sozialen Verhaltens zu einer, von seinen individuellen Trägern unabhängigen, sozialen Struktur hängt unmittelbar mit der Entstehung und Perpetuierung entsprechender Informationsstrukturen, die von der Soziologie "soziale Normen" genannt werden, zusammen.

Es ist so gesehen daher kein Zufall, wenn der Berührungspunkt zwischen Wirtschaftsinformatik und Sozialwissenschaften meist Soziologie heißt. Dieselben Strukturen, die von der Soziologie gedeutet, und in ihrer längerfristigen Dynamik interpretiert werden sind auch der von der Wirtschaftsinformatik gestaltete, beziehungsweise von ihren Auswirkungen betroffene Bereich "gesellschaftlicher Verkehrsformen".

Die spezielle Sicht, die insbesondere die "empirische Sozialforschung" von ihrem Gegenstandsbereich entwickelt, muß jedoch - und das ist auch für die Wirtschaftsinformatik relevant - kritisiert werden. Verliert die Auseinandersetzung mit den empirisch vorgefundenen sozialen Strukturen nämlich ihre Perspektive, also ihre Mittlerfunktion in einer breiter angelegten Gesellschaftstheorie, so wird sie orientierungslos beliebige Gruppenstrukturen als Rohmaterial für sozialtechnische Eingriffe aufbereiten²⁰. Kommt diese Orientierung nicht aus der Sozialwissenschaft selbst, sondern läuft letztere als "empirische Sozialforschung" in schlecht positivistischem Hang zu allem Sichtbaren jedem partikulären Phänomen nach, so kann diese unglückliche Mischung aus wissenschaftlicher Methodik (statistische Verfahren, Entwicklung eines eigenen wissenschaftlichen Jargons) und unmittelbaren, handwerklerischen Eingreifens in soziale Prozesse (zusammen mit angewandter Psychologie, Wirtschaftsinformatik, Betriebswirtschaftslehre etc.) von genau den Mächten in den Dienst genommen werden, deren Analyse ihre Aufgabe wäre²¹.

Soziologische Ansätze sind daher besonders gefährdet die Eigenständigkeit ihrer Forschung mit einem bewußten Verzicht auf eine Einbettung in einen gesamtgesellschaftlichen, politisch-ökonomischen Kontext zu Verwechseln.

Die angesprochene Unsicherheit bezüglich des Kontexts in dem Soziologie verstanden werden kann drückt sich nicht zuletzt in einem besonders rigorosen Bestehen auf Objektivität und Wertfreiheit der soziologischen Modellbildung aus. Schon der Erfinder des Wortes "Soziologie", Auguste Comte, will die neue Wissenschaft den Naturwissenschaften nachgebildet wissen²² um auch an deren Aura der Objektivität teilzuhaben. Ihm folgt der Papst der deutschen Soziologie, Max Weber, der wie kaum ein anderer die Notwendigkeit der Wertfreiheit der Wissenschaften, und insbesondere der Soziologie, proklamiert²³.

²⁰) Man vergleiche zur Vielfältigkeit partikulärer Themen etwa den oft als Einführungsliteratur verwendeten Sammelband "Elementare Soziologie" [Conrad W./Streeck W., 1980].

²¹) In seiner Kritik der empirischen Sozialforschung, die auch er, ausführlicher als es hier möglich ist, auf den Einfluß der Popper'schen Wissenschaftstheorie zurückverfolgt, schreibt Gerhard Hauck: "Die theoretisch irrelevanten, aber präzisen und reproduzierbaren Ergebnisse der standardisierten Umfrageforschung sind genau das, was die Unternehmer für ihr Marketing und die Parteipolitiker für ihre Wahlkampagnen brauchen. So zeitigt schließlich der Verzicht des Sozialwissenschaftlers, die Relevanz seiner Forschung selbst zu etablieren, die natürliche Konsequenz, daß die Wissenschaft zur Dienstmagd von Partei- und Geschäftsleuten wird, deren Relevanzdefinitionen sie schlichtweg übernimmt." [G.Hauck, 1984, S.121].

²²) Comte war Schüler und Sekretär des utopischen Sozialisten und Aufklärers Saint-Simon. Anders als sein Lehrer war er jedoch nicht so sehr an sozialen Revolutionen, sondern eher an der Objektivierung wissenschaftlicher Methoden interessiert [A.Comte, 1979 (1844)].

²³) Seine diesbezüglichen Texte [M.Weber, 1973 (1914), S.186-310] sind nach wie vor das Credo der Mainstream-Soziologie.

Wesentlich sei, zu unterscheiden zwischen "wie etwas *ist*" und "wie etwas *sein soll*", also zwischen *objektiv* und *normativ*. Verschreibt sich die Soziologie aber der objektiven Beschreibung von Sachverhalten - immer vorausgesetzt, daß das möglich ist und, daß "Sachverhalte" unmittelbar und unproblematisch gegeben sind - so geht dem bürgerlichen Rechtsempfinden doch noch etwas ab: Die ideologische Komponente, die von einer Sozialwissenschaft nichts desto trotz erwarteten Richtlinien zum Handeln, müssen, wenn sie aus dem Inhalt der *objektiven* Analyse nicht folgen dürfen, von außen, als *Moral*, der Wissenschaft hinzugefügt werden. Bis heute ist der Ruf nach einer Wissenschaftsethik, Echo jenes selbstgerechten Anspruchs der Wertfreiheit, nicht verklungen. Oft stellt man sich einen zweistufigen Prozeß vor:

- zuerst wird objektives Wissen produziert,
- danach wird überprüft, ob die Implikationen auch moralisch, ethisch, menschlich etc. vertretbar sind²⁴.

Wie die Forschungspraxis zeigt, sind die beiden Stufen jedoch nicht voneinander zu unterscheiden. Objektive Erkenntnis setzt normativen, gerichteten Erkenntniswillen voraus, während zugleich kein normativer Beweisversuch an Resultaten objektiver Experimente vorbeikommt. Beides ist für den Forschungsprozeß wichtig, Zielgerichtetheit und Lernfähigkeit.

Zurückkommend auf die weiter oben verwendete Terminologie kann also die Transformation von "religiösem Wissen" in "technisches Wissen", das Projekt der Aufklärung, als ein, aus dem bereits erzielten Wissensstand kommender, ihn aber normativ, teilweise intuitiv, erweiternder Informationsgewinnungsprozeß verstanden werden. Der Transformationsprozeß selbst ist dann (stufenweise) Objektivierung der vormals unverstanden benannten Phänomene, Objektivierung von einer Art des Wissens zur anderen. So interpretiert trifft sich die hier vertretene Sicht wieder mit Webers Definition von Soziologie, die auf das "*Verstehen und Erklären von sozialem Handeln*" hinausläuft [M.Weber, 1972 (1922), S.1].

Ökonomie

Der Gegenstandsbereich "Gesellschaft", wie er von der Ökonomie wahrgenommen wird, entsteht mit der Warenproduktion²⁵, also etwa 700 vor Christus. Von Anbeginn an sieht die Ökonomie daher vor allem drei Phänomene in einer Gesellschaft: Arbeitsteilung, Märkte und Geld. Alle drei sind eng mit gewissen Informationsstrukturen auf Seiten der Warenproduzenten verbunden.

Arbeitsteilung bedeutet, daß Produzenten sich auf bestimmte Waren spezialisieren und diese in einem Ausmaß herstellen, das weit über den Eigenbedarf hinausgeht. Sie tun dies aber nur wenn sie *wissen* (Speicherung von Information), daß bei Fertigstellung ihrer Produkte Märkte existieren auf denen sie ihre überschüssige Warenmenge gegen den Überschuß eines anderen Produzenten tauschen können.

Die Abhaltung von Markttagen erfordert aber eine Festlegung und *Bekanntmachung* (Distribution von Information) von Ort, Zeit, Arten gehandelter Ware und anderen relevanten Daten.

²⁴) Aus dieser Vorstellungswelt stammt auch die Rede von der "Verantwortung" des Forschers, der Appell an sein "soziales Bewußtsein". Dabei wird übersehen, daß schon die Wissensproduktion selbst kein *objektiver*, sondern ein interessen geleiteter Prozeß ist, alles Tun des Forschers also bereits in einem gewachsenen, sozialen Umfeld vor sich geht, dessen Selektionsmechanismen eben unterschiedliche Forscherpersönlichkeiten zulassen. Eine nachträgliche Implantation von Verantwortungsbewußtsein gegenüber der Gesellschaft dürfte so gesehen ein löbliches aber eher fruchtloses Unterfangen sein.

²⁵) Selbstverständlich lassen sich auch für Handlungen vor dieser Zeit ökonomische Interpretationen finden. Es ist dies nur der Zeitpunkt wo das sogenannte "ökonomische Prinzip" gesellschaftsweit bestimmend wird. Dieses Prinzip besagt, daß für gegebene Inputs der größtmögliche Output angestrebt wird, was nur Sinn macht, wenn für den Markt und nicht für den Eigenbedarf produziert wird.

Fallen Ort oder Zeit von Verkauf und Einkauf auseinander, so helfen Wertzeichen (anfangs spezielle, dauerhafte, teilbare und allgemein bekannte Waren) als Wertaufbewahrungsmedium, als Geld. Um in dieser Form funktionieren zu können muß Geld allgemein akzeptiert werden. Ebenso wie für die Existenz von Märkten ist dazu eine Autorität nötig, die beides, die Gültigkeit der Zahlungsmittel als auch eine Institutionalisierung der Märkte garantieren kann. Gemeint ist das bisher nicht erwähnte Ferment zur Entstehung der Warenproduktion: ein glaubwürdiger, starker Staat. Warum der Staat als Garant der Stabilität einer Gesellschaft und damit der Gültigkeit, der von den Warenproduzenten gespeicherten Informationen, zunächst nicht genannt wurde besteht darin, daß er eigentlich eine politische Institution ist, deren Existenz zwar chronologisch vor den ökonomischen Elementen anzusiedeln ist, die aber in entwickelten Gesellschaften der ökonomischen Entwicklung logisch folgen muß. Langfristig führt die Existenz der Märkte zur Auflösung der Nationalstaaten und zur Entstehung globaler, ordnungspolitischer Institutionen. Auch zur Garantie des Geldes muß der einzelne Nationalstaat bei einer immer internationaler werdenden Wirtschaft nicht mehr herhalten. Geld wird immer abstrakter, ist immer weniger an Edelmetalle oder Garantien einzelner Regierungen gebunden, erlangt immer deutlicher seinen gesamtgesellschaftlichen Status. In einer modernen Definition: "Money is, what is accepted as money".

Neben der Wertaufbewahrungsfunktion und der Zahlungsmittelfunktion hat Geld aber noch eine andere, eng mit Informationsstrukturen verbundene Aufgabe, jene der Rechenheit. Wie man sich leicht überlegt, muß ein Warenproduzent in einer Wirtschaft mit n Waren genau $(n^2-n)/2$ verschiedene Austauschrelationen wissen um alle "Preise" zu kennen. Wird hingegen eine Ware als Geldware festgelegt, so müssen nurmehr $n-1$ Zahlen gespeichert werden. Die Verwendung von Geld spart somit Speicherkosten und fügt sich damit in das allgemeine Bild der Einsparung durch Spezialisierung. In diesem Fall eben Spezialisierung einer Ware zum Geld, die dadurch aufhört Ware zu sein, nicht mehr konsumiert wird, schließlich kaum mehr ein materielles Trägerelement benötigt (z.B. Sichteinlagen) sondern nur mehr abstraktes, gesellschaftlich akzeptiertes, mit Autorität versehenes Zeichen ist²⁶.

Einige Theoretiker gehen sogar soweit zu behaupten, daß die gesamte formale Logik und daher auch ein großer Teil menschlichen Denkens bloß Abbild der für die Warenproduktion so typischen Austauschrelation sind²⁷.

Auch für die ökonomische Betrachtungsweise läßt sich die eingangs erwähnte Unterteilung von Informationstypen aufrecht erhalten. Man könnte bezüglich Geld und Preisen unterscheiden zwischen

- "technischer Information" für Kaufleute und
- ideologischer Aufarbeitung der Phänomene in diversen "Wertlehren".

Was den zweiten Punkt ("Wertlehren") betrifft, so lassen sich bis heute grob zwei Standpunkte unterscheiden:

Die subjektive Wertlehre behauptet, daß, gegeben Präferenzen der Individuen und eine bestimmte "Technik", die Konkurrenzmärkte zu Preisen führen, die ihrerseits eine optimale Zuteilung der stets knappen Güter gewährleisten. Der Wert ist hier eine mit den Präferenzen der Individuen, der Subjekte, gegebene Größe.

Jede damit konkurrierende objektive Wertlehre versucht den Wert aus dem Zusammenspiel zwischen Gesellschaftsstruktur und ihren Herrschaftsverhältnissen, vorhandenen technischen Möglichkeiten und anderen objektiven Umständen zu erklären. Oft wird von solchen Theorien angenommen, daß der Preis für Arbeit, der Lohn, eine andere Rolle spielt als z.B. die Güterpreise²⁸. Endergebnis dieser alternativen Sicht ist denn auch nicht die "optimale Allokation der Ressourcen", sondern die mehr oder weniger geglückte Reproduktion herrschender Verhältnisse.

²⁶) Beginnt Geld das gesamte gesellschaftliche Zusammenleben zu regeln, entwickelt es also eine von seinen Benützern unabhängige Eigendynamik, so wird es als Kapital bezeichnet. Vom Standpunkt der Information ist Kapital also nurmehr eine abstrakte Handlungsanweisung, ein Programm, in dem eine vorhandene, abstrakte Wertmasse als Eingangsargument eine ganze materielle Welt in Bewegung setzt, um gewachsen als explizites Ergebnis aus dem Algorithmus hervorzugehen.

²⁷) Gemeint sind hier Alfred Sohn-Rethel und seine Epigonen [A.Sohn-Rethel, 1970]

²⁸) So liegt es nahe die Löhne als Ausdruck bestimmter Arbeitsmarktbedingungen, also institutioneller Gegebenheiten zu sehen.

Bezüglich der Entwicklung der Informationstechnologie für die Wirtschaft existiert eine so umfangreiche, und in diversen Magazinen gut rezipierte Literatur²⁹, daß hier nur wenige Trends angegeben seien:

- im Unternehmen führte zusätzliche Informationstechnologie in der Regel zu mehr Rationalität und weniger "einsamen Entscheidungen" eines "Patriarchen".
- im Markt sind durch neue Informationstechnologien stark betroffene Bereiche z.B. öffentliche Datenbanken, Schulwesen (Arbeitsmarkt!), Marktforschung und ähnliches.
- im internationalen Zusammenhang stellt sich vor allem die Frage nach dem Einfluß moderner Informationstechnologien auf die Eigenschaften typischer Produktionseinheiten (Problematik transnationaler Unternehmen) und insbesondere auf die 3. Welt (vgl. z.B. [M.Jussawalla/T.Okuma/T.Araki, 1989, S.281-300]).

Daneben gibt es selbstverständlich spezielle, heftig diskutierte Problembereiche wie der Einfluß auf Devisenspekulation und Börse überhaupt, die Automatisierung der Hausarbeit und ähnliche. Auf die Probleme, die die Ökonomie ganz allgemein mit dem Informationsbegriff hat wird weiter unten, im Kapitel 2.1, noch zurückgekommen.

Wie diese komprimierte Betrachtung der Entwicklung sozialwissenschaftlicher Probleme mit dem Informationsbegriff jedoch jedenfalls zeigen sollte, kulminiert in der momentan so oft zitierten „Informationsgesellschaft“ nicht nur der Raum möglicher Lösungen gesellschaftlicher Probleme, es kulminiert auch die Verwirrung. Und zwar bezüglich allen drei angesprochenen Komponenten des wirtschaftsinformatischen Untersuchungsgegenstandes:

- Es existiert kein allgemein akzeptiertes sozialwissenschaftliches Grundmodell, das die dringenden Fragen weltwirtschaftlicher, aber auch lokaler Akteure adequat und praxisrelevant beschreibt.
- Es herrscht Umbruchsstimmung in den Strukturwissenschaften, nicht zuletzt auf Grund der Möglichkeiten großer Simulationsmodelle.
- Die technischen Möglichkeiten orientieren sich in ihrer Realisierung an kurzfristigen Absatzüberlegungen und Entscheidungsträger stehen den oft wesentlich wichtigeren politischen Infrastrukturentscheidungen, bzw. ihrer Antizipation, hilflos gegenüber.

Wer wollte angesichts dieses Zustands des Untersuchungsgegenstandes an der Notwendigkeit einer eigenständigen Disziplin Wirtschaftsinformatik zweifeln.

Logische Abgrenzung zu anderen Disziplinen

Wie schon die Entstehungsgeschichte der Wirtschaftsinformatik als Studium zeigt, sind es im deutschen Sprachraum vor allem praktische Bedürfnisse der Unternehmen, eine Arbeitsnachfrage nach einer bestimmten Ausbildung, die EDV-Kenntnisse mit speziellen betriebswirtschaftlichen Kenntnissen (z.B. Buchhaltung - Kostenrechnung) verbindet, die zur Einführung geführt haben. Da also die Inhalte des Studiums zunächst von Firmeninteressen ausgingen, also *Ausbildung* für einen bestimmten Beruf und nicht so sehr *Bildung* im Sinne des traditionellen Anspruchs der Universitäten, darstellten, waren es auch jene beiden bereits etablierten Disziplinen, die diesem Ausbildungsgedanken am nächsten standen, die das neue Studium als Teilbereich von sich selbst zu reklamieren versuchten: die Betriebswirtschaftslehre und die Informatik.

In dem Maße in dem sich Wirtschaftsinformatik als eigenständige Disziplin, also als universitäre Bildung etabliert - und sich somit von ihren Anfängen emanzipiert - muß sie sich daher auch gegenüber anderen, und insbesondere gegenüber den beiden eben genannten Bereichen, abgrenzen.

Wirtschaftswissenschaften

Die Vereinnahmung der Wirtschaftsinformatik durch die Betriebswirtschaftslehre ist vor allem in Deutschland offensichtlich. Sie beginnt damit, daß Wirtschaftsinformatik mit Betriebsinformatik gleichgesetzt wird, der Untersuchungsgegenstand also auf genau jenen Bereich eingegrenzt wird, der auch dem eigenen Fach zugrunde liegt. So schreiben etwa Mertens u.a. zu Beginn ihres Einführungsbuches den Begriff „Wirtschaftsinformatik“ folgendermaßen fest:

²⁹⁾ Zwei interessante Bücher sind zum Beispiel [M.Jussawalla/T.Okuma/T.Araki, 1989] und [T.Forester, 1989].

„Die Wirtschaftsinformatik (WI) befaßt sich mit der Konzeption, Entwicklung, Einführung, Wartung und Nutzung von Systemen der computergestützten Informationsverarbeitung (IV) *im Betrieb*. Man spricht auch von betrieblichen Anwendungssystemen (AS) und bringt damit gleichzeitig zum Ausdruck, daß sie dem Anwender *im Unternehmen* bei der Bewältigung seiner Aufgaben helfen.“ [Mertens u.a., 1996] (Hervorhebungen von G.H.)

Mit dieser Beschränkung erbt Wirtschaftsinformatik als Betriebsinformatik jedoch auch die Abgrenzungsschwierigkeiten der Betriebswirtschaftslehre von der Ökonomie. Genauer gesagt steht die Betriebswirtschaftslehre selbst ja schon seit ihrer Einführung *als Wissenschaft* in einem gewissen Legitimationszwang gegenüber der Mikroökonomie. Die dort vertretene theoretische Verallgemeinerung des Verhaltens mikroökonomischer Einheiten (zu denen als spezieller Typus auch Betriebe gehören) läßt als Raum zusätzlichen theoretischen Erkenntnisgewinnes ja nur mehr die Einarbeitung spezifischer institutioneller Gegebenheiten, branchenmäßiger Besonderheiten und ähnliches zu. Betriebswirtschaftslehre scheint daher der Mikroökonomie bestenfalls das empirische Material aufbereiten zu können, aus dem letztere die dann allgemeine theoretische Abstraktionen ableitet. Umgekehrt ist die allgemeine Form mikroökonomischer Aussagen für die praktische Tätigkeit von Betriebswirten oft unbrauchbar - eben weil in die „Black Box“ spezifischer Eigenschaften bestimmter Firmen nicht hineingesehen wird. Moderne Betriebswirtschaftslehre, die den Anspruch auf Wissenschaftlichkeit vor die Anforderungen praktischer Ausbildung stellt, ist daher oft von Mikroökonomie nicht zu unterscheiden.

Manche Betriebswirte alter Schule, die den Aspekt praxisorientierter Ausbildung verabsolutieren, aber auch allzu abgehobene mikroökonomische Theoretiker, übersehen, daß gerade im Wechselspiel zwischen theoriegeleiteter Praxis und empirisch falsifizierbarer Theorie die Stärke einer Disziplin liegt. Aus dieser Sicht wäre also ein Zusammenwachsen der Wirtschaftswissenschaften wünschenswert, womit auch eine Einschränkung auf ganz bestimmte ökonomische Entitäten (wie das privatwirtschaftliche Unternehmen, den Betrieb) hinfällig wäre.

Für die Abgrenzung der Wirtschaftsinformatik heißt das, daß eine Eingrenzung auf betriebliche Informationsverarbeitungsprozesse nicht sinnvoll ist. Es heißt auch, daß anstelle einer Reduktion auf Betriebsinformatik eine Abgrenzung zur Ökonomie schlechthin zu finden ist. Nicht alles womit sich Wirtschaftswissenschaftler beschäftigen ist auch Gegenstand der Wirtschaftsinformatik und umgekehrt. Folgende Abgrenzung scheint sinnvoll zu sein:

All jene Bereiche der Ökonomie, in denen Informationsverarbeitungsprozesse keine Rolle spielen, insbesondere also jene Theorien in denen implizit oder explizit Annahmen über vollständige Information getroffen werden, sind nicht Gegenstand der Wirtschaftsinformatik. Alle Modelle in denen Wissen und Präferenzen der Wirtschaftssubjekte als konstant angenommen werden, oder zumindest nicht endogen erklärt werden, fallen damit nicht in den von der Wirtschaftsinformatik zu untersuchenden Bereich.

Andererseits sind jene Bereiche der Wirtschaftsinformatik in denen die technische und strukturwissenschaftliche Komponente die wesentliche Rolle spielen, nicht Teil ökonomischer Theoriebildung.

Als wichtiger Teil der Überschneidungsmenge zwischen Wirtschaftsinformatik und Ökonomie wäre somit der Bereich der Theorie lernender ökonomischer Entitäten zu nennen. Die Behandlung dieses Bereiches umfaßt hierbei, wie oben anhand der Auseinandersetzung zwischen Betriebswirtschaftslehre und Mikroökonomie bereits angedeutet, die gesamte Spannweite von der empirischen Fallstudie bis zur mathematischen Modellbildung.

Strukturwissenschaften

„Modellbildung“ ist auch das Stichwort für eine Abgrenzung der Wirtschaftsinformatik zu den Strukturwissenschaften. Die Wirtschaftsinformatik befaßt sich im Sinne Kants mit „synthetischen Urteilen“, also der Anwendung von strukturwissenschaftlichen Gebilden, von Modellen, auf ein ihnen Artfremdes, auf die Wirklichkeit - genau in dieser Synthese des Unterschiedlichen besteht das „Urteil“. Strukturwissenschaften selbst produzieren im Gegensatz dazu „analytische Urteile“, leiten aus innersprachlichen Axiomen innersprachliche Theoreme ab, sind also im wesentlichen Sprachentwicklungssysteme. Letztere Tätigkeit ist daher nicht Gegenstand der Wirtschaftsinformatik, sehr wohl aber Gegenstand der Mathematik und anderer, verwandter Strukturwissenschaften.

Selbstverständlich findet Sprachentwicklung, auch die einer so abstrakten und rigiden Sprache wie der Mathematik, nicht im luftleeren Raum statt. Wesentliche Anstöße kommen hierbei stets von realen Problemen bestimmter Gesellschaften zu bestimmten historischen Zeiten. Die Geschichte der Mathematik belegt nicht nur den manchmal pivotalen Einfluß der Innovationskraft einzelner Gelehrter, sie belegt auch den Einfluß gesellschaftlicher Bedingungen. Modelle zur Intervention fordert die Gesellschaft, oder fordert genauer gesagt der einzelne Akteure von den ihn unterstützenden Strukturwissenschaftlern. Im Modell wird die Sprache erprobt, aus seinem Scheitern (manchmal auch aus seinem Funktionieren) entstehen neue Ideen zur Sprachentwicklung. Weiter als bis zum Modell wagt sich Strukturwissenschaft nicht vor - Wirtschaftsinformatik, siehe oben, schon. Damit wäre auch jener Bereich umrissen, der zwar von der Wirtschaftsinformatik, nicht aber von den Strukturwissenschaften behandelt wird. Als zusätzliche Qualifikation für diesen Bereich darf nicht vergessen werden, daß es sich um eben jenes Konglomerat ökonomischer, politischer und informationsverarbeitender Prozesse handelt von dem schon eingangs die Rede war (Strukturwissenschaften liefern darüber hinaus natürlich auch Modelle für andere Prozesse).

Der wichtige gemeinsame Überschneidungsbereich ist offensichtlich die Modellbildung für die eben genannten Prozesse. Man beachte, daß erst durch ihre Beschreibung in einem einheitlichen Modell diese Prozesse als ein interagierendes Ganzes sichtbar werden. Die sprachliche, strukturwissenschaftliche Beschreibung konstituiert, genauer rekonstituiert in diesem Sinne erst den Untersuchungsgegenstand, darin besteht die synthetische Leistung solcher Modelle.

Informatik

Ähnlich wie im Bereich Betriebswirtschaftslehre haben Vertreter der Informatik sehr früh den Anspruch erhoben Wirtschaftsinformatik sei bloß eines von vielen speziellen Anwendungsgebieten innerhalb der Informatik, vergleichbar etwa der Rechtsinformatik oder der medizinischen Informatik. In jedem dieser Fälle gehe es um den Einsatz elektronischer Datenverarbeitung in einem bestimmten Anwendungsbereich. Analog zu den Betriebswirten kam also auch hier die Argumentation von der Anwendungsseite der bestehenden Wissenschaft „Informatik“, und wie dort sollte ein bestimmter Aspekt der Anwendung, der Einsatz von EDV in privatwirtschaftlichen Unternehmen, zur „Wirtschaftsinformatik“ definiert werden. Da dies in beiden Fällen derselbe Anwendungsbereich war, trafen sich die Anschauungen der Betriebswirte und jene der anwendungsorientierten Informatiker ganz gut. Diese Übereinkunft wird auch in einigen neueren Einführungsbüchern vertreten, in denen informatische und betriebswirtschaftliche Sichtweise als unterschiedliche Aspekte desselben engen Anwendungsgebietes „EDV im Betrieb“ behandelt werden - und als wissenschaftliche Disziplin „Wirtschaftsinformatik“ definiert werden (siehe z.B. [Scheer, 1995] oder [Stahlknecht, 1995]).

Ähnlich wie bei Betriebswirten ist auch der angewandten Informatik entgegenzuhalten, daß sie sich nur in ihrer Eigenschaft als Komplement zur theoretischen Informatik als wissenschaftliche Disziplin behaupten kann. In beiden Fällen führt die Emanzipation der Wirtschaftsinformatik daher auch zu einem Herauswachsen aus einem bloßen Anwendungsgebiet - und einer Abgrenzung von der *wissenschaftlichen Disziplin* Informatik. Theoretische Informatik ist in der Tat zum guten Teil Strukturwissenschaft, womit dem oben Gesagten nichts hinzuzufügen ist. Zum anderen Teil ist sie jedoch auch Ingenieurwissenschaft, die sich mit technischen Lösungen für Informationsverarbeitungsprozesse befaßt. Genau dieser Beitrag zur Wirtschaftsinformatik wurde weiter oben als deren technische Komponente bezeichnet - und hier steht eine Abgrenzung zur Informatik noch aus.

Eine solche ist allerdings recht offensichtlich: Sie folgt aus dem Typus der Agenten die hier Information verarbeiten und Wissen speichern. Im Falle der Wirtschaftsinformatik sind diese Agenten nämlich soziale Akteure - wovon Firmen nur eine Teilmenge darstellen. Während die Informatik also für beliebige Prozesse technische Informationsverarbeitungssysteme entwickelt, überschneidet sie sich nur in dem Bereich mit der Wirtschaftsinformatik, in dem diese Systeme für soziale Akteure konstruiert werden. Zu beachten ist, daß diese technischen Systeme in doppelter Weise benützt werden: Zum einen dienen sie dem Zweck des Modellbaus, i. e. der Simulation, zur Unterstützung der Strukturwissenschaften; zum anderen dienen sie zum Eingriff in das tatsächliche politisch-ökonomische Geschehen, ganz im Sinne einer Ingenieurwissenschaft. Die Tätigkeiten in beiden Bereichen stehen in ständiger Wechselwirkung und stellen die technische Komponente der wissenschaftlichen Disziplin Wirtschaftsinformatik dar. Klarerweise besteht zum Beispiel die Modellierung eines lernenden sozialen Akteurs nicht nur aus der Erstellung und Verwendung entsprechender Simulationssoftware, also der technischen Komponente. Es ist also, wie schon bei den anderen Abgrenzungen klar, daß der Überschneidungsbereich nicht die gesamte Wirtschaftsinformatik beinhaltet.

Andere Disziplinen

Es ist ganz sinnvoll sich auch mit der Abgrenzung zu einigen weiter entfernten Disziplinen kurz zu beschäftigen. So ist etwa die *Politikwissenschaft* eine Disziplin, die sich ganz allgemein mit Fragen der Macht in Gesellschaften beschäftigt. Sie ist der Ökonomie insofern verwandt, als ökonomische Prozesse im allgemeinen auf bestimmten Machtverhältnissen basieren, die sie umgekehrt auch wiederum transformieren können. Dieser Sachverhalt wird in der Bezeichnung „politische Ökonomie“ treffend zusammengefaßt. Wie im letzten Kapitel ausgeführt, kann Macht in der Gesellschaft prinzipiell in zweierlei Form ausgeübt werden: Entweder in Form direkter, physischer Gewalt oder in Form von Ideologie. Insbesondere die zweite Form der Machtausübung stellt daher einen typischen Überschneidungsbereich zwischen Politikwissenschaft und Wirtschaftsinformatik dar, während die erste Form zwar Politik, nicht jedoch informationsverarbeitende Prozesse - und damit Wirtschaftsinformatik - betrifft.

Politik wird manchmal als „konzentrierte Ökonomie“ bezeichnet, und aus diesem Verständnis kommt daher auch die Vorstellung, daß politische Institutionen ökonomische Prozesse regulieren. Etwas präziser ausgedrückt, zeigt eine historische Betrachtung, daß solche politische Regulierung stets eine ganz bestimmte Menge zulässiger ökonomischer Prozesse festschreibt. Wirken nun diese Prozesse über längere Zeit hinweg, so zeitigen sie in aller Regel Ergebnisse, die die politischen Institutionen (die ursprünglich ihr Funktionieren gewährleisten sollten) in Frage stellen. Dieses Wechselspiel der politisch-ökonomischen Entwicklung ist in unserem Jahrhundert zunehmend auch eines der *Organisation politischen Willens des Volkes zur Herstellung demokratischer Verhältnisse* geworden. Diese Organisation ist klarerweise die Herstellung einer gesellschaftlichen Informationsverarbeitungsstruktur - und damit ein Kerngebiet nicht nur der Politikwissenschaft sondern insbesondere auch der Wirtschaftsinformatik. Im kargen Titel des Studienganges „Wirtschafts- und *Verwaltungsinformatik*“ kam diese Dimension der Wirtschaftsinformatik ebenso schwach zum Ausdruck wie sie gegenwärtig im oberflächlich-futuristischen Modewort „Teledemocracy“ versteckt bleibt. In Wahrheit geht es um das Design politisch-ökonomischer Prozesse, im besonderen auch um das Design von politischen Wahlen. Gerade für die Theorie der Wahl haben neuere Entwicklungen der strukturwissenschaftlichen Komponente der Wirtschaftsinformatik einiges zu bieten, das in der Folge in technische Lösungen eingebettet und erprobt werden wird. Es eröffnet sich hier also ein vitales Gebiet wirtschaftsinformatischer Aktivitäten in dem alle drei Komponenten, Sozialwissenschaft, Strukturwissenschaft und Technik eng miteinander verbunden sind.

Nachdem nun der Überschneidungsbereich anhand zweier Beispiele beschrieben wurde, bleibt nur noch darauf zu verweisen, daß (wie schon im Falle der Ökonomie) wirtschaftsinformatische Fragestellungen technischer Natur existieren, die keinesfalls Politikwissenschaft sind.

Für drei andere Disziplinen, nämlich für *Statistik*, *Operations Research* und *Ökonometrie*, läßt sich unschwer eine gemeinsame Argumentation entwickeln. In allen diesen Fällen handelt es sich um Schnittstellen von Strukturwissenschaft zu Anwendungsgebieten. Sie sind also dem Überschneidungsbereich der Wirtschaftsinformatik mit den Strukturwissenschaften isomorph. Entgegen den Aussagen mancher Betriebswirte läßt ihre hohe Spezialisierung Teile dieser Disziplinen zu Modellen für manch künftige Entwicklung der Wirtschaftsinformatik werden. Es ist daher auch besonders schwierig hier klare Grenzen zu ziehen, der Überschneidungsbereich ist hier, mit Ausnahme von Statistik³⁰, in der Tat sehr groß. Wirtschaftsinformatik geht jedoch über diese Disziplinen insofern hinaus als sie auch die technische Realisierung entsprechender Methoden, ja sogar ihre Implementierung außerhalb der Welt der Wissenschaft zu ihrem Gegenstand hat. Dieses weitere Betätigungsfeld fordert seinen Preis in Form einer etwas weniger tiefgehenden methodischen Behandlung - hier ist Wirtschaftsinformatik gezwungen von den genannten Disziplinen intelligent zu rezipieren. Ein „Wissenschaftsimperialismus“ von seiten der Wirtschaftsinformatik wäre hier völlig unangebracht.

Bleiben noch zwei Disziplinen deren Entfernung zum Untersuchungsgegenstand schon beträchtlich größer als jener der bisher genannten ist: die *Rechtswissenschaft* und die *Psychologie*. Im Recht werden Regeln des politisch-ökonomischen Zusammenlebens fixiert, sodaß eine das Machtmonopol des Staates manifestierende Exekutive für die Einhaltung derselben sorgen kann. Politische Ökonomie kann daher auch durch die Brille des herrschenden Rechts gesehen werden - und insofern Interventionen wirtschaftsinformatischer Wissenschaft dieses tangieren ist ein Studium rechtlicher Grundstrukturen von einiger Bedeutung.

³⁰ Statistik beschäftigt sich ja nicht nur mit politisch-ökonomischen Anwendungen der Wahrscheinlichkeitstheorie.

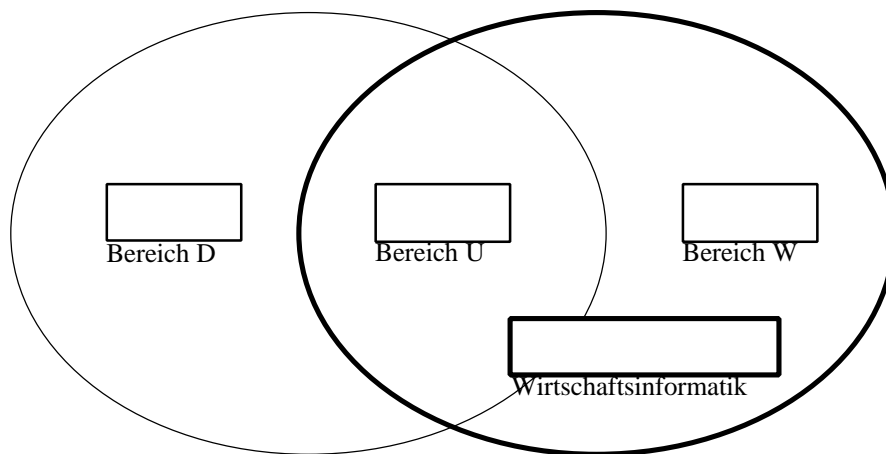
Lernende soziale Akteure, wie sie weiter oben als eines der interessantesten Forschungsgebiete der Wirtschaftsinformatik beschrieben wurden, sind, falls es sich um menschliche Individuen handelt, auch der Untersuchungsgegenstand der Psychologie. Auch hier gilt, daß Lernen auch aus dem Blickwinkel der Psychologie beschrieben werden kann und die Wirtschaftsinformatik sich daher gewisse Erkenntnisse dieser Sichtweise zunutze machen kann. Das ist jedoch nicht der einzige Berührungspunkt. Als „Sozialpsychologie“ entwerfen Teile der Psychologie eine Theorie der Ideologie, die in ihrem sehr allgemeinen Erklärungsanspruch durchaus als Komplement, wenn nicht gar als Substitut der Erklärungsansprüche der politischen Ökonomie gelten will. Die theoretische Auseinandersetzung am Feld einer Theorie der Ideologie - ob die herrschende Ideologie die Ideologie der politisch-ökonomisch Herrschenden ist, oder ob eine individualpsychologisch erklärbare Emanzipationstendenz den zivilisatorischen Fortschritt treibt - diese Auseinandersetzung währt bereits lange an und ist sicher noch lange nicht ausgefochten. Für die Wirtschaftsinformatik kann ihre Rezeption ein wichtiger Stimulus sein.

Zu beachten ist, daß für die *Wissenschaft* Wirtschaftsinformatik die Einbindung von Recht und Psychologie anders motiviert sein muß als die ursprüngliche Intention bei der Installation der Berufsausbildung „EDV-Leiter“ (gleich „Wirtschaftsinformatik“). Damals sollten Rechtsvorlesungen vor allem dazu dienen den Auszubildenden Steuererklärungen, Datenschutzbestimmungen und ähnliche im Betriebsalltag auftretende rechtliche Phänomene näherzubringen. Analog war die Idee einer Einführung in die Psychologie stark an die Vorstellung betriebspsychologischer Techniken gebunden, bestenfalls versetzt mit einer möglichen Verwendbarkeit einiger psychologischer Erkenntnisse im sogenannten „User-Interface Design“. In beiden Fällen ist die Motivation also durch Erfordernisse des betrieblichen Alltags des Wirtschaftsinformatikers, des Betriebsinformatikers, gegeben und soweit zweifellos gerechtfertigt. Wie jedoch eingangs ausgeführt, hat sich Wirtschaftsinformatik von bloßer Ausbildung zur Wissenschaft emanzipiert - und damit müssen auch ihre Demarkationslinien neu definiert werden³¹.

Perspektiven

Die Vorgangsweise zur Eingrenzung der wissenschaftlichen Position der Wirtschaftsinformatik sollte aufgrund der Ausführungen des vorigen Kapitels klar geworden sein. Für jede Disziplin wurde ein Überschneidungsbereich mit der Wirtschaftsinformatik beschrieben (Bereich U in Graphik 3), aber auch Bereiche in denen jede Disziplin nicht Wirtschaftsinformatik ist (Bereich D), beziehungsweise nichts zu ihr beiträgt (Bereich W).

Abbildung 3: Strategie der Eingrenzung der wissenschaftlichen Position



Wie aus Graphik 1 ableitbar, bleibt damit ein Wissenschaftsgebiet übrig, das durch die Grenzen zur jeweiligen Nachbardisziplin definiert wird. Wie können nun zukünftige Perspektiven dieser Disziplin ermittelt werden? Dazu dient folgender Gedankengang:

³¹ Fremdsprachen sind kein eigenes Teilgebiet der Wirtschaftsinformatik. Sie stellen eine Grundvoraussetzung wissenschaftlicher Tätigkeit und (außer in der Sprachwissenschaft u.ä.) nicht den Untersuchungsgegenstand dar.

Wie erinnerlich wurde die Einheit der Disziplin durch die Entstehung eines einheitlichen Untersuchungsgegenstandes begründet. Diese Konstitution beinhaltet eine Veränderung der zu untersuchenden Materie, was wiederum bedeutet, daß die älteren Disziplinen, die sozusagen auf einen anderen Aggregatzustand des Untersuchungsgegenstandes zugeschnitten waren, Probleme mit ihren Aussagensystemen bekamen. In vielerlei Bereichen schienen ihre Theorien entweder trivial oder so abstrakt, daß sie als realitätsfern diskreditiert wurden. Bei jedem größeren wissenschaftlichen Projekt läßt sich aber beobachten, daß ein einmal erarbeitetes konsistentes Theoriegebäude auf Kritik zunächst mit der Erarbeitung eines „theoretischen Schutzgürtels“ reagiert. Es wäre denn auch vermessen zu erwarten, daß die Arbeit ganzer Generationen, nicht zu vergessen das oft verbissen um seinen Wert kämpfende Humankapital der lebenden Vertreter eines Paradigmas, durch punktuelle Konterfaktualität sofort entwertet würde. Aus der hier vertretenen Sicht sind es genau die Entwicklung innerhalb des Schutzgürtels bestehender Theorien, die den Humus für die zukünftige Entwicklung der Wirtschaftsinformatik darstellen.

Mit anderen Worten: Die Probleme die in den bestehenden Disziplinen durch die Entstehung des Untersuchungsgegenstandes der Wirtschaftsinformatik aufgetreten sind, insbesondere auch Überwindungsstrategien in diesen Disziplinen, sind der Ausgangspunkt der wirtschaftsinformatischen Perspektive. Ihr Bestreben liegt jedoch nicht im Herstellen einer Vereinigungsmenge dieser Ansätze, *sondern in ihrer Synthese*. Um diese hier nur programmatisch postulierte Synthese zu konkretisieren, ist es nötig auf die drei angegebenen Komponenten, besonders auch auf ihre Probleme näher einzugehen.

Die sozialwissenschaftliche Komponente

Die Sozialwissenschaften sind zumindest implizit seit ihrer Entstehung auf eine theoretische Einbindung informationsverarbeitender Prozesse angewiesen. Der Mensch ist nicht nur ein soziales Lebewesen, er benützt auch als einziges Sprache und Schrift zur Organisation seines Zusammenlebens. Trotz dieser offensichtlichen theoretischen Notwendigkeit zeichnet sich gerade der Hauptstrom ökonomischer Theoriebildung in diesem Jahrhundert durch eine weitgehende Ignoranz gegenüber der Notwendigkeit realitätsnaher Informationsannahmen aus. Das folgende Kapitel geht hierauf etwas näher ein und stellt zwei Ansätze in diesem Bereich exemplarisch vor.

Im darauf folgenden Kapitel wird die Idee, daß politische und ökonomische Prozesse eng verflochten sind anhand einer Diskussion neuerer Ansätze zur politischen Ökonomie der Information vertieft. Hier zeigt sich, daß die Globalisierung ökonomischer Prozesse in stetiger Wechselwirkung mit der Entwicklung neuer Informationstechnologien steht. Die politische Ökonomie ist gerade erst dabei die Tragweite dieser real vor sich gehenden Prozesse theoretisch zu erfassen. Nationalökonomie (ähnlich wie ein Großteil politologischer Ansätze) beschäftigt sich, wie der Name schon andeutet, mit einzelnen Nationen - die globale Betrachtung war traditionell ein Randthema. Die Entwicklung der Weltwirtschaft fordert von der Theorie eine Umkehr der logischen Abhängigkeit: Nationalstaatliches, so sein Verschwinden nicht bereits auf der Tagesordnung steht, ist der weltwirtschaftlichen Dynamik logisch nachgeordnet. In diesem Zusammenhang wird politischen Prozessen ein wichtiger Platz einzuräumen sein.

Wie weiter oben bereits argumentiert, ist die ideologische Einflußnahme durch neue Informationstechnologien ein Indiz für die Besonderheit der Ware „Information“. Gerade darin besteht eine der Schwierigkeiten die die klassische ökonomische Betrachtungsweise mit diesem Sujet hat. Bei Informationen geht es eben nicht nur um Kauf und Verkauf, es geht auch um *Kommunikation*. Wie dieses Phänomen der Kommunikation modellhaft abgebildet werden kann, und worin die Problematik dieser Modelle jeweils besteht ist Gegenstand von Kapitel 2.3.

Das darauf folgende Abschlußkapitel des Teiles 2 resumiert die dargestellten methodischen Probleme des sozialwissenschaftlichen Modellbaus. Damit sollen - ohne auf die mehr technischen Einzelheiten mathematischen Modellbaus einzugehen - die wesentlichen Forschungsfronten sozialwissenschaftlicher Disziplinen in diesem Bereich aufgezeigt werden. Dies stellt auch einen logischen Übergang zu Teil 3 her, der sich ja damit beschäftigt, wie diese Schwierigkeiten in Struktursprachen formuliert werden können. Genauer gesagt, welche Anforderungen an Struktursprachen gestellt werden und wie sich diese selbst daher weiterentwickeln.

Das Dilemma der ‘Economics of Information’

Informationsverarbeitungsprozesse sind in kontemporären Industriestaaten von überwältigender Bedeutung. So hat etwa Machlup [Machlup, 1984] für die USA in den 80er Jahren einen Beitrag der Informationskosten zum Bruttoinlandsprodukt von etwa 30 % berechnet. Klarerweise stellen sich bei derartigen Aussagen entscheidende Fragen statistischer Zuordnung von Berufen, Produktionsprozessen und Produkten zum sogenannten „Informationssektor“. Obwohl die diesbezügliche Diskussion noch im Gange ist, dürften die von der OECD veröffentlichten Zahlen, die für eine Vielzahl von Ländern einen Schnitt von etwa einem Fünftel der Wertschöpfung als typische Größe des Informationssektors angibt, einigermaßen verlässlich sein³². Die Beschäftigung mit dem Thema scheint somit für jede empirisch relevante ökonomische Theorie äußerst dringlich zu sein. Nichtsdestotrotz hat sich letztere bis in jüngste Vergangenheit nur sporadisch damit beschäftigt.

Prinzipiell kann aus pragmatischer Sicht zwischen der Aneignung von Information und der Produktion von Information unterschieden werden. Auf beide Prozesse soll in der Folge exemplarisch eingegangen werden.

Aneignung von Information

Eine wichtige neuere Entwicklung stellen die ökonomischen Suchmodelle dar. Suchmodelle untersuchen das Problem des Findens von Informationen. Eine Entität (zum Beispiel ein Konsument) könnte durch kostenerzeugende Aktivitäten, eben die Suche, Informationen bekommen (zum Beispiel Preise erfahren), die ihren Nutzen erhöhen (indem der Konsument zum Beispiel durch niedrigeren Preis mehr kaufen und konsumieren kann). Die Frage, die hier analytisch untersucht wird ist ob, und bis zu welchem Ausmaß Suche durchgeführt werden soll.

Man betrachte das einfachste Beispiel.

³² Ein guter Überblick findet sich in [Lamberton, 1994].

Beispiel 2-A

Annahmen:

Ein potentieller Käufer weiß, daß zwei Geschäfte, G_1 und G_2 , ein bestimmtes Gut mit gleicher Qualität anbieten. Darüberhinaus ist ihm auch bekannt, daß eines der beiden Geschäfte den hohen Preis P_H verlangt, während das andere zum niedrigen Preis P_N verkauft. Er kennt auch beide Preise. Was unbekannt ist, ist *einzig* ob G_1 zum Preis P_H oder zum Preis P_N verkauft; weiß der Käufer das, so folgt daraus sofort, daß das andere Geschäft den anderen Preis verlangt. Die Kosten die dadurch entstehen, daß die fehlende Information in Erfahrung gebracht wird (etwa durch ein Telefonat) seien für beide Geschäfte gleich hoch, was der Käufer genauso weiß wie die tatsächliche Höhe dieser Kosten, C_I . Die fehlende Information ist in diesem Beispiel daher minimal und erlaubt eine beinahe triviale Überlegung zur Lösung des Problems.

Problem:

Soll die Information über den Preis in G_1 zum Preis C_I eingeholt werden, oder soll zufällig ein Geschäft besucht werden?

Lösung:

Zur Lösung muß der Käufer den erwarteten Nutzen beider Vorgangsweisen miteinander vergleichen und jene wählen, die diesen maximiert.

Im Falle einer zufälligen Wahl eines Geschäftes wird, ohne weitere Information über diese, jedes der beiden mit gleicher Wahrscheinlichkeit besucht³³. Damit ist aber der erwartete Preis, P^* , in diesem Fall gleich

$$P^* = \frac{P_H + P_N}{2}$$

Falls nun aber die Preisinformation eingeholt wird, so entstehen zwar einerseits Suchkosten, andererseits ist aber bei diesem einfachen Annahmen garantiert, daß zum niedrigen Preis gekauft werden kann. Konsequenterweise müssen die Suchkosten daher zum erwarteten Preis bei Suche, P_S^* , hinzugerechnet werden:

$$P_S^* = P_N + C_I$$

Die Frage ob gesucht wird kann also hier einfach durch Vergleich der beiden erwarteten Preise beantwortet werden. Die Preisinformation wird eingeholt, wenn

$$P^* > P_S^*, \quad \text{also} \quad \frac{P_H - P_N}{2} > C_I$$

gilt. Der Preisunterschied muß also relativ zu den Suchkosten groß genug sein um eine Suche zu rechtfertigen. Bei fallenden Suchkosten wird Suche wahrscheinlicher.

Dieses Beispiel kann offensichtlich in vielerlei Hinsicht erweitert werden. Es kann die Struktur des Beispiels dahingehend geändert werden, daß Anzahl der Geschäfte und der Preise vergrößert werden und damit auch die Aussage über die Verteilung der Preise verallgemeinert werden muß. Damit kann auch eine differenziertere Spezifizierung darüber was Käufer wissen erfolgen. Außerdem wird damit auch der *Nutzenzuwachs*, der durch eine Sequenz von Suchen erwartet wird implizit festgelegt.

Zu beachten ist auch, daß sich in diesem Beispiel ein altes ökonomisches Vorurteil verbirgt, nämlich, daß alle für ökonomische Fragestellung wichtigen Informationen nur in der „konzentrierten Form“ der Preise relevant sind³⁴. Etwas allgemeiner sollte man daher Preise nur als Spezialfall von Information betrachten, die ja auch in anderer Form zu Nutzenzuwachs führen kann.

³³ Diese Annahme wird oft als „Satz vom unzureichenden Grund“ bezeichnet.

³⁴ Das Argument wurde von Hayek prägnant formuliert [Hayek, 1945] und in der Folge von einer ganzen Reihe von mathematischen Ökonomen zelebriert.

Im folgenden werden drei Beispiele für mögliche Entwicklungen des *erwarteten Nutzenzuwachses* bei sequentieller Aneignung von Information vorgestellt. Das erste Beispiel 2-B stellt eine einfache Verallgemeinerung des Suchprozesses in Beispiel 2-A dar und folgt einem wichtigen Typ von Suchmodellen³⁵. Beispiel 2-C zeigt einen Prozeß, der Informationszuwachs als einen zunächst anschwellenden und dann aber wieder abebbenden Prozeß formuliert. Das dritte Beispiel 2-D bringt eine dritte Variante ins Spiel, Informationszuwachs als „Sherlock Holmes-Prozeß“: Der Nutzenzuwachs durch zusätzliche Information ist zunächst gering, erst wenn das letzte Stück des Puzzles gefunden wird steigt er sprunghaft an.

Beispiel 2-B

Annahmen:

Es gibt unendlich viele mögliche Preise in unendlich vielen möglich Geschäften. Alle Preise liegen jedoch im Intervall zwischen 20 und 100 Geldeinheiten und sind in diesem Intervall gleichverteilt. Der Suchprozeß ist sequentiell.

Problem:

Wie sieht die Entwicklung der erwarteten Nutzenzuwächse aus?

³⁵ Der Anstoß zu diesem Typ kam von einem Artikel von Joseph Stieglitz [Stieglitz, 1961].

Lösung:

Für die ersten dreissig Suchen wird die Entwicklung des erwarteten Mindestpreises³⁶ und der daraus folgenden Preisersparnis durch Suche, also des Nutzenzuwachses, wiedergegeben. Das wichtige an diesem Ergebnis ist, daß der Nutzenzuwachs mit der Anzahl der Suchen (siehe Spalte „Ersparnis“) monoton fällt. Dieses Ergebnis gilt auch für andere Preisverteilungen als die Gleichverteilung, insbesondere auch für die Normalverteilung. Das ist besonders wichtig, da die Normalverteilung aufgrund des zentralen Grenzwertsatzes ja oft als eine empirisch häufig anzutreffende Verteilung angesehen wird. Die beiden Graphiken zu diesem Beispiel zeigen, wie sich der erwartete Preis bei zusätzlichen Suchen dem Minimalpreis von 20 Geldeinheiten nähert (Abbildung 4) und wie der Nutzenzuwachs dabei gegen null geht (Abbildung 5). Die oben genannte verallgemeinerbare Eigenschaft dieses Typs von Suchmodellen ist das monotone Fallen der Kurve in Abbildung 5.

Abbildung 4: Erwarteter Minimumpreis

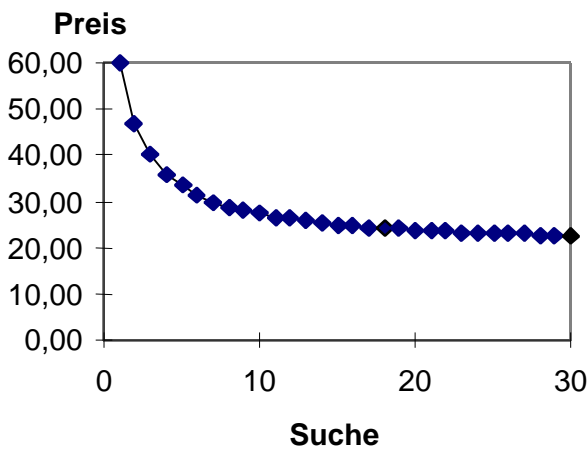
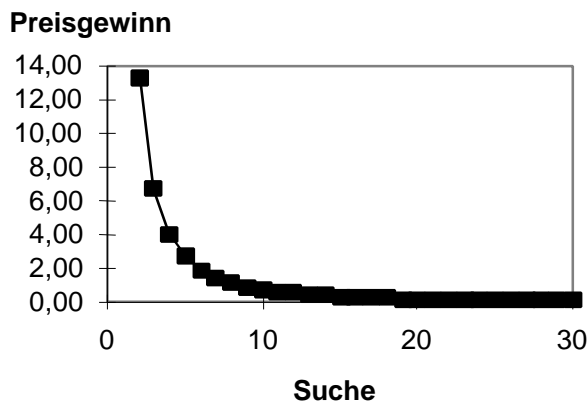


Abbildung 5: Ersparnis



Suche nach niedrigen Preisen

Tiefstpreis 20, Höchstpreis 100, Gleichverteilung

Suche	Erwarteter Preis	Ersparnis
0		
1	60,00	
2	46,67	13,33
3	40,00	6,67
4	36,00	4,00
5	33,33	2,67
6	31,43	1,90
7	30,00	1,43
8	28,89	1,11
9	28,00	0,89
10	27,27	0,73
11	26,67	0,61
12	26,15	0,51
13	25,71	0,44
14	25,33	0,38
15	25,00	0,33
16	24,71	0,29
17	24,44	0,26
18	24,21	0,23
19	24,00	0,21
20	23,81	0,19
21	23,64	0,17
22	23,48	0,16
23	23,33	0,14
24	23,20	0,13
25	23,08	0,12
26	22,96	0,11
27	22,86	0,11
28	22,76	0,10
29	22,67	0,09
30	22,58	0,09

³⁶ Wie Stieglitz [Stieglitz, 1961] zeigt, folgt die Entwicklung eines erwarteten Mindestpreises für eine Gleichverteilung der Preise im Intervall [0,1] der Folge $p=1/(n+1)$, mit n als Anzahl der Suchen.

Beispiel 2-C

Annahmen:

Der Nutzenzuwachs von Informationen wird hier abhängig vom Ausmaß bereits vorhandener Information spezifiziert. Wie schon weiter oben erwähnt wird Wissen als Bestandsvariable, also als Summe aller bereits angeeigneten Informationen betrachtet. Die Änderung des Wissensstandes heißt also hier Information. Wird ein linearer Zusammenhang angenommen, so heißt das

$$W_t - W_{t-1} = b \cdot W_{t-1} \quad \text{mit} \quad b > 0,$$

wobei W das Wissen und b eine Konstante ist. Die Idee ist, daß mit größerem Wissen auch größerer (hier „proportionaler“) Wissenszuwachs erfolgt.

Zusätzlich wird angenommen, daß das erzielbare mögliche Wissen beschränkt ist. Es existiert also eine Obergrenze, die nicht überschritten werden kann:

$$W_t < \bar{W}.$$

Eine gute Möglichkeit diese Schranke in den Prozeß der Wissensgenerierung einzubauen ist folgende Spezifizierung:

$$W_t - W_{t-1} = b \cdot W_{t-1} \frac{\bar{W} - W_{t-1}}{\bar{W}}.$$

Etwas umformuliert führt das zu

$$W_t = (1 + b) \cdot W_{t-1} \cdot \left(1 - \frac{b}{(1 + b)\bar{W}} W_{t-1}\right).$$

Differenzgleichungen dieser Form heißen auch *logistische Funktionen*.

Nutzenzuwachs wird dem Zuwachs an Wissen, also der neuen Information, gleichgesetzt.

Problem:

Wie sieht die Entwicklung der Nutzenzuwächse über die Zeit aus?

Suche als logistischer Prozeß

Obergrenze: 100

Wachstum: 30 %

Lösung:

Die folgende Tabelle zeigt die Entwicklung von Wissen und Nutzenzuwachs (Information) für eine Wissensobergrenze von 100 Einheiten, einem Startwert von einer Einheit und einer Akkumulationsgeschwindigkeit b von 30 Prozent. Wie zuvor wird sowohl die Entwicklung des Wissens als auch die Entwicklung der Information graphisch dargestellt. Das wesentliche Ergebnis ist in diesem Fall der Verlauf der Nutzenzuwächse in Abbildung 7. Diese steigen zunächst an, fallen dann aber wieder ab. Im Gegensatz zu Beispiel 2-B ist hier also kein monotoner Verlauf zu finden. Nutzenzuwächse die anfangs steigen stellen für die in mikroökonomischen Ansätzen oft geforderte Eindeutigkeit von Ergebnissen ein Problem dar. Darauf wird später noch zurückzukommen sein.

Abbildung 6: Wissen

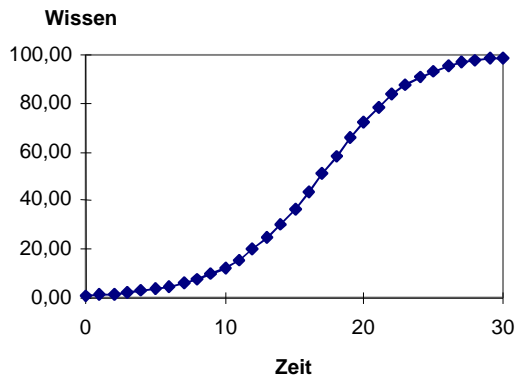
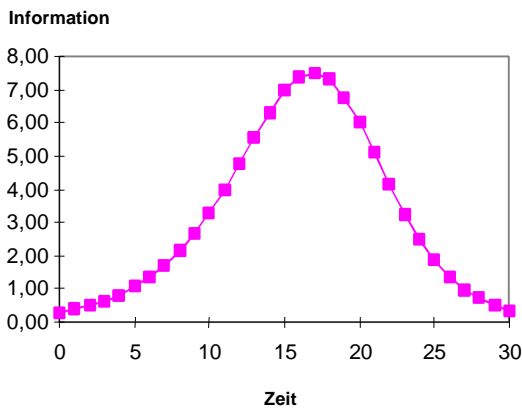


Abbildung 7: Information



Zeit	Wissen	Information
0	1,00	0,30
1	1,30	0,38
2	1,68	0,50
3	2,18	0,64
4	2,82	0,82
5	3,64	1,05
6	4,69	1,34
7	6,03	1,70
8	7,73	2,14
9	9,87	2,67
10	12,54	3,29
11	15,82	4,00
12	19,82	4,77
13	24,59	5,56
14	30,15	6,32
15	36,47	6,95
16	43,42	7,37
17	50,79	7,50
18	58,29	7,29
19	65,58	6,77
20	72,35	6,00
21	78,35	5,09
22	83,44	4,14
23	87,59	3,26
24	90,85	2,49
25	93,34	1,86
26	95,21	1,37
27	96,58	0,99
28	97,57	0,71
29	98,28	0,51
30	98,79	0,36

Beispiel 2-D

Annahmen:

Ein Detektiv bekommt über einen zu lösenden Kriminalfall zwar ständig (in regelmäßigen Zeitabständen) neue Informationen, er kann sich jedoch erst bei Erhalt weniger letzter Teile dieses Wissens ein Gesamtbild des Verbrechens machen. Erst gegen Ende des Prozesses steigt der Nutzensgewinn daher sprunghaft an. Sherlock Holmes spezielle Begabung besteht aus dieser Sicht in einem zeitlichen Vorverlegen dieses sprunghaften Anstiegs. Aus diesem Grund heiße der genannte Informationsgewinnungsproze Sherlock Holmes-Prozeß.

Problem:

Wie kann Informationsaneignung und Nutzenzuwachs dieses Prozesses dargestellt werden?

Lösung:

Da der Fall bei Vorliegen aller Indizien jedenfalls gelöst ist, existiert eine Obergrenze für das zu erlangende Wissen, die hier als 100-prozentiger Nutzenzuwachs formuliert wird. Bevor das erste Indiz vorliegt ist der Nutzenzuwachs gleich null. Die zwei möglichen Extremfälle sind:

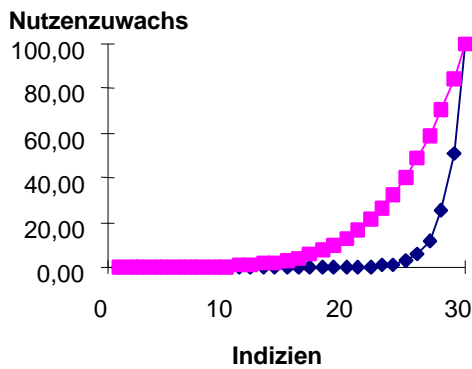
1. Erst mit dem letzten der n Indizien steigt der Nutzen von null auf 100 Prozent.
2. Mit jedem Indiz steigt der Nutzen um ein n-tel des Gesamtnutzens von null auf 100 Prozent linear an.

Eine mögliche mathematische Formulierung, die mittels eines Parameters (hier Holmes-Effekt, H, genannt) einen kontinuierlichen Übergang zwischen den Extremen erlaubt ist

$$U_t - U_{t-1} = \left(\frac{\sum_{k=1}^{k=t} I_k}{\sum_{k=1}^{k=n} I_k} \right)^{\left(\frac{1}{H}\right)}, \text{ mit } 0 \leq H \leq 1.$$

Die Anzahl der Indizien die zur Lösung des Falles nötig sind ist hier n und es ist klarerweise möglich, daß es noch mehr Indizien gibt, die jedoch zu keinem Nutzenzuwachs mehr führen. Letztere werden hier ebenso vernachlässigt wie „falsche Spuren“, also Indizien deren Aneignung zu Nutzenminderung führt. Die folgende Tabelle und Graphik geben einen Eindruck vom Geschehen für den Fall von 30 Indizien.

Abbildung 8: Sherlock Holmes-Prozess



Wie der Vergleich zwischen den beiden Holmes-Faktoren zeigt, ist bei einem Wert von unter 5% und 30 nötigen Indizien bereits mehr als die Hälfte des Nutzengewinns dem letzten Indiz zuzuschreiben.

In üblichen Kriminalromanen entsteht Spannung offensichtlich dadurch, daß ein geringes H des Lesers einem großen H der fiktiven Identifikationsfigur des Detektivs gegenübergestellt wird³⁷. Man beachte auch, daß ein großes H nicht nur dadurch zustande kommen kann, daß für eine gegebene Menge von Indizien eine besondere Begabung (oder Erfahrung) zu ihrer Kombination besteht.

Wie gerade im Falle von Sherlock Holmes vor Augen geführt wird, kann die Erhöhung von H auch dadurch zustande kommen, daß durch diese Begabung von den hundert möglichen Indizien genau jene 30 Indizien gesehen werden die die in Abbildung 8 gezeigte Verschiebung der Funktion bewirkt. In diesem Falle wären also auf der horizontalen Achse andere Indizien aufzutragen.

Sherlock Holmes-Prozeß

Indiz	Nutzenzuwachs	
	5%	20%
Holmes-Faktor:	5%	20%
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00
4	0,00	0,00
5	0,00	0,01
6	0,00	0,03
7	0,00	0,07
8	0,00	0,13
9	0,00	0,24
10	0,00	0,41
11	0,00	0,66
12	0,00	1,02
13	0,00	1,53
14	0,00	2,21
15	0,00	3,13
16	0,00	4,32
17	0,00	5,84
18	0,00	7,78
19	0,01	10,19
20	0,03	13,17
21	0,08	16,81
22	0,20	21,21
23	0,49	26,49
24	1,15	32,77
25	2,61	40,19
26	5,72	48,89
27	12,16	59,05
28	25,16	70,82
29	50,76	84,41
30	100,00	100,00

³⁷ Eine weiterführende Analyse findet sich bei Umberto Eco [Eco, 1994].

Die drei angeführten Beispiele zeigen anschaulich, daß über den Verlauf der Nutzenzuwächse bei sequentieller Aneignung von Information keine a priori Annahme möglich ist. Alle drei Grenznutzenverläufe sind interpretierbar, die Annahme fallenden Grenznutzens kann nur durch die Spezifika einer bestimmten Situation begründet werden. Es ist in diesem Zusammenhang auch durchaus bemerkenswert, daß die neueren Modelle der ökonomischen Wachstumstheorie - Modelle mit endogenem technischen Fortschritt - die Annahme fallender Grenzproduktivität bei der Produktion neuen technischen Wissens explizit fallen gelassen haben [Romer D., 1996, S.96 ff].

Den erwarteten Nutzenzuwächsen durch Aneignung von Information ist nun eine *erwartete Nutzenminderung*, die ebenfalls mit diesem Prozeß einhergeht, gegenüberzustellen. Das war schon in Beispiel 2-A ersichtlich, in dem diese Nutzenminderungen als Suchkosten auftraten. Etwas allgemeiner formuliert läßt sich feststellen, daß diese Nutzenminderung im wesentlichen aus zwei Komponenten besteht:

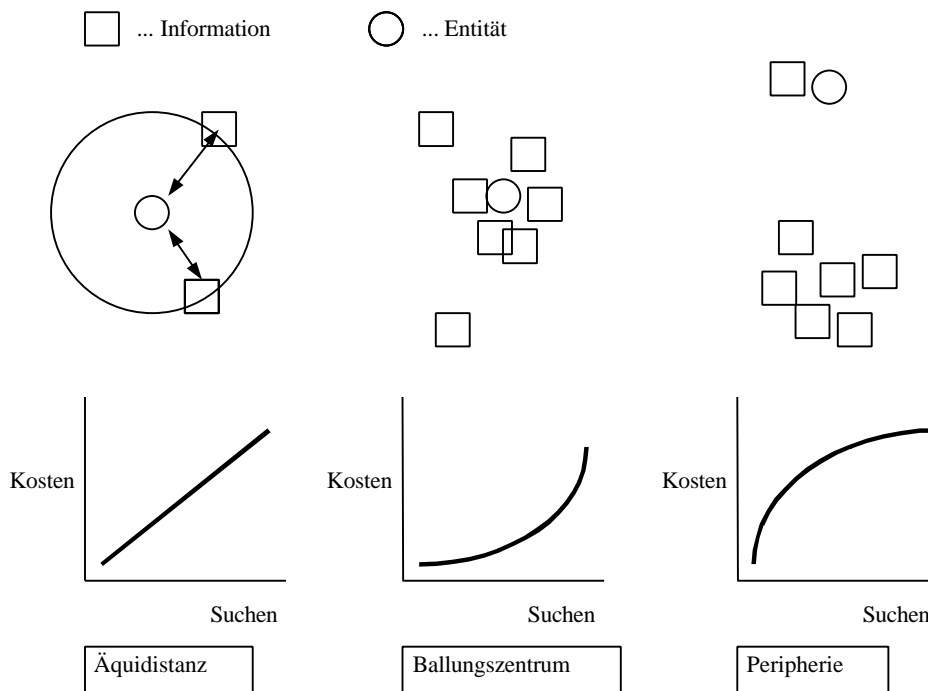
1. Aus den direkten Kosten des Aneignungsprozesses,
2. Aus den indirekten Kosten, den sogenannten Opportunitätskosten, die dadurch entstehen, daß während des Aneignungsprozesses andere Aktivitäten eingeschränkt werden müssen.

Für erstere bietet sich eine räumliche Metapher an. So können etwa gleichbleibende Kosten pro Information, also eine linear ansteigende Kostenfunktion, beziehungsweise eine linear fallende Nutzenfunktion, dadurch dargestellt werden, daß eine Entität sich im Zentrum eines Kreises befindet, auf dem die Orte an denen Information gesammelt werden kann liegen. Die Länge jeder Reise zu einem Punkt ist gleich (entspricht dem Durchmesser des Kreises), direktes Reisen von einem Punkt des Kreises zum nächsten ist verboten.

Kompliziertere Annahmen lassen sich leicht darstellen: Befindet sich die Entität innerhalb eines Ballungszentrums von Informationen, so wird zunächst ein kleiner Kreis zu geringen Kosten durchsucht, während in der Folge immer spärlicher mit Information besetzte konzentrische, größere Kreise mit höheren Kosten besucht werden müssen. Ist die Entität jedoch außerhalb des Ballungszentrums angesiedelt, so werden die ersten Kosten zur Reise zum Ballungszentrum zwar hoch sein, von dort aus können dann jedoch zusätzliche Informationen zu geringen Grenzkosten erworben werden. Im Operations Research haben sich als Erweiterung dieser Überlegung das sogenannte „Travelling Salesperson Problem“ und seine Derivate entwickelt [Taha H.A., 1987].

Mit den letzten zwei Beispielen sind unterschiedlich steigende Kostenfunktionen verbunden. Im einen Fall steigen die Grenzkosten ab einem bestimmten Punkt an, im anderen fallen sie sobald dieser Punkt erreicht ist. Die eingangs beschriebene Situation konstanter Grenzkosten liegt dazwischen.

Abbildung 9: Kosten der Informationsaneignung



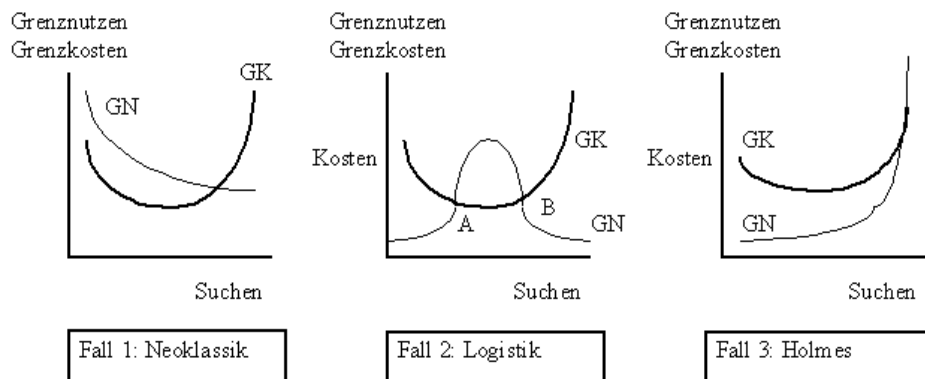
Betrachtet man die zweite Komponente der Nutzenminderung, die Opportunitätskosten, so ist klar, daß diese mit steigender Anzahl von Suchen, vor allem oberhalb eines bestimmten Suchniveaus, überproportional ansteigen werden. Da die beiden Komponenten addiert werden müssen, käme daher im Falle „Peripherie“ eben jene typische S-förmige Kostenkurve zustande, die ja auch in der üblichen mikroökonomischen Theorie oft angenommen wird. In den anderen beiden Fällen läge hingegen nur der positiv ansteigende Ast der Grenzkostenkurve vor.

Kombiniert man nun Grenzkostenverläufe mit den in den obigen Beispielen vorgestellten Grenznutzenverläufen so ergibt sich folgendes Bild. Im neoklassischen Fall 1 kann Information wie jedes andere Gut behandelt werden. Die Lage der Kurven garantiert die Existenz eines eindeutigen Optimums der Anzahl der Suchen.

Fall 2 ist insofern interessanter, als Informationsaneignung überhaupt erst ab einer gewissen Größe der Aneignung, hier ab Punkt A, interessant werden kann. Hierzu muß das Niveau des erwarteten Nutzens die erwarteten Kosten übersteigen, erst dann wird Punkt B realisiert. Kann sich eine Entität die Ausdehnung des Wissenserwerbs bis zu Punkt A nicht leisten, so kann sie auch Punkt B niemals erreichen. Damit läßt sich die Entwicklung von der Teilung der Menge sozialer Entitäten aufgrund ihrer Finanzkraft in eine daraus resultierende Teilung aufgrund des Wissens beschreiben.

Bei Fall 3 ist die Existenz eines Optimums überhaupt in Frage gestellt. Hier liegen die Grenzkosten für den gesamten Informationsaneignungsprozeß, mit Ausnahme der letzten Information, über dem Grenznutzen. Ob das Niveau des Gesamtnutzens nach Abschluß der Suche höher als die Gesamtkosten ist, kann aus der marginalen Betrachtungsweise nicht abgeleitet werden. Die Entscheidung kann hier folglich nur zwischen den extremen Alternativen „gar kein Wissen erwerben“ und „alles Wissen erwerben“ erfolgen.

Abbildung 10: Unterschiedliche Prozesse der Aneignung von Information



Wie also aus diesen Darstellungen ersichtlich eröffnet sich hier den „Economics of Information“ ein breites Spektrum möglicher Spezifizierung, das weit über eine Integration der Ware Information in herkömmliche Mikroökonomie mittels Suchmodellen hinausgeht. Jede Wissensakkumulation als bloße Suche zu beschreiben erweist sich als ein zu enger Fokus. Es ist bemerkenswert, daß eine analoge Einschränkung im Bereich „Artificial Intelligence“, wie sie etwa von Newell und Simon vorgeschlagen wurde, einer ähnlichen Kritik unterworfen wurde³⁸.

Produktion von Information

Für längere Zeit war die Produktion von Informationen ein Prozeß, der in der herkömmlichen Nationalökonomie erstaunlich wenig beachtet wurde. Dies ist umso merkwürdiger als die klassische Ökonomie, zum Beispiel Adam Smith, diesem Phänomen ganz besondere Wichtigkeit zuerkennen. Für Smith ist die Teilung und Spezialisierung der verschiedenen konkreten Arbeitsprozesse der wesentlichste Grund für die Zunahme der Produktivität einer Volkswirtschaft und damit der Hintergrund für den „Reichtum einer Nation“ [Smith A., 1776]. Spezialisierung geht aber Hand in Hand mit der Entwicklung technischen Wissens, erst dieses erlaubt es Prozesse zu zerlegen, ja neu zu gestalten, indem aus Erfindungen und *neuen Kombinationen* (ein Term den Joseph Schumpeter geprägt hat) Innovationen entstehen. Die Renaissance der Beschäftigung mit Informationsproduktion in der Ökonomie hat daher folgerichtig mit der Wiederentdeckung der Innovationstheorie begonnen. Sie wird weiter unten kurz thematisiert.

³⁸ Man vergleiche hierzu insbesondere [Hanappi & Egger, 1993].

Der (ebenfalls der ökonomischen Klassik zuzurechnende) politische Ökonom Karl Marx hat die Grundidee des Adam Smith in seinem kommunistischen Manifest [Marx K., 1848] aufgenommen, und es als *die* (positive) welthistorische Aufgabe des Kapitalismus beschrieben, die Produktivität der Arbeitsprozesse in ungeheurem Ausmaß zu erhöhen. Anders als Smith hat er jedoch dieser immensen Entwicklung technischen Wissens einen zweiten, einen politischen Prozeß als notwendige Bedingung zugeordnet: die Ausbeutung der Arbeiterklasse durch die Kapitalistenklasse. Erst in der Konkurrenz, die Unternehmer zwingt (und es ihnen durch die Konkurrenz der Arbeiter auch ermöglicht) Löhne zu drücken und Innovationen durchzuführen, kommen neue Kombinationen zustande. Dieses Grundmuster sozialen Verhaltens durchdringt nach Marx jedoch nicht nur die ökonomischen Prozesse sondern greift auf schlechthin alle sozialen Prozesse über: „die Ideologie der Herrschenden wird zur herrschenden Ideologie“. Damit spricht Marx die zweite Art der im Teil 1.1 eingeführten Wissensarten, nämlich Herrschaftswissen (im Gegensatz zu technischem Wissen), an. Die manipulative Gewalt, die diese Form der Wissensproduktion einmal erreichen kann konnten die klassischen Ökonomen des 19. Jahrhunderts allerdings kaum antizipieren. Für sie, die sie (Marx inklusive) Kinder der französischen Aufklärung waren, hatte Informationsverbreitung immer noch einen vorwiegend *lehrenden*, nicht zur manipulativen Gewaltausübung mißbrauchten Charakter. Erst in den letzten drei Jahrzehnten sind einige sporadische ökonomische Arbeiten zu diesem hochaktuellen Thema entstanden. Weiter unten wird ein einfaches Beispiel diskutiert.

Zuvor ist noch festzuhalten, daß das jahrzehntelange Schweigen der ökonomischen Theorie zum Thema Informationsproduktion (von der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts bis nach dem zweiten Weltkrieg) wohl als Reaktion auf Marx' Angriff auf den Kapitalismus interpretiert werden kann. So haben die neoklassischen Ökonomen des späten 19. Jahrhunderts (Walras, Jevons, Menger) die theoretische Verteidigung des Kapitalismus vor allem auf alternativen Annahmen bezüglich der relevanten Einheiten (Individuen statt Klassen) und damit zusammenhängenden Informationsannahmen (vollkommene Information statt Innovationstheorie und Ideologieproduktion) aufgebaut. Bis heute ist der Mainstream ökonomischer Theoriebildung diesen beiden Ecksteinen verhaftet - und übersieht dabei oft, daß die wesentlichen positiven Errungenschaften des herrschenden Wirtschaftssystems dabei ebenso aus dem Blickwinkel geraten wie seine negativen, zu revolutionierenden Ergebnisse.

Innovationstheorien

Ein wesentlicher Beitrag zur Innovationsforschung ist in diesem Jahrhundert von Joseph Schumpeter geleistet worden [Schumpeter, 1927]. Schumpeter sieht die innovative Kraft schöpferischen Unternehmertums als den *das Marktgleichgewicht störenden* Motor des Kapitalismus an. Neues Wissen zerstört altes Wissen, wird aus der Not der Wirtschaftskrisen geboren, birgt außergewöhnliche Risiken und schwer prognostizierbare Erfolge in sich. All das läßt den Innovationsprozeß als evolutionären Prozeß erscheinen. Erst die neueren Ergebnisse evolutionärer Biologie der letzten beiden Dekaden haben zur Verbreitung derjenigen formalen Werkzeuge geführt, die vielleicht zur Formalisierung der von Schumpeter angesprochenen Ideen führen könnten³⁹. Nach Schumpeters Ansicht ist das 20. Jahrhundert jedoch vom Untergang des Unternehmertums, von der Übernahme seiner Aufgaben durch große, planende soziale Entitäten gekennzeichnet. In der Tat sind die Leistungen des Staates, vor allem im Bereich der Grundlagenforschung, in allen Industriestaaten zu einem nicht mehr wegzudenkenden Pfeiler jeder innovativen Tätigkeit geworden.

Entsprechend dieser Problemlage - wie groß soll und kann der Anteil privater Forschungstätigkeit sein - hat sich auch die Innovationstheorie mit der Frage der Größe der für neues Wissen aufgewendeten Ressourcen beschäftigt. Im folgenden soll daher diese Fragestellung exemplarisch dargestellt werden (man vergleiche hierzu auch [Hirshleifer J. & Riley J.G., 1995, S.258-294]).

Die sich aus rein privatwirtschaftlichen Überlegungen ergebenden Ausgaben für Forschung und Entwicklung können entweder größer oder kleiner als die sozial gesehen optimale Ausgabenhöhe sein. Letztere könnte im Sinne Schumpeters von einer größeren sozialen Entität (die durch einen politischen Prozeß zu legitimieren wäre) festgelegt werden. Die Unterlegenheit der privatwirtschaftlichen Lösung, im einen Fall Unterinvestition in Forschung und Entwicklung, (in der Folge F&E genannt) im anderen Fall Überinvestition, soll anhand zweier simpler, aber einleuchtender Modelle dargestellt werden.

³⁹ Darauf wird in Teil 3 noch zurückzukommen sein.

Unterinvestition in Wissensproduktion wird oft darauf zurückgeführt, daß Wissen den Charakter eines *öffentlichen Gutes* besitzt. Das heißt, daß es nicht (oder zumindest nur sehr beschränkt) möglich ist andere vom Gebrauch privatwirtschaftlich produzierten Wissens auszuschließen. Damit sinkt aber der Anreiz privatwirtschaftlicher Einheiten dieses Wissen selbst zu produzieren, während gleichzeitig ihr Anreiz darauf zu warten, daß andere F&E betreiben deren Früchte sie dann ernten können, steigt. Ist das aber die Strategie aller Unternehmer, so wird insgesamt zuviel erwartet - also unterinvestiert. Das folgende Beispiel soll dies verdeutlichen.

Beispiel 2-E

Annahmen:

Zwei Unternehmer haben die Wahl eine bestimmte F&E Ausgabe zu tätigen, oder sie zu unterlassen. Jeder Unternehmer erwartet für den Fall, daß diese Ausgabe erfolgt einen zukünftigen, zusätzlichen Gewinn von 8 Geldeinheiten. Seine Forschungstätigkeit würde allerdings 3 Einheiten kosten, sodaß netto nur noch 5 Einheiten blieben. Am günstigsten wäre es für jeden der beiden wenn der Konkurrent forschen würde, während man selbst sich auf Marktanteilssteigerungen konzentrieren könnte. Dann wäre es nämlich möglich das vom Konkurrenten erarbeitete Wissen, *das ja ein öffentliches Gut ist*, zu verwenden - und diesen damit aus dem vorher bearbeiteten Markt zu vertreiben. Damit entstünde diesem ein Schaden von insgesamt 10 Geldeinheiten, während dem eigenen Unternehmen ein Zusatzgewinn von 5 weiteren Geldeinheiten, also insgesamt von 10 Geldeinheiten erwüchse.

Problem:

Soll F&E betrieben werden? Entsteht ein sozial wünschenswertes Investitionsniveau?

Lösung:

Man stelle die Situation als *strategisches Spiel in Normalform* dar. Jeder Unternehmer hat zwei Wahlmöglichkeiten und der Erfolg seiner Wahl hängt von der Wahl des jeweiligen anderen ab. Die möglichen, erwarteten Gewinne lassen sich in die eine 2 mal 2 Matrix eintragen. Die Zeilen der Matrix entsprechen der Wahl des ersten Unternehmers: Zeile 1 heißt, daß er nicht investiert; Zeile 2 heißt, daß er investiert. Die Spalten beschreiben den zweiten Unternehmer in analoger Weise. Jedes Element der Matrix beschreibt also das Zusammentreffen zweier Strategien. Die beiden Zahlen in jedem Element geben die erwarteten Gewinne wieder: die erste Zahl den erwarteten Gewinn von Unternehmer 1, die zweite Zahl jenen von Unternehmer 2.

		Unternehmer 2:	
		<i>F&E nicht betreiben</i>	<i>F&E betreiben</i>
Unternehmer 1:	<i>F&E nicht betreiben</i>	0, 0	10, -10
	<i>F&E betreiben</i>	-10, 10	5, 5

Sozial wünschenswert wäre das in der rechten unteren Zelle angegebene Ergebnis. Das deshalb, weil hier die Summe der erwarteten Gewinne maximiert wird. Dieses Ergebnis stellt auch ein sogenanntes *Pareto-Optimum* dar: „Es ist nicht möglich einen der Beteiligten besser zu stellen ohne einen anderen schlechter zu stellen“. Dennoch wird sich dieses Ergebnis wahrscheinlich nicht einstellen, denn hat es sich eingestellt, so hat jeder der beiden sofort einen Anreiz seine F&E Aktivitäten einzustellen um seinen erwarteten Gewinn auf 10 Geldeinheiten zu erhöhen. Befinden sie sich aber einmal im linken, oberen Eck der Matrix, so wird sich jeder der beiden hüten einen möglichen Verlust von 10 Geldeinheiten durch einseitiges Forschen zu riskieren. Dieses Ergebnis (0, 0) scheint relativ stabil zu sein, es ist ein sogenanntes *Nash-Gleichgewicht*: Unter der Annahme, daß alle anderen bei ihrer Strategie bleiben, zahlt es sich für keinen aus von der eigenen Strategie abzugehen.

Das Fazit dieser Situation, die dem Charakter des öffentlichen Gutes Information geschuldet ist, besteht in einer dauerhaften Unterinvestition in Wissensproduktion.

Überinvestition in F&E wird oft mit Hilfe eines Modells argumentiert, das als „Tragedy of the Commons“ (Tragödie der Allmende) bezeichnet wird⁴⁰. Man betrachte folgendes Beispiel:

⁴⁰ Man vergleiche [Hardin, 1968], beziehungsweise [Varian H., 1991, S.535-540].

Beispiel 2-F

Annahmen:

Gegeben sei ein bestimmter Wissensbereich, innerhalb dessen Unternehmen Forschungsprojekte durchführen können. Jedes Forschungsprojekt verursacht dieselben Kosten von a Geldeinheiten - die Informationsproduktion führt also dadurch zu konstanter Nutzenminderung pro Projekt.

Andererseits werden von der produzierten Information Nutzenzuwächse, $u(x)$, erwartet, die von der Anzahl der in diesem Wissensbereich durchgeführten Projekte, x , abhängt: Werden insgesamt mehr Projekte durchgeführt, so sinkt der erwartete Nutzen eines Projektes, da schon ein größerer Teil des Wissensbereiches bekannt ist, „abgegrast“ wurde⁴¹.

Problem:

Wieviele Projekte werden durchgeführt?

Lösung:

Für fallende Grenzerträge und konstante Grenzkosten ergibt sich (unter der Voraussetzung, daß für das zumindest für das erste Projekt der erwartete Nutzen größer als die Projektkosten ist) eine optimale Anzahl von Projekten dort, wo der zusätzliche Nutzen eines Projektes gerade noch größer als die fixen Projektkosten („Grenznutzen gleich Grenzkosten“) ist:

$$U'(x^*) = a.$$

Diese optimale Bearbeitung des Wissensbereiches wird jedoch nicht eintreten, da bei der Anzahl von x^* Projekten jedes Unternehmen immer noch Anreize zur Durchführung weiterer Projekte hat. Falls etwa angenommen wird, daß alle Unternehmen denselben Nutzenzuwachs erwarten und ihnen auch jeweils der gleiche Anteil zufällt, so hieße ein zusätzliches Projekt für den einzelnen einen erwarteten Nutzenzuwachs von $U(x+1)/(x+1)$. Solange dieser Wert größer als a ist wird er neue Projekte starten - und zwar solange bis er gleich den Projektkosten a ist. Die neue Bedingung durch die die sich einstellende Anzahl von Projekten, x^{**} , gegeben ist lautet daher:

$$\frac{U(x^{**})}{x^{**}} = a.$$

Es werden also mehr Projekte durchgeführt ($x^{**} > x^*$), als aus nutzenmaximierender Sicht optimal (man sagt auch „sozial effizient“) ist. Überinvestition in Wissensproduktion wird dadurch erklärbar.

Überlegt man weshalb dieses Ergebnis zustande kommt, so erkennt man, daß hier, wie schon im Beispiel 2-E, das Auseinanderklaffen von individueller Nutzenmaximierung und kollektivem Optimum ausschlaggebend ist. Das einzelne Unternehmen lanciert neue Forschungsprojekte *ohne sich darum kümmern zu müssen, daß dadurch der Ertrag aller Forschungsprojekte für alle anderen Unternehmen fällt*. In der Tat handelt es sich wie schon in Beispiel 2-E um eine spieltheoretisch zu behandelnde Situation: Der Erfolg des einzelnen Entscheidungsträgers hängt von der Strategiekombination aller Entscheidungsträger ab. Wie zuvor ist auch hier das Problem die fehlende Koordination bei individueller Nutzenmaximierung. Wie zuvor spielt auch hier eine spezifische Eigenschaft der Ressource „Wissensbereich“ eine zentrale Rolle. Und doch ergibt sich hier als Konsequenz das genaue Gegenteil zu Beispiel 2-E, Überinvestition statt Unterinvestition!

Der Grund liegt darin, daß die Schwierigkeit - die „Öffentlichkeit“ des Gutes Wissen - in Beispiel 2-E darin bestand, daß *bereits produzierte* Information nicht als Privateigentum vor der Öffentlichkeit geheimgehalten werden konnte, während in Beispiel 2-F der *öffentliche Zugang zur Informationsproduktion* nicht durch ein Privatunternehmen eingeschränkt werden kann. Dies sind offensichtlich zwei konträre Aspekte der Öffentlichkeit eines Gutes.

In beiden Fällen kann eine größere soziale Entität, zum Beispiel der Staat, eingreifen um ein sozial wünschenswertes Ausmaß an Wissensproduktion zu gewährleisten. Im ersten Fall durch entsprechenden temporären Schutz vor Imitation (Patentrecht, Urheberrecht, etc.) im zweiten Fall zum Beispiel durch entsprechende Steuern, die die Grenzkosten auf ein Niveau heben, das zu einer optimalen Projektanzahl führt.

⁴¹ Die ursprüngliche Interpretation der „Tragedy of the Commons“ bezieht sich tatsächlich auf eine gemeinsame Weide auf der Bauern ihre Kühe (hier Projekte) weiden lassen können.

Beide Beispiele zeigen daher, daß die rein marktwirtschaftliche Dynamik gerade für Prozesse der Wissensproduktion durch das Eingreifen politisch bestimmter sozialer Entitäten komplettiert werden muß. Und zwar zeigen sie das bereits für die Produktion rein technischen Wissens. Verschärft tritt dieses Problem offensichtlich für Herrschaftswissen zutage - wie im folgenden Abschnitt noch eingehend zu diskutieren sein wird.

Ideologische Manipulation

Das folgende kleine Modell behandelt die Frage der Verteilung eines von zwei Entitäten produzierten Outputs (eine genaue Darstellung findet sich in [Hanappi, 1994, S.21-42]).

Modell „Ideologische Manipulation“:

Man betrachte zwei Entitäten von denen jede eine Variable kontrolliert. Jede Kontrollvariable sei durch einen Skalar im Intervall $[0,1]$ meßbar. Man denke bei dieser Kontrollvariablen an die Aktivität der jeweiligen Entität, die im Zusammenwirken der beiden zu einem gemeinsamen Output führt. Auch dieser Output sei skalar meßbar. Die Situation wird komplizierter wenn man annimmt, daß die beiden Entitäten wissen was sie tun. Jede Entität besitze ein Modell des eben beschriebenen Produktionsprozesses. Diese Modelle seien unterschiedlich, gekennzeichnet durch Index 1 und 2, aber linear. Daneben existiere noch ein drittes lineares Modell, welches den realen („wahren“) Prozeß beschreibt und den Index 0 hat und als Modell der Welt bezeichnet wird.

$$[1] \quad z_0 = w_0 + \alpha_0 u_1 + \beta_0 u_2 \quad (\text{Welt})$$

$$z_1 = w_1 + \alpha_1 u_1 + \beta_1 u_{2_1} \quad (\text{Modell von Entität 1})$$

$$z_2 = w_2 + \alpha_2 u_{1_2} + \beta_2 u_2 \quad (\text{Modell von Entität 2})$$

Output z_i wird von Entität i so wahrgenommen, daß er durch die mit α_i gewichtete eigene Aktivität u_1 sowie die mit β_i gewichtete Aktivität der anderen Entität u_2 und einem nicht kontrollierten Einfluß, der in w_i zusammengefaßt wird, zustande gekommen ist. Jede Entität kennt ihre eigene Kontrollvariable, die der anderen Entität muß jedoch geschätzt werden.

Im einfachsten Fall sind α_1 , α_2 , β_1 and β_2 alle *positiv* und es sei angenommen, daß die Entitäten ihre Kontrollvariablen nutzen um den Output zu maximieren. In diesem Fall ist es klar, daß beide Kontrollen auf Eins gesetzt werden, und zwar unabhängig von der Wahl der Kontrollvariablen der anderen Entität. Wenn der Output korrekt wahrgenommen wird und auch die Wahl der Kontrollvariablen der anderen Entität, also gilt, daß (man beachte die Notation):

$$[1.1] \quad z_0 = z_1 = z_2 =: z$$

$$[1.2] \quad u_{2_1} = u_2$$

$$[1.3] \quad u_{1_2} = u_1,$$

ist, so bleiben immer noch drei unbekannte Parameter für jede Entität, nämlich w , α and β . Annahmen über ihre Größe werden klarerweise bei der Verhandlung über die *Aufteilung* des gemeinsamen Outputs eine wesentliche Rolle spielen. Es ist bemerkenswert, daß in diesem einfachen Fall obwohl die Kontrollen fixiert sind, dennoch Informationsverarbeitungsprozesse von Bedeutung sind: Entität 1 wird versuchen Entität 2 davon zu überzeugen, daß α groß ist im Vergleich zu β und umgekehrt. Die Variable w spielt hier keine Rolle.

Sei nun der minimale Outputanteil den eine Entität i benötigt um auch in der nächsten Periode aktiv zu sein gleich z_{\min}^i und der dadurch für die andere Entität j verbleibende Anteil gleich z_{\max}^j .

$$[1.4] \quad z_{\max}^j = z - z_{\min}^i$$

Wenn man nun annimmt z_{\min}^i sei exogen gegeben, etwa weil es das zum physischen Überleben von Entität i erforderliche Minimum darstellt, dann hängt die Aufteilung des Outputs in erster Linie von der relativen Macht der beiden Entitäten ab: Die stärkere Entität bekommt den maximalen Anteil. Aber direkte Machtausübung verursacht Kosten und mit sinkenden Informationsverarbeitungskosten kann ideologische Machtausübung attraktiver werden (vergleiche auch [Hanappi, 1989,]). Man nehme an Entität 1 sei ursprünglich stärker gewesen, sodaß

$$[1.5] \quad z = z_{\max}^1 + z_{\min}^2$$

Seien nun die Kosten direkter und ideologischer Gewaltausübung pro Periode gegeben als:

$$[1.6] \quad c_c^1 \dots \text{Kosten direkter Gewalt}$$

$$c_M^1 \dots \text{Kosten der Beeinflussung der Wahrnehmung von Entität 2}$$

und nimmt man weiters an, daß das ursprüngliche Modell von Entität 2

$$[1.7] \quad z = \beta_2 u_2 \quad (\text{das heißt } w_2 = \alpha_2 = 0)$$

war. Mit anderen Worten sieht Entität 2 den gesamten Output ursprünglich als nur durch seine eigene Aktivität entstanden. Es ist bloß die direkte Gewaltausübung, die sie dazu zwingt nur ihr Subsistenzniveau z_{\min}^2 zugeteilt zu bekommen.

Das Modell von Entität 1 gäbe ein völlig anderes Bild wieder:

$$[1.8] \quad z = \alpha_{1M} u_1 + \beta_{1M} u_2 \quad \text{mit}$$

$$\alpha_{1M} : \beta_{1M} = z_{\max}^1 : z_{\min}^2$$

Hier erscheint die momentane Aufteilung gerechtfertigt, da sie die jeweiligen Beiträge zum Output widerspiegelt⁴². Eine mögliche Formulierung zur Einführung von Informationsproduktion als Herrschaftswissen, also zur Modifikation des von Entität 2 verwendeten Modells, ist die folgende:

$$[1.9] \quad z = (1-\gamma)(\beta_2 u_2) + \gamma(\alpha_{1M} u_1 + \beta_{1M} u_2) \quad \text{mit } 0 \leq \gamma \leq 1.$$

In dieser Formulierung beschreibt der Parameter γ inwieweit Entität 2 das von Entität 1 vorgeschlagene Modell glaubt. Ist γ gleich 0 so glaubt Entität 2 an ihr ursprüngliches Modell, steigt γ so ist Entität 2 immer mehr geneigt die herrschende Verteilung als gerechtfertigt zu akzeptieren.

Um das Modell zu schließen ist noch ein letzter Schritt nötig. Die durch die Variable γ gemessene Beeinflussung muß eine steigende Funktion ihrer Kosten c_M^1 sein, während die Kosten direkter Gewaltausübung c_c^1 mit steigendem γ fallen müssen. Je bereitwilliger Entität 2 die herrschende Verteilung akzeptiert, desto weniger direkte Gewaltausübung ist nötig.

⁴²) Man beachte, daß [1.8] als logarithmische Darstellung einer Cobb-Douglas Produktionsfunktion, mit α und β als Outputelastizitäten von Kapital und Arbeit interpretiert werden kann. Neoklassische Autoren haben diese Formulierung in der Tat zur Diskussion von Verteilungsfragen verwendet.

$$[1.10] \quad \gamma = f(c_M^1)$$

$$[1.11] \quad c_C^1 = g(\gamma)$$

Sind all diese Annahmen getroffen, so hängt die Wahl von γ von den Kosten der Informationsproduktion relativ zu den Kosten direkter Gewaltausübung ab. Im Rahmen neoklassischer Argumentation könnte man sagen, daß für wohlgeformte Funktionen Ideologieproduktion solange ausgeweitet wird, solange der Grenzertrag aus eingesparten Kosten direkter Gewaltausübung ihre Grenzkosten übersteigt.

Als Beispiel seien f und g durch [1.12] und [1.13] gegeben.

$$[1.12] \quad c_M^1 = k_0 \gamma^2$$

$$[1.13] \quad c_C^1 = (1-\gamma) k_1 z_{\max}^1$$

Zunächst ist es billig Entität 2 davon zu überzeugen einen kleinen zusätzlichen Anteil als gerechtfertigt erscheinen zu lassen, es wird aber überproportional schwieriger. Mit einer solchen Überlegung könnte die Nicht-linearität von [1.12] gerechtfertigt werden. In [1.13] wird angenommen, daß die Kosten direkter Gewaltausübung proportional zu dem gegen den Willen von Entität 2 angeeigneten Outputanteil sind. Der Skalierungsparameter k_0 muß kleiner als z_{\max}^1 sein und k_1 muß kleiner als 1 sein. Beide können als Maße für die Kosten interpretiert werden. Die Ersparnisse durch steigende Beeinflussung sind dann

$$[1.14] \quad s_C^1 = \gamma k_1 z_{\max}^1$$

und der optimale Mix von direkter und ideologischer Machtausübung kann durch Gleichsetzung von Grenzkosten und Grenzertrag errechnet werden:

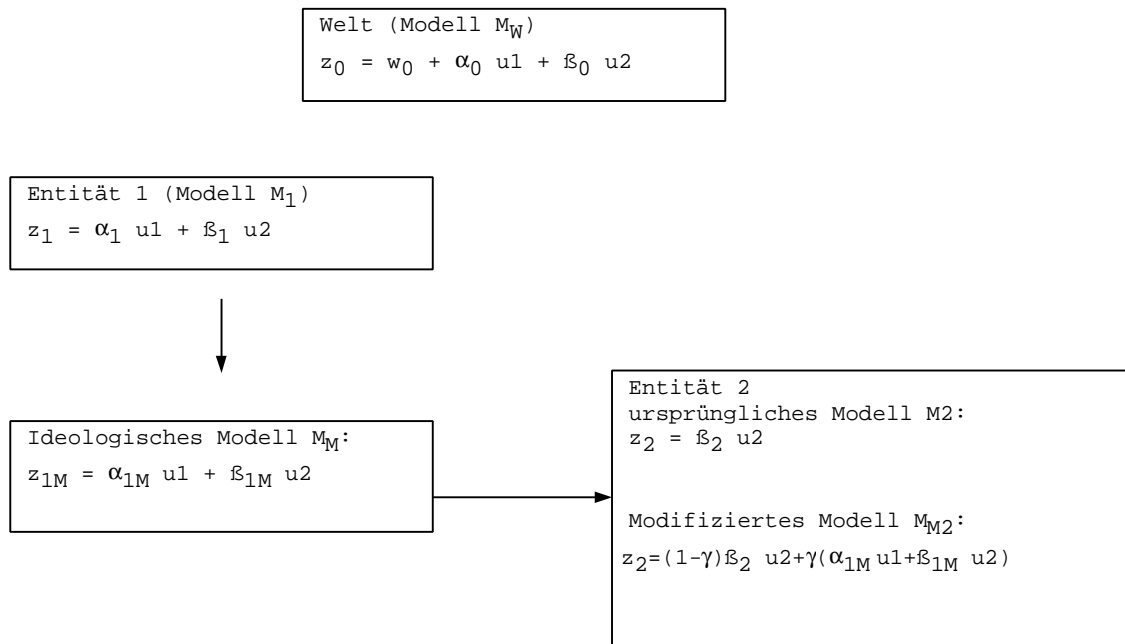
$$[1.15] \quad k_1 z_{\max}^1 = 2 k_0 \gamma$$

$$\gamma^* = (k_1 z_{\max}^1) / (2 k_0)$$

Je höher die Kosten direkter Gewalt und je geringer die Kosten ideologischer Gewalt, desto mehr wird direkte durch ideologische Gewalt substituiert werden (desto größer ist γ^*). Für gegebene Kosten impliziert diese Spezifikation stärkere ideologische Gewalt bei niedrigeren Subsistenzniveaus.

Die impliziten Annahmen dieses Modells seien nun noch kurz zusammengefaßt. Es gibt keinen Konflikt über das Niveau der Aktivitäten. Nur eine Entität besitzt die Fähigkeit das Modell der anderen zu beeinflussen. Für bestimmte Kostenstrukturen kann dadurch direkte durch ideologische Gewaltausübung ersetzt werden. Das heißt auch, daß ursprünglich ein auf direkter Gewaltausübung basierendes Ungleichgewicht zwischen den Entitäten existiert haben muß. Das wahre Modell wird nicht verwendet. Auch das Herausfinden der Parameter des Opponenten ist hier unnütz. Es gibt keine Aneignung von Information, nur Informationsproduktion von Entität 1. Das folgende Schema gibt die Situation wieder.

Abbildung 11: Ein einfaches Modell der Informationsproduktion



Offensichtlich ist das wahre Modell für den Konflikt irrelevant. Ebenso die Frage ob Entität 1 an ihr eigenes ideologisches Modell glaubt⁴³, ob also M_M gleich M_1 ist.

Ansätze einer politischen Ökonomie der Information

Das Thema Information durchzieht die politische Ökonomie wie ein roter Faden. *Politische Ökonomie* ist hier im klassischen Sinne zu verstehen, also als jene Wissenschaft, die politische und ökonomische Prozesse als ein Ganzes zu verstehen versucht. Das besondere einer politischen Ökonomie *der Information* besteht sicher darin, daß Information ein besonders fluides, leicht zu transportierendes, daher schnelles Element des politisch-ökonomischen Prozesses ist. Hinzu kommt ihre Omnipräsenz. Kein Prozeß in dem bewußte soziale Entitäten involviert sind kann ohne sie ablaufen.

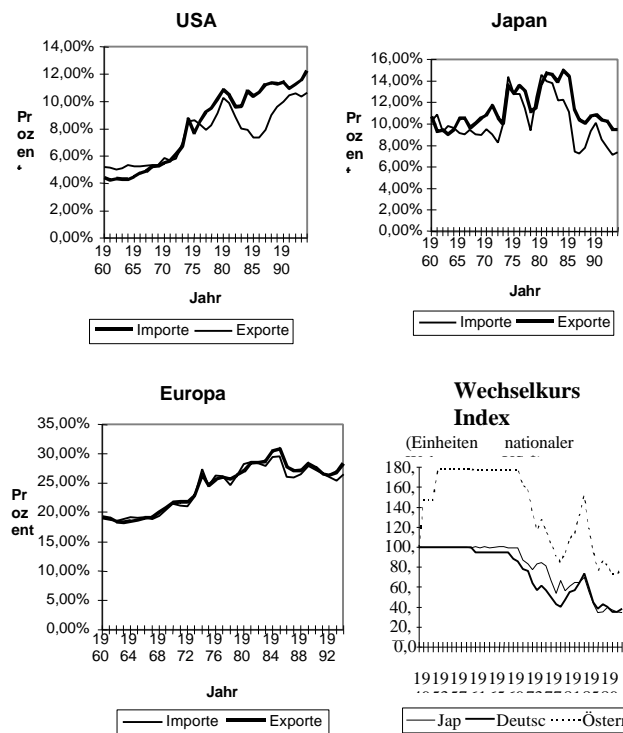
Ein interessantes Korrelat der Information ist offensichtlich das Geld. Auch Geld ist als Basis der Komensurabilität unterschiedlicher konkreter Arbeit allgegenwärtig. Auch für Geldmärkte gilt, daß sie in aller Regel schneller reagieren als die ihnen gegenüber stehenden Gütermärkte. Mehr noch, ist doch die historische Entwicklung des Geldes vom Warengeld bis zu elektronischem Geld nichts als ein einziger, langfristiger Abstraktionsprozeß. Das heißt Geld wird immer abstrakter, immer mehr zu einer bloßen sozialen Relation, die zu ihrer Erkennung nurmehr eines Zeichens, und immer weniger eines konkreten materiellen Substrats bedarf. Doch Erkennung alleine wäre zuwenig, es geht um *Anerkennung* als Geld, soll es als solches akzeptiert werden. Es muß also von den involvierten Entitäten *erinnert* werden, daß ein bestimmtes Geldzeichen politisch legitimiert ist. Geldwirtschaft basiert also auf einem *in den sozialen Entitäten gespeicherten Wissen* und *Geld selbst wird immer mehr zu bloßer Information*, die diesem Wissen hinzugefügt wird.

⁴³) Da aus einem solchen Wissen um das wahre Modell im vorliegenden Fall kein Ertrag (wohl aber Kosten) entstehen, sollte man wohl annehmen, daß M_M gleich M_1 ist.

Da sich Geldmarktprozesse als Informationsprozesse weltwirtschaftlich wesentlich schneller ausbreiten als die in physischen Produkten, wie Fabriken, zu verpackenden Produktionsverfahren, ist es auch klar, daß die Geburt der Weltwirtschaft mit der Entstehung des Weltgeldes beginnt. So ist es im 19. Jahrhundert das britische Pfund Sterling und im 20. Jahrhundert der US-Dollar, der die Weltmärkte dominiert lange bevor sich die Produktionsweisen des jeweils entwickeltesten Landes weltweit etablieren können. Über die reine Information "Wechselkurs" wird die konkrete Arbeit in den weniger entwickelten Ländern entwertet - allerdings muß diese Information auch politisch akzeptiert, das heißt durchgesetzt worden sein. Die viel diskutierte Globalisierung ist so gesehen eine Ausbreitung politischer Akzeptanz eines informationellen Standards: Produktivitätsentwicklungen haben sich weltweit als Wechselkursentwicklungen niederzuschlagen. Wer schneller produktiver produzieren kann, soll in einer sich zunehmend verflechtenden Welt mehr konsumieren dürfen - und vice versa. Im letzten Beisatz versteckt sich das Dilemma der 3. Welt.

An dieser Stelle ist es angebracht den Trend zur Globalisierung mit einigen Zahlen zu belegen.

Abbildung 12: Globale weltwirtschaftliche Verflechtung



Handelsströme als Prozentsatz der Wertschöpfung und Wechselkursentwicklung

Die ersten drei Diagramme zeigen den Anteil von Importen und Exporten an der Wertschöpfung der drei großen Wirtschaftsblöcke USA, Japan und Europa (Oecd-Europa). Das vierte Diagramm zeigt die Entwicklung der Wechselkurse, wobei als Zusatzinformation auch der österreichische Schilling hinzugefügt wurde.

Wie die Entwicklung dieser Handelströme zeigt, ist in den USA und in Europa die weltwirtschaftliche Verflechtung stärker gestiegen als die Wertschöpfung. Produktivitätssteigerung durch internationale Arbeitsteilung und Spezialisierung hat somit außerordentlich stark zur Steigerung der Wertschöpfung beigetragen. Besonders gut wurde diese Entwicklung von der japanischen Wirtschaft in Wertschöpfungswachstum (BIP-Wachstum) übersetzt: In Japan wuchs das BIP ähnlich schnell wie der Handel, die Anteile blieben eher konstant. Insbesondere der Handel mit den USA zeigt hier einen chronischen Exportüberhang, der sich für die USA als chronischer Importüberhang darstellt.

Der weiter oben angesprochene markante Einfluß der Information "Wechselkurs" auf diese Handelströme wird durch das vierte Diagramm klar. Mit dem Zusammenbruch des Systems fester Wechselkurse im Jahre 1971 beginnt der US-Dollar zu verfallen. Dadurch verflacht in den USA die Importentwicklung und erholt sich auch die Exportentwicklung ein wenig.

Wie sich schon in diesen wenigen Diagrammen zeigt, kann die entstehende globale Wirtschaft als eine stark verflochtene, durch monetäre Entwicklungen und Weichenstellungen bestimmte Entität bezeichnet werden. Die monetären Indikatoren sind aber nichts anderes als Geldzeichen die über moderne Informationstechnologien transportiert und gespeichert werden, deren Legitimität aber klarerweise politisch-ökonomisch für die sozialen Entitäten abgesichert sein muß. Wir sind also wieder bei der Verquickung politisch-ökonomischer und informationstechnischer Fragen angelangt von der wir ausgegangen sind - nur ist sie nun das Ergebnis weltwirtschaftlicher Tendenzen.

Firmen und Infrastruktur

Am deutlichsten ist die Globalisierungstendenz statistisch aus der Entwicklung der Firmenstruktur ablesbar. Hiezu sind in den folgenden Tabellen einige wichtige Kennziffern angeführt: die Entwicklung von Firmenübernahmen und Joint Ventures in der EU, sowie der Anteil ausländischer Firmen in den drei größten Industrieländern⁴⁴.

Tabelle 2.2.1: Industrial deals of the 1000 largest firms in the EU

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Mergers & Acquisitions of Majority holdings	117	155	208	227	303	383	492	622	455	343
Minority holdings	33	54	67	130	117	181	159	180	146	121
Joint Ventures	46	69	82	81	90	111	129	156	127	103

Tabelle 2.2.2: Anteil ausländischer Firmen an Industrieproduktion und Beschäftigung

Land	Produktion:		Beschäftigung:	
	1980	1989	1980	1989
USA	5,1 %	14,9 %	5,8 %	8,9 %
Japan	4,7 %	2,4 %	1,6 %	1,0 %
Deutschland	23,2 %	22,8 %	16,6 %	15,8 %

Wie man aus Tabelle 2.2.1 sofort sieht hat die Zentralisation des Kapitals, des Anlagevermögens, in Europa insbesondere während der 80er Jahre stark zugenommen. Immer größere Firmen befinden sich in immer weniger Händen. Beachtenswert ist auch, daß es sich zum Großteil um Mehrheitsübernahmen handelt, es also den Käufern offensichtlich um die Entscheidungsmacht im Unternehmen geht. Da die Tabelle nur die 1000 größten Unternehmen berücksichtigt, wird die Zentralisation wohl noch unterschätzt, denn das Verschwinden der vielen Klein- und Mittelbetriebe durch die übermächtige Konkurrenz der Großunternehmen wird hier gar nicht erst in Betracht gezogen. Die ökonomische Realität ist daher weit von der manchmal geäußerten Maxime des "small is beautiful" entfernt. Nach wie vor sind es steigende Skalenerträge, die in fast allen Bereichen zu fortschreitender Oligopolisierung führen. Die Beherrschung der Märkte durch wenige große Anbieter ist das Ergebnis der dynamischen Bestrebungen der großen Firmen - und eben jene Firmen sind folglich der Motor der Globalisierung.

Aus Tabelle 2.2.2 lassen sich verschiedene Schlüsse ziehen. Erstens zeigt ein Vergleich zwischen Produktionsanteil und Beschäftigungsanteil, daß letzterer in aller Regel niedriger ist als ersterer. Die beschäftigungsintensiven Unternehmen sind folglich eher nicht in ausländischer Hand, was zu einer gewissen Skepsis bezüglich nationaler Beschäftigungspolitik via Anlocken ausländischer Investoren führen sollte.

Zweitens sind die absoluten Größen der Anteile für Deutschland (und für Europa schlechthin) wesentlich höher als für die USA und Japan. Die europäische Wirtschaft ist von der Besitzstruktur noch stärker verflochten als die der anderen Industrieländer.

⁴⁴ Die Tabellen stammen aus einem lesenswerten Überblicksartikel von Graham Vickery [Vickerey, 1996].

Die Tabelle zeigt drittens aber auch, daß die Anteile in den USA generell zugenommen haben, während sie in Japan und Deutschland schwach abnehmen. Daran kann die schleichende Erosion der Vorherrschaft der USA in der Weltwirtschaft abgelesen werden. Immer mehr Investoren aus den Konkurrenzländern der USA gelingt es sich im amerikanischen Markt zu etablieren, während es zugleich möglich wird den Auslandsanteil daheim durch inländische Großunternehmen zumindest ein wenig zurückzudrängen.

Die Globalisierung wird also ganz wesentlich von Großunternehmen betrieben, und hier wiederum entscheidend von jenen mit Sitz in Europa, Japan und den USA. Während erstere seit Mitte der 70er Jahre im Vormarsch zu sein scheinen, ist Globalisierung für amerikanische Firmen seither oft auch eine Art Vorwärtsverteidigung. Erst vor dieser weltwirtschaftlichen Dynamik werden die im selben Zeitraum einsetzenden verstärkten Bestrebungen zu einer politischen Einigung Europas, zur europäischen Union, *als eine von den europäischen Großunternehmen ausgehende Initiative verständlich*⁴⁵. Ein vereinheitlichter politischer Raum, insbesondere auch ein einheitlicher ökonomischer Informationsraum - gemeinsames Geld, sind Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Vorgehen im Wirtschaftskrieg um die durch den vermuteten Niedergang der USA vakant werdende Vorherrschaft auf den Weltmärkten.

Politik, das von ihr induzierte Rechtssystem ebenso wie die von ihr vorzugebenden wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen, ist Teil der *Infrastruktur* eines Wirtschaftsraumes. Mit dem wachsenden Raum unternehmerischer Aktivitäten ist deshalb auch die Forderung nach einer entsprechenden Anpassung der Infrastruktur, besser der Infrastrukturen, verbunden. Bleiben diese gleich, so können sie gerade die dynamischsten Firmen am meisten behindern. Ihre Anpassung ist jedoch kein trivialer Vorgang.

Verbleiben wir im engeren Rahmen der Anpassung informationstechnologischer Aspekte so erscheint diese Problematik zunächst in zweifacher Form: Einerseits als Entwicklung eines entsprechenden Normensystems für technische Schnittstellen und andererseits als rechtliche Problematik im Sinne einer einheitlichen Einbettung derselben Produktions- und Marketingvorgänge in unterschiedliche fiskal- und geldpolitische Umgebungen. Üblicherweise kulminieren beide Fragen in Problematik einheitlicher Standards für größere politische Einheiten wie zum Beispiel der Europäischen Union.

Hier ist es durch die Europäische Kommission im Jahre 1987 zur Verfassung des sogenannten *Green Paper* gekommen, das in drei der insgesamt zehn Empfehlungen die Standardisierung im Bereich Informationstechnologien direkt anspricht. Trotz dieser Bemühungen wird der Druck zur Standardisierung der von größeren politischen Einheiten ausgeht von den einzelnen transnationalen Firmen immer wieder unterlaufen. Für diese stellt die Inkompatibilität des eigenen Systems oft ein Mittel zur Bindung der Konsumenten an die eigene Produktlinie dar⁴⁶. Aus ihrer Perspektive geht es darum welche Firma mächtig genug ist (im Verbund mit politischen Institutionen) *den Standard zu setzen* - und damit allen anderen Firmen die Anpassungskosten aufzubürden.

Wie dieses Beispiel zeigt, sind nationale Infrastrukturleistungen ein weiteres wichtiges Feld auf dem der Konkurrenzkampf zwischen den großen Unternehmen einer Branche, insbesondere der Informationstechnologien-Branche, ausgetragen wird. Da es hier oft um Marktbeherrschung in ganzen Ländern, und damit um beachtliche Veränderungen im erwarteten Gewinn geht, wird ein zunehmender Teil der Aktivitäten transnationaler Firmen der Aushandlung entsprechender Arrangements gewidmet. Zur Durchsetzung entsprechender Standards auf nationaler Ebene benötigen nämlich selbst mächtige internationale Konzerne immer noch nationale politische Partner. Umgekehrt benötigen nationale politische Institutionen (Regierungen, Parteien, ...) zunehmend die Unterstützung durch moderne Informationstechnologien, nicht zuletzt auch um teure direkte Gewaltausübung durch billigere ideologische Gewaltausübung zu ersetzen (vergleiche das Manipulationsmodell in Kapitel 2.1).

⁴⁵ Diese Bestrebungen wurden natürlich durch gleichlaufende strategische Überlegungen bestimmter politischer Parteien unterstützt, ja sogar für die Öffentlichkeit als ethnisches Anliegen umformuliert.

⁴⁶ In ihrem lesenswerten Artikel zu Fragen der Standardisierung in der EU schreiben die Autorinnen: "The computer field, being highly competitive, tried to avoid standardisation; large computer manufacturers used incompatibility as a way to lock-in their customers to a proprietary system in order to maximise profits." [Rosario M./Schmidt S., 1991, S.184].

Diesen, eher bedrohlich wirkenden, möglichen Koalitionen mächtiger politischer Institutionen mit den großen Konzernen der IT-Branche steht die potentielle Nutzung der neuen Technologien zur weiteren Demokratisierung unserer Gesellschaften gegenüber. Um diese Visionen zu entwickeln und durchzusetzen bedarf es aber - im Gegensatz zur Koalitionsbildung der Mächtigen - erst einer *politischen Konstituierung* der handelnden Staatsbürger. Eine solche ist zwar in den Verfassungen der indirekten Demokratien westlichen Zuschnitts im Prinzip durch die Durchführung periodischer politischer Wahlen vorgesehen - praktisch hängt das Funktionieren indirekter Demokratie jedoch entscheidend von den Bedingungen der Produktion und Aneignung von Information ab. Und die werden wohl meist wiederum von dem oben beschriebenen Machtkonglomerat bestimmt. Ein Ausweg aus diesem Dilemma ist momentan nicht absehbar. Einerseits mangelt es an operationalisierbaren Visionen direkterer Demokratie, die auch auf der Höhe technologischer Möglichkeiten argumentieren - auch das eine wichtige Aufgabe zukünftiger Wirtschaftsinformatik. Andererseits ist die Motivation zur Teilnahme an politischen Entscheidungsprozessen immer nur in dem Maße gegeben, in dem ihre Opportunitätskosten verkraftbar sind - wer täglich zwölf Stunden in drei Mc-Job Arbeitsverhältnissen arbeiten muß um das Lebensnotwendigste zu verdienen, kann nur wenig Zeit für politisches Entscheiden und damit verbundene Informationsverarbeitung verwenden. Politische Emanzipation hängt eng mit der Frage der Einkommensverteilung zusammen.

Institutional Economics

Der Frage wie ökonomische Prozesse mit den Institutionen in die sie eingebettet sind zusammenhängen, widmet sich ein eigener Zweig der ökonomischen Theorie: die *Institutional Economic Theory*. Was hier unter einer "Institution" verstanden wird unterscheidet sich allerdings vom Alltagsverständnis dieses Begriffes. Manche Institutionisten verstehen darunter jede Art systematischen Verhaltens von Entitäten, wodurch jedoch jede wissenschaftliche Tätigkeit die sich mit systematischen Zusammenhängen befaßt - folglich jede Wissenschaft schlechthin - "Institutionalismus" wäre⁴⁷. Eine solche Definition erscheint daher zu weit. Um sinnvoll verwendbar zu sein muß ein Konzept unterscheiden helfen, analytisch sein, Trennschärfe besitzen. Das diametral entgegengesetzte Verständnis von "Institution" versteht darunter eine vollständig aufzählbare Menge empirisch zu beobachtender Entitäten (z.B. Nationalbank, Gewerkschaft, Familie, ...), die je nach Erfordernissen des Modelles einzubeziehen sind.

Aus wirtschaftsinformatischer Sicht scheint ein Mittelweg zwischen der zu weiten, ersten Definition und dem doch etwas engen zweiten Konzept am sinnvollsten zu sein. Um diese Definition von den beiden anderen abzusetzen, werden Institutionen hier ganz explizit "soziale Institutionen" genannt:

Soziale Institutionen sind Systeme von Regeln, die aus der Interaktion sozialer Entitäten entstanden sind und diese Interaktion in der Folge in geordnete Bahnen lenken, sie festschreiben.

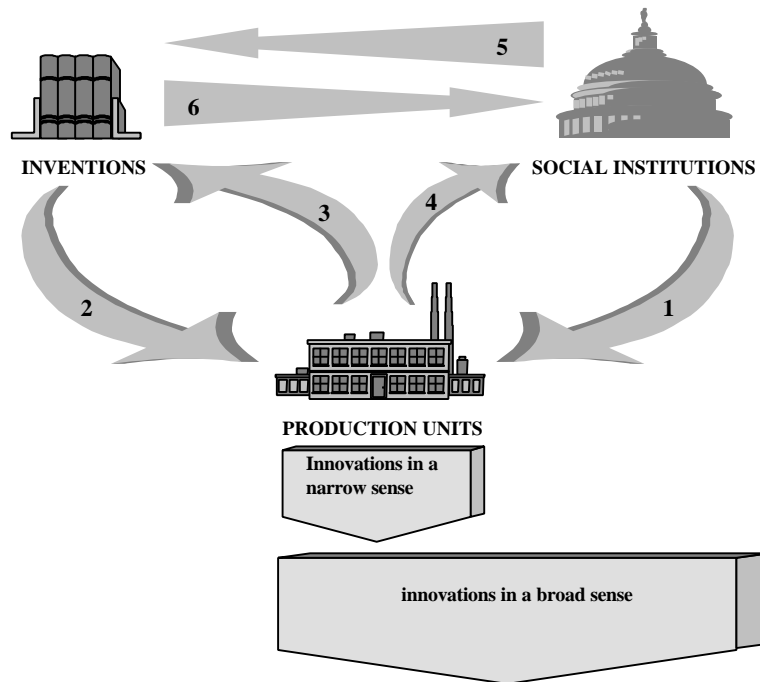
Damit sind soziale Institutionen historisch zu spezifizieren - ihre Ausformung beinhaltet sowohl das jeweils herrschende Machtverhältnis zwischen den durch sie betroffenen sozialen Entitäten als auch das akkumulierte technische und ideologische Wissen ihrer Zeit. Umgekehrt kommen die in den existierenden sozialen Institutionen eingefrorenen Verhältnisse durch Verschiebungen der Machtverhältnisse ebenso wie durch neues Wissen unter Anpassungsdruck.

Der Einfluß neuen Wissens, genauer gesagt der Prozeß seines Einsatzes wird (wie schon in Kapitel 2.1 ausgeführt) in der Ökonomie als *Innovation* bezeichnet. Er wird üblicherweise vom Prozeß der Invention, der Erfindung, unterschieden. Erfindungen können jahrhundertlang brach liegen bevor sie in Form von Innovationen im gesellschaftlichen Produktionsprozeß genützt werden. In der folgenden Graphik wird die Wechselwirkung zwischen sozialen Institutionen, Erfindungen und Produktionseinheiten, die zum Innovationsprozeß führt, grob skizziert (entnommen [Hanappi/Egger, 1994]).

⁴⁷ Eine ausführliche Kritik dieser Position findet sich in [Hanappi/Egger, 1994].

Innovation dynamics

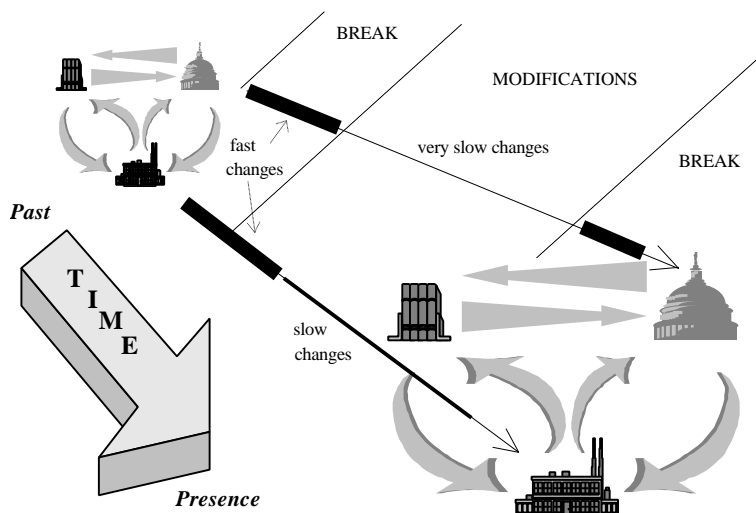
Abbildung 13: Innovations Dynamik



Es wird hier zwischen Innovationen im engeren Sinne, also durch die Produktionseinheiten durchgeführte technisch-organisatorische Neuerungen, und Innovationen im weiteren Sinne, also Neuerungen, die von größeren sozialen Entitäten (z.B. Unternehmensverbände, Gewerkschaften, kulturelle Institutionen, Staat, ...) durchgeführt werden, unterschieden. Innovationsforschung müßte nun für jeden der durchnummerierten Pfeile, die in einer bestimmten historischen Periode relevanten Aktivitäten beschreiben um ein Modell des Gesamtprozesses entstehen zu lassen.

Längerfristig betrachtet ändern sich jedoch auch die sozialen Entitäten, womit ein solches Modell einer bestimmten Epoche unzutreffend wird. Während also ein bestimmtes Gefüge sozialer Institutionen durchaus imstande ist dem Innovationsdruck durch geringfügige Modifikationen über eine gewisse Zeit hinweg standzuhalten - die *relative Stabilität* dieses Gefüges zur Definition einer *Epoche* verwendet werden kann - kommen Brüche des alten Gefüges meist relativ plötzlich zustande. Kommen die Dinge einmal ins Rutschen, so entstehen neue Regelsystem, neue soziale Institutionen, und auch die Produktionseinheiten operieren in einem neuen sozialen Milieu. Das ganze in der vorigen Graphik dargestellte Wechselspiel hat einen Formwandel durchgemacht. Die folgende Graphik veranschaulicht diesen längerfristigen Sachverhalt (entnommen [Hanappi/Egger, 1994]).

Abbildung 14: Innovation trajectories with changing entities



Der hier dargestellte Prozeß beinhaltet also sowohl einen Prozeß der (technischen und ideologischen) Wissensakkumulation als auch eine Abfolge von Machtkonstellationen zwischen entstehenden und wieder verschwindenden sozialen Entitäten und den ihre Interaktion festschreibenden sozialen Institutionen.

Daß Macht im ökonomischen Prozeß eine zentrale Rolle spielt, geht in der Perspektive der Mainstream-Ökonomie oft verloren. Viel zu oft wird der ökonomische Prozeß zum Tausch zwischen gleich mächtigen Warenbesitzern stilisiert - und damit der viel realistischere Fall asymmetrischer Macht, und damit oft verbundener asymmetrischer Information, ausgeblendet.

Eines der Symptome einer fehlenden adeqaten Einbindung von Macht in das ökonomische Standardkonzept ist die Unfähigkeit nicht durch Marktprozesse geregelte ökonomische Entitäten zu beschreiben:

Das interne Geschehen einer typischen kapitalistischen Firma hat mit Marktprozessen wenig zu tun. Wie schon die klassischen Ökonomen bemerkten, gleicht es eher dem hierarchischen Machtaufbau einer Armee. Weshalb gerade in diesem, alles weitere mitbestimmenden Baustein politisch-ökonomischer Theorie das Marktkonzept eine offensichtlich inadequate Beschreibung ist, bleibt dem ökonomischen Standard-Ansatz ein Rätsel. Analoges gilt für Beschreibungen am anderen Ende des Größenmaßstabs sozialer Entitäten: Die internationale politisch-ökonomische Dynamik zwischen den Staaten entzieht sich aus dem gleichen Grund der üblichen ökonomischen Beschreibung.

Genau hier kann, und wird, Wirtschaftsinformatik als neue integrierte Wissenschaftsdisziplin das Manko herkömmlicher Ökonomie beheben. Indem soziale Institutionen als Regelsysteme in Simulationen mit sozialen Entitäten operationalisiert werden, kann auch deren relative Stabilität beschrieben werden. Mit Hilfe sogenannter "Spannungsvariabler"⁴⁸ könnte dann in der Folge auch das Entstehen neuer sozialer Entitäten und neuer sozialer Entitäten modelliert werden. Ursprünglich implizit und exogen angenommene soziale Institutionen werden endogenisiert. Das ist nicht nur für jede längerfristige Betrachtung essentiell, *in Zeiten des Bruches* (man vergleiche die vorige Graphik) ist das auch in *kurzfristiger* Betrachtung unbedingt nötig.

Die Entwicklung der Europäischen Union und die damit einhergehende Transformation nationalstaatlicher, sozialer Institutionen ist wohl das schlagendste Beispiel dafür.

Kommunikationsprozesse

Gerade die im letzten Kapitel besprochene politische Seite von ökonomischen Prozessen zeigt, daß Informationen nicht nur wie physische Waren behandelt werden können, sondern auch Element eines zweiten Prozesses sind. Dieser zweite Prozeß wird oft als *Kommunikationsprozeß* bezeichnet. Wie sofort ersichtlich ist, kann Kommunikation von allen anderen politisch-ökonomischen Prozessen in ihrer empirisch untersuchbaren Erscheinung *nicht* getrennt werden; jede Produktion oder Aquisition von technischem oder ideologischem Wissen ist zugleich auch Kommunikation und umgekehrt hat auch jede Kommunikation politisch-ökonomische Dimensionen. Die Unterscheidung ist folglich eine analytische Abstraktion, deren Sinnhaftigkeit darin zu sehen ist, daß in Modellen des Kommunikationsprozesses gewisse Eigenschaften des zu untersuchenden empirischen Gesamtprozesses besser herausgearbeitet werden können als es in ökonomisch inspirierten - also analog zur üblichen Mikroökonomie formulierten - Modellen möglich war. Gerade dadurch könnten die Spezifika der Ware Information klarer hervortreten. In der Folge werden daher einige wichtige Modelle des Kommunikationsprozesses kurz vorgestellt⁴⁹.

Eines der ersten und einflußreichsten Modelle stammt von Harold *Lasswell* [Lasswell H.D., 1948]. In diesem wird eine Beschreibung des Kommunikationsprozesses gemäß den Antworten auf eine Sequenz von Fragen vorgeschlagen. Diese Fragen sind:

- Wer?
- Sagt was?
- Über welchen Kanal?
- Zu wem?
- Mit welchem Effekt?

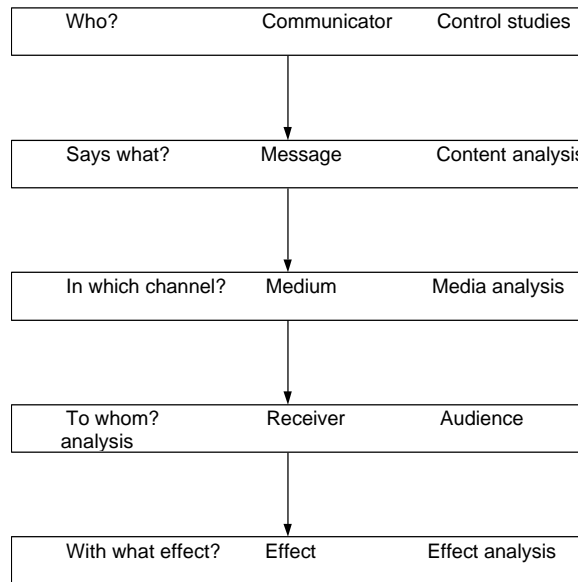
⁴⁸ Spannungsvariable messen wie adequat ein bestimmtes soziales Gefüge bezüglich Herrschaftsverhältnisse und Stand der Technik noch ist (für eine genauere Beschreibung vergleiche [Hanappi, 1996]).

⁴⁹ Einen guten Überblick über solche Modelle geben [McQuail D. & Windahl S., 1993].

Eine graphische Darstellung dieser Sequenz zeigt auch wie die Antworten auf diese Fragen unterschiedliche Forschungsgebiete innerhalb der Kommunikationswissenschaften eröffnen können.

Kommunikationsprozeß nach Lasswell

Abbildung 15: Kommunikationsprozess nach Lasswell

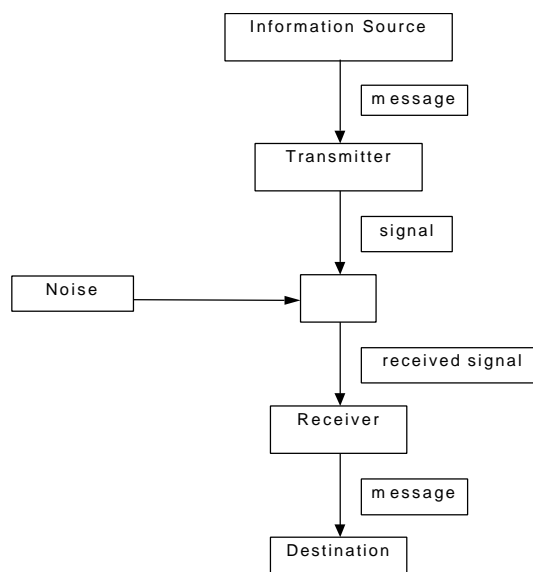


Das Schema Lasswells diente im wesentlichen zur *logischen* Strukturierung eines typischen Kommunikationsprozesses. Es werden hier die wesentlichen Elemente einer Klasse noch zu spezifizierender Modelle genannt: Zwei Entitäten (Sender und Empfänger) und eine Relation, die durch Variablen (z.B. Kanäle) mit jeweils bestimmten Werten (z.B. Messages) gekennzeichnet sind. Darüberhinaus wird ein weiterer Satz von Variablen benötigt mit dem Effekte (für Sender und Empfänger) beschrieben werden können.

Für jedes konkrete Beispiel dieser logischen Struktur gibt es eine *zeitliche* Aufeinanderfolge der Elemente dieses Kommunikationsprozesses. Es ist diese zeitliche Sequenz auf der *Claude Shannon und Warren Weaver* etwa zur gleichen Zeit ihr richtungsweisendes Modell des Kommunikationsprozesses aufbauen [Shannon C. & Weaver W., 1949]. Das folgende Schema zeigt ihre Version desselben Prozesses.

Kommunikationsprozeß nach Shannon & Weaver

Abbildung 16: Kommunikationsprozess nach Shannon & Weaver



Wie unschwer zu sehen ist, liegt bei diesem Schema das Augenmerk auf der nachrichtentechnischen Seite des Kommunikationsprozesses. Der Sender wird hier als Informationsquelle bezeichnet und muß in diesem Sinne wohl keine soziale Entität mehr sein. Im nachrichtentechnischen Sinne können durchaus auch Maschinen als Informationsquellen aufgefaßt werden. Ein wichtiges technisches Element ist danach die Codierung der Message der Nachrichtenquelle in eine Folge von Signalen. Diese Aufgabe übernimmt der Transmitter. Das größte technische Problem, dem eben durch robuste Codierung zu begegnen ist, stellt die Störung des Signalstroms dar. Der Empfänger des Signalstroms decodiert diesen und rekonstruiert dadurch die gesendete Message für ihren endgültigen Bestimmungsort.

Im Unterschied zu Lasswell wird hier jede semantische Dimension der betrachteten Entitäten bewußt ignoriert. Statt dessen wird der Prozeß des Sendens weiter zerlegt, die Nachricht (Message) wird für die Übertragung temporär in eine Signalfolge übersetzt. Diese spezielle Sichtweise ermöglichte auch eine ausführliche mathematische (wahrscheinlichkeitstheoretische) Behandlung des Codierungsproblems. In dieser Perspektive war und ist der Ansatz von Shannon und Weaver fundamental für die *technische Realisierung* von Kommunikationsprozessen. Insofern solche Prozesse nicht nur technisch unterstützt werden müssen kann (und will) dieser Ansatz jedoch nicht weiterhelfen - und kommt damit über Lasswell auch nicht hinaus.

In beiden bisher vorgestellten Modellen wurde der Kommunikationsprozeß als eindimensionaler Strom vom Sender zum Empfänger aufgefaßt. Eine erste, einfache Erweiterung besteht nun darin diesen Prozeß als Rückkopplungsprozeß aufzufassen: Empfänger werden zu Sendern und vice versa⁵⁰. Um dies in einem stimmigen Modell darstellen zu können muß der semantische Kontext mit dem Entitäten beschrieben werden entsprechend reicher formuliert werden. In einer erweiterten Formulierung ist dann auch anzunehmen, daß dieselbe Nachricht, die zu einem anderen Zeitpunkt im evolutionären Prozeß empfangen wird, im allgemeinen auch unterschiedliche Bedeutungen haben wird (vergleiche dazu [Dance F.E.X., 1967]).

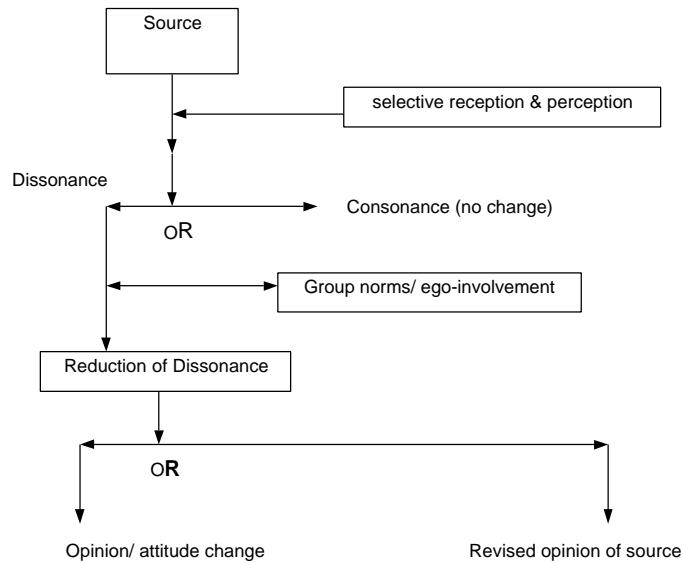
Ebenfalls in Richtung einer umfangreicheren Spezifizierung der Semantik des Kommunikationsprozesses geht eine Verfolgung der Frage *warum kommuniziert wird*. Das in Kapitel 2.2 entwickelte Modell zur ideologischen Informationsproduktion hat hier eine spezifische ökonomische Begründung gegeben - Manipulation ist billiger als physische Gewalt. Eine andere Antwort auf diese Frage wird von den Vertretern der "***Theory of Consonance and Dissonance***" gegeben. In Anlehnung an ein Modell von Newcomb [Newcomb T., 1953] wird hier ein individualpsychologisches Argument als Ursache für Kommunikation herangezogen:

Es sei ein menschliches Bedürfnis mit anderen, die man sympathisch findet, auch dieselbe Einstellung ("Konsonanz") zu gemeinsam beobachteten Ereignissen zu haben. Herrscht hier Unstimmigkeit, so beginnen Menschen zu kommunizieren. Dieses tief sitzende Bedürfnis nach Stimmigkeit der Weltsicht innerhalb der eigenen sozialen Gruppe läßt sich folgendermaßen schematisch darstellen (adaptiert nach [van Cuilenberg & Noomen, 1984]):

⁵⁰ Man vergleiche dazu [Schramm W., 1954].

Konsonanz & Dissonanz Modell

Abbildung 17: Konsonanz & Dissonanz Modell

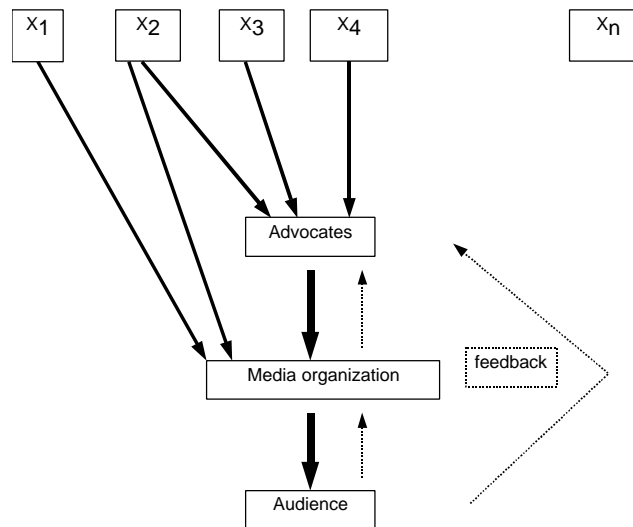


Schon bei der Wahrnehmung neuer Information tritt Selektion zur Eliminierung unstimmgiger Elemente ein. Bleiben danach nur noch konsonante Teile übrig, so geschieht nichts. Bleiben Dissonanzen, so treten Kommunikationsprozesse ein, die über Gruppennormen und inneren Dialog die Unstimmigkeiten reduzieren. Was danach noch bleibt kann entweder doch noch einen Meinungswechsel bewirken oder in einen Zweifel an der Güte der Informationsquelle umschlagen. Das wichtige neue Moment ist hier der starke Druck der von bereits vorhandenem Wissen (entweder in der Form sozialer Normen oder/auch als verinnerlichter Drang zur Konsonanz) auf neu anzueignendes Wissen ausgeht. Der Fokus der Betrachtungsweise ist allerdings nicht so sehr der Kommunikationsprozeß selbst (das zeigt schon das Schema), sondern vielmehr die psychologische Evolution der Entität. Für soziale Entitäten wäre dieser Prozeß der inneren Meinungsbildung entsprechend sozialpsychologischen Erkenntnisse eventuell gewinnbringend auszuformulieren. Als selbsttragende Begründung für Kommunikationsprozesse schlechthin scheint diese Theorie jedoch nicht auszureichen. So scheint es weit hergeholt zu sein die Aktivitäten transnationaler Medienkonzerne aus dem Streben der Menschen nach Konsonanz ableiten zu wollen.

Dieser Gedanke führt schließlich zu einer Gruppe von Modellen, die sich mit Problemen der **Massenkommunikation** auseinandersetzen. Bisher waren Sender und Empfänger gewissermaßen gleichgewichtige Partner mit vertauschbaren Rollen. Massenkommunikation, etwa Fernsehen, ist dadurch gekennzeichnet, daß dies nicht mehr gilt. Eine frühe Formulierung stammt von **Westley und MacLean** [Westley & MacLean, 1957].

Massenkommunikation nach Westley & MacLean

Abbildung 18: Massenkommunikation nach Westley & MacLean



In diesem einfachen Schema der Massenkommunikation werden Ereignisse X_i von sogenannten “Advokaten”, also sozialen Entitäten die mit Kommunikation bestimmte Ziele verfolgen, ausgewählt (z.B. Ereignisse 1 bis 4 und nicht Ereignis n) und zur Übermittlung an die Medien übergeben (z.B. Ereignisse 2, 3 und 4). Diese können auch unabhängig davon Ereignisse zur Massenkommunikation auswählen (z.B. Ereignis 1) und zwar aufgrund des Feedbacks (strichlierte Linie) von ihren Empfängern (Audience). Auch bereits eingegangene Aufträge der “Advocates” können gegebenenfalls parallel dazu direkt erhoben werden. Das Publikum artikuliert seine Rückmeldungen entweder an die Medien oder direkt an die sozialen Entitäten (z.B. mittels politischer Wahlen). Auch die Medien produzieren Rückkopplungen an diese.

Der Informationsselektionsprozeß verläuft hier mehrstufig. Eine durch einen politischen (hier nicht näher spezifizierten) Prozeß legitimierte Menge sozialer Entitäten (Parteien, Verbände, Institutionen, etc.) ist an der Kommunikation mit den Massen interessiert und verwendet dazu organisierte Massenmedien. Letztere sind an dieser Kommunikation (gemäß Westley und MacLean) inhaltlich nicht interessiert und selektieren nochmals entsprechend den Rückmeldungen ihrer Adressaten.

Ein zusätzlicher mehrstufiger Massenkommunikationsprozeß wurde vom Soziologen Paul Lazarsfeld eingeführt, der zwischen Medien und Publikum noch eine Gruppe sogenannter “opinion leaders” ortete, die mittels interpersoneller Kommunikation wesentlichen Einfluß auf die öffentliche Meinung ausüben kann [Katz E. & Lazarsfeld P., 1955].

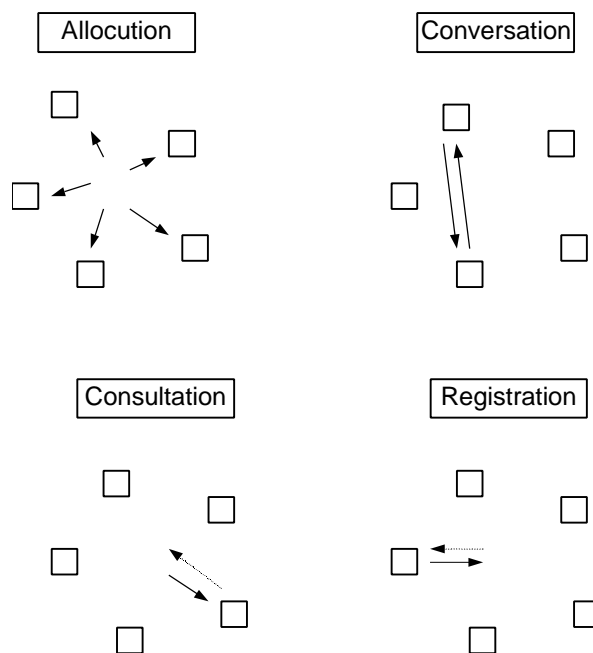
Eine interessante Wendung dieser Grundgedanken findet sich in einer neueren Arbeit von **McQuail** [McQuail, 1987]. Anstelle der etwas naiven Vorstellung, daß Medien Inhalte sozialer Entitäten interesselos weitergeben, setzt er die Idee, daß verschiedene, zueinander in Konkurrenz stehende Medien mittels plakativer Meldungen um Aufmerksamkeit des Publikums kämpfen. Diese Aufmerksamkeitswerte können in direkte ökonomische Erträge durch Werbeeinnahmen übersetzt werden. Der Selektionsprozeß durch die Medien bekommt dadurch eine neue Bedeutung. Da die Summe möglicher Aufmerksamkeit des Publikums beschränkt ist, kann dieser Konkurrenzkampf als Null-Summenspiel um Anteile daran formuliert werden. Angesichts des transnationalen Charakters der Medienkonzerne und der Tatsache, daß es sich bereits um ein weltweites Oligopol handelt, ist diese Erweiterung sich realitätsnäher als die ursprüngliche Version.

Die durch die neuen Informationstechnologien entstehenden möglichen Trends der Massenkommunikation stehen im Zentrum der Arbeiten von **Bordewijk und van Kaam** [Bordewijk J.L. & van Kaam B., 1986]. Sie gehen dabei von einer Klassifikation der Informationsströme aus. Sie unterscheiden vier Typen:

- “*Allocation*” ist die simultane Verteilung der Information von einem Zentrum an viele “kleine” Empfänger mit wenig Möglichkeiten zum Feedback (Einweg-Kommunikation). Typisch ist hier auch die Wahl von Zeit und Ort der Kommunikation durch den Sender.
- “*Conversation*” ist die kommunikative Interaktion zweier Entitäten. Sie ist in erster Linie durch Gleichberechtigung der Partner und kooperative Wahl von Zeit, Ort und Inhalt der Kommunikation geprägt. Zwar kann die Zahl der Partner geringfügig erhöht werden, es gibt jedoch eine klare Obergrenze bei der dieses Muster umschlägt.
- “*Consultation*” ist der Kommunikationsprozeß bei dem sich eine “kleine” Entität Informationen aus einem Zentrum besorgt. Zeit, Ort und Inhalt der Information werden von der Entität bestimmt, ihre Anfrage wird in der folgenden Graphik als strichlierte (weniger Information repräsentierende) Linie dargestellt. Der Hauptfluß erfolgt vom Zentrum an die Peripherie.
- “*Registration*” ist der inverse Prozeß zur “*Consultation*”. Hier fragt das Zentrum bei den “kleinen” Entitäten in der Peripherie an und diese senden ihre Informationen zur zentralen Speicherung.

Das nachfolgende Schema stellt die vier Kategorien dar.

Abbildung 19: Informationsflüsse nach Bordewijk & van Kaam



Mit “C” wird hier ein Informationszentrum bezeichnet, während die Rechtecke “kleine”, informationsverarbeitende Entitäten in der Peripherie bezeichnen. Die Pfeile stellen die Informationsflüsse dar.

Der technologische Trend ermöglicht nun eine Verschiebung vom traditionellen “Allocation” Muster zu den anderen drei Modellen. So werden aus technologischer Sicht üblicherweise drei Typen von Medien unterschieden:

- Broadcasting media, Informationsfluß: Allocation
- Print media, Informationsfluß: Consultation
- Common carrier media, Informationsfluß: Conversation, Registration

Entsprechend obiger Klassifikation ergäbe sich daher durch die neuen *Common Carrier Media* mehr Möglichkeiten zu *Conversation* und *Registration*. Weitere wichtige Klassifikationen betreffen die Möglichkeiten der Regulierung und des Zugangs zu verschiedenen Medientechnologien. Hier wird oft folgendes Schema verwendet:

Regulierung und Zugang zu Medientechnologien

	Broadcasting	Print	Common Carrier
Regulierung der Infrastruktur	hoch	keine	hoch
Regulierung der Inhalte	hoch	keine	keine
Zugang für Sender	geschlossen	offen	offen
Zugang für Empfänger	offen	offen	geschlossen

Wie dieses Schema zeigt ist die starke Regulierung der Infrastruktur und der Inhalte bei Medien wie Radio oder Fernsehen offensichtlich dadurch bedingt, daß die soziale Entität Staat hier einen zentralisierten, für andere Sender (i.e. andere Staaten) geschlossenen Medienraum bestimmt, der andererseits den Staatsbürgern (i.e. den Empfängern) offen steht. Der *politische Prozeß* der Meinungsgenerierung zwischen unterschiedlichen Gruppen innerhalb des Staates ist hier als vorgelagert gedacht.

Printmedien stellen demgegenüber das Musterbeispiel für freies Unternehmertum im Medienbereich dar. Idealtypisch gesehen wird nichts durch andere soziale Entitäten als Unternehmer reguliert. Politische Prozesse kommen hier nicht explizit vor, dafür spielen *ökonomische Motive* der Unternehmen die zentrale Rolle.

Etwas unklar ist zur Zeit noch das Entwicklungspotential der Common Carrier Medien. Einerseits erfordern sie hohe Infrastrukturausgaben - und damit ein gewisses Maß an Regulierung und damit Involvierung höherer sozialer Entitäten (Staaten, internationale Gremien). Andererseits haben sie offensichtlich auch aufgrund ihrer Transnationalität bisher keinen eindeutigen inhaltlichen politischen Auftrag - sind diesbezüglich also dereguliert. Auch in bezug auf den Zugang für mögliche Sender entsprechen sie den Printmedien: Auch wenn die Kosten eines Einstiegs sehr hoch sind, so ist er politisch gesehen für jeden Unternehmer offen. Anders beim Empfang. Hier muß man Mitglied der Benutzergruppe werden um am Informationsaustausch teilnehmen zu können⁵¹.

Eines zeigt die Beschäftigung mit Modellen der Kommunikation, und insbesondere mit solchen der Massenkommunikation, daher deutlich: Eine ausführliche Beschäftigung mit politischen Prozessen, die zur Erklärung sozialer Entitäten führen ist ebenso unumgänglich wie eine Beschäftigung mit den ökonomischen Motiven der Medienbetreiber, ja darüberhinaus könnte man durch eine Beschäftigung mit sozialpsychologischen Ursachen durchaus noch zusätzliche Erklärungskraft gewinnen. Erst mit diesem Hintergrund werden latente Trends potentieller Technologien manifest. Man ahnt bereits welche komplizierte methodologische Probleme daraus für eine zukünftige sozialwissenschaftliche Modellierung dieser Phänomene erwachsen.

Methodische Probleme

Die Krise sozialwissenschaftlicher Theorie ist in den vorangegangenen Kapiteln aus mehrfacher Perspektive dargestellt worden. Meist ist dabei die Inadequatheit des Modells auch mit einer Unangemessenheit der verwendeten Modellierungsmethoden einhergegangen. Modellbeschränkungen werden dabei oft damit begründet, daß mit den üblichen Methoden das Modell sonst nicht mehr handhabbar wäre. Wirtschaftsinformatik kann aber durch Einbeziehung technischer und strukturwissenschaftlicher Elemente eben dieses methodische Instrumentarium erweitern. Im folgenden soll daher kurz auf typische sozialwissenschaftliche Beschränkungen und ihre mögliche Aufhebung eingegangen werden.

Repräsentative Entitäten:

Sowohl in der Firmen- und Haushaltstheorie wie auch in vielen anderen Bereichen wird von der „repräsentativen“ Entität (Firma, Haushalt, ...) ausgegangen. Diese wird beschrieben und ihre Interaktion kann dann auf analytisch einfachere Weise dargestellt werden. In vielen Fällen werden erst durch diese vereinfachende Annahme allgemeine Ergebnisse ermöglicht. Empirisch betrachtet werden diese Ergebnisse also durch geringere Realitätsnähe erkauft. Für viele empirische Untersuchungsfelder ist der Bezug zur Realität jedoch so gering, daß auch das schönste analytische Resultat aus sozialwissenschaftlicher Sicht völlig wertlos ist.

⁵¹ Gerade das letzte Argument zeigt, daß die hier getroffenen Grenzen nicht scharf definiert sind. Klarerweise wird in allen privatwirtschaftlich organisierten Medien der Zugang möglichst so geregelt, daß Eigentumsrechte (und damit Gewinne) durchgesetzt werden können.

In diesen Bereichen kann manchmal durch explizite Formulierung heterogener Entitäten eine bessere Modellierung erreicht werden. Insbesondere können Simulationstechniken dort einspringen wo analytische Methoden nicht mehr anwendbar werden. Damit sind zwar keine ähnlich allgemeinen Aussagen möglich, für eine gewisse Umgebung der Ausgangssituation sind jedoch oft recht brauchbare Hypothesen ableitbar. Empirisch gesehen nützt letzteres jedenfalls mehr als eine analytisch allgemeine, jedoch völlig realitätsferne Modellierung.

Ceteris-Paribus Klausel:

Darunter versteht man die Annahme, daß zur Erlangung eines (analytischen) Resultats angenommen werden muß, daß „alle anderen Umstände“ gleich bleiben. Diese Klausel dient also zur Abgrenzung des Modellierten von seiner, sich als unverändert angenommenen Umgebung. Sinnvoll ist diese Annahme empirisch gesehen nur dort, wo entweder die Veränderung der Umwelt relativ zur endogenen Dynamik des Modells langsam vor sich geht, oder die Verbindungen zur Umwelt so schwach sind, daß sie zurecht vernachlässigt werden können (oder wenn beides zutrifft). Ist das nicht der Fall und wird diese Annahme nur aus Gründen analytischer Handhabbarkeit getroffen, so gilt das Gleiche wie für die Annahme repräsentativer Entitäten weiter oben Gesagte.

In diesem Falle würde die notwendig gewordene Einbindung relevanter Prozesse der Umgebung des ursprünglichen Modelles zu einer Vergrößerung des Modelles führen. Daraus entsünden die bereits erwähnten analytischen Schwierigkeiten und ihre möglichen simulationstechnischen Auswege.

Von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang oft die Erwartungen, die die modellierten Entitäten bezüglich der Verläufe nicht modellierter relevanter Größen hegen. So spielen zum Beispiel in vielen mikro- und mesoökonomischen Bereichen die Erwartungen von Firmen bezüglich der Entwicklung von internationalen Zinssätzen und Wechselkursen eine zunehmende Rolle. Dennoch wird man nun nicht in jede mikroökonomische Modellierung ein Weltmodell zur endogenen Bestimmung dieser Größen einbinden. Die in der Folge oft zum Einsatz kommende ceteris-paribus Annahme einer exogenen Vorgabe des Verlaufes dieser Größen stellt meist eine sinnvolle Abschwächung der strengen ceteris-paribus Konstanz dar. Gibt man für mehrere Läufe des Modells unterschiedliche exogene Trajektorien wichtiger Umgebungsvariablen vor, so spricht man auch von unterschiedlichen „Szenarien“, die als Hintergrund für das Modell verwendet werden.

Nutzenmaximierung:

Von besonderer Bedeutung - besonders für die Mikroökonomie - hat sich die Annahme herausgestellt, daß die betrachteten Entitäten ihren erwarteten Nutzen maximieren. Präferenzordnungen von Individuen werden dabei in einer Weise spezifiziert, die als konstitutiv für rationales Verhalten betrachtet wird. „Rationalität“ und „Maximierung erwarteten Nutzens“ werden hier (im Kontext vollkommener Information aller Individuen über alle möglichen Zustände der Welt) oft als Synonyme verwendet. Die Unangemessenheit solcher Ansätze rührt offensichtlich von ihren falschen Informationsannahmen her. Entschließt man sich zu diesen, so bleiben oft nur triviale Schlußmöglichkeiten übrig: „Ein rationaler Konsument hat durch die Wahl seines Konsumgüterbündels seine Präferenzordnung zum Ausdruck gebracht und befindet sich im Nutzenmaximum.“

Interessanter, weil realitätsnähere Fragestellungen gehen von einer beschränkten Informationsverarbeitungskapazität sozialer Entitäten (oft auch als „bounded rationality“ bezeichnet) aus. Diese Beschränkungen sind aber explizit, und oft auch für unterschiedliche Entitäten unterschiedlich zu modellieren. Es mag daher wohl weiterhin angenommen werden, daß soziale Entitäten ihren erwarteten Nutzen maximieren, es muß jedoch darauf geachtet werden, daß explizit gemacht wird, was sie darunter verstehen (sowohl erwarteter Mittelwert als auch erwartete Varianz werden oft eine Rolle spielen) und mit welchen Informationen sie diese Erwartungen bilden.

Da die Ergebnisse der Handlungen einer sozialen Entität oft auch von den Handlungen anderer abhängen - und diese wiederum von den Erwartungen die diese anderen Entitäten bezüglich der erstgenannten Entität hegen, ergibt sich die Problematik interdependenter Erwartungsbildung. Typischerweise liegt eine solche Situation auch bei den meisten Gesellschaftsspielen vor, weshalb die Erfinder der analytischen Behandlung solcher Situationen ihre Theorie auch „Theorie der strategischen Spiele“, kurz „Spieltheorie“, nannten (siehe [J.v.Neumann/O.Morgenstern, 1942]). Letztere ermöglicht zumindest die analytische Behandlung einfacher Spielsituationen, gerät jedoch bei etwas umfangreicheren Settings ebenfalls sehr schnell in nicht mehr handhabbare Situationen. Auch in der Spieltheorie haben sich daher zwei Strömungen gebildet: Eine stark mathematisch orientierte, die versucht diese analytischen Schwierigkeiten zumindest für immer mehr Fälle zu überwinden, und eine angewandte Spieltheorie, die ihre größere Realitätsnähe mit geringerer Allgemeinheit und Einsatz von Simulationen zu erzielen.

Die Annahme der Maximierung des erwarteten Nutzens hat durch die genannten Entwicklungen einiges an Schärfe verloren. Wenn spezifiziert werden muß, welches Instrument eine Entität wie zu setzen versucht um einen Satz von Zielvariablen in einen bestimmten Wertebereich zu manoeuvrieren, dann bleibt vom metaphysischen Konzept der Nutzenmaximierung, der Rationalität, wenig übrig. Sie existiert dann eben nur noch bezüglich eines bestimmten Informationsstandes und bezüglich gewisser Fähigkeiten und Ziele der modellierten Entitäten - ja könnte als Sammelbegriff für diese explizite Beschreibung ebensogut entfallen⁵².

Gleichgewichtsanalyse:

Ein Gleichgewicht eines Systems von Variablen ist dann erreicht, wenn die Ableitung der Variablen nach der Zeit gleich null ist. Wie schon bei den anderen hier besprochenen typischen sozialwissenschaftlichen Annahmen ist auch der Entschluß nur Gleichgewichtszustände bestimmter Variabler zu untersuchen, oft dadurch bedingt, daß komplizierte Zusammenhänge analytisch behandelbar werden. Manchmal wird jedoch auch auf die Realität rekurriert und darauf hingewiesen, daß bestimmte Märkte „im Schnitt“ ja doch im Gleichgewicht seien, beziehungsweise ein „Erwartungsgleichgewicht“ ja nur bedeutet, daß Erwartungen längerfristig nicht permanent enttäuscht werden können.

Wie immer eine solche Annahme jedoch gerechtfertigt wird, so ist jedenfalls zu beachten, daß sie einen wesentlichen (und nicht selbstverständlichen) Teil der Modellierung darstellt. Welche Größen in einem Modell zwar zunächst als endogen, in der Folge aber durch eine Gleichgewichtsannahme als konstant angenommen werden, trägt essentiell zum Verhalten des Modells bei. Es ist auch nicht so, daß Modelle deren Variable keine Gleichgewichtszustände erreichen in irgendeiner Weise prinzipiell inadäquatere Beschreibungen der Wirklichkeit liefern als Gleichgewichtsmodelle. Sie sind nur in aller Regel schwieriger zu behandeln. Ganz im Gegenteil scheint für alle lebenden Systeme zu gelten, daß Zustände, die weit vom Gleichgewicht entfernt sind, als Beschreibung geeigneter sind als andere. Insbesondere dann, wenn die Zusammenhänge zwischen den Elementen eines Systems nicht-linear werden, kann dadurch sehr komplexes Verhalten schon mit relativ wenigen Relationen beschrieben werden.

Die Konzentration auf Gleichgewichtsanalyse, die zumindest in der Mainstream-Ökonomie vorherrscht, scheint demnach durch nichts anderes als durch die eigene dogmenhistorische Entwicklung gerechtfertigt zu sein. Für ungleichgewichtige, nicht-lineare Systeme gilt jedoch die bereits mehrfach erwähnte Schere zwischen analytischem Scheitern und simulationstechnischer Spezifität.

Auch wenn es dem Novizen oft nicht so vorkommt, so sind umgekehrt die strukturwissenschaftlichen Methoden doch auch insofern im Flusse, als sie sich mit den aus den Sozialwissenschaften kommenden Fragestellungen auch selbst zu ändern beginnen, Neues entwickeln. Man denke daran, daß John von Neumann, der Mathematiker, einen guten Teil seiner Arbeiten als strukturwissenschaftliche Antwort auf Probleme anderer Wissenschaften entwickelt hat.

Zuletzt sei im Zusammenhang einer Diskussion der Methodenkrise der Sozialwissenschaften noch erwähnt, daß die hier erwähnten Kritikpunkte manchmal unter dem Überbegriff der Forderung nach einer „evolutionären Theorie der Ökonomie“ zusammengefaßt werden (siehe [Hanappi, 1996a]). Diese Schule der politischen Ökonomie versucht den Prozeß gesellschaftlicher Entwicklung als Abfolge ungleichgewichtiger, evolutionärer Schübe zu verstehen. Die Entwicklungen dieses neuen, noch in den Kinderschuhen steckenden sozialwissenschaftlichen Paradigmas scheinen gerade als Hintergrund für eine wissenschaftliche Disziplin Wirtschaftsinformatik von größter Bedeutung zu sein.

⁵² Demselben Verdikt verfällt daher auch der Begriff der „Optimalität“ einer bestimmten Handlung.

Die strukturwissenschaftliche Komponente

Unter Strukturwissenschaften seien hier vor allem die Mathematik und ihre benachbarten Disziplinen, wie Statistik, Operations Research, Ökonometrie und Teile der Informatik, zu verstehen. Das Bilden und das Verknüpfen von Strukturen folgt hier strengen, explizit angegebenen Regeln. In ihrer Gesamtheit konstruieren diese Regeln eine spezielle Form von Sprache. Wodurch sich diese Sprache von anderen Sprachen unterscheidet ist Gegenstand des folgenden Kapitels 3.1.

Im darauf folgenden Kapitel 3.2 wird der Zusammenhang zwischen den mit diesen Struktursprachen durchführbaren analytischen Methoden und den empirischen beobachteten Prozessen beleuchtet. Im hier vorgestellten Kreislauf von Induktion und Deduktion treten einige der eingangs erwähnten Teildisziplinen der Wirtschaftsinformatik als spezielles Element wieder auf. In diesem Zusammenhang werden auch prinzipielle, erkenntnistheoretische Fragen gestreift.

Schließlich widmet sich Kapitel 3.3 einem bereits öfters als besonders wichtig angesprochenem strukturwissenschaftlichem Gebiet, der Simulation.

Sprache und Modell

Die Entwicklung der Handhabung von Strukturen kann als Sprachentwicklung aufgefaßt werden. Mathematik ist aus dieser Sicht Sprache und es stellt sich die Frage in welchem Verhältnis dieser Typ von Sprache zu den anderen üblichen Sprachen steht. Um das diskutieren zu können muß zunächst kurz darauf eingegangen werden, was die Besonderheit menschlicher Alltagssprache ausmacht:

1. Wie von vielen Sprachwissenschaftlern immer wieder hervorgehoben wird, ist Sprache ein *charakterisierendes Merkmal* der menschlichen Spezies. Kein Tier besitzt ein vergleichbares Mittel zu abstrakter Kommunikation. Über die Sprache und in der Sprache erlebt der Mensch sich und seine Umwelt, sein Erleben unterscheidet sich schon von daher ganz grundlegend von jenem anderer Lebewesen. Es wird durch Sprache mitbestimmt.
2. Sprache ist ein *soziales Phänomen*. Es wird in der Gesellschaft, als gesellschaftliche Kompetenz erlernt. Schon in den frühen Jäger- und Sammlergruppen dient sie der Kommunikation zwischen Menschen, ist niemals nur innerer Dialog eines Einzelnen. Sprache ist daher stets Sprache einer Gruppe, die sich an sprachliche Konventionen hält und Bedeutungen sprachlicher Ausdrücke teilt.
3. Es ist zwischen Rede und geschriebener Sprache (beim Sprachwissenschaftler Ferdinand de Saussure „Langue“ und „Parole“ genannt) zu unterscheiden. Wenn gesprochene Sprache zur Schrift wird, so wird aus dem akustischen Symbol ein in einer anderen physischen Form, einem Datenträger, wiedererkennbares Symbol. Diese Wende vom vergänglichen akustischen Symbol (einer bestimmten Sequenz von Luftdruckschwankungen) zum haltbareren, physischen Symbol stellt eine spezifische Errungenschaft der menschlichen Spezies dar (siehe 1.).
4. Mit der Sprache erlangt der Mensch als Teil der sozialen Gruppe auch Bewußtsein. Durch seine sprachliche Äußerung zu den anderen kann er auch ein anderer zu sich selbst werden, verdoppelt sich sozusagen in eine unmittelbare physische Existenz und ein sprachlich gefaßtes, „geistiges“ Dasein - das Ich.
5. Mit dem Bewußtsein als sprachlichem Korrelat zur physischen Existenz eröffnet sich auch die Speicherung vergangener Existenz - das Gedächtnis. Da Sprache insbesondere als geschriebene Sprache Symbole innerhalb einer sich ständig ändernden Umwelt zu erhalten vermag, kann auch die innere Sprache des Bewußtseins vergangene Zustände erhalten und von den mit neuen Symbolen hereinkommenden gegenwärtigen Zuständen unterscheiden. Dieser Vorgang bekommt ein eigenes Symbol: Zeit. Alle drei Elemente - Sprache, Bewußtsein und Zeit - entstehen offensichtlich simultan und stellen nur unterschiedliche Aspekte der Herausbildung der menschlichen Spezies dar.

In der Wirtschaftsinformatik ist das sprachliche Grundelement der Struktursprachen das Modell. Das struktursprachliche Modell unterscheidet sich von einer alltagssprachlichen Beschreibung eines Sachverhaltes (die manchmal auch als „Modell“ bezeichnet wird) in folgender Hinsicht:

Konsistenz

Von mathematischen Modellen wird gefordert, daß sie in sich konsistent sind. Das soll heißen, daß sie die von den Konstruktoren mathematischer Sprache vorgeschriebenen syntaktischen Regeln streng befolgen müssen. Die Übersetzung eines alltagssprachlich beschriebenen Prozesses in eine Struktursprache erzwingt daher eine Eliminierung aller syntaktischen Unklarheiten.

Relevanz

Anders als alltagssprachliche Beschreibungen versuchen sich struktursprachliche Modelle aller Bezüge zu außersprachlichen Elementen, aller Semantik, zu entledigen. Da die Variablen eines mathematischen Modells keine innersprachliche Bedeutung mehr haben, kann die Relevanz eines solchen Modells auch nicht mehr innersprachlich beurteilt werden. Einzige Ausnahme stellt hier die Entwicklung der Struktursprache durch sich selbst, also Weiterentwicklung der mathematischen Sprache, dar. Für diese können bestimmte Modelle besser dienlich sein als andere - und dadurch semantischen Wert, Relevanz, erlangen.

Abstraktionsgrad

Abstraktion dient alltagssprachlicher Beschreibung zur Festlegung des Gemeinsamen und des Unterschiedlichen in einer Sequenz von Beobachtungen. Ist der Abstraktionsgrad sehr niedrig (z.B. bei der Beschreibung eines ganz speziellen Untersuchungsfalles) so läßt sich aus dieser Beschreibung kaum ein Schluß auf andere Beobachtungen ziehen. Wie schon der Philosoph Hegel feststellte, versandet die Beschreibung in der Beschreibung von Singularitäten, des „Einzelnen“. Ist der Abstraktionsgrad zu hoch, etwa in der Aussage „alles verändert sich“, so ist die Beschreibung ebenfalls wenig hilfreich, weil zu allgemein. Um verwendbar, und damit relevant zu sein muß eine alltagssprachliche Beschreibung zwischen den beiden Extrema des Einzelnen und des Allgemeinen angesiedelt werden. Hegel nennt diesen Relevanz ermöglichenden Abstraktionsgrad „das Besondere“.

In einem mathematischen Modell ist der zugrundeliegende Abstraktionsgrad nicht mehr ablesbar. In die Struktursprache übersetzt sind alle alltagssprachlichen Modelle gleich abstrakt. Erst ihre Rückübersetzung zum Gebrauch läßt die richtige Wahl des Abstraktionsgrades wieder sichtbar werden. Das ist auf die semantische Abstinenz der Struktursprachen zurückzuführen.

Zeitdimension:

In alltagssprachlichen Beschreibungen wirkt die enge Verknüpfung von Zeit und Bewußtsein fort. Die Bedeutung von Sachverhalten für das Ich, also die Semantik, ist eng mit dem jeweiligen Zeitpunkt der Betrachtung verbunden. Das kommt schon in der grundlegenden Unterscheidungen zwischen Zeitwörtern, die sozusagen entlang der Zeitachse liegen und Prozesse ausdrücken, und Hauptwörtern, die entsprechend quer zur Zeit liegen (wie das Ich), zum Ausdruck. Die von Semantik gereinigte Struktursprache Mathematik kann Zeit nur als eine Variable unter anderen, als „Hauptwort“, einführen. Im Prinzip können dadurch zwar die unterschiedlichen „sozialen Zeiten“ alltagssprachlicher Modelle abgebildet werden, sie müssen aber sehr sorgfältig spezifiziert werden. Eine gewisse Erleichterung ergibt sich bei algorithmischen Struktursprachen, in denen Zeit wieder explizit vorkommt⁵³. „Soziale Zeit“ und Erwartungsbildung (Bewußtseinsprozesse) als Elemente einer adäquateren Formulierung *in den Struktursprachen* sind daher wichtige Weiterentwicklungen.

Lernen:

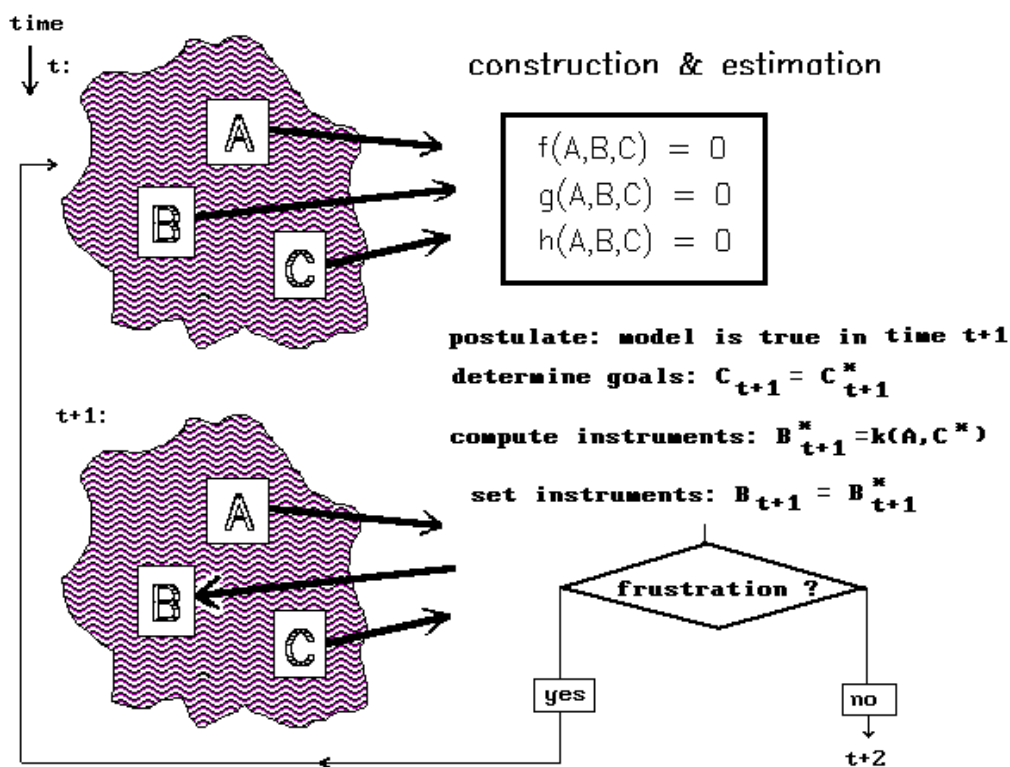
In Fortsetzung der zuletzt genannten Zeitdimension ist auch das Lernen sozialer Entitäten ein „mentaler“ Prozeß, der erst in entsprechend sorgfältig formulierten neueren struktursprachlichen Formulierungen entsprechend berücksichtigt wurde. Zu lange war die Mathematik sozialer Prozesse bemüht die „soziale Mechanik“ entsprechend der physikalischen Mechanik durch „Entdecken der richtigen Gesetze“ herauszufinden. Erst seit zunehmend klar wird, daß diese sozialen Gesetzmäßigkeiten sich durch Lernprozesse selbst ständig verändern, werden auch diese explizit mitmodelliert. Dennoch stehen die Strukturwissenschaften diesbezüglich noch vor schwer lösbaren Problemen.

⁵³ Paradoxerweise sind es gerade die sogenannten „logischen Programmiersprachen“ wie Prolog, die zur Entwicklung künstlicher Intelligenz entwickelt wurden, die sich dieser prinzipiell positiven zusätzlichen Möglichkeit explizit wieder begeben.

Alltagssprache und strukturwissenschaftliche Modellbildung stehen demnach in einem gewissen Spannungsverhältnis. Es mag durchaus sein, daß gewisse Ambivalenzen realer Prozesse durch eine ebenso vieldeutige Alltagssprache zutreffender beschrieben werden als durch eine rigide Struktursprache. Es sollte auch das kreative Potential eines dialektischen (Alltags-) Sprachprozesses keineswegs unterschätzt werden. Daß Sachverhalte einerseits so, andererseits aber auch genau gegenteilig dargestellt, als Dialog der Gegensätze erfaßt werden fördert die Entwicklung besserer, adäquaterer Begrifflichkeit. Umgekehrt zwingt die Übersetzung in Struktursprachen zu Genauigkeit und Konsistenz - und nicht immer war die ursprüngliche Vagheit der Formulierung Ausdruck dialektischen Potentials, sehr oft ist sie auch schlichtweg oberflächlich falscher Gedanke. Dann hilft die mathematische Formulierung klar auszudrücken was zuerst nur vage geäußert wurde. Zuletzt ist zu erwähnen, daß beide Sprachtypen langfristig wohl voneinander lernen - dem Anschein nach jedoch ohne zu konvergieren.

Ohne Berücksichtigung von Lernen sieht die Vorgangsweise mathematischer Modellbildung zumeist folgendermaßen aus (entnommen [Hanappi, 1995]):

Abbildung 20: Schema typischer Modellpragmatik



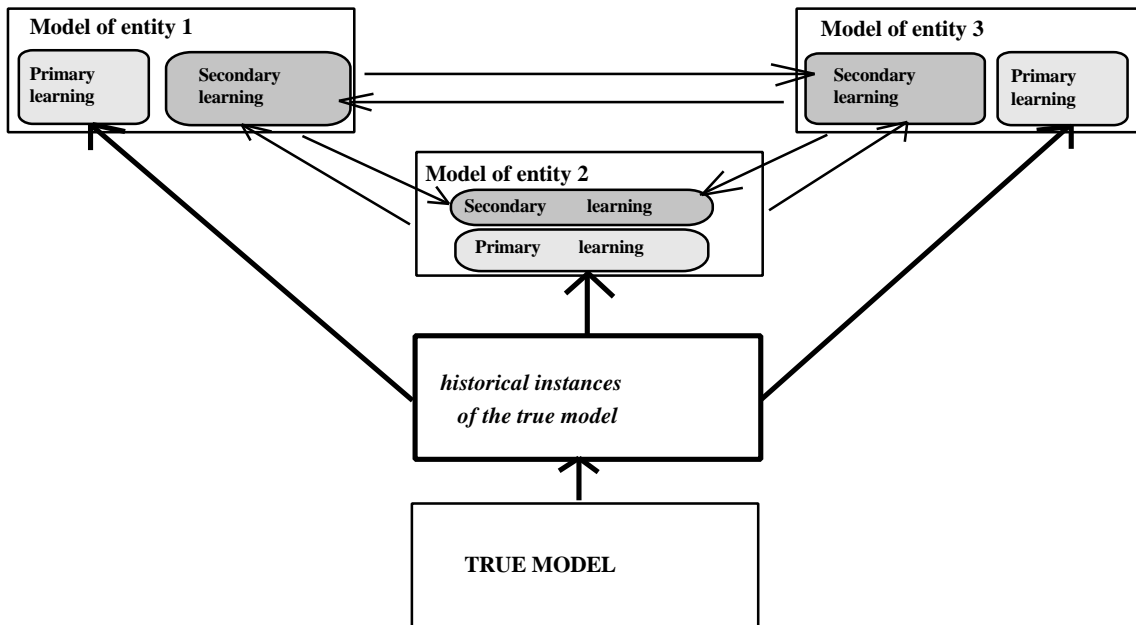
Aus einem unklar strukturierten Wirklichkeitsbereich werden einzelne, meßbare Variable als wesentlich entnommen. Variable C sei hier ein zu erreichendes Ziel, Variable B ein durch die soziale Entität zu setzendes Instrument. Im mathematischen Modell wird nun ein Zusammenhang zwischen den drei Variablen in Form dreier Gleichungen postuliert. Als nächster Schritt wird angenommen, daß der im mathematischen Modell postulierte Zusammenhang auch in Zukunft (im Zeitpunkt $t+1$) gelten wird⁵⁴. Danach wird ein erwünschter Wert für das Ziel C im Zeitpunkt $t+1$ festgelegt und das mathematische Modell so umgeformt, daß der zu dieser Zielerreichung führende Wert des Instruments B im Zeitpunkt $t+1$ festgestellt werden kann. Im Zeitpunkt $t+1$ wird dann das Instrument in der Wirklichkeit erprobt. Schlechte Ergebnisse führen gegebenenfalls zu Neuformulierungen von Gleichungen oder Änderung der Menge der wesentlichen Variablen.

Berücksichtigt man die Tatsache, daß Sprache, letztlich auch mathematische Sprache, ein soziales Phänomen ist, das erlernt wird und Lernen ermöglicht, so verkompliziert sich dieses einfache Schema. Eine mögliche Typisierung von Lernprozessen zeigt das folgende Schema (entnommen [Egger/Hanappi, 1995]):

⁵⁴ Ob diese Annahme gerechtfertigt ist kann man nur durch Betrachtung vergangener Werte von A,B und C abzuschätzen versuchen. Genau damit beschäftigt sich Ökonometrie.

Typisierung von Lernprozessen

Abbildung 21: Typisierung von Lernprozessen



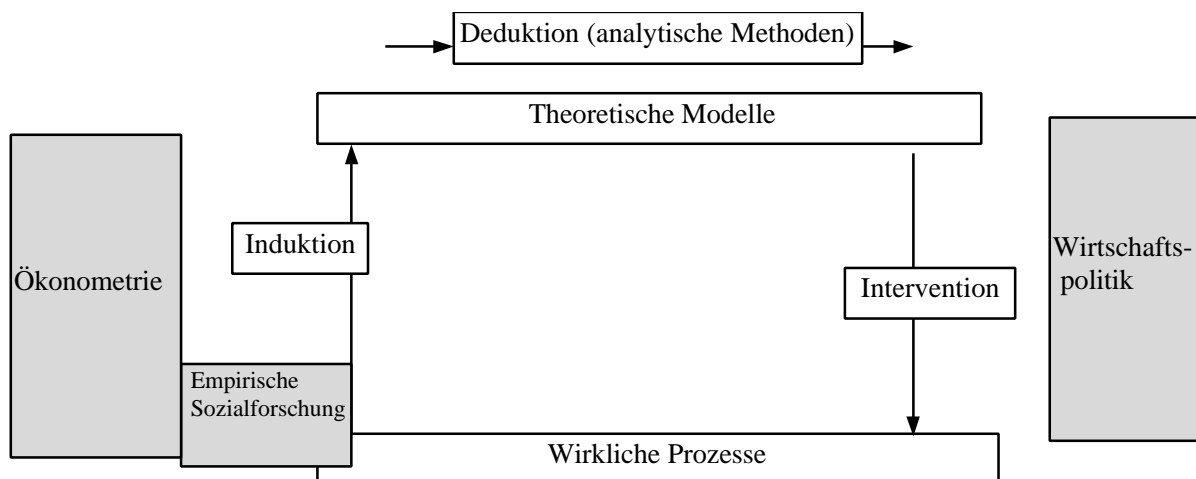
Dem weiter oben beschriebenen Lernprozeß entspricht hier das sogenannte „primary learning“. Teile der Modelle der drei Entitäten entstehen jedoch durch sogenanntes „secondary learning“, dem Lernen von anderen Entitäten. Da aber, wie in Teil 2 ausführlich argumentiert, andere soziale Entitäten durchaus ein Interesse an einer gewissen Manipulation der Modelle anderer haben können muß „secondary learning“ als ein anderer Prozeß als „primary learning“ betrachtet werden. Hier spielt das „Interesse der Wirklichkeit“ von der gelernt (i.e. eine andere Entität) eine wichtige Rolle dafür was gelernt werden kann. Wiederum kann nur auf sorgfältige Spezifizierung der zu modellierenden „besonderen“ (Hegel) Wirklichkeit im Modell hingewiesen werden.

Empirie und analytische Methoden

Der zuletzt angesprochene Kreislauf von Theoriebildung und Erprobung der Theorien in der Realität kann auch folgendermaßen dargestellt werden:

Induktion und Deduktion im Wissenschaftsprozess

Abbildung 22: Induktion und Deduktion im Wissenschaftsprozess



Unter *Induktionsproblematik* versteht die Wissenschaftstheorie das Problem der Entstehung wissenschaftlicher Theorien aus einzelnen Tatsachenbeobachtungen. Jede synthetische Wissenschaft, auch die Wirtschaftsinformatik, kann demnach nur statistische Aussagen über die Wahrscheinlichkeit ihrer Hypothesen machen. Auch wenn viele tausend Male beobachtet wurde, daß die Sonne jeden Morgen aufgeht, so kann daraus nur mit einer Wahrscheinlichkeit kleiner Eins gefolgert werden, daß sie auch morgen wieder aufgehen wird. Wurde aber einmal ein Modell postuliert, so kann mit diesem unter Beachtung der syntaktischen Regeln der Struktursprache verschiedenes *deduziert* werden. Diese Folgerungen sind nicht mit Unsicherheit behaftet sondern folgen strengen Regeln (z.B. die Inversion des Gleichungssystems im vorigen Kapitel). Das heißt nicht, daß das Deduzieren einfach ist oder immer möglich ist. Im letzten Schritt wird schließlich das deduzierte Modell zur Grundlage der *Intervention* in den realen Prozeß.

Ökonometrie ist eine Disziplin die den Induktionsprozeß für ökonomische Hypothesen systematisch untersucht. Sie reicht von der statistischen Erfassung realer Prozesse bis zu den strukturwissenschaftlichen Details der Formulierung von Hypothesen. Empirische Sozialforschung, das Gebiet auf das sich die Soziologie im deutschen Sprachraum in diesem Jahrhundert zurückgezogen hat, bedeckt einen ähnlichen Bereich - ohne jedoch soweit in die Mathematik vorzudringen wie dies die Ökonometrie versucht. Andererseits geht sie in ihrer statistischen Beschreibung über rein ökonomische Prozesse hinaus. Wirtschaftspolitik verfolgt die umgekehrte Stoßrichtung und untersucht die Wirkung von bestimmter Instrumentenwahl auf in der Realität zu erreichenden Zielgrößen.

Analytische Methoden bearbeiten demgemäß ein durch Induktion aufbereitetes Material. Der Wissenschaftstheoretiker Karl Popper unterscheidet bei dieser Aufbereitung zwischen zwei großen Lagern von Ansichten:

Der „Kübeltheorie“, die annimmt, daß die Fakten der realen Prozesse in das Bewußtsein des Modelleurs wie in einen Kübel hineinfallen, und der „Scheinwerfertheorie“, die annimmt, daß der Modelleur nur sieht, worauf er „seinen Scheinwerfer richtet“, also was er sehen will.

Zurecht bezieht Popper hier gegen die von manchen Verhaltensforschern vertretene „Kübeltheorie“ und für die „Scheinwerfertheorie“ Stellung. Er fügt damit der bereits vorgestellten (und auf Herbert Simon zurückgehenden) Konzeption der „bounded rationality“ noch eine Komponente der „directed bounded rationality“ hinzu. Der Modelleur sieht was er aufgrund seiner Informationsverarbeitungskapazitäten sehen kann *und sehen will*. Letztlich gilt das auch für die Sozialwissenschaftler selbst, die ja modellierende Entitäten ebenfalls modellieren.

Besonders kurz tritt demnach Sozialforschung die wirkliche Zusammenhänge aus den Meinungen betroffener Entitäten direkt abzulesen vermeint (etwa mittels Meinungsumfragen). Statt dessen wäre die Genese dieser Meinungen unter den Bedingungen von „directed bounded rationality“ zu rekonstruieren - denn nur dadurch kann das Wesen gesellschaftlicher Zusammenhänge unter der Oberfläche seiner Artikulationen erforscht werden.

Als Beispiel für diesen Sachverhalt betrachte man das folgende Beispiel:

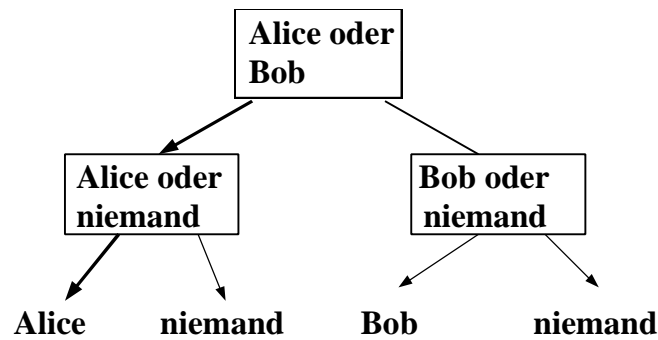
Beispiel 3-2: Strategisches Wahlverhalten

Gegeben sei ein Klub der toten Dichter, der ein neues Mitglied aufnehmen soll. Der Club bestehe aus drei Personen - Boris, Horace und Maurice - die mehrheitlich bestimmen ob ein Mitglied aufgenommen werden soll. Zwei neue Kandidaten, Alice und Bob, suchen um Aufnahme an und die drei Mitglieder müssen nun entscheiden ob einer der Kandidaten oder keiner der beiden aufgenommen werden soll. Außerdem sind die Präferenzen der drei Clubmitglieder bekannt:

Präferenzen:

	Boris	Horace	Maurice
1.	Alice	niemand	Bob
2.	niemand	Alice	Alice
3.	Bob	Bob	niemand

Abbildung 23: Abfolge der Abstimmungen



Ein erster Blick auf die Präferenzen, wie er etwa durch einfache Interviews erfaßt werden könnte, führt zum Schluß, daß in der ersten Abstimmung Boris und Horace für Alice stimmen und in der darauffolgenden zweiten Abstimmung Boris und Maurice für ihre Aufnahme plädieren - Alice also aufgenommen wird.

Eine etwas genauere Betrachtung zeigt aber, daß Horace dieses Abstimmungsergebnis antizipieren würde und daher - er zieht ja „keine Aufnahme“ der Aufnahme von Alice vor - bei der ersten Abstimmung (entgegen seinen unmittelbaren Präferenzen) für Bob stimmen würde. Damit hätte Horace sichergestellt, daß in der zweiten Abstimmung Boris und er selbst Maurice überstimmen würden und sein liebstes Ergebnis, keine Aufnahme, herauskäme.

Nimmt man aber darüberhinaus auch noch an, daß Maurice nicht nur den naiven Ausgang der Wahl sondern auch das strategische Verhalten von Horace antizipiert, so wird klar, daß auch Maurice im ersten Wahlgang entgegen seinen unmittelbaren Präferenzen für Alice stimmen wird. Nur so kann Maurice verhindern, daß das für ihn schlechteste Ergebnis, niemand wird aufgenommen, zustande kommt.

Der naive Interviewvorgang hätte daher zwar Präferenzen entdeckt aus denen die tatsächliche Wahl von Alice unmittelbar zu folgen scheint, die wahren Antizipationsvorgänge wären jedoch völlig unentdeckt geblieben. Das tatsächliche Wahlverhalten wäre unerklärlich.

Umgekehrt läßt sich auch aus der Beobachtung von tatsächlichem Wahlverhalten nicht auf Präferenzen schließen, es sei denn es werden entsprechend ausformulierte Hypothesen über die Erwartungsbildung der Wählenden aufgestellt.

Wie dieses Beispiel zeigt, brauchen analytische Methoden entsprechend abgesicherte, empirisch abgeleitete Hypothesen - *und vice versa*.

Algorithmus und Simulation

Simulationen erfüllen eine ganze Reihe unterschiedlicher Aufgaben. Es können im wesentlichen drei Typen von Aufgabenstellungen unterschieden werden:

1. Wie in Kapitel 2.4 ausgeführt ist zunächst darauf hinzuweisen, daß immer dann, wenn man mit analytischen Mitteln nicht mehr weiter deduzieren kann, eine Simulation mit vernünftigen Parameterwerten zumindest Anhaltspunkte für das weitere Systemverhalten liefern kann. Simulationen sind also ein Ausweg aus den Schwierigkeiten der Deduktion.
2. Simulationen können auch ein direkter Support bei der Entscheidungsfindung sozialer Entitäten sein. In diesem Fall werden sie zu einem Teil der Antizipationsfähigkeit sozialer Entitäten. Ihr schnelles Feedback ersetzt sonst notwendiges, oft kostspieliges Lernen durch tatsächlich begangene Fehler.
3. Simulationen können auch als theoretische Metaphern dienen. Der simulierte Prozeß dient hier zu einer konsistenteren (wenn auch nicht unbedingt realitätsnäheren) Vision eines vorgestellten Zusammenhangs. Ein gutes Beispiel hierfür sind die sogenannten *genetischen Algorithmen*. Mit ihrer Hilfe können evolutorische Prozesse, wie sie in vielen Bereichen vorzukommen scheinen, modelliert werden.

Beispiel 3-3: Ein typischer einfacher genetischer Algorithmus

Annahmen:

Gegeben sei eine Menge von möglichen Lösungen eines Problems und eine Funktion mit deren Hilfe die Güte dieser Lösung errechnet werden kann (eine sogenannte Fitness-Funktion $f(x)$). Darüber hinaus seien die Lösungen als einfache binäre Zeichenketten darstellbar.

Konkret könnte man bei einer bestimmten Problemstellung etwa mit folgenden vier Anfangslösungen beginnen:

Lösungsname	Binäre Darstellung	Fitness
A	00000110	2
B	11101110	6
C	00100000	1
D	00110100	3

Problem:

Man ermittle die Lösung mit höchster Fitness. Im vorliegenden Fall also diejenige 8-stellige Bitfolge für die die Fitness-Funktion den höchsten Wert annimmt.

Lösung:

Man verwendet folgenden (genetischen) Algorithmus.

1. Beginne mit einer Menge von n zufällig gewählten Versuchslösungen x_1 bis x_n
2. Berechne die zu diesen Lösungen gehörenden Fitness Werte $f(x)$
3. Wiederhole die folgenden n Teilschritte bis wiederum n neue Versuchslösungen entstanden sind:
 - Wähle 2 der Versuchslösungen mit Wahrscheinlichkeit proportional zu ihrer Fitness aus („Ziehen mit Zurücklegen“)
 - Kreuze die beiden Lösungen mit einer vorzugebenden Wahrscheinlichkeit („crossover-probability“) an einer zufällig (mittels Gleichverteilung) bestimmten Stelle und forme 2 neue Versuchslösungen. Im konkreten Beispiel werde etwa Lösung B und D gezogen. Cross-over probability würde etwa für Kreuzung entscheiden und bei der durch Gleichverteilung bestimmten Stelle der Kreuzung werde Stelle 5 gezogen. Das bedeutet, daß die erste der neuen Versuchslösungen die ersten vier Stellen von Lösung B erbt und ab der fünften Stelle wie Lösung D aussieht: 11100100. Drei der zweiten neuen Versuchslösung ist es genau umgekehrt, sie erbt den ersten Teil von Lösung D und den zweiten Teil von Lösung B: 00111110. Man erkennt warum der Algorithmus *genetisch* heißt.
 - Zufallsmutationen werden an jeder Stelle der Binärfolge mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit („mutation-probability“) zugelassen. Mit dieser Wahrscheinlichkeit schätzt also eine Null in eine Eins um, oder vice versa.
4. Ersetze den Satz alter Versuchslösungen durch den Satz neu generierter Lösungen.
5. Wenn eine vorgesehene Fitness-Güte noch nicht erreicht wurde, so gehe zu Punkt 2.

Genetische Algorithmen können offensichtlich nicht nur als Metaphern sondern auch als (sehr effiziente) Suchalgorithmen eingesetzt werden⁵⁵.

⁵⁵ Ein sehr gutes Einführungsbuch ist [M. Mitchell, 1996].

Die technische Komponente

Rechner

Architektur und Technik

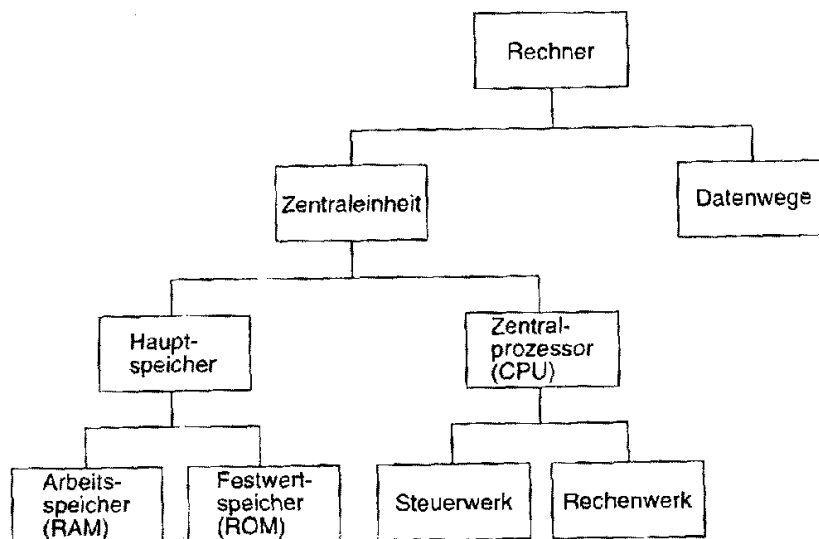
Unter dem Begriff *Rechnerarchitektur* versteht man die interne Struktur des Rechners, d.h. seinen Aufbau aus verschiedenen Komponenten, und die Organisation der Arbeitsabläufe im Rechner.

Die meisten der heute gebräuchlichen Rechner aller drei Größenklassen verwenden die nach dem österreichisch-ungarischen Mathematiker

J. VON NEUMANN (1903-1957) benannte *von Neumann-Architektur*. Rechner mit einer solchen Architektur bestehen aus (sh. Abbildung 24)

- einem *Zentralprozessor* (CPU = Central Processing Unit), der die Befehle (Instruktionen) eines vorgegebenen Programms nacheinander interpretiert und ausführt,
- einem *Hauptspeicher*, in dem zum Zeitpunkt der Verarbeitung das auszuführende Programm und die dafür benötigten Daten gespeichert sind, und *Datenwegen* für den Datentransfer zwischen den Komponenten des Rechners (*interne Datenwege*) und zwischen dem Rechner und den peripheren Geräten (*externe Datenwege* oder *Ein-/Ausgabe-System*).

Abbildung 24: VON NEUMANN Architektur



Zentralprozessor und Hauptspeicher bilden zusammen die *Zentraleinheit*. Da unter dem Begriff *Zentraleinheit* oft nur der Zentralprozessor verstanden wird, sind Mißverständnisse möglich. Der Zentralprozessor wird manchmal auch als *Rechnerkern* bezeichnet. Bei Parallelrechnern (sh. Seite 67: Entwicklungstendenzen) enthält die *Zentraleinheit* mehrere Zentralprozessoren. jeder Zentralprozessor hat die beiden Komponenten *Steuerwerk* und *Rechenwerk*.

Der *Hauptspeicher* besteht aus dem Arbeitsspeicher und dem Festwertspeicher (sh. Seite 59: Komponenten und Arbeitsweise).

Bei Mikrocomputern sind die Begriffe *Zentraleinheit* und *Zentralprozessor* unüblich. Hier wird nur die Bezeichnung *Prozessor* verwendet. Für das Rechenwerk ist der englische Ausdruck ALU (Arithmetic and Logic Unit) gebräuchlich.

Die technischen Bausteine aller Rechner sind *Chips*, insbesondere -Speicherchips für den Hauptspeicher und -Logikchips für den Prozessor.

Bei den Chips handelt es sich um Siliziumplättchen von 50 bis 300 mm² Fläche, in die durch ein Leitungsnetz verbundene elektronische Bauelemente (Widerstände, Kondensatoren, Transistoren) eingebettet sind. Die Herstellung erfolgt in einem komplizierten mehrstufigen Prozeß. Die Grundlage aller Bauelemente bildet die Halbleiterbauweise, die auch als MOS (Metal Oxide Semiconductor) Technik bezeichnet wird und mehrere Varianten besitzt. Die Fertigung der Chips erfolgt vollautomatisch. Silizium das aus Quarzsand gewonnen wird, ist ein (den elektrischen Strom) nicht leitendes Material. Der Halbleitereffekt wird durch die gezielte "Verunreinigung" (*Dotierung*) mit Fremdatomen (Bor, Phosphor u.a.) erreicht. Als *Integrationsdichte* bezeichnet man

- bei den Speicherchips die Anzahl der Speicherstellen (Bit) und
- bei den Logikchips die Anzahl der Schaltkreise oder der Transistoren pro Chip.

Komponenten und Arbeitsweise

Die Komponenten jedes Rechners mit von Neumann-Architektur sind (Zentral-)Prozessor, Hauptspeicher und Datenwege.

Zum Verständnis der Arbeitsweise von Rechnern ist es zweckmäßig, zuerst den *Hauptspeicher* zu beschreiben. Er wird auch als interner Speicher, Zentralspeicher oder *Primärspeicher* bezeichnet und darf nicht mit den externen Speichergeräten wie Band- oder Plattenspeichern verwechselt werden, die *Sekundärspeicher* heißen. Der Hauptspeicher besteht aus den beiden Teilen

- Arbeitsspeicher und
- Festwertspeicher.

Der *Arbeitsspeicher* ist ein Schreib-/Lesespeicher (RAM = Random Access Memory), der *Festwertspeicher* ein Nur-Lesespeicher (ROM = Read Only Memory) .

Gegenüber den externen Speichern grenzt sich der Hauptspeicher durch zwei signifikante Merkmale ab:

- Jeder Speicherplatz des Hauptspeichers ist fortlaufend adressiert.
- Zur Ausführung müssen alle Programme und zur Verarbeitung alle Daten in den Arbeitsspeicher des Hauptspeichers geholt werden bzw. dort bereitstehen, d.h. *resident* sein.

Der Arbeitsspeicher muß

- die in Aktion befindlichen Programme aufnehmen und die Befehle für die CPU bereithalten sowie
- die während der Verarbeitung benötigten Eingabedaten, mögliche Zwischenresultate und die als Ergebnisse der Verarbeitung entstehenden Ausgabedaten speichern.

Der Festwertspeicher ist ein Teil des Hauptspeichers, dessen Inhalt sich nur lesen, aber nicht verändern läßt. Er wird hauptsächlich für Mikroprogramme des Steuer- und Rechenwerks und für unveränderliche Anwendungsprogramme des Kunden (ASIC, sh. Seite 64: Beurteilungskriterien) benutzt. Die Anfertigung erfolgt beim Hardware- bzw. Chip-Hersteller.

Die fortlaufend adressierten Speicherplätze des Hauptspeichers enthalten als kleinste zugängliche Einheit entweder ein Byte oder ein Wort. Rechner, bei denen das Byte die kleinste Speichereinheit ist, auf die zugegriffen werden kann, heißen *Bytemaschinen*. Rechner, bei denen die kleinste Speichereinheit aus einer Bit-Folge anderer (in der Regel größerer) Länge als 8 besteht, heißen *Wortmaschinen*. Wortmaschinen sind für mathematisch-technische Anwendungen besser geeignet als vergleichbare Bytemaschinen. Die kleinste Speichereinheit ist bei Wortmaschinen immer, bei Bytemaschinen in der Regel gleichzeitig auch die kleinste interne Verarbeitungseinheit des Prozessors (*Verarbeitungsbreite*). Die Bezeichnungen Byte und Wortmaschine stammen aus dem Großrechnerbereich. Bei Mikrocomputern werden diese Begriffe nicht benutzt.

Die *Hauptspeichergroße* wird im allgemeinen in Kilobyte (KB), in Megabyte (MB) oder bei Großrechnern in Gigabyte (GB) gemessen, wobei die Relationen

1 KB = 1.024 Byte

1 MB = 1.024 KB

1 GB = 1.024 MB

gelten. Als *Zugriffszeit* wird die Zeit bezeichnet, die benötigt wird, um den Inhalt eines Speicherplatzes (d.h. ein Byte bzw. ein Wort) zu lesen. Die Zugriffszeiten heutiger Computer liegen im Bereich von Nanosekunden (10⁻⁹ Sekunden). Zum Vergleich: Selbst das Licht legt in einer Nanosekunde nur einen Weg von 30 cm zurück.

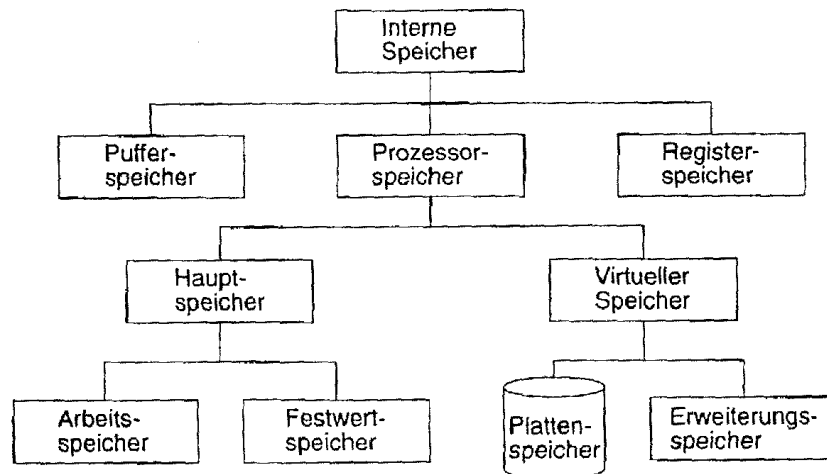
Technisch besteht der Hauptspeicher, wie in Abschnitt „Architektur und Technik“ beschrieben, aus Speicherchips in Halbleiterbauweise. Halbleiterspeicher sind sogenannte flüchtige Speicher ("volatile") Speicher. Das bedeutet, daß die gespeicherten Daten beim Abschalten oder bei Unterbrechung der Stromzufuhr (außer im ROM-Teil) verlorengehen. Wenn sie unbedingt im Arbeitsspeicher permanent erhalten bleiben sollen, muß Batteriestrom zugeführt werden.

Beim Arbeitsspeicher unterscheidet man nach der Bauweise zwischen statischem und dynamischem RAM. Statische Speicher behalten ihren Inhalt (solange die Stromversorgung nicht unterbrochen wird) ständig bei, bei dynamischen Speichern (DRAM = Dynamic Random . Access Memory) muß dagegen der Inhalt nach jedem Lesevorgang neu eingeschrieben ("refreshed") werden, Statische Speicher gestatten einen schnelleren Zugriff. Wegen der kompakteren Bauweise und des niedrigeren Preises werden jedoch dynamische Speicher bevorzugt.

Weitere *interne Speicher* neben dem Hauptspeicher sind - der Cache Memory, - der virtuelle Speicher und - die Register.

Der *Cache Memory*, kurz Cache, ist ein Hardware-Bestandteil, und zwar ein kleiner Speicher mit besonders schnellem Zugriff. Er übernimmt die Funktion eines Puffers. Puffer werden in DV-Anlagen (wie in anderen technischen Einrichtungen) immer dann verwendet, wenn unterschiedliche Geschwindigkeiten auszugleichen sind. Der Cache Memory nimmt eine Anpassung zwischen der Verarbeitungszeit im Prozessor und der (längeren) Zugriffszeit zum Arbeitsspeicher vor. Im Cache Memory werden vorsorglich ("look ahead-Mechanismus-) diejenigen Speicherinhalte des Arbeitsspeichers bereitgestellt, die zu den gerade benötigten Speicherinhalten "benachbart" sind.

Abbildung 25: Speicherhierarchie der internen Speicher



Moderne Rechner verfügen über getrennte Caches für Daten und Programme und/oder über ein abgestuftes System mehrerer aufeinanderfolgender Caches. Der *virtuelle Speicher* ist im Gegensatz zum Cache keine Hardware-Einrichtung, sondern ein vom Betriebssystem (sh. Seite 69: Aufgaben und Arbeitsweise) gesteuertes Speicherungsverfahren. Der („reale“) Arbeitsspeicher wird dabei (scheinbar) vergrößert, indem der Inhalt bestimmter Speicherbereiche auf Platten ausgelagert wird. Die Größe des virtuellen Speichers ist unabhängig von der vorhandenen Arbeitsspeichergröße. Die Zuordnung zwischen Arbeitsspeicher und virtuellem Speicher geschieht in Form einer Abbildung, bei der eine Adresszuordnung ("Adreßumsetzung") zwischen Arbeitsspeicher und peripherem Speicher vorgenommen wird. Vorteile bringt die virtuelle Speicherung in erster Linie für die Programmierung, da auf Arbeitsspeicherbegrenzungen nicht mehr Rücksicht genommen werden muß. Ein Nachteil besteht in möglicherweise längeren Programmlaufzeiten durch den ständigen Transfer zwischen realem und virtuellem Speicher.

Der Transfer läßt sich wesentlich verkürzen, wenn die Auslagerung für die virtuelle Speicherung anstatt auf Platten auf einen Halbleiterspeicher erfolgt, der dann als *Erweiterungsspeicher* bezeichnet wird.

Weitere interne Speicher sind die Register. Sie dienen zum kurzzeitigen Speichern jeweils weniger Bit und werden u.a. vom Prozessor als Indexregister und als Instruktionsregister (Befehlszähler) verwendet.

Die Gesamtheit aller internen Speicher bildet eine Speicherhierarchie (sh. Abbildung 25). Hauptspeicher und virtueller Speicher sind darin in der Terminologie der IBM-Großrechner zusammen als Prozessorspeicher bezeichnet. Die Organisation des Datentransfers zwischen diesen Speicherbereichen wird häufig von einem eigenständigen Prozessor, der *Speichersteuerung*, übernommen.

Der *Zentralprozessor (CPU)* besteht, wie schon erwähnt, bei der klassischen von Neumann-Architektur aus genau zwei Teilen, nämlich

- dem Steuerwerk und
- dem Rechenwerk.

Das *Steuerwerk*, auch als Leitwerk bezeichnet, ist nach DIN 44300, Teil 5, eine Funktionseinheit, welche

- die Reihenfolge steuert, in der die Befehle eines Programms ausgeführt werden,
- die Befehle entschlüsselt und dabei gegebenenfalls modifiziert und die für ihre Ausführung erforderlichen digitalen Signale abgibt.

Als *Programm* wird hierbei eine Verarbeitungsvorschrift (*Algorithmus*) aus einer Folge von Befehlen (Instruktionen) verstanden, die im Maschinencode des jeweiligen Rechners formuliert sind. Befehlstypen sind arithmetische und logische Befehle sowie Sprung-, Transport- und Ein-/Ausgabe-Befehle. Jeder Befehl besteht aus

- einem Operationsteil, in dem steht, welche Operation (WAS?) auszuführen ist, und
- einem Adreß- oder Operandenteil, in dem die (Speicherplatz-)Adressen derjenigen Daten stehen, mit denen (**WOMIT?**) diese Operation auszuführen ist.

Je nachdem, wie viele Adressen im Operandenteil stehen, spricht man von Ein-, Zwei- oder Drei-Adreßmaschinen.

Die Arbeit des Steuerwerks läßt sich wie folgt beschreiben: Das Steuerwerk veranlaßt das Rechenwerk, die im Operationsteil des Befehls angegebene Operation mit den Operanden auszuführen, die unter den im Adreßteil angegebenen Adressen des Arbeitsspeichers zu finden sind. Damit ist gleichzeitig die Arbeitsweise des *Rechenwerks* beschrieben: Das Rechenwerk übernimmt die vom Steuerwerk entschlüsselten Befehle und führt sie mit Hilfe von Verknüpfungsschaltungen (Arithmetikwerken) aus. Ein Teil der Operationen wird durch Mikroprogramme ausgeführt, die als Festwertspeicher (ROM) dem Rechenwerk fest zugeordnet sind.

Steuerwerk und Rechenwerk arbeiten nach dem sogenannten *Pipeline-Prinzip*. Die einzelnen Arbeitsphasen, die zusammen als *von Neumann-Zyklus* bezeichnet werden, sind:

1. Befehl aus Hauptspeicher holen;
2. Befehl decodieren, Operanden-Adressen oder Sprungziel errechnen;
3. Operanden holen;
4. Befehl ausführen, d.h. Operanden verarbeiten, ggf. Ergebnis speichern (Mehr-Adreßmaschinen);
5. Befehlszähler erhöhen.

Die Phasen 1 bis 3 (Befehlsaufbereitung) und 5 übernimmt das Steuerwerk, die Phase 4 (Befehlsausführung) das Rechenwerk. Das Pipeline-Prinzip hat zwei Aspekte:

- a) Ein Befehl wird nacheinander (wie in einer Pipeline) zunächst vom Steuerwerk und anschließend vom Rechenwerk abgearbeitet.
- b) Während das Rechenwerk einen Befehl ausführt, bereitet das Steuerwerk zeitlich parallel dazu ("überlappt") schon die nächsten Befehle auf. Da auch innerhalb derjenigen Phasen, die dem Steuerwerk übertragen sind, durch Zerlegung der Befehle überlappt gearbeitet wird, ist das Steuerwerk dem Rechenwerk je nach Rechnertyp um einen oder mehrere Befehle voraus.

Das vorsorgliche Holen der sequentiell nachfolgenden Befehle (in der Regel aus dem Cache) heißt "prefetching". Als kurzzeitige Zwischenspeicher bei den Operationen der Phasen 1 bis 5 werden vom Steuerwerk und vom Rechenwerk die erwähnten Register benutzt.

Die Arbeit der CPU wird durch einen zentralen Taktgeber (Quarkristall) gesteuert. Die Taktzeit, auch als *Prozessor-Zykluszeit* oder *Grundzyklus* bezeichnet, liegt im Bereich von Nanosekunden. Der Kehrwert der Taktzeit, die *Taktfrequenz*, liegt entsprechend in der Größenordnung von MHz (MegaHertz).

Datenwege übernehmen

- als interne Datenwege den Datentransfer zwischen den Komponenten der Zentraleinheit und
- als externe Datenwege den Datentransfer zwischen dem Rechner und den peripheren Geräten.

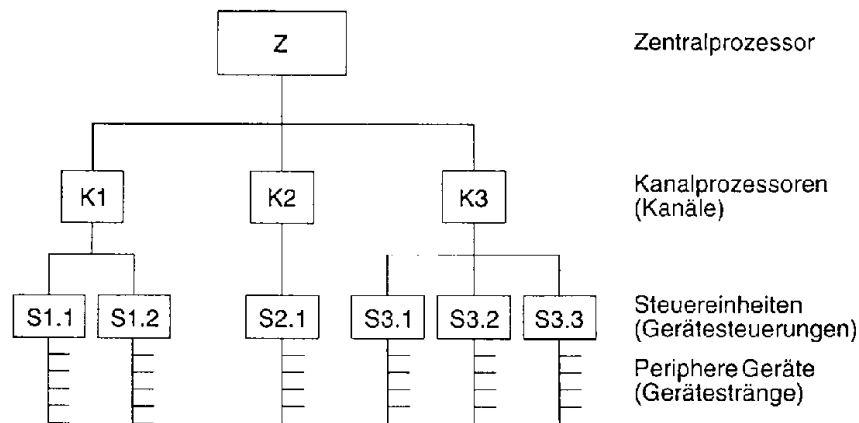
Die externen Datenwege werden auch als Ein-/Ausgabe-Systeme bezeichnet. Die Realisierung erfolgt nach

- dem Kanal-Konzept oder
- dem Bus-Konzept.

Beim *Kanal-Konzept* übernehmen *Kanäle* den Datentransfer zwischen dem Arbeitsspeicher und den peripheren Geräten. Bei den Kanälen handelt es sich um selbständig arbeitende Einheiten mit eigenen Prozessoren (*Kanalprozessoren*), die ihre Befehle (als "Kanalprogramm") parallel zur Arbeit der CPU ausführen. Die peripheren Geräte sind an die Kanäle direkt oder über *Steuereinheiten* (control units), die sogenannten *Gerätesteuerungen*, angeschlossen (sh. Abbildung 26). Letztere übernehmen für die jeweils in Ketten (als "Gerätestränge") angeschlossenen Geräte, Steuerungsaufgaben wie gerätespezifische Übersetzung der Kanalbefehle, Positionierung der Schreib-/Leseköpfe (bei Platten), Ausführung des Schreib-/Lesevorgangs, Datenpufferung, Fehlererkennung und -korrektur. Sie sind entweder separate Geräte oder in angeschlossene Geräte integriert. Kanäle gibt es

- in der klassischen Form als *parallele Kanäle* mit bitparalleler Übertragung⁵⁶ zwischen Kanalprozessor und Steuereinheiten über Kupferkabel und
- in der modernen Verbindungstechnik ESCON (Enterprise Systems Connection) als *serielle Kanäle* mit bitserieller Übertragung zwischen Kanal und Steuereinheiten über Glasfaserkabel.

Abbildung 26: Kanal-Konzept

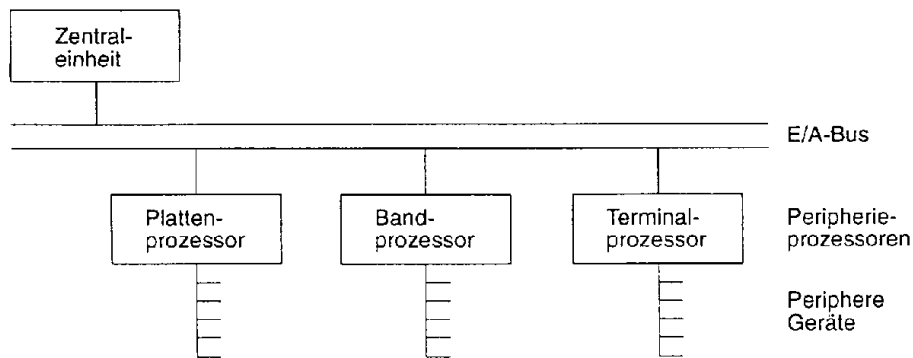


In Großrechnern ist zur Steuerung sämtlicher Kanäle ein weiterer Prozessor vorhanden, der als "Ein-/Ausgabe-Prozessor" (*E/A-Prozessor*) oder "Kanal(subsystem)prozessor" bezeichnet wird. Er arbeitet unter der Steuerung der CPU.

Beim *Bus-Konzept* werden - im Gegensatz zum Kanal-Konzept, bei dem einzelne Gerätegruppen über Kanäle direkt mit der Zentraleinheit verbunden sind alle peripheren Geräte über spezielle, für einzelne Gerätegruppen zuständige Peripherieprozessoren gleichrangig an eine gemeinsam genutzte Sammelschiene, den *Ein-/Ausgabe-Bus* (E/A-Bus), angeschlossen, über den der Datentransport vom und zum Arbeitsspeicher der Zentraleinheit erfolgt (sh. Abbildung 27). Die Peripherieprozessoren entsprechen den Steuereinheiten (Gerätesteuerungen) beim *Kanal-Konzept*. Der E/A-Bus wird - ebenso wie die Kanalprozessoren beim Kanal-Prinzip - vom Betriebssystem im Zentralprozessor gesteuert. Das *Bus-Konzept* kommt vorwiegend dann zur Anwendung, wenn die Anzahl der angeschlossenen Peripheriegeräte begrenzt ist.

⁵⁶ Bei bitparalleler Übertragung werden mehrere Bit (z.B. die 8 Bit eines Byte) auf getrennten Leitungen gleichzeitig, bei bitserieller Übertragung auf einer einzigen Leitung nacheinander übertragen.

Abbildung 27: Bus-Konzept



Das Kanal-Konzept dominiert bei Großrechnern, das Bus-Konzept bei Mikrocomputern. Bei mittleren Systemen kommen beide Konzepte zur Anwendung.

Bei Großrechnern sind in den meisten Fällen

- innerhalb des Zentralprozessors das Steuerwerk und das Rechenwerk sowie innerhalb der Zentraleinheit der Zentralprozessor mit dem Arbeitsspeicher durch direkte Übertragungswege aus Kupfer- oder Glasfaserkabeln miteinander verbunden und
- die peripheren Geräte nach dem Kanal-Konzept an die Zentraleinheit angeschlossen.

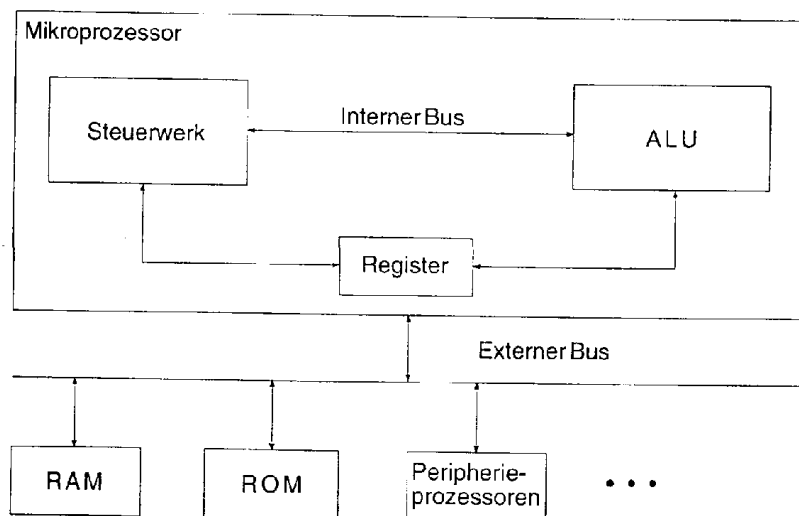
Bei Mikrocomputern sind nach dem Bus-Konzept

- Steuerwerk, ALU und Register über den *internen Bus* und
- Prozessor, Arbeitsspeicher und periphere Geräte über den *externen Bus* verbunden.

Abbildung 28 zeigt in stark vereinfachter Form das ursprüngliche Bus-Konzept für Mikrocomputer. Die Breite, d.h. die Anzahl der gleichzeitig übertragenen Bit, des internen Busses ist gleich der Verarbeitungsbreite des Prozessors.

Von einzelnen Herstellern und von Interessenverbänden sind mehrere Standards für Busse entwickelt worden, insbesondere ISA (Industry Standard Architecture), EISA (Extended Industry Standard Architecture), MCA (Micro Channel Architecture), VESA (Video Electronic Standards Association)-Local Bus (kurz VL-Bus) und PCI (Peripheral Component Interconnect). Die Tendenz geht dahin - abweichend von der Darstellung in Abbildung 28 - zunächst den Arbeitsspeicher und dann einzelne Peripherie-Prozessoren an den (schnelleren) internen Bus anzuschließen.

Abbildung 28: Prinzip des Bus-Konzeptes



Jeder Bus hat die logisch, aber nicht unbedingt physisch getrennten Bestandteile Steuerbus, Adreßbus und Datenbus. Beispielsweise werden beim Lesen eines Speicherplatzinhalts

- zuerst auf dem Steuerbus vom Prozessor zum Arbeitsspeicher das Signal "Lesen",
- dann auf dem Adreßbus vom Prozessor zum Arbeitsspeicher die Adresse des Speicherplatzes und
- schließlich auf dem Datenbus vom Arbeitsspeicher zu den Registern des Prozessors der Inhalt des Speicherplatzes übertragen.

Beurteilungskriterien

Bei der Leistungsbeurteilung von Rechnern, d.h. von Prozessoren, internen Speichern und Ein-/Ausgabe-Systemen, muß man zwischen

- internen (bzw. technischen) Beurteilungskriterien oder *Komponentenleistungsmaßen* und
- anwendungsorientierten (bzw. nutzungsorientierten) Beurteilungskriterien oder *Systemleistungsmaßen* unterscheiden. Die wichtigsten Komponentenleistungsmaße sind in Abbildung 29 zusammengestellt.

Das am häufigsten benutzte interne Beurteilungskriterium ist die *Instruktionsrate* des Zentralprozessors, gemessen in MIPS (Million Instructions Per Second).

Sie geht davon aus, daß die Verarbeitungsleistung des Zentralprozessors in erster Linie

- von der Zykluszeit und
- von der pro Befehl benötigten Anzahl von Zyklen (Takten)

abhängt. Dabei werden die Zykluszeit von der Hardware-Technologie (u.a. der Schaltkreisdichte auf den Logikchips) und die Anzahl der pro Befehl benötigten Takte von der Rechnerarchitektur bestimmt. Der Instruktionsrate wird eine durchschnittliche Anzahl von Instruktionen (im Maschinencode), die aus typischen technischen und kommerziellen Anwendungen gemischt sind, zugrunde gelegt. Ein Rechner mit einer Taktfrequenz von 50 MHz, d.h. einer Zykluszeit (als Kehrwert der Taktfrequenz) von 20 ns (Nanosekunden), der pro Instruktion zwei Zyklen benötigt, hat eine Instruktionsrate von 25 MIPS. Allgemein gilt die Formel

Instruktionsrate (MIPS) = $\frac{\text{Taktfrequenz (MHz)}}{\text{Anzahl Takte pro Befehl}}$

Abbildung 29: Technische Beurteilungskriterien für Rechner

<p>Zentralprozessor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Architektur 2. Zykluszeit bzw. Taktfrequenz 3. Verarbeitungsbreite (Wortlänge) 4. Zahlendarstellungen (Fest-, Gleitkomma) 5. Instruktionsrate (MIPS, MFLOPS) 6. Befehlsvorrat 7. CISC/RISC-Prinzip <p>Interne Speicher</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hauptspeichergröße (effektiv, maximal) 2. Zugriffszeit 3. Größe des Cache Memory 4. Maximale Größe des virtuellen Speichers 5. Anzahl Register <p>Eingabe- / Ausgabe - System</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Übertragungskonzept (Kanal, Bus) 2. Kanal-Konzept Verbindungstechnik (parallel, seriell) Maximalzahl anschließbarer Kanäle <p>Bus-Konzept Busbreiten (intern/extern, Daten-/Adreßbus) Taktfrequenz Maximalzahl anschließbarer Peripherieprozessoren Übertragungsraten</p>

Die Beurteilung nach der Instruktionsrate ist umstritten, weil diese Maßzahl nur eine beschränkte Aussagefähigkeit besitzt. Sie hängt u.a. - von der Architektur des Rechners, - von dem im Rechner verfügbaren Befehlssatz, - von der Art der Programmbeefhle und - vom eingesetzten Betriebssystem ab und ignoriert völlig die zum Einsatz kommenden Betriebsarten und Nutzungsformen. Viele Anbieter von DV-Anlagen verzichten deswegen auf die (offizielle) Angabe einer MIPS-Zahl.

Bei vorwiegend mathematisch-technisch genutzten Rechnern, insbesondere bei Vektor- und Parallelrechnern (sh. Seite 67: Entwicklungstendenzen), wird die Instruktionsrate in FLOPS (Floating Point Operations Per Second) gemessen. Als *Supercomputer* ("number cruncher") bezeichnet man Rechner mit einer Leistung von mehr als 200 MFLOPS (M = Mega).

Bei Mikrocomputern ist ein Kriterium, ob der Prozessor durch einen zusätzlich vorhandenen *mathematischen Coprozessor* (FPU = Floating Point Unit) unterstützt wird, der die Gleitkommaoperationen ausführt. In modernen Prozessoren ist der Coprozessor von vornherein integriert.

Zur Beurteilung der Prozessorleistung von Mikrocomputern werden

- die Verarbeitungsbreite und
- die Taktfrequenz

herangezogen. Bei der Verarbeitungsbreite spricht man von folgenden Prozessorgenerationen:

1. Generation: 4 Bit (typischer Vertreter: Intel 4000),
2. Generation: 8 Bit (Intel 8080; Motorola 6800),
3. Generation: 16 Bit (Intel 8086 bis 80286),
4. Generation: 32 Bit (Intel 80386, 80486, Pentium; Motorola 68040, 68060; Motorola/IBM Power PC),
5. Generation: 64 Bit (DEC ALPHA 21064, MIPS R4400).

Größere Verarbeitungsbreiten gestatten es, gleichzeitig eine größere Anzahl von Worten zu verarbeiten. 16 Bit Verarbeitungsbreite entsprechen einem Halbwort aus 2 Byte, 32 Bit einem Wort aus 4 Byte und 64 Bit einem Doppelwort aus 8 Byte. Vorteile größerer Verarbeitungsbreite sind u.a.

- kürzere Verarbeitungszeiten,
- höhere Rechengenauigkeit und
- Adressierbarkeit größerer Arbeitsspeicher.

Als *Befehlsvorrat* wird die Anzahl der im Maschinencode verfügbaren Befehle eines Prozessors verstanden, die in der Regel als Festwertspeicher (ROM) dem Rechenwerk (bzw. der ALU) fest zugeordnet sind. Sie beträgt üblicherweise 150 bis 300 Instruktionen. Beim Befehlsvorrat gibt es zwei gegenläufige Entwicklungen, die durch die Abkürzungen

- CISC (Complex-Instruction-Set-Computer) und
- RISC (Reduced Instruction Set Computer)

charakterisiert werden. Beim *CISC-Prinzip* wird der Befehlsvorrat vergrößert, z.B. durch die Aufnahme von Sprachelementen höherer Programmiersprachen oder von Programmen für komplette Anwendungen (ASIC = Application Specific Integrated Circuit = anwendungsspezifischer Chip, Gegensatz: Standard Chip). CISC-Architekturen sind besonders für technische Anwendungen geeignet.

Das *RISC-Prinzip* geht von Messungen aus, wonach bei vielen Programmabläufen in 80% der CPU-Zeit nur 20% des Befehlsvorrats in Form einfacher Lade-, Speicher- und Verzweigungsoperationen genutzt werden. *RISC-Prozessoren* haben deswegen einen geringeren Befehlsvorrat (50 bis 100, teilweise weniger als 40 Grundbefehle). Dabei handelt es sich um einfache Befehle mit fester (und wegen der geringeren Befehlsanzahl kleinerer) Länge und einheitlichem Format. Während CISC-Prozessoren in der Regel pro Befehl mehrere Takte benötigen, führen RISC-Prozessoren einen oder mehrere Befehle in einem einzigen Takt aus. Im Bereich der Mikrocomputer sind in erster Linie die Arbeitsplatzrechner mit RISC-Prozessoren ausgestattet.

Technische Beurteilungskriterien für die *internen Speicher* sind hauptsächlich die verfügbare und die maximal mögliche Größe des Arbeitsspeichers (in MB bzw. GB), ferner die Größe des Cache Memory und generell die Zugriffszeiten zum Speicher. Bei Mikrocomputern spielt eine Rolle, ob und in welcher Größe die bei Großrechnern und Minicomputern selbstverständlichen Einrichtungen Cache und virtueller Speicher vorhanden sind.

Wichtigstes Beurteilungskriterium für das Ein-/Ausgabe-System ist zunächst, ob das Kanal- oder das Bus-Prinzip zur Anwendung gelangt. Leistungsmaße sind darin

- beim Kanal-Prinzip die Anzahl der anschließbaren parallelen und seriellen Kanäle sowie die maximalen Übertragungsraten (in MB/s),
- beim Bus-Prinzip die Taktfrequenz, die Datenbus-Breite (im Vergleich zur Verarbeitungsbreite), die Adreßbus-Breite (im Vergleich zur Datenbus-Breite) sowie ebenfalls die maximalen Übertragungsraten.

Die meisten der in Abschnitt „Komponenten und Arbeitsweise“ genannten Busse arbeiten synchron zum Prozessor, d.h. mit derselben Taktfrequenz. Bei asynchron arbeitenden Bussen (z.B. MCA) wird die Übertragungsrate nicht vom Prozessor, sondern von den angeschlossenen Komponenten bestimmt.

Eine simultane Berücksichtigung aller internen Beurteilungskriterien bilden *Benchmark-Tests*. Dabei wird das Leistungsverhalten des Rechners durch einen Mix grundlegender Maschinenbefehle (synthetischer Benchmark) oder repräsentativer Anwendungsprogramme beurteilt. Die Durchlaufzeiten der Programme oder die Antwortzeiten an den Terminals (Transaktions-Benchmark) werden gemessen und den entsprechenden Werten eines Vergleichsrechners gegenübergestellt. Häufig benutzte Standards sind die SPEC-Benchmarks der Systems Performance Evaluation Company (SPEC). Benchmark-Tests sind sehr aufwendig und scheitern meistens an der mangelnden Portabilität der Programme.

Für den Anwender aussagefähiger sind die (nutzungsorientierten) *Systemleistungsmaße*, insbesondere bei den als Zentral- oder Abteilungsrechner genutzten Großrechnern und mittleren Systemen. Ausgangspunkt sind

- Anzahl der Arbeitsplätze und Geräte, die an den Rechner angeschlossen werden müssen, sowie
- Anzahl, Art und Umfang der genutzten Anwendungen.

Bei der Art der Anwendungen muß zwischen Stapel- und Dialogbetrieb unterschieden werden, beim Dialogbetrieb zwischen Teilnehmer- und Teilhaberbetrieb. Für die Beurteilung (und damit die Auswahl) des Rechners sind dann vor allem

- der (termingerechte) Durchsatz pro Tag aller Programme im Stapelbetrieb und
- die Anzahl der pro Zeiteinheit ausführbaren Transaktionen (Bearbeitungsvorgänge) und die Antwortzeiten im Dialogbetrieb ausschlaggebend ("Service Level").

Zunehmende Bedeutung als nutzungsorientiertes Beurteilungskriterium gewinnt die Frage, ob sich die in die Auswahl genommenen Rechner problemlos in Vernetzungskonzepte einbeziehen lassen, auch im Hinblick auf die Kopplung mit der Hardware anderer Hersteller.

Die Ende 1991 erschienene Norm DIN 66273, Teil 1 ("Messung und Bewertung der Leistung von DV-Systemen"), legt ebenfalls einen Übergang von den früheren internen zu externen nutzungsorientierten Beurteilungskriterien nahe. Ausgehend von der physikalischen Definition der Leistung als Arbeit pro Zeiteinheit werden zur Leistungsbewertung die Größen Durchsatz, mittlere Durchlaufzeit und Termintreue, d.h. zeitgerechte Erledigung der Benutzeraufträge, herangezogen. Zur Messung und Bewertung geht die Norm von synthetischen Lasten aus, die aus den konkreten Einsatzbedingungen abzuleiten sind. Für Einsatzumgebungen, in denen sich ausreichende repräsentative Arbeitsprofile finden lassen, sieht die Norm vor, solche als Normlasten festzuschreiben. Diese können dann als Bezugsbasis für echte anwendungsorientierte DIN-Leistungskennzahlen dienen.

Selbstverständlich muß zu den anwendungsorientierten Beurteilungskriterien auch der Kaufpreis gerechnet werden. Allerdings ist es wenig aussagefähig, beim Kaufpreis nur die Zentraleinheit mit Prozessor, Hauptspeicher und Ein-/Ausgabe-System zu berücksichtigen. Generell macht die Zentraleinheit bei Großrechnern höchstens 50%, bei mittleren Systemen und Mikrocomputern oft nur 30% des Kaufpreises aus. Versteht man - wie die DIEBOLD GmbH in ihren regelmäßig veröffentlichten "Konjunkturverläufen in der informationstechnischen Industrie" - unter einer DV-Anlage einen Rechner zusammen mit einer "durchschnittlichen" Peripherie-Ausstattung, so gelten etwa folgende Größenordnungen für

DV-Anlagen:

- Großanlagen: über 500.000 DM,
- mittlere Systeme : über 100.000 DM bis 500.000 DM,
- kleine Systeme: über 25.000 DM bis 100.000 DM,
- Mikrocomputer: bis 25.000 DM.

Generell ist zu beachten, daß

- die Grenzen zwischen den Rechnerklassen fließend geworden sind und
- die Preise - im Gegensatz zu den meisten anderen Industrieprodukten - einem ständigen Verfall unterliegen.

Entwicklungstendenzen

Die technologische Entwicklung zielt bei Rechnern (Zentraleinheiten) permanent darauf ab, Arbeitsspeicher mit größerer Kapazität und schnellerem Zugriff zu entwickeln und höhere Verarbeitungsgeschwindigkeiten der CPU zu erzielen.

Erreicht wird das

- in quantitativer Hinsicht durch die Vergrößerung der Integrationsdichte, d.h. der Chip-Kapazität (Erhöhung der Anzahl der Speicherstellen bzw. Transistoren pro Chip), und durch die Erhöhung der Taktfrequenz,
- in qualitativer Hinsicht durch neuartige Speichermedien und durch Rechnerarchitekturen, die von der klassischen von Neumann-Architektur (vgl. Abschnitt „Architektur und Technik“) abweichen.

Bei den *Speicherchips* (vorzugsweise als DRAM realisiert, vgl. Abschnitt „Komponenten und Arbeitsweise“) läßt sich die Entwicklung wie folgt kennzeichnen:

- 1975 war die Standardkapazität noch 1 KBit.
- Gegenwärtig werden die Rechner vorwiegend mit 4 MBit-Chips, teilweise noch mit 1 MBit-Chips ausgestattet.
- Die Umstellung auf 16 MBit-Chips ist angelaufen.
- Die industrielle Forschung konzentriert sich auf die baldige serienmäßige Fertigung von 64 MBit- und 256 MBit-Chips.
- Von 1 GBit-Chips sind schon Prototypen (mit Chip-Flächen zwischen 700 und 1.000mm²) vorgestellt worden. Die Massenproduktion soll um das Jahr 2000 beginnen.

Bei den *Logikchips* ist die Anzahl der Transistoren pro Chip von etwa 100.000 im Jahr 1980 auf bis zu 20 Millionen in heutigen 64 Bit-Prozessoren gestiegen. Ungefähr wird mit einer Verdoppelung alle 18 Monate gerechnet (*Moore'sches Gesetz*).

Die *Prozessor-Zykluszeiten* (vgl. Abschnitt „Beurteilungskriterien“) von Großrechnern liegen gegenwärtig bei 15 bis 20 ns, die Taktfrequenzen von 50 bis 65 Mhz entsprechen. Bei den Mikrocomputern haben sich die Taktfrequenzen von 4,77 MHz bei der 3. Generation auf mehr als 100 MHz bei der 5. Generation erhöht. Einige 64 Bit-Prozessoren haben bereits Taktfrequenzen von mehr als 200 MHz. Für die nächsten Jahre werden weitere Steigerungen erwartet, die dann - auch in Verbindung mit dem RISC-Prinzip - zu entsprechend höheren Instruktionsraten führen werden.

Wegen der hohen Investitionskosten werden die Entwicklungsarbeiten an neuen Speicher- und Logikchips häufig in Form von Unternehmenskooperationen ("Strategische Allianzen") durchgeführt, z.B. bei dem schon erwähnten Power PC (vgl. Abschnitt „Beurteilungskriterien“).

Durch andere Materialien an Stelle von Silizium für die Chip-Herstellung (Gallium-Arsenid oder Silizium-Germanium-Verbindungen) sollen kürzere Schaltzeiten erreicht und die Chip-Herstellung verbilligt werden. Supercomputer, die auf der Gallium-Arsenid-Technologie basieren, werden bereits eingesetzt. Unklar ist die Entwicklung des *Biochips* im Rahmen der *Gentechnologie*, bei dem Proteine als Stromleiter Verwendung finden sollen. Ernsthaft befaßt sich gegenwärtig noch kein Hardware-Hersteller mit organischen (anstatt anorganischen) Halbleitern. Die Forschung arbeitet an *optischen Computern*, bei denen kilometerlange Glasfaserschleifen als Arbeitsspeicher dienen.

Hauptmerkmal der von Neumann-Architektur ist der Aufbau des Rechners (Zentraleinheit) aus **einem** (Haupt-)Speicher **und einem Prozessor (CPU)**, der wiederum von **einem Steuerwerk und einem Rechenwerk** gebildet wird (vgl. Abschnitt „Architektur und Technik“). Wesentlich höhere Rechner-Leistungen sind durch sogenannte *parallelverarbeitende Maschinen* zu erzielen. Unter Parallelverarbeitung versteht man dabei entweder die simultane (gleichzeitige) Ausführung mehrerer Befehle bzw. Befehlssteile und/oder die simultane Bearbeitung mehrerer Daten. Die Parallelität kann

- entweder innerhalb desselben Prozessors, indem z.B. einem Steuerwerk mehrere parallele Rechenwerke zugeordnet werden,
- oder durch mehrere, miteinander gekoppelte parallele Prozessoren erreicht werden.

Zur ersten Kategorie gehören u.a. Vektor- und Feldrechner. Der *Vektorrechner* ist praktisch eine konsequente Weiterführung des Pipeline-Prinzips im Zentralprozessor (vgl. Abschnitt „Komponenten und Arbeitsweise“). Beispielsweise werden dem Steuerwerk anstatt eines einzigen Rechenwerks jetzt

- ein Rechenwerk für Additionen, Subtraktionen, Vergleiche und logische Operationen sowie
- ein weiteres Rechenwerk für Multiplikationen und Divisionen

zugeordnet. Der Vektorrechner-Betrieb kann bei Großrechnern auch alternativ durch ergänzende *Vektoreinrichtungen* realisiert werden. Voraussetzung für die Nutzung des Vektorrechners ist, daß die auszuführenden Rechenoperationen in vektorieller Form vorliegen oder sich in eine solche bringen ("vektorisieren") lassen. *Feldrechner* (Array-Prozessoren) bestehen im Prinzip aus einer gitterförmigen (rechteckigen) Anordnung von Rechenwerken.

Multiprozessor-Systeme enthalten mehrere Prozessoren, die ganz oder teilweise gemeinsam dieselben peripheren Geräte (z.B. Plattenlaufwerke) und häufig auch (als *eng gekoppelte* Multiprozessor-Systeme) denselben Hauptspeicher benutzen ("shared storage"). Im letzten Fall besteht also die Zentraleinheit aus mehreren Prozessoren und einem gemeinsamen Hauptspeicher.

Bei den Multiprozessor-Systemen spricht man von

- homogenen Systemen, wenn alle Prozessoren hardwaremäßig gleich sind,
- inhomogenen Systemen, wenn verschiedene Prozessoren verwendet werden,
- asymmetrischen Systemen, wenn eine Aufgabe unter der Steuerung eines Prozessors auf alle Prozessoren verteilt wird ("funktionale Parallelität"), und
- symmetrischen Systemen, wenn jeder Prozessor in der Lage ist, gleichberechtigt jede Aufgabe auszuführen.

Die Programme sind dazu in voneinander unabhängige Teile zu zerlegen. Das geschieht durch spezielle Compiler oder eine besondere Form der Programmentwicklung ("Paralleles Programmieren").

Eine andere, von FLYNN vorgenommene Klassifizierung teilt die Multiprozessor-Systeme wie folgt ein:

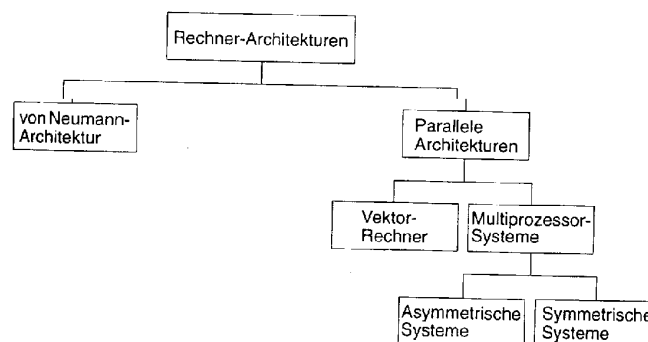
- SIMD (Single Instruction Stream, Multiple Data Stream): Alle Prozessoren führen die gleiche Befehlsfolge mit unterschiedlichen Daten aus.
- MIMD (Multiple Instruction Stream, Multiple Data Stream): Die Prozessoren führen unabhängige Befehlsfolgen mit unterschiedlichen Daten aus.

Die Klasse SISD (Single Instruction Stream, Single Data Stream) entspricht der von Neumann-Architektur.

Multiprozessor-Systeme in der Klasse der Großrechner werden als *Supercomputer* bezeichnet. Installiert sind Rechner mit bis zu 128 Prozessoren und Instruktionsraten von mehreren GFLOPS. Einsatzschwerpunkte sind - ebenso wie für Vektorrechner - mathematisch-technische Anwendungen wie Meteorologie, Molekularchemie, Raumfahrt, Seismik, Strömungsmechanik und Wettervorhersage. In der Klasse der Mikrocomputer werden Multiprozessor-Systeme mit bis zu 64 Prozessoren als Arbeitsplatzrechner eingesetzt. Die Entwicklung befaßt sich mit massiv *parallelen Rechnern* (MPP = Massive Parallel Processing), vorrangig der Klasse MIMD, die aus tausend und mehr Prozessoren bestehen. Die Prozessoren sind nur *lose gekoppelt* (d.h. besitzen eigene Arbeitsspeicher) und werden in Form *neuronaler Netze* als eine Nachbildung der Netzstruktur des menschlichen Gehirns konstruiert. Ein angestrebtes Einsatzgebiet sind wissensbasierte Systeme.

Eine zusammenfassende Darstellung aller gegenwärtig bekannten RechnerArchitekturen zeigt Abbildung 30.

Abbildung 30: Rechner-Architekturen



Auch in der Informationsverarbeitung sind technische Entwicklungen oft sprunghaft und nicht immer wirtschaftlich zu realisieren. Ein Beispiel dafür bietet die *Supraleitfähigkeit*. Darunter versteht man die 1911 von dem holländischen Physiker KAMERLINGH-ONNES (Nobelpreisträger 1913) entdeckte Eigenschaft einiger Metalle, in der Nähe des absoluten Nullpunkts (-273⁰ C) durch Abbau des elektrischen Widerstands supraleitfähig zu werden. Mit dem darauf beruhenden Josephson-Effekt wird seit längerem versucht, bei den Prozessor-Zykluszeiten vom Bereich der Nanosekunden (10⁻⁹) in den der Picosekunden (10⁻¹²) zu gelangen. Da einer wirtschaftlichen Nutzung die Schwierigkeit entgegensteht, die erforderlichen tiefen Temperaturen permanent zu erzeugen, hatte die Firma IBM Ende 1983 die jahrelangen Entwicklungen an dem Josephson-Projekt offiziell eingestellt. 1986 machten die IBM-Forscher MÜLLER und BEDNORZ die - im darauffolgenden Jahr mit dem Nobelpreis ausgezeichnete -Entdeckung, daß einige Keramikoxide bereits bei Temperaturen oberhalb des absoluten Nullpunkts (schon bei ca. -240⁰ C) supraleitfähig werden. Wenig später wurden Mischoxide entdeckt, bei denen ca. -150⁰ C zur Erzielung der Supraleitfähigkeit ausreichen. Damit wurde die Möglichkeit eröffnet, anstelle von flüssigem Helium den erheblich billigeren flüssigen Stickstoff als Kühlmittel zu verwenden. In den darauffolgenden Jahren sind Materialien entwickelt worden, die schon bei wesentlich geringeren Kältegraden (-23⁰ C) supraleitfähig werden. Eine direkte Nutzung der Supraleitfähigkeit für den Rechnerbau sieht allerdings noch aus.

Betriebssysteme

Aufgaben und Arbeitsweise

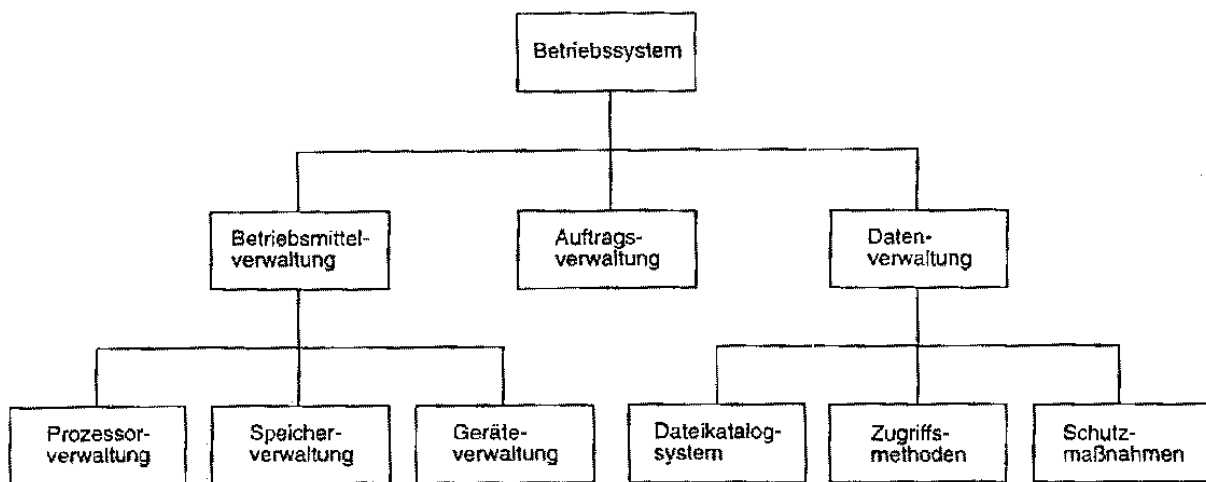
Betriebssysteme bilden praktisch das Bindeglied zwischen der Computer-Hardware und der Anwendungssoftware. Sie haben die Aufgabe (sh. Abbildung 31),

- Betriebsmittel (CPU, Arbeitsspeicher, periphere Geräte),
- Benutzeraufträge (Programme) und
- Datenbestände zu verwalten und die zugehörigen Arbeitsabläufe zu steuern.

Die Betriebsmittelverwaltung zerfällt noch einmal in

- Prozessorverwaltung (CPU),
- Speicherverwaltung (Arbeitsspeicher) ,und
- Geräteverwaltung (periphere Geräte).

Abbildung 31: Aufgaben des Betriebssystems



Die Ziele der Systemsteuerung sind oft gegenläufig, z.B. - kurze Antwortzeiten für Benutzer im Dialogbetrieb, - schneller Durchlauf der Anwendungsprogramme im Stapelbetrieb, - hohe Auslastung der Betriebsmittel (CPU, Arbeitsspeicher, Peripherie).

Im Normalfall befindet sich das Betriebssystem komplett im Arbeitsspeicher. Es wird dann als *reales Betriebssystem* bezeichnet. Das Laden des Betriebssystems in den Arbeitsspeicher beim Einschalten des Rechners wird *booten* genannt, das zugehörige Eingabeprogramm heißt *Urlader* (bootstrap loader). Komplexe Betriebssysteme können so konzipiert sein, daß seltener gebrauchte Teile in einen virtuellen Speicher (vgl. Abschnitt „Komponenten und Arbeitsweise“) ausgelagert werden. Solche Betriebssysteme heißen *virtuell*,- der ständig im Arbeitsspeicher residente Teil wird *Kernel* genannt.

Der Begriff *virtuell* wird bei Betriebssystemen noch in zwei anderen Zusammenhängen verwendet. Zum einen kann das Betriebssystem für jedes von mehreren im Multi-Programming-Betrieb ablaufenden Programmen jeweils die Nutzung eines eigenen *virtuellen Speichers* ermöglichen (z.B. das IBM Großrechner-Betriebssystem MVS = Multiple Virtual Storage). Zum anderen kann das Betriebssystem so konzipiert sein, daß unter seiner Steuerung verschiedene andere Betriebssysteme (als "Gastsysteme") im Parallelbetrieb laufen und für jeden Benutzer beliebige, real gar nicht vorhandene Hardware-Komponenten (beispielsweise E/A-Geräte oder periphere Speicher) simuliert werden (Prinzip der *virtuellen Maschine* z.B. bei dem IBM-Großrechner-Betriebssystem VM (Virtual Machine).

Die Arbeitsweise von Betriebssystemen läßt sich wie folgt skizzieren: Dem Betriebssystem wird eine Programmfolge (Job) in Form eines (Benutzer-)Auftrags zur Bearbeitung übergeben (Benutzer-Prozeß). Die Verwaltung aller gleichzeitig in Bearbeitung befindlichen Jobs wird als Auftragsverwaltung (*job management*) oder Prozeßverwaltung bezeichnet. Der Auftrag ist in einer Bedienersprache, die als Auftragssteuersprache oder Kommandosprache (JCL = Job Control Language) bezeichnet wird, zu formulieren. Unter dem Begriff *Kommandosprache* wird eine formale Sprache verstanden, mit der die vom Betriebssystem zur Verfügung gestellten Funktionen aufgerufen werden. Sie dient vor allem den Operateuren von DV-Großanlagen als Schnittstelle für den Start, die Steuerung und die Beendigung von Programmläufen. Für Programmierer und Endbenutzer ist die Bedienung mit Hilfe von Kommandos durch komfortablere Benutzeroberflächen (Menüs, Grafik) abgelöst worden.

Das Betriebssystem steuert den Prozeßablauf wie folgt:

- Einordnung der zur Bearbeitung anstehenden Jobs in eine Warteschlange,
- Zuordnung (noch nicht Belegung!) der Betriebsmittel (außer CPU) an die Jobs,
- Einteilung der Jobs in verschiedene neue Warteschlangen je nach Betriebsmittelbedarf oder Dringlichkeit,
- Planung der endgültigen Auftragsreihenfolge durch Bildung einer Bereitschaftswarteschlange,
- Laden des unmittelbar zur Bearbeitung anstehenden Programms in den Arbeitsspeicher,
- Start und Abarbeitung des Programms unter Belegung der jeweils erforderlichen (und vorher zugeordneten) Betriebsmittel,
- Programmabschluß und Freigabe der zugeordneten Betriebsmittel.

Bei DV-Anlagen mit Kanalprozessoren (vgl. Abschnitt „Komponenten und Arbeitsweise“) übernehmen letztere unter Steuerung des Zentralprozessors die Ausführung aller Ein-/Ausgabe-Operationen (z.B. Einlesen von Daten, die auf Platte gespeichert sind; Schreiben von Daten auf Platte; Drucken). Beginn und Ende der E/A-Operationen werden der CPU in Form von Unterbrechungen (interrupts) angezeigt. Die Koordination und Überwachung sämtlicher Unterbrechungen übernimmt (als sogenannter Treiberprozeß) ein spezieller Teil des Betriebssystems, der als Supervisor bezeichnet wird.

Komfortable Betriebssysteme verlangen nicht, daß die Programme vor oder während der Ausführung vollständig im Arbeitsspeicher stehen. Sie lagern Programmteile auf sekundäre Speicher (Platten oder Erweiterungsspeicher) aus. Auslagerungstechniken sind

- Roll in/Roll out (swapping): Auslagerung in Blöcken auf zusammenhängende Speicherbereiche;
- Paging: seitenweise Auslagerung über Adreßumsetzung auf nicht notwendig zusammenhängende Speicherbereiche (virtuelle Speicherung, vgl. Abschnitt „Komponenten und Arbeitsweise“).

Außer der Betriebsmittel- und der Auftragsverwaltung ist die dritte Aufgabe des Betriebssystems die *Datenverwaltung* (data management). Sie zerfällt in folgende Teilaufgaben:

- Führen eines *Dateikatalogsystems* (file management system): Darin wird archiviert, welche (logischen) Dateien auf den einzelnen Geräten (z.B. auf den Plattenlaufwerken) gespeichert sind. Für jede Datei wird ein Kennsatz angelegt, der die Datei beschreibt.
- Bereitstellung von Zugriffsmethoden: Damit bezeichnet man die Aufgabe, die Zugriffe auf die gespeicherten Daten, die der Benutzer durch entsprechende Programmbefehle formuliert, in physikalische Ein-/Ausgabe-Befehle umzusetzen. Der Zugriff hängt von der Speicherungsform der Daten ab und erfordert Umrechnungen und/oder Suchvorgänge,

- Gewährleistung von Schutzmaßnahmen: Im engeren Sinn handelt es sich dabei um Vorkehrungen zur eindeutigen Abgrenzung der einzelnen Bereiche des Arbeitsspeichers, die von den im Multiprogramming-Betrieb gleichzeitig aktiven Programmen genutzt werden. Im weiteren Sinn gehört zu den Schutzmaßnahmen auch die Verhinderung von unbefugten Zugriffen auf den Rechner.

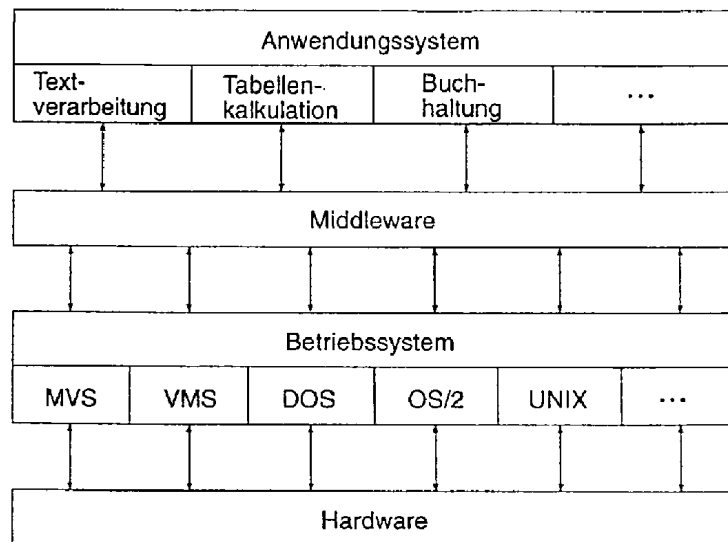
Zahlreiche Anwendungssysteme, insbesondere Auskunft- und Reservierungssysteme oder Systeme zur Kundenselbstbedienung bei Banken, sind durch die Nutzungsform *Teilhaberbetrieb* gekennzeichnet, bei der viele Benutzer mit demselben Programm arbeiten und auf dieselben Datenbestände zugreifen. Wie schon erwähnt, werden solche Systeme als *Transaktionssysteme* oder *OLTP-Systeme* bezeichnet. Die Benutzer erteilen dem System im Dialogbetrieb nacheinander kleine, aus mehreren Einzelschritten bestehende Aufträge (z.B. Abfrage eines Kontos und anschließendes Abbuchen eines Betrags), die einzeln innerhalb kurzer Zeit ("Antwortzeit") ausgeführt werden. Dabei umfaßt jede Transaktion den gesamten Vorgang vom Start eines Auftrags bis zu dessen Abschluß. Die Standard-Betriebssysteme genügen den Anforderungen der Transaktionssysteme nicht. Deswegen wurden zur Steuerung von Transaktionssystemen spezielle (Teil-)Betriebssysteme, die sogenannten *Transaktions-Monitore*, kurz TP(Transaction Processing)-Monitore, entwickelt.

Der TP-Monitor legt eigene Warteschlangen für die eingehenden Transaktionen an und steuert die gesamte Verarbeitung. Da es bei Transaktionssystemen auf kurze Antwortzeiten ankommt, werden vom TP-Monitor für die Transaktionen Limits gesetzt, z.B. hinsichtlich der beanspruchten CPU-Zeit oder der Datensatzlängen. Der TP-Monitor muß dafür sorgen, daß Benutzer, die gleichzeitig auf dieselben Daten zugreifen wollen, sich nicht gegenseitig blockieren (Deadlock-Situation). Die Programme selbst sind *reentrant* (ablaufinvariant), d.h. sie werden von mehreren Benutzern gleichzeitig genutzt, ohne physisch mehrfach vorhanden zu sein.

Der Transaktionsmonitor ist entweder eine Komponente des Betriebssystems (z.B. UTM von SNI als Komponente von BS 2000) oder ein eigenständiges Programm, das wie ein normaler Job jedoch mit höherer Priorität) unter Steuerung des Betriebssystems abläuft (z.B. CICS von IBM unter MVS). Transaktionsmonitore sind für die proprietären Betriebssysteme der Großrechner sowie für UNIX verfügbar. In Client/ Server-Architekturen wird die Arbeitsverteilung anders geregelt.

Die Betriebssysteme werden von den Herstellern - häufig unter Berücksichtigung von Benutzerwünschen - in gewissen Zeitabständen von Fehlern bereinigt, verbessert und erweitert. Für die einzelnen Fassungen werden je nach Hersteller Bezeichnungen

Abbildung 32: Middleware



wie Release, Version u.a. verwendet. Der Releasewechsel führt nicht selten zu Systemfehlern. Noch gefürchteter ist in der DV-Praxis der Wechsel des Betriebssystems, weil sich daraus u.a. Änderungen in Systemdateien, in Kennsätzen und insbesondere in Anwendungsprogrammen ergeben.

Eine Umstellung wie der Übergang zu einem anderen Betriebssystem wird als Migration bezeichnet. Andere Arten der Migration sind beispielsweise die Umstellung

- von einer Programmiersprache (sh. Abschnitt „Programmiersprachen“) auf andere,
- von einem herstellereigenen auf ein offenes Rechnernetz,

- von der Datei- auf die Datenbankorganisation oder
- von einem hierarchischen auf ein relationales Datenbankmodell.

Zur Unterstützung von Migrationsvorgängen werden als systemnahe Software *Migrationshilfen* angeboten.

Eine relativ neue und deswegen noch unterschiedlich interpretierte Wortschöpfung ist der Begriff *Middleware*. Im Prinzip versteht man darunter systemnahe Software, die als zusätzliche Schicht zwischen Betriebssystem und Anwendungssoftware gelegt wird (sh. Abbildung 32). Ihr Haupteinsatzgebiet sind Netze, insbesondere Client/Server-Modelle, die heterogen (d.h. aus Hardware und/oder Betriebssystemen unterschiedlicher Anbieter) aufgebaut sind (sogenannte *Multivendor-Systeme*). Der Benutzer soll über eine einheitliche Benutzeroberfläche auf unterschiedliche Anwendungen zugreifen können, ohne damit belastet zu werden, welche Hardware und/oder welches Betriebssystem sich dahinter verbirgt. Der Middleware fällt die Aufgabe zu, entsprechende Umsetzungen vorzunehmen.

Typen von Betriebssystemen

Bei den "klassischen" DV-Anlagen (große und mittlere Systeme) dominieren proprietäre Betriebssysteme, und zwar

- für Großrechner: MVS, VM/VSE (IBM), BS 2000 (SNI);
- für mittlere Systeme: OS/400 (IBM), NIROS (SNI), MPE (Hewlett Packard),

Bei den Mikrocomputern sind die Betriebssysteme DOS und OS/2 als (weitgehend) herstellerunabhängig und das Betriebssystem des Apple Macintosh als herstellereigen anzusehen. Hersteller- und Rechnerunabhängigkeit wird mit dem Betriebssystem UNIX angestrebt. Großrechner-Betriebssysteme benutzen vorwiegend den EBCDI-Code, Mikrocomputer-Betriebssysteme und UNIX dagegen ASCII. Im folgenden wird näher auf die drei Mikrocomputer-Betriebssysteme DOS, OS/2 und UNIX eingegangen.

Grundsätzlich gliedern sich auch bei den Betriebssystemen für Mikrocomputer die Aufgaben in Betriebsmittel-, Auftrags- (bzw. Prozeß-) und Datenverwaltung. Allerdings sind die Verfahren der Datenverwaltung wesentlich einfacher bzw. eingeschränkter als bei Betriebssystemen für Großrechner, insbesondere hinsichtlich der dort verfügbaren Speicherungsformen. Außerdem entfällt von vornherein die Auftragsverwaltung, wenn das Betriebssystem keinen Multi-Tasking-Betrieb gestattet.

Die Entwicklung von Betriebssystemen für Mikrocomputer ist eng mit der Entwicklung der Mikroprozessor-Generationen (vgl. Abschnitt „Beurteilungskriterien“) gekoppelt. So besitzt das 1973 von der Firma Digital Research für die 8-Bit-Prozessoren Z80 und Intel 8080 entwickelte Programm CP/M (Control Program for Microcomputers) trotz späterer Erweiterungen heute keine Bedeutung mehr.

DOS (Disk Operating System) wurde 1979 von Seattle Computer Products für die 16-Bit-Prozessoren Intel 8086 bzw. 8088 entwickelt. Seit 1981 wird es als MS-DOS (Microsoft Disk Operating System) von der Firma Microsoft vertrieben. Von IBM wird es unter der Bezeichnung PC-DOS angeboten. Daraus resultiert die Quasi-Standardfunktion von DOS als Betriebssystem für 16-Bit-Prozessoren. Neben Programmen zur Steuerung des Anwender-Dialogs und der peripheren Geräte hat DOS folgende Eigenschaften:

- automatische Abarbeitung von Befehlsfolgen in Form sogenannter Batch-Files,
- hierarchisches System der Dateiverwaltung und
- direkte Weitergabe von Ausgabedaten eines Programms als Eingabedaten an ein anderes Programm.

Alle bisherigen Versionen von DOS sind auf den Single-Tasking- und den Single-User-Betrieb beschränkt.

OS/2 (Microsoft Operating System 2) ist ein gemeinsam von Microsoft und IBM entwickeltes Betriebssystem, das seit 1987 von IBM angeboten wird. Als wichtigster Vorteil von OS/2 ist die Fähigkeit zur Arbeitsweise im *protected mode* (im Gegensatz zum *real mode* von MS-DOS) anzusehen. In dieser Betriebsart, bei der jeweils ein Bereich des Arbeitsspeichers für ein bestimmtes Programm reserviert ("geschützt") wird, ist bei Prozessoren ab Intel 80286 aufwärts der Multi-Tasking-Betrieb möglich. Die CPU-Zeit wird in Form von Zeitscheiben zugeteilt. OS/2 gestattet jedoch keinen Multi-Using-Betrieb.

In Verbindung mit der von Microsoft entwickelten Betriebssystemerweiterung *Windows* ermöglicht DOS unter Prozessoren, die den *protected mode* gestatten, ebenfalls den Multi-Tasking-Betrieb. Dazu werden verschiedene Fenster "geöffnet", in denen jeweils ein anderes Programm abläuft. DOS- und Windows-Anwendungen können unter OS/2 eingesetzt werden.

Windows NT (New Technology) ist ein ebenfalls von Microsoft entwickeltes 32-Bit-Betriebssystem, das im Gegensatz zu Windows eigenständig eingesetzt werden kann. Es unterstützt Multi-Tasking und gewährleistet durch ein neues Dateiverwaltungssystem (NTFS = New Technology File System) unter anderem die Wiederherstellbarkeit zerstörter Dateien bei Plattenfehlern. DOS- und OS/2 Anwendungen können unter Windows NT laufen.

UNIX ist kein auf den Mikrocomputerbereich beschränktes Betriebssystem. Es wurde bereits 1969 für Minicomputer in den Bell Laboratories, einem von Western Electric und American Telephone & Telegraph (AT&T) gegründeten Forschungszentrum, für den damals im Hochschulbereich verbreiteten Rechner PDP7 von DEC entwickelt. Für den Einsatz auf Mikrocomputern wurde 1973 eigens für UNIX die Programmiersprache C geschaffen und UNIX selbst zu etwa 90% in dieser Sprache neu geschrieben. Eine standardisierte Version für den kommerziellen Anwendungsbereich wird von AT&T seit 1983 vertrieben (System V).

Die beiden strikt getrennten Komponenten von UNIX sind das eigentliche Betriebssystem (Nukleus oder Kernel) zur Prozeß-, Speicher- und Dateiverwaltung sowie der Kommandoprozessor (Shell) zur Systembedienung durch den Benutzer (Benutzeroberfläche).

Hinzu kommt eine Vielzahl von Dienstprogrammen zum Suchen, Sortieren und Verarbeiten von Daten.

Der Hauptvorteil von UNIX ist die Fähigkeit zum Multi-Using-Betrieb. Weitere Vorteile sind u.a.

- ein hierarchisches Dateisystem zur Unterstützung der Verwaltung beliebig vieler System- und Benutzerdateien,
- Mechanismen zur Bildung von Programmketten für komplexe Funktionen aus einfachen Bausteinen (pipelines, wobei die einzelnen pipes den klassischen job steps entsprechen) und
- ein mehrstufiges Sicherheitssystem für den Zugriffsschutz von Programmen und Daten.

In DOS sind einige Funktionen von UNIX in vereinfachter Form aufgenommen worden, beispielsweise das System der Dateiverwaltung. Während jedoch bei UNIX kein Unterschied zwischen dem Root- und den übrigen Dateiverzeichnissen besteht, ist bei DOS das Root-Verzeichnis eine (auf Platte oder Diskette gespeicherte) Tabelle fester Länge. Ein mit dem Dateiverwaltungssystem verbundenes Zugriffsschutzsystem ist bei DOS nicht vorhanden.

Von UNIX gibt es zahlreiche Weiterentwicklungen (Versionen und Varianten, insbesondere die an der Universität von Kalifornien in Berkeley entwickelte "Berkeley-Linie" BSD (Berkeley Software Distribution). Darauf und vor allem auf dem schon erwähnten System V beruhen die zahlreichen Nachbildungen (Derivate) von UNIX wie XENIX (Microsoft), SINIX (SNI-Version von XENIX), AIX (IBM), SPIX (Bull) oder ULTRIX (DEC). Unter Berücksichtigung dieser Varianten ist UNIX das einzige Betriebssystem, das für Rechner jeder Größenklasse verfügbar ist.

1984 schlossen sich fünf europäische Hardware-Hersteller (Bull, ICL, Nixdorf, Olivetti, Siemens) zur "X/OPEN-Gruppe" zusammen mit dem Ziel, eine Standardisierung von UNIX zu erreichen ("offenes Betriebssystem"). Anwendungsprogramme, die dem X/OPEN-Standard XPG (X/Open Portability Guide) entsprechen, sollen kompatibel (übertragbar) werden. Der X/OPEN-Gruppe haben sich später auch die führenden Hardware-Hersteller der USA (ab 1986) und Japans (ab 1988) angeschlossen.

Im Mai 1988 wurde von den Firmen Apollo, Bull, Digital Equipment (DEC), Hewlett Packard (HP), IBM, Nixdorf, Philips und Siemens die "Open Software Foundation" (OSF) mit der Absicht gegründet, ein neues herstellerunabhängiges Betriebssystem auf der Basis der IBM-Version AIX unter Berücksichtigung der generellen Empfehlungen der X/OPEN-Gruppe zu entwickeln. Als Ergebnis steht seit Ende 1990 das Betriebssystem OSF/1 zur Verfügung. 1994 erfolgte eine Reorganisation der Gruppe.

Als Reaktion auf die Gründung von OSF schlossen sich im November 1988 AT&T und Sun sowie eine Reihe weiterer Hersteller (NCR, Olivetti, Unisys u.a.) zu "UNIX International" (UI) mit dem Ziel zusammen, die Weiterentwicklung von UNIX auf der Basis des erwähnten System V zu betreiben. 1994 hat UI die Tätigkeit aufgegeben.

Auf Betreiben von HP und IBM wurde 1993 unter dem Namen "COSE" (Common Open Software Environment) eine weitere Vereinigung gegründet. Sie will offene "UNIX-nahe" Systeme schneller durchsetzen. Ihr sind inzwischen DEC, Novell, Sun und weitere Firmen beigetreten.

Alle genannten Gruppierungen haben sich in unterschiedlichem Maße von der Ausgangssituation gelöst, offene Systeme allein auf Basis von UNIX zu schaffen. Allgemeine Forderungen sind in erster Linie

- Portabilität, d.h. die leichte Übertragbarkeit von Anwendungssystemen von einem Rechner auf einen anderen, und
- Interoperabilität, d.h. die Vernetzbarkeit unterschiedlicher Rechner und Betriebssysteme.

Zu einem offenen Betriebssystem gehört, daß die Schnittstellen (zur systemnahen Software, zu TP-Monitoren, zu Anwendungsprogrammen in unterschiedlichen Programmiersprachen usw.) einheitlich festgelegt werden. Damit befaßt sich seit 1985 das IEEE unter der Projektbezeichnung POSIX (Portable Operating System Interface). Die öffentliche Verwaltung verlangt bei Hardware- bzw. Systemsoftwarebeschaffungen vielfach POSIX-Konformität.

Entscheidend für den Einsatz eines Betriebssystems in der betrieblichen Praxis ist, in welchem Umfang dafür auf dem Software-Markt Standardsoftware angeboten wird. Speziell im Mikrocomputerbereich ist die Standardsoftware bisher vorwiegend für DOS bzw. Windows geschrieben.

Die Entwicklung eines leistungsfähigen und fehlerfreien Betriebssystems beansprucht Jahre, die Durchsetzung auf dem Markt und die Akzeptanz bei den Anwendern dauern noch länger. Die Tendenz geht zu Betriebssystemen

- die eine erweiterte Funktionalität besitzen, z.B. durch die Einbeziehung der Stift-Eingabe und von Multimedia-Elementen, oder
- die die objektorientierte Systementwicklung und Programmierung durch entsprechende Benutzeroberflächen und Software-Entwicklungswerkzeuge unterstützen (Next Step, Taligent u.a.).

Aus Wettbewerbsgründen werden oft unausgereifte Versionen - meistens unter der Bezeichnung Beta-Versionen - auf den Markt gebracht.

Programmiersprachen

Sprachgenerationen

Unter einer *Programmiersprache* versteht man nach DIN 44300, Teil 4, eine zum Abfassen (Formulieren) von Computerprogrammen geschaffene Sprache. Man unterscheidet mehrere Generationen von Programmiersprachen, und zwar zunächst

1. Generation: Maschinensprachen,
2. Generation: maschinenorientierte Sprachen,
3. Generation: problemorientierte Sprachen,
4. Generation: nicht-prozedurale Sprachen.

Während über Definition und Abgrenzung der ersten drei Generationen Einigkeit besteht, wird der Begriff "4. Generation" unterschiedlich interpretiert. Als weitere Generationen werden die

- wissensbasierten Sprachen und
- die objektorientierten Sprachen

angesehen. Nachfolgende Generationen haben die vorangehenden niemals völlig abgelöst. Gegenwärtig sind je nach Anwendung alle Generationen anzutreffen. Da die Einordnung der Programmiersprachen in Generationen nicht eindeutig ist, sind andere Klassifikationen entwickelt worden, die sich im wesentlichen an den Arbeitsweisen der Sprachen orientieren. Da sie ebensowenig überschneidungsfrei sind, wird hier an der Einteilung in Generationen festgehalten.

Bei jeder Programmiersprache unterscheidet man - in Analogie zu den natürlichen Sprachen -

- die *Syntax*, die die Form der Sprachzeichen (Alphabet) und Worte und vor allem die grammatikalischen Regeln, d.h. die formale Richtigkeit der Sprache, beschreibt, und
- die *Semantik*, die die Beziehungen zwischen den Sprachzeichen bzw. Worten und deren Bedeutung, d.h. die Logik der Sprache, festlegt.

Alle Programmiersprachen arbeiten mit Datentypen, d.h. Mengen von zulässigen Werten. Übliche Typen sind

- Integer (Menge der *ganzen* Zahlen),
- Real (Menge der *reellen* Zahlen),
- Boolean ("Wahrheitswerte" *true* und *false*) und
- Char (Menge vereinbarter *Schriftzeichen*, z.B. ASCII-Zeichensatz, bestehend aus Groß- und Kleinbuchstaben, Ziffern und Sonderzeichen).

Eine *Maschinensprache* ist die interne Sprache eines bestimmten Rechners. Sie gilt nur für Rechner desselben Typs. Die Befehle sind dual formuliert. Zur besseren Lesbarkeit werden mehrere Stellen oktal oder hexadezimal zusammengefaßt. Für die Anwendungsprogrammierung sind Maschinensprachen nicht geeignet, weil sie schwer lesbar, wenig übersichtlich, fehleranfällig und mit hohem Erstellung- und Änderungsaufwand verbunden sind.

Maschinenorientierte Sprachen (meistens Assembler genannt) gelten ebenso wie die Maschinensprachen jeweils nur für Rechner eines bestimmten Typs. Sie bieten aber einige Erleichterungen für den Programmierer:

- Die Befehle werden durch mnemotechnische (gedächtnisstützende) Bezeichnungen ("Mnemonics") wie ADD, SUB, MULT, DIV usw. abgekürzt.
- Speicheradressen können symbolisch (statt absolut) geschrieben werden, z.B. TDAT für die Adresse eines Speicherplatzes mit dem aktuellen Tagesdatum.
- Feste Befehlsfolgen sind zu Makrobefehlen zusammengefaßt (Reservieren von Speicherplatz, Quadratwurzel, trigonometrische Funktionen u.a.).

Neben der Maschinenabhängigkeit haben Assemblersprachen den Nachteil, daß sie hohen Programmier- und Änderungsaufwand erfordern. Verwendet werden sie noch für die Programmierung von

- Systemsoftware,
- NC-Maschinen und
- Programmen bei denen es auf kurze Verarbeitungszeiten und/oder geringen Speicherplatzbedarf (z.B. beim Sortieren) ankommt.

Zur Verkürzung der Programmlaufzeit werden Assemblerprogramme häufig als Unterprogramme in Programme eingefügt, die in einer höheren Programmiersprache geschrieben sind.

Problemorientierte Sprachen (höhere Programmiersprachen) sind

- jeweils auf einen spezifischen Anwendungsbereich ausgerichtet und
- (weitgehend) unabhängig von einem bestimmten Betriebssystem oder Rechnertyp.

An die Stelle der Befehle treten *Anweisungen* mit einem wesentlich weiteren Funktionsumfang.

Die älteste höhere Programmiersprache ist die Sprache FORTRAN (Formula Translation), die ab 1954 bei IBM entwickelt worden ist. Sie ist vorwiegend für mathematisch-technische Anwendungen konzipiert und in diesem Bereich stark verbreitet. Der letzte Standard ist FORTRAN90.

Die gebräuchlichste Sprache für Anwendungsprogramme des kaufmännischen Bereichs ist COBOL (Common Business Oriented Language). Sie ist auf die Dateiverarbeitung ausgerichtet. COBOL wurde in den Jahren 1959 bis 1961 in den USA entwickelt. Spracherweiterungen und -verbesserungen werden von der Arbeitsgemeinschaft CODASYL (Conference of Data Systems Languages), der sowohl DV-Hersteller als auch Anwender angehören, vorgenommen. COBOL ist die Programmiersprache mit der strengsten Normung. Die letzte Version ist COBOL85. Ein Standard mit objektorientierten Erweiterungen befindet sich unter der Bezeichnung ObjectCOBOL in Entwicklung. Auf großen und mittleren DV-Anlagen sind ca. 50% aller Programme in COBOL geschrieben. Im Gegensatz zur kompakten Schreibweise ("Notation") von FORTRAN-Programmen sind COBOL-Programme stark verbalisiert und daher leicht lesbar.

Als Kombination der Sprachen FORTRAN und COBOL wurde 1965 von IBM die Programmiersprache PL/1 (Programming Language Number One) mit der Absicht eingeführt, damit sowohl den mathematisch-technischen als auch den kommerziell-administrativen Anwendungsbereich abzudecken. Die Sprache hat nicht die erwartete Verbreitung gefunden, vor allem deswegen, weil sie für durchschnittliche Programmierer zu kompliziert ist und von den anderen DV-Herstellern lange Zeit ignoriert wurde.

Auf die Strukturierte Programmierung ausgerichtet ist die 1969 von WIRTH an der ETH Zürich entwickelte Sprache Pascal. Sie hat ihre Wurzeln in der Ende der 50er Jahre an europäischen Hochschulen in mehreren Versionen entwickelten, heute nicht mehr benutzten Sprache ALGOL (Algorithmic Language), der ebenfalls schon das Blockkonzept zugrunde lag. Pascal ist inzwischen zu einer weit verbreiteten Sprache für die Grundausbildung im Hochschulbereich geworden. In der betrieblichen Praxis hat Pascal wegen der mangelhaften Unterstützung der Dateiverarbeitung kaum Bedeutung erlangt.

Die Sprache C wurde Anfang der 70er Jahre in den Bell Laboratories von **RITCHIE und THOMPSON entwickelt**, und zwar ursprünglich für das Betriebssystem UNIX (vgl. Abschnitt „Typen von Betriebssystemen“). Inzwischen ist C auch für die meisten anderen Betriebssysteme verfügbar. Im Prinzip ist C eine Sprache zum Programmieren von Systemsoftware.

Weitere höhere Programmiersprachen sind (in alphabetischer Reihenfolge):

- Ada (benannt nach der Tochter Augusta Ada des Dichters Lord BYRON, Mitarbeiterin des Mathematikers BABBAGE): Die Sprache wurde nach mehrjährigen Voruntersuchungen, einer Ausschreibung und einem systematischen Auswahlverfahren 1979 vom amerikanischen Verteidigungsministerium eingeführt. Sie ist für *rechnerintegrierte Systeme* (embedded systems) konzipiert, d.h. für Systeme, in denen die DV-Anlage eine Steuerungs- und Überwachungsaufgabe in einem umfassenderen Rahmen (Luftverkehrskontrolle, militärische Anwendungssysteme, Produktionsautomatisierung) wahrnimmt.
- APL (A Programming Language): Sprache mit speziellen grafischen Symbolen. Besonders für mathematische, insbesondere Vektor- und Matrizenoperationen geeignet. Wird wegen der Verwendung bei der computergestützten Planung häufig zu den "Planungssprachen" gerechnet.
- BASIC (Beginners All purpose Symbolic Instruction Code): 1963/64 am Dartmouth College in den USA für Ausbildungszwecke entwickelt. Es handelt sich um eine einfach zu erlernende, an FORTRAN angelehnte Sprache, die im Mikrocomputerbereich stark verbreitet ist. BASIC existiert in zahlreichen, gegenüber dem ursprünglichen Leistungsumfang erweiterten Fassungen,
- Modula: Von WIRTH vorgenommene Weiterentwicklung von Pascal. Prozeduren und Daten lassen sich zu übergeordneten Programmbausteinen ("Modulen") zusammenfassen. Bewußt klein gehaltener Sprachumfang.
- RPG (Report Program Generator): An strenge Formulareinteilung gebundene Sprache zur Verarbeitung von Listen und Dateien im kommerziellen Anwendungsbereich. Alternative zu COBOL. Auf mittlere DV-Anlagen beschränkt und dort teilweise noch verbreitet.

Im Gegensatz zu den Assemblersprachen erfordern höhere Programmiersprachen geringeren Programmier- und Änderungsaufwand und sind leichter erlernbar. Die weitgehende Rechnerunabhängigkeit ermöglicht den Einsatz auf Rechnern verschiedenen Typs (Portabilität). Nachteile der höheren Programmiersprachen gegenüber den Assemblersprachen sind schlechtere Hardwareausnutzung und damit längere Programmlaufzeiten.

Normen für eine Programmiersprache dienen laut DIN dazu, "... die Sprache so festzulegen, daß ein weltweiter Austausch von Programmen, die in dieser Sprache abgefaßt sind, zwischen Datenverarbeitungsanlagen ermöglicht wird". Von den genannten Sprachen gibt es DIN-Normen für Ada, APL, BASIC, C, COBOL, FORTRAN, PASCAL und PL1.

Keine einheitliche Auffassung besteht über die Abgrenzung der *Sprachen der 4. Generation* (4GL = Fourth Generation Language). Im wesentlichen handelt es sich dabei um *Abfragesprachen* für Datenbanken. Sie werden deshalb auch als *datenorientierte Sprachen* bezeichnet. Die Abfragesprachen sind so erweitert, daß sie - über die reine Abfrage hinaus - auch für die Programmierung von Verarbeitungsfunktionen eingesetzt werden können. Wichtigstes Merkmal ist jedoch, daß es sich bei den Sprachen um *nicht-prozedurale Sprachen* handelt.

Die Maschinensprachen, die maschinen- und die problemorientierten Sprachen werden als *prozedurale Sprachen* (auch imperative oder anweisungsorientierte Sprachen) bezeichnet. Prozedural bedeutet, daß jeder sprachliche Ausdruck (Anweisung bzw. Befehl) unmittelbar eine Aktion auslöst. Programme in prozeduralen Sprachen bestehen aus Folgen von Anweisungen. Jeder Folge entspricht eine Reihe nacheinander auszuführender Einzeloperationen. Im Gegensatz dazu sind bei den *nicht-prozeduralen Sprachen* die auszuführenden Aktionen textlich beschrieben (auch als *deskriptiv* oder *deklarativ* bezeichnet). Einfacher formuliert: In den nicht-prozeduralen Sprachen muß formuliert werden, WAS zu tun ist, jedoch - im Gegensatz zu den herkömmlichen prozeduralen Sprachen - nicht, WIE etwas zu tun ist. Abbildung 33 zeigt als Beispiel den Unterschied zwischen prozedural und nicht-prozedural anhand der Aufgabe, aus einem Personalbestand die Namen aller weiblichen Mitarbeiter zu ermitteln. Für eine genauere Abgrenzung der Begriffe prozedural und nicht-prozedural wäre es erforderlich, weitere Kriterien heranzuziehen. Darauf soll hier verzichtet werden.

Abbildung 33: Unterschied prozedural / nicht-prozedural**PROZEDURALE FORMULIERUNG:**

- (1) Nimm Mitarbeiter
- (2) Prüfe, ob weiblich
- (3) Falls JA, notiere Name
- (4) Prüfe, ob letzter Mitarbeiter
- (5) Falls NEIN, zurück zu (1)
- (6) Falls JA, Ende

NICHT-PROZEDURALE FORMULIERUNG:

Suche alle Mitarbeiter, für die die Bedingung "WEIBLICH» gilt

Die bekannteste Abfragesprache ist SQL (Structured Query Language). Sie ist in DIN 66315 (identisch mit ISO/IEC 9075) genormt. In dieser Sprache würde die (nicht-prozedurale) Formulierung des Beispiels unter Benutzung der Datei "Personal" kurz wie folgt lauten:

```
SELECT      Name
FROM        Personal
WHERE       Geschlecht = 'Weiblich'
```

Weitere Abfragesprachen sind ABAP4 und NATURAL

Als *wissensorientierte Sprachen* bezeichnet man die für die Entwicklung von Expertensystemen geeigneten Programmiersprachen. Im wesentlichen handelt es sich dabei um die beiden Sprachen LISP (List Processing Language) und PROLOG (Programming in Logic). LISP wurde 1958 am MIT entwickelt, PROLOG erstmals 1972 von COLMERAUER in Marseille vorgestellt. Umstritten ist, ob die wissensorientierten Sprachen überhaupt als eine Generation der Programmiersprachen anzusehen sind.

Eine weitere, nur mit Schwierigkeiten in das Generationenschema einzuordnende Gruppe bilden die *objektorientierten Sprachen* für die objektorientierte Programmierung. Sie beruhen auf einem völlig anderen Prinzip als die übrigen Generationen von Programmiersprachen: Daten werden zusammen mit den darauf anzuwendenden Funktionen zu Objekten zusammengefaßt, die dann über Botschaften miteinander kommunizieren. Die wichtigsten objektorientierten Sprachen sind Smalltalk und C++. Dabei gilt Smalltalk als "reine" objektorientierte Sprache, während C++ (als Weiterentwicklung von C) und die neueren (objektorientierten) Versionen von Pascal als Hybridsprachen bezeichnet werden, weil sie als Erweiterungen konventioneller Sprachen entstanden sind. Aus diesem Grund und der leichteren Erlernbarkeit wird Smalltalk vielfach der Vorzug gegeben.

Übersetzungsprogramme

Übersetzungsprogramme wandeln Programme, die nicht in der Maschinensprache geschrieben sind, vor der Ausführung in die Maschinensprache um. Sie sind Bestandteil der Systemsoftware. Man unterscheidet

- Assembler,
- Compiler und
- Interpreter.

Assembler sind Übersetzungsprogramme für maschinenorientierte Sprachen (Assembler). Das Wort Assembler wird also in doppelter Bedeutung verwendet. Man bezeichnet Assemblersprachen auch als 1: 1 -Sprachen, weil jeder Befehl der Assemblersprache in genau einen Befehl der Maschinensprache übersetzt wird, und höhere Programmiersprachen als 1:n-Sprachen, weil einer Anweisung im Normalfall mehrere Maschinenbefehle entsprechen.

Compiler sind Übersetzungsprogramme für höhere, wissensorientierte und objektorientierte Programmiersprachen. Ehe ein Compiler das ursprüngliche *Quellprogramm* (source program) in das *Zielfprogramm* oder *Objektprogramm* (object program) übersetzt (umwandelt bzw. compiliert), nimmt er eine Fehleranalyse und die Speicherzuordnung (für Variablen, Felder usw.) vor. Entsprechend der Definition der Begriffe Syntax und Semantik unterscheidet man zwischen syntaktischen (grammatikalischen) Fehlern (z.B. Klammer nicht geschlossen oder fehlende Sprungadresse) und semantischen (logischen) Fehlern (z.B. falsche Sprungadresse). Compiler können nur syntaktische, jedoch keine semantischen Fehler finden. *Inkrementelle Compiler* übersetzen bei Programmänderungen nur die geänderten, aber nicht nochmals die unveränderten Programmteile.

Interpreter sind spezielle Übersetzungsprogramme, die sich in der Arbeitsweise von den Compilern unterscheiden. Bei Verwendung eines Compilers kann das Programm erst gestartet werden, wenn das Quellprogramm komplett in das Objektprogramm umgewandelt worden ist. An der Programmausführung ist der Compiler dann nicht beteiligt. Der Interpreter dagegen übersetzt jede Anweisung einzeln in die Maschinensprache und führt sie sofort aus. Es entsteht also kein Objektprogramm. Interpreter beschleunigen (zumindest bei kurzen Programmen) den Programmtest, dagegen sind die Programmausführungszeiten länger als bei compilierten Programmen. Da manche Interpreter viele Eigenschaften der Programmiersprachen nicht nutzen, sind sie nur für sehr einfache Sprachen geeignet (z.B. BASIC).

Kommunikationssysteme

Kapitelübersicht

Als *Kommunikation* bezeichnet man ganz allgemein den Austausch von Informationen. Beispiele sind Briefpostsendungen, Telefongespräche, Rundfunk- und Fernsehübertragungen, die Benutzung eines Geldausgabeautomaten, das Drucken über einen Druck-Server im lokalen Netz, der Datenaustausch zwischen Büroarbeitsplätzen, Reisebuchungen vom Terminal, der Zugriff auf Online-Datenbanken, die Nutzung des Bildschirmtextsystems, der TelefaxDienst usw.

Die Kommunikation erfolgt

- zwischen Menschen (Beispiel: Telefongespräch),
- zwischen Menschen und Maschinen (Beispiel: Platzbuchung) oder
- zwischen Maschinen (Beispiel: Rechnerverbund).

Hinsichtlich der Form der ausgetauschten Informationen unterscheidet man

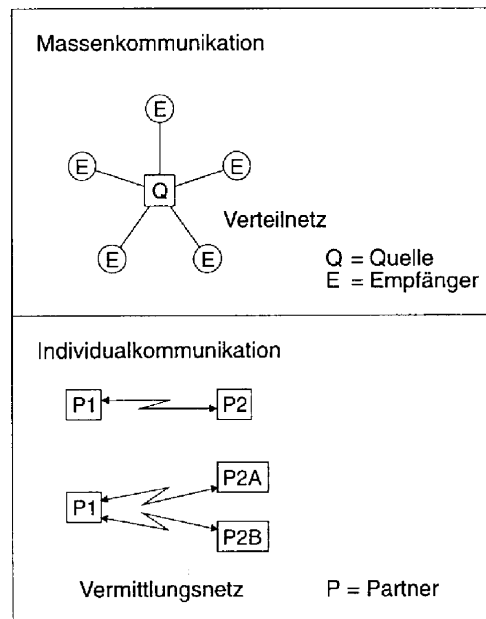
- Sprachkommunikation (Beispiel: Telefongespräch),
- Datenkommunikation (Beispiel: Platzreservierung),
- Textkommunikation (Beispiel: elektronische Post) und
- Bildkommunikation in den Versionen:
Standbilder (Beispiel: Fax),
langsame Bewegtbilder (Beispiel: Bildschirmtext) sowie
Bewegtbilder (Beispiel: Videokonferenz).

Die Sprachkommunikation schließt die Übertragung jeder Art von Tönen (Musik, Geräusche) ein (Audio-Kommunikation). Die Textkommunikation ist als Spezialfall der Datenkommunikation anzusehen, weil Texte lediglich eine spezielle Form von Daten darstellen. Systeme zur Übertragung von Sprache werden als *voice-Systeme*, alle anderen als *non voice-Systeme* bezeichnet.

Unter einem *Kommunikationssystem* wird die Gesamtheit aller Einrichtungen (Geräte, Netze, Übertragungsverfahren, Protokolle usw.) verstanden, die die Kommunikation durch die *Übertragung* von Informationen ermöglichen. Obwohl der Begriff Information (Definition von Stahlknecht!) neben der Verarbeitung die Übertragung (in Form von Nachrichten) bereits einschließt, ist häufig der Ausdruck *IuK-Techniken* (als Abkürzung für Informations- und Kommunikationstechniken) anzutreffen.

Kommunikation in der Informationsverarbeitung bedeutet *Individualekommunikation* (Definition von Stahlknecht!), d.h. die Kommunikation zwischen einer beschränkten Anzahl von Partnern, zwischen denen gezielt Verbindungen aufgebaut werden. Im Gegensatz dazu steht die *Massenkommunikation*, bei der eine Quelle eine unbegrenzte Anzahl von Empfängern mit denselben Informationen, zu denen jedermann Zugang hat, versorgt. Typische Beispiele hierfür sind Hör- und Fernsehfunk. Individualekommunikation wird mit *Vermittlungsnetzen*, Massenkommunikation mit *Verteilnetzen* realisiert. Den Unterschied demonstriert Abbildung 34

Abbildung 34: Massen - und Individualkommunikation



Um die Übertragung mit Vermittlungsnetzen zu realisieren, benötigt man als *technische Grundlagen* zuerst

- Kommunikationsendgeräte, d.h. Datenstationen, Telefonapparate, Telefax-Geräte usw.,
- Übertragungswege und ggf Vermittlungseinrichtungen sowie
- Übertragungsverfahren.

Neben den Geräten, Leitungen und Verfahren werden ferner

- Schnittstellen für den Anschluß der Geräte an die Netze und
- Protokolle zur Verständigung zwischen den an der Kommunikation Beteiligten gebraucht.

Die technischen Grundlagen der Kommunikationssysteme werden im Abschnitt „Geräte, Leitungen und Verfahren“ (Seite 80), die Schnittstellen und Protokolle im Abschnitt „Schnittstellen und Protokolle“ (Seite 85) behandelt.

Bei den Netzen ist danach zu unterscheiden, ob die Übertragung

- standortübergreifend, d.h. über geographische Entfernungen, oder
- innerhalb desselben Standorts (Gebäude, Betriebsgelände)

erfolgt. Für die standortübergreifende Übertragung sind nach dem z.Z. noch bestehenden Netzmonopol die Übertragungswege der Telekom⁵⁷ zu benutzen. Mit zunehmender Liberalisierung des europäischen Markts werden zukünftig auch Netze von anderen Anbietern errichtet und betrieben werden. Bei den Mobilfunknetzen, bei denen die Übertragung (für Teile des Übertragungswegs) über Funkverbindungen erfolgt, gibt es aufgrund von Genehmigungen ("Verleihungen") des Bundesministeriums für Post und Telekommunikation bereits mehrere solcher Anbieter. Eine Übersicht über die rechtlichen Grundlagen gibt der Abschnitt „Rechtliche Situation und Anbieter“ (Seite 87). Die einzelnen Netze werden dann im Abschnitt „Fest- und Funknetze“ (Seite 90) behandelt.

Sofern die Übertragung mit zusätzlichen Diensten verbunden wird (wie z.B. beim Fernkopieren oder bei Mailbox-Systemen), spricht man von *Mehrwertdiensten*. Solche Mehrwertdienste werden von der Telekom selbst oder - unter Benutzung von Übertragungswegen der Telekom - von anderen Unternehmen angeboten. Die wichtigsten Mehrwertdienste werden im Abschnitt „Mehrwertdienste“ (Seite 95) vorgestellt. Ein spezieller Mehrwertdienst der Telekom ist das *Bildschirmtext-Verfahren*, das nach dem dabei benutzten Zugangsnetz auch als *Datex-J* bezeichnet wird.

⁵⁷ Die offizielle Bezeichnung (sh. Abschnitt „Rechtliche Situation und Anbieter“) ist seit 1. Januar 1995 "Deutsche Telekom AG". Hier wird, wie allgemein üblich, die Kurzform "Telekom" benutzt.

Die wichtigste Nutzungsform, in der Vermittlungsnetze für die Datenkommunikation verwendet werden, sind *Rechnernetze*. In einem Rechnernetz werden unabhängige Computer durch ein Netz miteinander verbunden. Man unterscheidet

- Rechnerfernnetze (WAN = Wide Area Network), bei denen sich die Rechner an geographisch entfernten Stellen befinden, und
- lokale Rechnernetze (LAN = Local Area Network), bei denen die Rechner am selben Standort installiert sind.

Die Kommunikation kann in beiden Fällen entweder innerhalb desselben Unternehmens oder - in Form des *elektronischen Datenaustauschs* (EDI = Electronic Data Interchange) - zwischen Geschäftspartnern betrieben werden.

Die Verbindung der Rechner untereinander kann durch unterschiedliche Netzstrukturen (*Netzwerktopologien*) realisiert werden. Den Gesamtkomplex aus Netzstruktur, Hardware-Komponenten, Übertragungswegen und Steuerungssoftware bezeichnet man als *Netzwerkarchitektur*. Im Abschnitt „Grundlagen“ (Seite 97) werden zunächst die gemeinsamen Grundlagen aller Arten von Rechnernetzen behandelt.

Bei der Einrichtung *lokaler Netze* ist der Anwender nicht an eine Beschränkung durch Monopole gebunden. Er muß sich nur zwischen verschiedenen Netzwerktopologien und Zugriffsmethoden entscheiden und kann die Verkabelung selbst vornehmen. Unter gewissen Voraussetzungen lassen sich im lokalen Bereich die Rechner auch über Telekommunikationsanlagen (ältere Bezeichnung: Telefonnebenstellenanlagen) verbinden.

Mit der Einrichtung von Rechnernetzen entsteht die Frage nach der zweckmäßigsten Form der Verteilung der Daten und Programme auf die beteiligten Rechner (*Verteilte Verarbeitung*). Die wichtigste moderne Verteilungsform bildet das *Client/Server-Modell*. Erstreckt sich die verteilte Verarbeitung auf mehrere Rechnernetze, müssen diese Netze in geeigneter Form miteinander gekoppelt werden.

Einrichtung und Betrieb von Rechnernetzen erfordern umfangreiche Planungs- und Steuerungsaufgaben, die unter dem Begriff *Netzmanagement* zusammengefaßt werden. Die Vielzahl dieser Aufgaben stellt den Wirtschaftsinformatiker vor eine Fülle von Entscheidungsproblemen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Technische Grundlagen der Kommunikation

Geräte, Leitungen und Verfahren

Ende der 60er Jahre wurde begonnen, Daten mit Hilfe von öffentlichen Netzen der damaligen Deutschen Bundespost über räumliche Entfernungen, d.h. standortübergreifend, zu übertragen. Bei den ersten Datenkommunikationssystemen handelte es sich um Datenendgeräte (zuerst Kartenleser und Drucker, dann Bildschirmgeräte), die an geographisch entfernte Rechner angeschlossen wurden. Damit wurde der Begriff *Datenfernverarbeitung* als Kombination von Datenverarbeitung und Datenfernübertragung (DFÜ) eingeführt. Mit der in den 80er Jahren einsetzenden Vernetzung von Arbeitsplätzen am selben Standort wurde dann auch die Datenübertragung im lokalen Bereich eingeführt.

Um Daten zu übertragen, braucht man

- Datenstationen,
- Übertragungswege und
- Übertragungsverfahren.

Generell wird in der Nachrichtentechnik zwischen Vermittlungs- und Übertragungsverfahren bzw. zwischen der Vermittlungs- und der Übertragungstechnik unterschieden. Die *Vermittlungstechnik* befaßt sich mit der Herstellung von Verbindungen. Die zwei wichtigsten Verfahren werden im Abschnitt „Fest- und Funknetze“ (Seite 90) beschrieben. Hauptaufgabe der *Übertragungstechnik*, die diesem Abschnitt zugrunde liegt, ist der Transport von Nachrichten über Leitungen.

Jedes *Datenübertragungssystem* wird von (mindestens) zwei Datenstationen gebildet, die durch einen Übertragungsweg, allgemeiner eine *Kommunikationseinrichtung*, miteinander verbunden sind (sh. Abbildung 35). Jede *Datenstation* besteht nach DIN 44302 aus

- der Datenendeinrichtung (DEE) und
- der Datenübertragungseinrichtung (DÜE).

Beispiel 1:

Datenstation A = Zentralrechner bei Touristik-Unternehmen,
 Datenstation B = Bildschirm-Terminal im Reisebüro;

Beispiel 2:

Datenstation A = Kasse im Filialgeschäft,
 Datenstation B = Zentralrechner des Handelsunternehmens;

Beispiel 3:

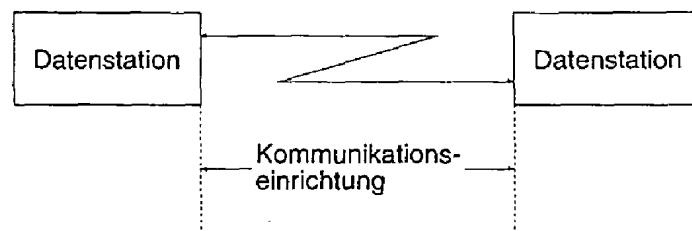
Datenstation A = Zentralrechner bei FORD,
 Datenstation B = Zentralrechner bei CONTI Gummi;

Beispiel 4:

Datenstation A = PC mit Scanner in der Poststelle einer Versicherung,
 Datenstation B = PC beim Sachbearbeiter in der Schadensabteilung.

In Beispiel 1 und 2 handelt es sich um Terminalnetze, in Beispiel 3 um ein (zwischenbetriebliches) Rechnerfernetz, in Beispiel 4 um ein lokales Rechnernetz.

Abbildung 35: Prinzip der Datenübertragungssysteme



Zwischen Dateneneinrichtung und Datenübertragungseinrichtung liegt eine *Schnittstelle*, die zusammen mit ihren Funktionen in DIN 66020 und DIN 66021 genormt ist. Die die Übertragung betreffenden Aufgaben der Dateneneinrichtung und der Datenübertragungseinrichtung ergeben sich aus den Übertragungsverfahren.

Die *Dateneneinrichtung* ist ein Gerät, das

- Daten senden (Datenquelle = Ursprung der Daten) und/oder
- Daten empfangen (Datensenke = Bestimmungsort der Daten)

kann. Typische Dateneneinrichtungen sind Bildschirme, Drucker, Datenkassen, Geldausgabeautomaten usw. Im Regelfall ist bei jedem Datenübertragungssystem mindestens eine der beteiligten Dateneneinrichtungen ein Rechner. Sind mindestens zwei Dateneneinrichtungen Rechner, liegt ein Rechnernetz vor.

Die Datenübertragungseinrichtung besteht aus

- dem Signalumsetzer und
- der Anschalteinheit.

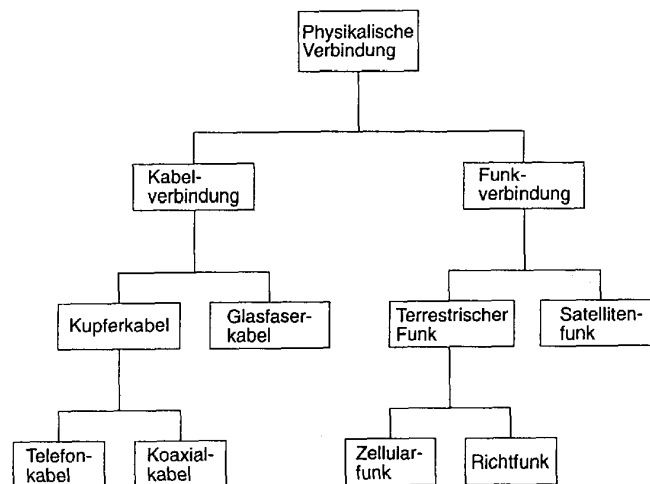
Je nach Gerät kann noch eine Synchronisierungseinheit hinzukommen. Die Datenübertragungseinrichtung übernimmt die Anpassung der von der Dateneneinrichtung abgegebenen Signale an den Übertragungsweg.

Unter einem *Übertragungsweg* versteht man die Verbindung von zwei Datenstationen durch *Leitungen*, auf denen codierte Informationen durch elektrische oder optische Signale oder durch elektromagnetische Wellen übermittelt werden. Als physikalische Leitungen (*Übertragungsmedien*) kommen

- Kabelverbindungen, und zwar Telefonkabel oder Koaxialkabel (beides Kupferkabel) sowie Lichtwellenleiterkabel (Glasfaserkabel), und
- Funkverbindungen, und zwar terrestrischer (erdgebundener) Funk oder Satellitenfunk,

in Betracht. Eine Übersicht gibt Abbildung 36. Bei lokalen Netzen obliegen die Auswahl des Übertragungsmediums und die Verlegung der Leitungen dem Anwender, bei standortübergreifenden Netzen erfolgen die Auswahl und die Verlegung durch die Betreiber.

Abbildung 36: Physikalische Übertragungsmedien



Telefon- und Koaxialkabel übertragen elektrische Signale. Telefonkabel (twisted pairs) sind Doppeladerkabel in Form von (abgeschirmten oder nicht abgeschirmten) verdrehten oder symmetrischen Femmeldekabeln. Sie lassen sich einfach verlegen, sind aber anfällig gegen elektrische Störungen und nicht abhörsicher. Koaxialkabel sind dagegen sicherer gegenüber Störungen, jedoch (wegen der schlechten Biegebarkeit) nur aufwendig zu verlegen und ebenfalls nicht abhörsicher. Sie ermöglichen höhere Übertragungsleistungen als Telefonkabel.

Lichtwellenleiterkabel übertragen optische Signale (Lichtsignale). Die an den Datenstationen entstehenden elektrischen Signale (Impulse) müssen vor der Übertragung durch sogenannte elektro-optische Signalumwandler in Lichtsignale umgewandelt werden. Lichtwellenleiterkabel sind nicht durch elektromagnetische Felder zu beeinflussen, abhörsicher, haben kleinere Abmessungen und geringeres Gewicht und sind daher leichter zu verlegen. Sie bieten extrem hohe Übertragungsleistungen bei niedrigen Fehlerraten.

Terrestrische Funkverbindungen haben nur eine begrenzte Reichweite. Zwischen festen Teilnehmern werden sie als Richtfunkverbindungen (mit hoher Abhörsicherheit) eingerichtet. Sollen mobile Teilnehmer erreicht werden (*Mobilfunk*, sh. Abschnitt „Rechtliche Situation und Anbieter“), sind sie als "zellulare" Funknetze aufgebaut, wobei innerhalb jeder Zelle über eine Vermittlungsstelle (Basisstation) der Anschluß an eine Kabelverbindung hergestellt wird.

Übertragungsverfahren sind technische Verfahren, nach denen die Datenübertragung erfolgt. Im einzelnen handelt es sich dabei (sh. Abbildung 37) um

- Zeichenübertragungsverfahren,
- Gleichlaufverfahren,
- Signalübertragungsverfahren und
- Betriebsverfahren.

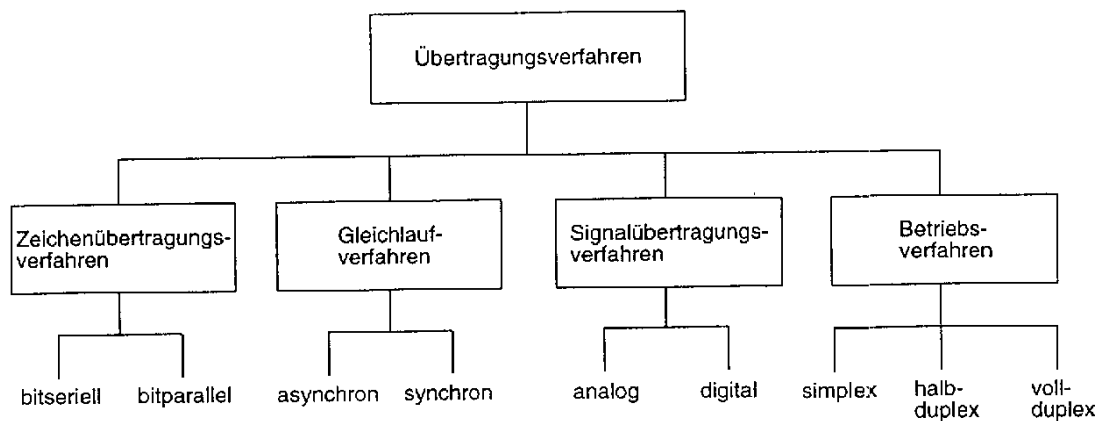
Man unterscheidet Zeichenübertragungsverfahren mit

- bitserieller Übertragungsbreite und
- bitparalleler Übertragungsbreite.

Bitserielle Übertragung bedeutet, daß alle Zeichen bitweise nacheinander auf einem Kanal übertragen werden. Dagegen werden bei *bitparalleler Übertragung* alle Bit eines Zeichens gleichzeitig auf mehreren Kanälen übertragen. Unter der *Übertragungsgeschwindigkeit* oder *Übertragungsrate* versteht man die Anzahl der pro Sekunde übertragenen Bit.

Da die bitparallele Übertragung teure vieladrigte Kabel benötigt und außerdem wegen der (Schritt-)Verzerrungen, die durch ungleiche Übertragungszeiten der einzelnen Bit auf den verschiedenen Kanälen entstehen, nur für niedrige Übertragungsraten in Betracht kommt, dominiert die bitserielle Übertragung. Weil die Daten zeichenweise, im allgemeinen byteweise verarbeitet werden, muß vor dem Senden eine Umsetzung von der bitparallelen (zeichenweisen) auf die bitserielle Darstellung stattfinden. Beim Empfang ist es umgekehrt (Serialisierung bzw. Deserialisierung). Serialisierung bzw. Deserialisierung gehören zur Ablaufsteuerung von Übertragungen (sh. Abschnitt „Schnittstellen und Protokolle“) und werden von der Dateneneinrichtung ausgeführt.

Abbildung 37: Übertragungsverfahren



Die Frequenz, mit der die Signale übertragen werden, wird als *Taktgeschwindigkeit* (Schrittgeschwindigkeit) bezeichnet und in Baud (benannt nach dem französischen Physiker BAUDOT) gemessen. Die Übertragungsrate ergibt sich aus der Schrittgeschwindigkeit multipliziert mit der Anzahl der pro Takt übertragenen Bit. Gegenwärtig sind Übertragungsraten bis ca. 150 MBit/s bei Telefon-, bis ca. 500 MBit/s bei Koaxial- und bis ca. 10 GBit/s bei Glasfaserkabeln möglich.

Die Übertragungsleistung läßt sich bei gleicher Übertragungsrate mit Hilfe der Datenkompression, erhöhen. Die Zeichen werden beim Sender verdichtet und beim Empfänger wieder entzerrt. Die Datenkompression wird entweder durch spezielle Kompressionschips oder softwaremäßig durch individuelle Codierung der entsprechenden Kompressionsalgorithmen realisiert.

Die einzelnen Bit werden von der sendenden Dateneneinrichtung in einem bestimmten Zeitintervall, dem sogenannten *Zeitraster*, abgeschickt, das von einem Taktgenerator erzeugt wird. Die empfangende Dateneneinrichtung arbeitet nach demselben Zeitraster. Die Taktübereinstimmung zwischen den beiden Dateneneinrichtungen besorgt die *Synchronisierereinheit*, die je nach Gerät entweder zur Dateneneinrichtung oder zur Datenübertragungseinrichtung gehört. Der eigentlichen Nachricht werden Synchronisierzeichen beigefügt. Man unterscheidet zwischen den beiden *Gleichlaufverfahren*

- asynchrone Übertragung und
- synchrone Übertragung.

Bei der *asynchronen Übertragung* wird der Gleichlauf der Zeitraster des Senders und des Empfängers nur für jeweils ein Zeichen (Byte) hergestellt. Dazu wird jedes zu übertragende Zeichen mit einem vorangehenden Startbit und einem oder zwei abschließenden Stopbit versehen (Start-/Stop-Übertragung). Synchronisation besteht also nur für die Dauer der Übertragung eines Zeichens. Die Zeichen einer Zeichenfolge können in willkürlichen Zeitabständen übertragen werden.

Bei der *synchronen Übertragung* werden geschlossene Zeichenfolgen von Zeichen, die sich lückenlos aneinanderreihen, übertragen (512 Bit oder ein Vielfaches). Durch vorangehende und abschließende Steuerzeichen (Synchronwörter) wird der Gleichlauf der Zeitraster für die Dauer der gesamten Übertragung hergestellt. Sender und Empfänger sind also für die Dauer der Übertragung der gesamten Zeichenfolge synchronisiert. Gegenüber der asynchronen Übertragung entfallen Start- und Stopbit für jedes einzelne Zeichen. Voraussetzung für die synchrone Übertragung sind Pufferspeicher in den Datenendeinrichtungen (gepufferte Datenstationen). Bei gleicher Übertragungsgeschwindigkeit hat die synchrone Übertragung wegen der geringeren Anzahl von Steuerzeichen eine höhere effektive Übertragungsleistung als die asynchrone Übertragung.

Neben den Synchronwörtern gibt es weitere Steuerzeichen zur Steuerung des organisatorischen Ablaufs der Übertragung (*Übertragungs-Steuerungsverfahren*). Bei der synchronen Übertragung handelt es sich dabei entweder um Zeichen fester Länge (genormt in DIN 66019) oder um (bitorientierte) Zeichen variabler Länge (z.B. bei dem synchronen Steuerungsverfahren HDLC = High Level Data Link Control, das als *Quittungsbetrieb* bezeichnet wird; genormt in DIN 6622 1).

Die *Datenübertragungseinrichtung* hat zwei Aufgaben, und zwar

- die von der Datenendeinrichtung gelieferten Zeichen in Signale, d.h. in physikalische Größen, zu übersetzen, die dann über die Leitung übertragen werden (*Signalumsetzung*), und
- die elektrische *Anschaltung* an das jeweilige Netz vorzunehmen.

Ein Signal ist eine physikalisch meßbare Veränderung (z.B. T on, Lichtzeichen, Stromstoß).

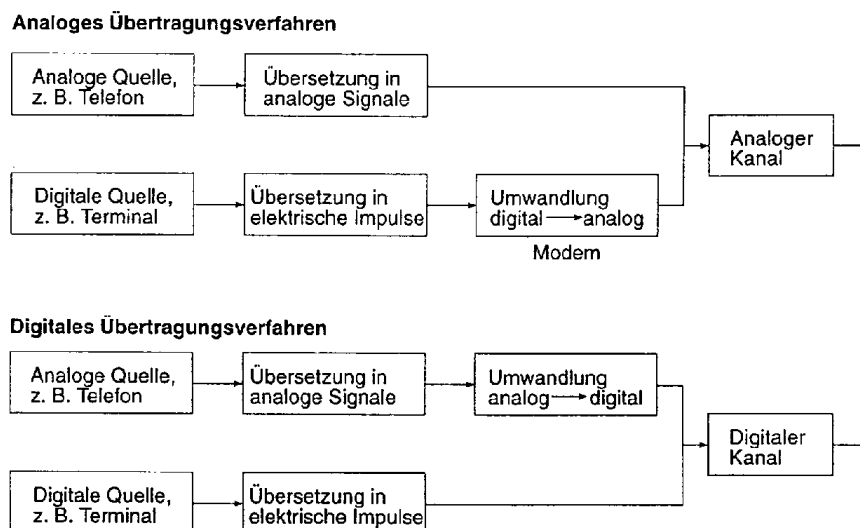
Als Signalübertragungsverfahren kommen

- das analoge Übertragungsverfahren oder
- das digitale Übertragungsverfahren in Betracht.

Je nach Übertragungsverfahren sind unterschiedliche Geräte oder Einbauten in der Datenendeinrichtung erforderlich.

Beim *analogen Übertragungsverfahren*, das im Telefonnetz (sh. Abschnitt „Rechtliche Situation und Anbieter“) Verwendung findet, werden elektrische Schwingungen übertragen. Das zugehörige Gerät heißt *Modem* (Abkürzung für Modulator/Demodulator)⁵⁸. Für die Übertragung übersetzt das Modem die beiden binären Zeichen 0 und 1 in zwei verschiedene analoge Signale. Technisch sind Modems separate Geräte oder Einsteckmodule in die Datenendeinrichtung (z.B. bei Faxgeräten, sh. Abschnitt „Fest- und Funknetze“).

Abbildung 38: Signalübertragungsverfahren



⁵⁸ Eigentlich heißt das Gerät *der* Modem. Der DUDEN gestattet aber auch die im Sprachgebrauch schon seit langem übliche neutrale Form *das* Modem.

Beim *digitalen Übertragungsverfahren* werden elektrische Impulse (kurze Stromstöße) übertragen, in die die zu übertragenden Bit durch geeignete Codierung umgewandelt werden. Die digitale Übertragung wird für die Datenübertragung beim Telexnetz, bei den Datex-Netzen und bei den Datendirektverbindungen verwendet, beim ISDN auch für die Sprachkommunikation (sh. Abschnitt „Rechtliche Situation und Anbieter“). Die prinzipiellen Abläufe der beiden Signalübertragungsverfahren werden in Abbildung 37 gegenübergestellt.

Die technische Vorrichtung für die Anschaltung an das Netz heißt lt. DIN44302 *Anschalteinheit*. Die Telekom verwendet dafür - je nach Netz - andere Bezeichnungen (sh. Abschnitt „Rechtliche Situation und Anbieter“).

An der Schnittstelle zwischen Datenendeinrichtung und Datenübertragungseinrichtung muß die Richtung des Datenflusses auf dem Übertragungsweg festgelegt werden. Dafür sind drei *Betriebsverfahren* möglich, und zwar

- **Richtungsbetrieb (simplex)**
Übertragung nur in einer Richtung, d.h. entweder ausschließlich Sendebetrieb oder ausschließlich Empfangsbetrieb; nur bei der Prozeßdatenverarbeitung üblich.
- **Wechselbetrieb (halbduplex)**
Übertragung abwechselnd in beiden Richtungen, d.h. abwechselnd Sendebetrieb oder Empfangsbetrieb; dazwischen Umschaltung der Datenendeinrichtung erforderlich (turnaround).
- **Gegenbetrieb (duplex oder vollduplex)**
Übertragung gleichzeitig in beiden Richtungen, d.h. gleichzeitiges Senden und Empfangen; Umschaltzeiten entfallen.

Die Betriebsverfahren sind zum Teil bereits durch den Übertragungsweg (z.B. Netz der Telekom) in Verbindung mit der Übertragungsgeschwindigkeit festgelegt. Viele Geräte gestatten nur den Wechsel-, jedoch nicht den Gegenbetrieb. Beispielsweise kommen der Gegenbetrieb beim Telefonieren und der Wechselbetrieb beim Sprechfunk zum Einsatz.

Die in Abbildung 37 zusammengefaßten Übertragungsverfahren sind nicht 'beliebig kombinierbar. Die bei den standortübergreifenden Netzen benutzten Kombinationen werden im Abschnitt „Fest- und Funknetze“ behandelt.

Schnittstellen und Protokolle

Eine wichtige Rolle bei der Datenübertragung spielen die *Schnittstellen* oder Übergabestellen zwischen den Datenendeinrichtungen der Teilnehmer und den Datenübertragungseinrichtungen bzw. Übertragungswegen der Anbieter von Netzen. Nach DIN 44302 gehören bei der Datenübertragung zu einer Schnittstelle alle Festlegungen über

- die physikalischen Eigenschaften der Schnittstelle,
- die Bedeutung der an der Schnittstelle ausgetauschten Signale und
- die gegenseitige Abhängigkeit der ausgetauschten Signale.

Die physikalischen Eigenschaften gliedern sich in mechanische Eigenschaften (z.B. Steckerabmessungen, -befestigungen, Kontaktbelegungen) und elektrische Eigenschaften (z.B. Signalform, Leitungseigenschaften). Zur Bedeutung der Signale gehört u.a. der Aufbau von Befehlen und Meldungen. Der Signalaustausch betrifft u.a. die Richtung der Signale und die Reihenfolge der Bit.

Benutzer, Post- und Telekommunikationsverwaltungen, Netzanbieter und Gerätehersteller sind an einer Standardisierung der Schnittstellen stark interessiert. Deswegen sind einheitliche Festlegungen über Schnittstellen Gegenstand internationaler Normen und Empfehlungen. Neben den schon erwähnten Normungsgremien ISO (internationale Ebene), ANSI (USA) und DIN (Deutschland) befassen sich mit der Normung auf dem Gebiet der Datenübertragung vor allem

- auf internationaler Ebene ITU-TSS (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) und
- auf europäischer Ebene ETSI (European Telecommunication Standard Institute).

ITU-TSS hieß früher CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique). Es erarbeitet weltweit Normen für die Kommunikation. ETSI ist aus dem früheren Zusammenschluß der europäischen Post- und Fernmeldeverwaltungen CEPT (Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications) hervorgegangen und befaßt sich mit der Umsetzung weltweiter Normen und mit der Erarbeitung europaweiter Normen im Hinblick auf den europäischen Markt.

ITU-TSS gibt - in Fortsetzung der Arbeit des CCITT - unter der Bezeichnung ITU-TS Empfehlungen für Normen heraus, die in (durch Großbuchstaben gekennzeichnete) Serien eingeteilt sind. Die bekanntesten Serien sind

- Serie V für das (analoge) Telefonnetz und
- Serie X für (digitale) Datennetze.

Die wichtigsten Empfehlungen sind

V.24: Serielle Schnittstelle für die analoge Übertragung. Genormt in DIN 66020. Anwendung bei der Verbindung zwischen Datenendgerät und Modem. Entspricht der S-Norm RS232.

X.21: Schnittstelle zwischen DEE und DÜE für synchronen Betrieb in Datennetzen.

X.25: Schnittstelle zwischen DEE und DÜE für Paketvermittlung (sh. Abschnitt „Fest- und Funknetze“).

Speziell für Modems gelten die Empfehlungen V.21 (300 Bit/s), V.22 (1.200 Bit/s), V.32 (9.600 Bit/s) und V.34 (28.000 Bit/s) (inzwischen bis V.90, G.H.). Weitere Empfehlungen gibt es für Schnittstellen, die in der Bürokommunikation eine Rolle spielen, z-B. X.400 und X.500.

Der Ablauf jeder Übertragung besteht aus den fünf Phasen

- Verbindungsaufbau,
- Aufforderung zur Übertragung,
- Übertragung
- Beendigung der Übertragung und
- Verbindungsauflösung.

Die Ablaufsteuerung ist Aufgabe der Dateneneinrichtung (vgl. Abschnitt „Geräte, Leitungen und Verfahren“). Neben Festlegungen über Schnittstellen und Übertragungsverfahren müssen Vereinbarungen über den organisatorischen Ablauf jeder Übertragung getroffen werden, insbesondere über die verwendeten Datenformate und Kommandos. Solche Kommunikationsvereinbarungen heißen *Protokolle*. Generell enthalten Protokolle Absprachen über den Aufbau, die Überwachung (anhand von Fehlermeldungen) und den Abbau von Verbindungen.

Ziel aller Standardisierungsbemühungen sind offene Kommunikationssysteme (**OSI** = Open System Interconnection), d.h. Kommunikationsmöglichkeiten zwischen unterschiedlichen Rechnern, Betriebssystemen, Netzwerkmodellen usw. Die internationale Normungsorganisation ISO hat dazu 1983 eine Rahmenempfehlung, das sogenannte *ISO-Referenzmodell*, aufgestellt, das seit 1991 in DIN ISO 7498 genormt ist. Das Referenzmodell unterscheidet drei Grundelemente, und zwar

- Anwendungsinstanzen, zwischen denen Kommunikation stattfindet (z.B. Benutzer an Datenstationen, Programme auf DV-Anlagen),
- offene Systeme in Form von Endsystemen als Gesamtheit von Anwendungsinstanzen oder von Transitsystemen als Verbindungen zwischen Endsystemen und
- (physikalische) Übertragungsmedien.

Die bei jeder Kommunikation erforderlichen Kommunikationsdienste zerlegt das Referenzmodell in sieben hierarchisch angeordnete *Schichten* (layer), wobei jede Schicht an die jeweils darunterliegende Schicht einen Auftrag formuliert, der von dieser dann als Dienstleistung für die darüberliegende Schicht erbracht wird.

Die Funktionen der sieben Schichten lassen sich (von unten nach oben) wie folgt beschreiben:

- 1.) *Physikalische Schicht* (physical layer): Ungesicherte Übertragung von Bitfolgen über eine Übertragungsstrecke ("Bit-Übertragungsschicht"); Vereinbarungen über Schnittstelle, Übertragungsgeschwindigkeit, Zeichenübertragungsverfahren, Gleichlaufverfahren;
- 2.) *Sicherungsschicht* (link layer): Sicherung der Schicht 1, d.h. fehlergesicherte Übertragung (Fehlererkennung und -behebung) durch Blöcke aus Bitfolgen und Kontrollinformationen;
- 3.) *Vermittlungsschicht* (network layer): Auf- und Abbau des gesamten physischen Übertragungsweges zwischen Datenendgeräten aus gekoppelten Teilstrecken (Anwählen des Teilnehmers, Bestätigung der Empfangsbereitschaft u.a.);
- 4.) *Transportschicht* (transport layer): Steuerung und Überwachung der logischen Verbindung zwischen Sender und Empfänger ("end to end"), Vollständigkeitskontrollen (insbesondere bei Paketvermittlung, s. Abschnitt „Fest- und Funknetze“),

- 5.) *Kommunikationssteuerungsschicht* (session layer): Festlegung der Kommunikation zwischen den Teilnehmern in Form von Sitzungen (d.h. Steuerung des Dialogs vom Beginn bis zur Beendigung der Übertragung);
- 6.) *Darstellungsschicht* (presentation layer): Festlegung der Bedeutung ausgetauschter Daten (Codes, Verschlüsselungen, Sprache, Grafik),
- 7.) *Anwendungsschicht* (application layer): Definition erlaubter Anwendungen (Datenbankabfrage, Buchung, Rechnernutzung, Prüfung von Zugangsberechtigungen).

Als *Netzwerktechnik* (oder *Netzdienste*) bezeichnet man das Bereitstellen einer Verbindung und die Übertragung von Signalen (Schichten 1 bis 3). Die *Transporttechnik* befaßt sich mit dem Aufbau, dem Betrieb und dem Abbau von Verbindungen. Sie umfaßt die Schichten 1 bis 4. Diese ("unteren") Schichten werden deshalb als *Transportdienste* bezeichnet. Die ("höheren") Schichten 5 bis 7 heißen *Anwendungsdienste*. Die Schichten 4 und 5 werden häufig zusammengefaßt.

Für das Verständnis des ISO-Referenzmodells ist wichtig, daß die eigentliche Übertragung ausschließlich auf Schicht 1 (genauer: auf physikalischen Leitungen unterhalb von Schicht 1) erfolgt. Die Kommunikationsvereinbarungen (Protokolle) verlaufen horizontal, die Kommunikation selbst vertikal und nur in Schicht 1 horizontal. Zur Veranschaulichung kann der folgende, auf ein ähnliches Beispiel von TANENBAUM zurückgehende Vergleich für ein Modell mit fünf Schichten A bis E dienen.

Zwei Angler in Deutschland und Norwegen vereinbaren, ihre Erfahrungen auszutauschen (Festlegung der Anwendung in der obersten Schicht E). In der nächstliegenden Schicht D wird vereinbart, daß der Erfahrungsaustausch in Englisch erfolgen soll (Festlegung der Sprache). In der darunterliegenden Schicht C wird festgelegt, daß der Erfahrungsaustausch per Briefpost erfolgen soll (Festlegung des Transportmittels). In der nächstniedrigeren Schicht B einigen sich die Partner, vor dem Absenden jeweils eine Kopie anzufertigen (Festlegung von Sicherungsmaßnahmen). In der untersten Schicht A erfolgt dann schließlich die Übertragung auf dem Postweg. Die darüberliegenden Schichten dienen also immer nur für Vereinbarungen, jedoch nicht für die physikalische Übertragung. Mit der Ausführung könnten (symmetrisch) in Schicht D Dolmetscher, in Schicht C Techniker, in Schicht B Kopieranstalten und in Schicht A die Postverwaltungen der beiden Länder beauftragt werden.

Von den genannten ITU-TS-Empfehlungen decken

- V.24 die Schicht 1,
- X.21 die Schicht 1 und die die Verbindungssteuerung betreffenden Teile der Schichten 2 und 3, sowie
- X.25 die Schichten 1 bis 3 des ISO-Referenzmodells ab.

Für die Transportdienste ist als Übergangslösung das vom amerikanischen Verteidigungsministerium seit 1978 als Standard für heterogene Netze (sh. Abschnitt „Grundlagen“) propagierte Protokoll TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) stark verbreitet. Es besteht lediglich aus vier Schichten und wird besonders in Verbindung mit UNIX-Rechnern benutzt. Eine starke Verbreitung hat es durch die Verwendung bei dem weltweit größten Computer-Netz *Internet* (sh. Abschnitt „Mehrwertdienste“) gefunden.

Zur zügigen Durchsetzung des ISO-Referenzmodells wurde auf europäischer Ebene das Normungsgremium EWOS (European Workshop for Open Systems) gegründet. Daneben gibt es international eine Reihe weiterer sogenannter OSI-Promotion Groups.

Standortübergreifende Netze

Rechtliche Situation und Anbieter

(Die konkrete rechtliche Situation in Deutschland ist NICHT Prüfungsstoff, sollte aber dennoch gelesen werden)

Nach Artikel 73 Nr.7 des Grundgesetzes der Bundesrepublik Deutschland hat der Bund die ausschließliche Gesetzgebung über "das Postwesen und die Telekommunikation". Mit der Änderung des Grundgesetzes vom 30. August 1994 wurde die Bundespost aus den in bundeseigener Verwaltung geführten Gegenständen (Artikel 87 Abs.1) gestrichen. Gleichzeitig wurde in einem neuen Artikel 87f festgelegt, daß

- der Bund im Bereich des Postwesens und der Telekommunikation flächendeckend angemessene und ausreichende Dienstleistungen gewährleistet und
- diese Dienstleistungen von den aus der Deutschen Bundespost hervorgegangenen Unternehmen und durch andere private Anbieter erbracht werden.

Der gleichfalls neue Artikel 143b besagt, daß die Deutsche Bundespost in Unternehmen privater Rechtsform umgewandelt wird.

Einzelheiten regelt das am 1. Januar 1995 in Kraft getretene *Postneuordnungsgesetz* vom 14. September 1994. Darin ist in Artikel 3 (*Postumwandlungsgesetz*) festgelegt, daß die Unternehmen der Deutschen Bundespost in die drei Aktiengesellschaften

- Deutsche Post AG,
- Deutsche Postbank AG und
- Deutsche Telekom AG

umgewandelt werden. Die Rechte und Pflichten des Bundes gegenüber den drei Aktiengesellschaften (z.B. die Einführung am Kapitalmarkt) obliegen der nach Artikel 1 des Postneuordnungsgesetzes (*Bundesanstalt Post-Gesetz*) neu eingerichteten Bundesanstalt für Post und Telekommunikation Deutsche Bundespost, die der Aufsicht des Bundesministeriums für Post und Telekommunikation untersteht.

Bei den von der Telekom angebotenen *Telekommunikationsdienstleistungen* wird zwischen

- Monopoldienstleistungen und
- Wettbewerbsdienstleistungen

unterschieden. Die Monopole sind in §1 des "Gesetzes über Fernmeldeanlagen", kurz *Fernmeldeanlagenengesetz* (FAG) vom 3. Juli 1989 geregelt, das durch Artikel 5 des Postneuordnungsgesetzes geändert worden ist. Im einzelnen handelt es sich um

- das Netzmonopol,
- das Funkanlagenmonopol und
- das Telefondienstmonopol.

Während sich das Netz- und das Funkanlagenmonopol auf die Übertragungswege beziehen, betrifft das Telefondienstmonopol einen Telekommunikationsdienst, nämlich die Vermittlung von Sprache für andere.

Die relevanten Abschnitte von § 1 FAG in der geänderten Fassung vom 14. September 1994 besagen:

- (1) Das Recht, Fernmeldeanlagen, nämlich Telegrafenanlagen für die Vermittlung von Nachrichten, Fernsprechanlagen und Funkanlagen zu errichten und zu betreiben, steht der Telekom und den Wettbewerbern zu.
- (2) Wer Übertragungswege einschließlich der zugehörigen Abschlußeinrichtungen sowie Funkanlagen errichtet und betreibt, bedarf einer Verleihung (Lizenz) durch den Bundesminister für Post und Telekommunikation (BMPT). Der BMPT verleiht der Telekom bis zum Auslaufen des Netzmonopols das ausschließliche Recht, Übertragungswege zu errichten und zu betreiben (*Netzmonopol*) sowie Funkanlagen zu errichten und zu betreiben (*Funkanlagenmonopol*).
- (3) Zugelassene Endeinrichtungen darf jedermann errichten und betreiben. Endeinrichtungen sind auch Funkanlagen und Satellitenfunkanlagen, die an das öffentliche Telekommunikationsnetz⁵⁹ angeschlossen werden sollen.
- (4) Jedermann darf Telekommunikationsdienstleistungen für andere erbringen. Soweit Fest- und Wählverbindungen von der Telekom als Monopoldienstleistungen bereitgestellt werden, hat jedermann das Recht, diese Verbindungen für die Erbringung von Telekommunikationsdienstleistungen für andere zu nutzen. Satz 1 gilt nicht für das Betreiben von Fernmeldeanlagen, soweit es der Vermittlung von Sprache für andere dient. Der BMPT verleiht der Telekom das ausschließliche Recht, Fernmeldeanlagen, die der Vermittlung von Sprache dienen, zu betreiben (*Telefondienstmonopol*).

⁵⁹ Traditionsgemäß werden die von der Telekom angebotenen Netze als "öffentliche Netze" bezeichnet.

In §2 Abs. 1 FAG ist festgelegt, daß **der BMPT in den Fällen**, in denen der Telekom lt. § 1 Abs. 1 FAG ein ausschließliches Recht zusteht, die Befugnis zur Errichtung und zum Betrieb einzelner Fernmeldeanlagen auch an andere verleihen kann. Von Monopolen generell ausgenommen ist die Satellitenkommunikation, die durch die internationale Marktordnung geregelt wird. Mit der weiteren Liberalisierung des europäischen Markts sollen 1998 das Netzmonopol und das Telefondienstmonopol in der gesamten Europäischen Union aufgehoben werden.

Lt. §2 Abs.4 FAG muß die Verleihung für solche Fernmeldeanlagen erteilt werden, die von Elektrizitätsunternehmen zur öffentlichen Versorgung mit Licht und Kraft aus Betriebszwecken verwendet werden. Von vornherein genehmigungsfrei sind lt. §3 Abs.1 FAG Fernmeldeanlagen, die von Transportanstalten zu Betriebszwecken errichtet und betrieben werden. Die deutschen Energieversorgungsunternehmen und die Deutsche Bahn AG streben daher an, ihre Fernmeldeanlagen möglichst bald für die Nutzung allgemein zugänglicher Netze und Dienste zu betreiben.

Einzelheiten zu den *Monopoldienstleistungen* sind in der Telekommunikationsverordnung (TKV) vom 5. Oktober 1992 festgelegt, beispielsweise über das Angebot an Übertragungswegen, über Leitungsqualitäten und über Leistungsentgelte. Die *Wettbewerbsdienstleistungen* unterteilen sich in

- Pflichtleistungen und
- sonstige Wettbewerbsdienstleistungen (freie Leistungen).

Die von der Telekom zu erbringenden *Pflichtleistungen* sind in der Telekom-Pflichtleistungsverordnung festgelegt. Dabei handelt es sich um die Fernsprechauskunft, die Herausgabe von Telefonbüchern, die Bereitstellung von öffentlichen Telefonstellen und Notrufmöglichkeiten sowie die Übermittlung von Fernschreiben und Telegrammen. *Freie Leistungen* sind die von der Telekom angebotenen Mehrwertdienste (sh. Abschnitt „Mehrwertdienste“).

Nach §9 Abs. 1 FAG sind die mit der Inanspruchnahme von Einrichtungen der Telekom entstehenden Rechtsbeziehungen privatrechtlicher Natur. Die durch die frühere Telekommunikationsordnung (TKO) geregelten öffentlich-rechtlichen Teilnehmerverhältnisse sind durch privatrechtliche Beziehungen auf der Grundlage der Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der Telekom abgelöst worden. Im Zuge des Übergangs zu privatrechtlichen Beziehungen wurde die frühere Bezeichnung *Gebühren* durch die Bezeichnungen

- *Tarife* bei Monopoldienstleistungen und Pflichtleistungen sowie
- *Preise* bei freien Leistungen und Endgeräten

ersetzt.

Die Telekom stellt unter der Bezeichnung *Netzwerkdienste* ("öffentliche Netze") für die standortübergreifende Übertragung

- Festnetze und
- Funknetze

zur Verfügung, die entweder für die Datenübertragung nutzbar oder eigens dafür eingerichtet sind (*Transportdienste*, englisch Bearer Services). *Festnetze* sind

- mit analoger Übertragungsform: Telefonnetz (Fernsprechnet),
- mit digitaler Übertragungsform: Telexnetz, Datex-L-Netz, Datex-P-Netz, Datendirektverbindungen.

Die Netze mit digitaler Übertragungsform sind unter der Bezeichnung *Integriertes Text- und Datennetz* (IDN) zusammengefaßt. Anfang 1989 wurde begonnen, alle Netze schrittweise in das "Dienste-integrierende digitale Netz" ISDN (Integrated Services Digital Network) zu überführen, das ausschließlich digital überträgt, und zwar sowohl Daten als auch Sprache.

Für den Zugang von Endgeräten zu öffentlichen Netzen werden von der Telekom *Anschlüsse* bereitgestellt. Darunter versteht man die physikalische Verbindung der Endstelle des Teilnehmers mit dem zugehörigen Netzknoten der Telekom.

Bei analoger Übertragung besteht der Anschluß (*analoger Anschaltepunkt*) aus einer Anschalteinrichtung ohne Netzabschlußfunktion (TAE = Telekommunikationsanschlußeinheit, volkstümlich "Monopoldose"). Er befindet sich außerhalb der Datenübertragungseinrichtung, die in diesem Fall aus einem Modem (Anpassungseinrichtung) besteht.

Bei digitaler Übertragung besteht der Anschluß (*digitaler Anschaltepunkt*) aus der Datenübertragungseinrichtung, die die Funktion einer Anschalteinrichtung mit Netzabschlußfunktion wahrnimmt, und einer Anschlußdose. Die Gerätebezeichnungen für die Anschalteinrichtung unterscheiden sich je nach Netz.

Endgeräte werden von der Telekom und von anderen Wettbewerbern angeboten. Sie müssen technisch zugelassen sein. Die Zulassung ist nach §2a FAG eine Hoheitsaufgabe des BMPT und erfolgt durch das ihm direkt unterstellte Bundesamt für Zulassungen in der Telekommunikation (BZT) in Saarbrücken.

Funknetze werden nicht nur von der Telekom, sondern mit Verleihungen des BMPT auch von anderen Betreibern angeboten. Alle standortübergreifenden Fest- und Funknetze werden im Abschnitt „Fest- und Funknetze“ beschrieben.

Man spricht von Mehrwertdiensten,

- wenn Unternehmen als *Basisdienste* anderen Unternehmen (unter Bezug auf § 1 Abs. 4 FAG) die Mitbenutzung von Netzen der Telekom für den Datentransport anbieten oder
- wenn die Telekom und andere Unternehmen als *Anwendungsdienste* Leistungen anbieten, die über den reinen Datentransport hinausgehen, z.B. Electronic Mail-Systeme.

Die Telekom selbst betreibt die Mehrwertdienste Telefax, Telebox-400 und Bildschirmtext. Die wichtigsten Mehrwertdienste werden im Abschnitt „Mehrwertdienste“ behandelt.

Hinsichtlich des Telefondienstmonopols widerspricht § 1 Abs. 4 FAG der EG-Richtlinie 90/388 EWG vom 4. Juni 1990, nach der dieses Monopol auf die *kommerzielle Bereitstellung der Sprache für die Öffentlichkeit* eingeschränkt wird. Die Bundesregierung ist einer entsprechenden Aufforderung der EG-Kommission nachgekommen und genehmigt seit dem 1. Januar 1993 unter der Bezeichnung *Corporate Networks* sogenannte Netze für Kommunikationsgemeinschaften. Dabei handelt es sich praktisch um Mehrwertdienste, die die Sprachkommunikation einschließen (sh. Abschnitt „Mehrwertdienste“).

Fest- und Funknetze

In Abbildung 38 sind alle für die Datenübertragung nutzbaren bzw. eigens dafür eingerichteten standortübergreifenden Netze strukturiert dargestellt. Dabei wird zwischen

- Festnetzen und
- Funknetzen

unterschieden. *Festnetze* werden ausschließlich von der Telekom, *Funknetze* auch (mit Lizenzen des BMPT) von anderen Unternehmen betrieben. Die Netze unterscheiden sich in erster Linie

- in der Form der Signalübertragung (analog oder digital),
- im Gleichlaufverfahren (asynchron oder synchron),
- in der Verbindungsart (Wähl- oder Festverbindung),
- in der durchschnittlichen Bit-Fehlerwahrscheinlichkeit und
- in der maximalen Übertragungsgeschwindigkeit.

Die *Signalübertragung* ist beim Telefonnetz analog, bei allen anderen Festnetzen digital. Bei den Funknetzen überträgt das ältere C-Netz analog, die moderneren Netze (D, E) übertragen digital.

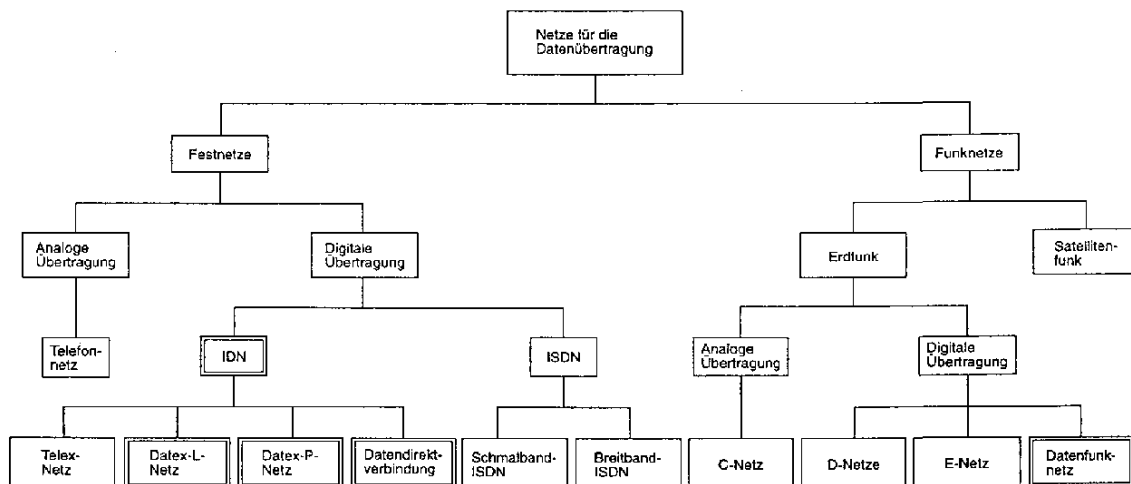
Das *Gleichlaufverfahren* ist beim Telefonnetz (je nach Endgerät und Modem) vorwiegend asynchron, in allen anderen Netzen - außer bei niedrigen Übertragungsraten - synchron.

Wie schon erwähnt, wird unter dem Begriff *Anschluß* die physikalische Verbindung der Teilnehmerendstelle mit dem zugehörigen Netzknoten der Telekom verstanden (vgl. Abschnitt „Rechtliche Situation und Anbieter“). Dieser Teil der Verbindung ist für den Teilnehmer fest reserviert. Die weitere Verbindung zum Zielanschluß, d.h. zum Kommunikationspartner, muß bei *Wählverbindungen* vor jeder Übertragung neu hergestellt werden, bei *Festverbindungen* ist sie dauerhaft festgelegt. Bei letzteren entfallen Verbindungsauf- und abbau, möglicherweise wird aber die Übertragungskapazität nicht ausgenutzt. Datendirektverbindungen sind stets Festverbindungen. Telefonnetz und ISDN sind Wählverbindungsnetze. Es gibt allerdings auch Festverbindungen mit analogen oder ISDN-fähigen Schnittstellen. Alle übrigen Netze arbeiten ausschließlich mit Wählverbindungen.

Die *Bit-Fehlerwahrscheinlichkeit* ist das Verhältnis der Anzahl der (im Durchschnitt) fehlerhaft gesendeten Bit zur Anzahl aller übertragenen Bit. Beispielsweise bedeutet eine Bit-Fehlerwahrscheinlichkeit von $5 \text{ mal } 10^{-5}$, daß bei 20.000 gesendeten Bit durchschnittlich ein Bit fehlerhaft ist. Die Bit-Fehlerwahrscheinlichkeit ist ein Maß für die Leitungsqualität. Bei digitaler Übertragung ist die Fehlerwahrscheinlichkeit niedriger als bei analoger. Je nach Netz werden Wahrscheinlichkeiten zwischen 10^{-4} und 10^{-6} garantiert.

Die maximalen Übertragungsgeschwindigkeiten sind je nach Netz unterschiedlich.

Abbildung 39: Netze für die Datenübertragung



Die doppelt umrandeten Netze sind speziell für die Datenkommunikation eingerichtet.

Weil mit den zu übertragenden Nachrichten auch Steuerbit sowie zusätzliche Bit zur Fehlererkennung und -korrektur gesendet werden und weil durch die Synchronisation Wartezeiten entstehen, ist die effektive Leitungsausnutzung niedriger als die Übertragungsrate, die lediglich als Nennleistung anzusehen ist. In der betrieblichen Praxis wird grob mit einer Ausnutzung von höchstens 70% gerechnet.

Beispiel

Von der Filiale eines Warenhauskonzerns sollen täglich nach Geschäftsschluß 20.000 Datensätze zu je 50 Zeichen (Byte) mit einer Rate von 2.400 Bit/s übertragen werden. Die Übertragung dauert bei einer Ausnutzung von 70%

$$\frac{20000 \cdot 50 \cdot 8}{2400 \cdot 0,7 \cdot 60} \approx 79,4 \text{ Minuten}$$

bei Verwendung einer Leitung mit 4.800 Bit/s reduziert sich die Übertragungszeit auf die Hälfte.

Das *Telefonnetz* ist das vom Fernsprechen bekannte Netz, d.h. das öffentliche Wählnetz für die Sprachübertragung. Die Möglichkeit, dieses schon lange vor der Datenverarbeitung existierende Netz für die Datenübertragung zu verwenden, wurde 1965 mit Hilfe der Modems geschaffen. Die Nutzung des Telefonnetzes empfiehlt sich vor allem, wenn nur gelegentlich (z.B. einmal täglich) geringe Datenmengen zu übertragen sind. Während Modems früher nur Übertragungsleistungen (entsprechend der Übertragungsrate) bis 4.800 Bit/s gestatteten, sind bei den seit 1989 angebotenen Hochgeschwindigkeitsmodems durch Datenkompression wesentlich höhere Übertragungsleistungen (bis 70.000 Bit/s) möglich.

Um den Unterschied zwischen dem Datex-L-Netz und dem Datex-P-Netz zu verstehen, müssen vorher die beiden *Vermittlungsarten*

- Leitungsvermittlung (circuit switching) und
- Paketvermittlung (packet switching)

erläutert werden. Bei der *Leitungsvermittlung* wird für die Dauer der Übertragung eine physikalische (Wähl-)Verbindung zwischen zwei Anschlüssen aufgebaut. Die Verbindung bleibt bis zur Beendigung der Übertragung exklusiv für die Teilnehmer reserviert. Bei der *Paketvermittlung* besteht dagegen nur eine virtuelle, aber keine physikalische Verbindung zwischen den Teilnehmern. Die Nachrichten werden über die Knoten eines Netzes gesendet und dort kurzzeitig zwischengespeichert. Die zu übertragende Nachricht wird in genormte Teile (Pakete) zerlegt und paketweise über - möglicherweise verschiedene - Netzknoten (Datenpaketvermittlungsstellen) gesendet, wobei die Steuerung (unter Anwendung sogenannter "Routing-Verfahren") von Vermittlungsrechnern in den Netzknoten übernommen wird. Die Datenendgeräte müssen "paketorientiert" arbeiten können. Der Anschluß ist bei einigen nicht-paketorientierten Datenendgeräten durch eine Paketier-/Depaketier-Einrichtung (PAD) möglich.

Das *Datex-L-Netz* (eingeführt schon 1967) beruht auf der Leitungsvermittlung für Wählverbindungen zwischen digitalen Anschaltepunkten. Zum Vergleich:

Das Telefonnetz ist ebenfalls ein leitungsvermittelltes Netz, jedoch mit analogen Anschaltepunkten. Gegenüber dem Telefonnetz bietet das Datex-L-Netz den Vorteil besserer Leitungsqualität und höherer Übertragungsleistungen (ohne Datenkompression). Es ist vor allem für die Übertragung großer Datenmengen geeignet. Die maximale Übertragungsgeschwindigkeit beträgt 9.600 Bit/s, mit Sondervereinbarungen bis 64.000 Bit/s.

Das *Datex-P-Netz* (eingeführt 1982) beruht auf der Paketvermittlung für Wählverbindungen zwischen digitalen Anschaltepunkten. Die Zerlegung der Nachricht in Pakete erfolgt in der Datenendeinrichtung oder im Netz. Ein Paket (Segment) besteht standardmäßig aus 128 Bitgruppen zu je 8 Bit (Oktetts). Eine wirtschaftliche Nutzung des Datex-P-Netzes bietet sich beispielsweise für den gelegentlichen, nicht zeitkritischen Dialogverkehr an. Deswegen wird es auch für das Deutsche Forschungsnetz (DFN) verwendet. Generell kommt es für die Übertragung geringer Datenmengen über große Entfernungen in Betracht. Mit dem Datex-P-Netz ist es möglich, Datenstationen unterschiedlicher Geschwindigkeit miteinander zu verbinden. Die maximale Übertragungsgeschwindigkeit beträgt 1,92 MBit/s.

Datendirektverbindungen (DDV) wurden erstmals 1974 eingerichtet, damals unter der Bezeichnung Hauptanschluß für Direktruf (HfD), die zwischenzeitlich durch den Begriff Direktrufnetz abgelöst wurde. Zwei Datenendeinrichtungen werden in Form einer festen Verbindung ("Standleitung") miteinander verbunden. Die Vorteile für die Teilnehmer sind ständige Verfügbarkeit und geringe Fehlerwahrscheinlichkeit. Datendirektverbindungen werden deswegen immer dann verwendet, wenn Verbindungen ständig aufrechterhalten werden müssen (Banken, Reisebüros). Sie werden von allen Netzen für die Datenübertragung am stärksten genutzt. Die maximale Übertragungsgeschwindigkeit beträgt auch 1,92 MBit/s.

Als Alternative zu den Datendirektverbindungen werden von der Telekom Standard-Festverbindungen angeboten, und zwar für Verbindungen sowohl mit analogen als auch mit digitalen Anschaltepunkten, insbesondere mit einer ISDN-fähigen Schnittstelle. Die Übertragungsgeschwindigkeit reicht bis 140 MBit/s. Während im Störfall bei Datendirektverbindungen automatisch eine Ersatzleitung zur Verfügung gestellt wird, muß der Anwender bei Standard-Festverbindungen selbst für Ersatz sorgen. Standard-Festverbindungen sind deswegen billiger als Datendirektverbindungen.

Für alle Netze mit digitaler Übertragung werden *besondere Dienste* angeboten. Dazu gehört u.a. der sogenannte *Direktruf* der den Wählvorgang erspart, wenn immer dieselben Teilnehmer verbunden sind. Je nach Nutzungsbedingungen muß daher zusätzlich geprüft werden, ob anstelle einer Datendirektverbindung oder einer Standard-Festverbindung eines der Datex-Netze in Betracht kommt.

Der Vollständigkeit halber ist noch das *Telex-Netz* zu erwähnen. Es wurde 1933 für die Übertragung von Fernschreiben eingerichtet und ist das älteste Netz mit digitaler Übertragungsform (Start-/Stop-Betrieb mit der Übertragungsrate 50 Bit/s). Telex wird nach wie vor für die Textkommunikation genutzt. Für die Datenübertragung, für die es zu Beginn der Datenfernverarbeitung auch eingesetzt wurde (z.B. bei Platzreservierungen der Bundesbahn), besitzt Telex heute keine Bedeutung mehr.

Abbildung 40: Kostenfaktoren der Verbindungspreise

	Telefon-Netz	Daten-direkt-verbin-dung	Datex-L-Netz	Datex-P-Netz	ISDN-Wählver-bindung	Standard-Festver-bindung
Verbindungs-dauer	X		X		X	
Daten-volumen						
Über-tragungs-geschwin-digkeit			X	X		
Tages-zeit	X	X	X		X	X
Wochentag	X		X		X	
Entfernung	X		X		X	
Bereit-gestellte Verbindungen		X	X			X
Mindestpreis			X			

Der Wirtschaftsinformatiker hat vor allem zu beachten, daß sich die öffentlichen Netze in den Preisen bzw. Entgelten (frühere Bezeichnung: Gebühren, vgl. Abschnitt „Rechtliche Situation und Anbieter“) unterscheiden. Es gibt drei Arten von Preisen, und zwar

- einmalige Installationspreise,
- monatliche, als "Überlassungsentgelte" bezeichnete Grundpreise (von der Nutzung unabhängige Preise und Preise für Einrichtungen, die bei der Telekom gemietet werden, wie Modems oder Anschalteinrichtungen) und
- nutzungsabhängige Verbindungspreise bzw. Tarife.

Abbildung 40 zeigt für die einzelnen Netze die Faktoren, nach denen sich die *Verbindungspreise* berechnen.

ISDN (Integrated Services Digital Network) ist ein integriertes weltweites Telefonnetz. Die Grundkonzeption wurde nach Vorüberlegungen in den 70er Jahren vom CCITT im Jahr 1984 in einer Reihe von Empfehlungen ("Rotbuch") verabschiedet. In Europa ist ISDN in 20 Ländern nach einheitlichen Standards (Euro-ISDN) eingeführt. Die wichtigsten Merkmale von ISDN sind

- digitalisiertes Telefonnetz,
- wenige, international genormte Schnittstellen,
- Leitungsvermittlung,
- Standardübertragungsgeschwindigkeit 64 kBit/s⁶⁰ und
- geplante Erweiterung auf Breitbanddienste (B-ISDN).

Für ISDN ist in der internationalen Sachgruppenklassifikation ICS (International Classification for Standards) für Normen eine eigene Untergruppe (33.080) innerhalb der Sachgruppe Telekommunikation eingerichtet.

Das wesentlichste Merkmal ist die Digitalisierung des Telefonnetzes. Damit wird auch die Sprache digital (und nicht mehr analog wie beim Telefonnetz) übertragen (vgl. Abbildung 37). Die Digitalisierung der Sprachschwingungen erfolgt in einem Abstand von 1/8000 Sekunde, wobei jeweils $2^8 = 256$ Sprachfrequenzen unterschieden werden. Daraus errechnet sich die Standardübertragungsgeschwindigkeit zu $8000 \times 8 = 64000$ Bit/s. Mit herkömmlichen Telefonkabeln ist im ISDN eine Übertragungsleistung von 144 kBit/s möglich. Diese Leistung wird beim sogenannten *Basisanschluß* in zwei Nutzkanäle (B-Kanäle) à 64 kBit/s und einen Signalisierungskanal (D-Kanal) mit 16 kBit/s aufgeteilt. *Primärmultiplexanschlüsse* enthalten einen D-Kanal mit 64 kBit/s und 30 B-Kanäle.

Vorteile von ISDN sind u.a.

- universelle Kommunikation (Übertragung von Sprache, Daten, Bildern, Nutzung von Mehrwertdiensten) über dasselbe Netz,
- paralleler (gleichzeitiger) Betrieb mehrerer Kommunikationsarten über denselben Anschluß,
- hohe Übertragungsleistung bei sehr guter Leitungsqualität und
- Möglichkeit zur Übertragung von Bewegtbildern.

Die Einführung von ISDN wurde in Deutschland 1989 begonnen. Für die Zusammenschaltung von ISDN mit den anderen Netzen sind jeweils Übergänge eingerichtet. Für die Nutzung des ISDN ist mindestens ein ISDN-Basisanschluß erforderlich. Um die Leistungsfähigkeit des ISDN zu nutzen, werden spezielle Endgeräte erforderlich, z.B. digitale Telefone und Datenterminals mit der Übertragungsrate 64 kBit/s. Bei ISDN-Endgeräten werden

- Einzeldienst-Endgeräte für die Nutzung eines einzigen Dienstes, z.B. Telefonieren,
- Mehrdienst-Endgeräte für die Nutzung mehrerer Einzeldienste, z.B. Telefonieren und Bildschirmtext, und
- Mehrfunktions-Endgeräte für die zusätzliche Nutzung von lokalen, nicht ISDN betreffenden Funktionen, z.B. Zugang zur lokalen DV-Anlage,

unterschieden. Andere Endgeräte können über einen Terminaladapter (TA) angeschlossen werden.

Die *Bewegtbildübertragung* wird hauptsächlich

- für das Bildfernsprechen und
- für Bildkonferenzen

⁶⁰ kBit bedeutet 1.000 Bit im Gegensatz zu KBit = 1.024 Bit.

genutzt. Bewegtbilder haben üblicherweise eine Bildfrequenz von 25 Aufnahmen pro Sekunde (PAL-Norm des Fernsehens). Dafür würde eine Übertragungsrates von 135 MBit/s gebraucht. Durch Datenkompression läßt sich die Bewegtbildübertragung jedoch schon mit niedrigeren Übertragungsrates realisieren, und zwar

- mit zwei B-Kanälen, wenn keine schnellen Bewegungen auftreten, und
- durch Zuschaltung weiterer B-Kanäle bei höheren Qualitätsansprüchen.

Mit Hilfe der Datenkompression in Verbindung mit leistungsfähigen Prozessoren in den Endgeräten wird angestrebt, schnelle Bewegtbilder über ISDN mit nur einem B-Kanal oder sogar über das Telefonnetz (mit Modem) zu übertragen. Ein auf dem *Differenzbildverfahren* (nur Änderungen gegenüber dem vorangegangenen Bild werden übertragen) beruhender Standard wurde von der der ISO angeschlossenen "Motion Picture Experts Group" (MPEG) erarbeitet.

Für den Anschluß von Mikrocomputern an ISDN gibt es sogenannte ISDN-Karten, und zwar ohne (passiv) oder mit (aktiv) eigenem Prozessor und Arbeitsspeicher.

Übertragungsrates bis zu 600 MBit/s sollen mit dem Übergang vom jetzigen Schmalband-ISDN zu dem erwähnten *Breitband-ISDN* (B-ISDN) erzielt werden. Dazu muß erläutert werden, daß es für die digitale Übertragung über ein Trägermedium zwei technische Verfahren gibt, und zwar

- das Basisband(= Schmalband)-Verfahren, bei dem für ein zu sendendes Signal (eines Übertragungskanals) die gesamte Bandbreite, d.h. das gesamte Frequenzspektrum auf dem Übertragungsmedium, genutzt wird, und
- das Breitband-Verfahren, bei dem mehrere Signale (entsprechend mehreren Kanälen) auf unterschiedliche Trägerfrequenzen moduliert und gleichzeitig übertragen werden.

Für das Breitband-Verfahren kommen nur Glasfaserkabel und (mit eingeschränktem Leistungsumfang) Koaxialkabel in Betracht. Bisher sind die Ortsnetze mit Telefonkabeln, die regionalen und überregionalen Fernnetze bis 1983 mit Koaxialkabeln und seitdem mit Glasfaserkabeln realisiert worden. Die Telekom plant die schrittweise Umstellung auf ausschließliche Glasfasertechnik. Versuche zur Übertragung von Bewegtbildern mit dem Breitbandverfahren werden schon seit 1977 unter verschiedenen Abkürzungen (BIGFON, BERKOM, OPAL, VISION u.a.) durchgeführt.

B-ISDN soll gleichzeitig

- sowohl für unspezifische Anwendungen, die auch mit herkömmlichen Netzen realisierbar sind,
- als auch für spezifische Anwendungen wie Bildtelefon, Videokonferenzen oder interaktives Fernsehen ("Video on Demand")

nutzbar und damit zum Mehrzwecknetzwerk ("Daten-Autobahn") für die multimediale Kommunikation werden.

Die Übertragung erfolgt bei B-ISDN nach dem ATM (Asynchronous TransferMode)-Verfahren. Dabei handelt es sich um eine asynchrone Form der Paketvermittlung, bestehend aus Zellen zu je 53 Byte, davon 5 Byte Steuerdaten (Header) und 48 Byte Nutzdaten. Je nach Bedarf wird mit unterschiedlichen Übertragungsrates übertragen (z.B. höhere Rates bei Bewegtbild- als bei Sprachübertragung). Als Standardübertragungsrates ist 155 MBit/s vorgesehen. B-ISDN und ATM befinden sich noch in Entwicklung und Erprobung. Verwendung gibt es bereits bei Breitband-Nebenstellenanlagen als *Inhouse-ISDN*.

Zunehmende Bedeutung für die Datenübertragung erlangen *Funknetze*. Der *mobile Datenfunk* läßt sich beispielsweise von Außendienst-Mitarbeitern nutzen, die mit Hilfe eines speziellen Funkterminals oder eines entsprechend aufgerüsteten Laptops bzw. Notebooks in die Lage versetzt werden, unterwegs (auch im Auto) Daten sowohl abzusenden als auch von zentraler Stelle abzurufen. Der mobile Datenfunk kann wie folgt beschrieben werden:

Als Erweiterung des Telefonnetzes bieten die Telekom (über die Tochterfirma DeTeMobil) und vom BMPT lizenzierte Betreiber *Mobilfunkdienste* an, und zwar mit analoger Übertragung das C-Netz (DeTeMobil) und mit digitaler Übertragung die Netze D1 (DeTeMobil), D2 (Mannesmann u.a.) und E (VEBA u.a.). Weitere Netze (z.T. mit begrenzter Reichweite) sind bereits verfügbar oder geplant. Sämtliche Netze lassen sich bei geringem Datenvolumen auch für die Datenübertragung nutzen, insbesondere bei digitaler Übertragung, weil dafür kein Modem erforderlich ist. Der Zugang erfolgt über eine Chip- bzw. Hybridkarte, die sogenannte *Telekarte*.

Unter der Bezeichnung *Modacom* bietet DeTeMobil seit 1993 ein ausschließlich für den Datenfunk (d.h. nicht für die Sprachübertragung) konzipiertes Netz an, das an das Datex-P-Netz angeschlossen ist. Der Zugang der mobilen Funkterminals erfolgt über eine X.25-Schnittstelle. An Modacom werden von DeTeMobil andere Unternehmen als sogenannte *Systemintegratoren* (Service Provider) beteiligt. Sie sollen Kunden akquirieren, Mehrwertdienste (sh. Abschnitt „Mehrwertdienste“) anbieten und Geräte liefern.

Als Standard für digitale Funknetze haben die beteiligten europäischen Nationen 1987 die Vereinbarung "Global System for Mobile Communication" getroffen. Die Netze, die diesen Standard benutzen, werden nach der früheren CEPT-Arbeitsgruppe GSM (Group Special Mobile), die die Vereinbarung ausgearbeitet hat, als *GSM-Netze* bezeichnet. Ferner gibt es den ETSI-Standard DCS (Digital Cellular System) 1800 (andere Bezeichnung: PCN = Personal Communications Network), der durch eine andere Übertragungstechnik höhere Teilnehmerdichten ermöglicht. Die D-Netze verwenden GSM, das E-Netz DCS 1800.

Die Mobilfunkdienste werden als *Zellularsysteme* realisiert (vgl. Abschnitt „Geräte, Leitungen und Verfahren“). Die zu versorgende Fläche wird in Zellen aufgeteilt, die jeweils mit einer Basisstation ausgestattet sind. Die Funkverbindung des Teilnehmers (zum Senden und Empfangen) besteht lediglich bis zur nächstgelegenen Basisstation, von dort erfolgt dann die Übertragung über ein Festnetz.

Für die weltweite Datenübertragung wird der *Satellitenfunk* genutzt. Auf der Erde wird dabei wieder mit einem Zellularsystem gearbeitet, bei dem Bodenstationen über Funk einerseits als Sammelstationen mit einer Reihe kleinerer Sender und Empfänger und andererseits mit einem um den Erdäquator kreisenden Satelliten verbunden sind. Betreiber der Satellitensysteme sind internationale Organisationen, wobei die Telekom sowohl Teilhaber als auch Nutzer einiger Systeme (z.B. INMARSAT) ist. Private Betreiber können Satellitenkommunikation unter der Sammelbezeichnung VSAT (Very Small Aperture Terminal)-Netz als Mehrwertdienste anbieten. Satellitenfunk ist teurer als Erdfunk, sofern die Kosten (wegen der unterschiedlichen Verfügbarkeit der Netze) überhaupt vergleichbar sind.

Mehrwertdienste

Unter dem Begriff *Mehrwertdienste* (VAS = Value Added Services) versteht man

Dienstleistungen im Bereich der Datenkommunikation, die

- Netze der Telekom benutzen und
- von der Telekom selbst oder von anderen Betreibern gegen Entgelt zur Verfügung gestellt werden.

Die Berechtigung ergibt sich aus §4 Abs. 1 FAG (vgl. Abschnitt „Rechtliche Situation und Anbieter“), wonach jedermann berechtigt ist, Telekommunikationsdienstleistungen für andere über Fest- und Wählverbindungen der Telekom zu erbringen. Mehrwertdienste werden auch über die internationalen Satellitenfunknetze (vgl. Abschnitt „Fest- und Funknetze“) angeboten.

Mehrwertdienste werden hinsichtlich ihrer Komplexität nach

- Basisdiensten und
- Anwendungsdiensten

unterschieden. *Basisdienste* betreffen die reine Datenübertragung, z.B. als File Transfer beim elektronischen Datenaustausch oder beim Fernkopieren. *Anwendungsdienste* sind (nach einer Einteilung des BMPT) im wesentlichen folgende Dienste:

- Speicher- und Verteildienste: Jeder Teilnehmer verfügt über einen elektronischen Briefkasten (electronic mailbox), in dem andere Nachrichten für ihn hinterlegen oder von ihm hinterlegte Nachrichten abrufen können.
- Informationsdienste: Informationen werden für den Abruf bereitgehalten, z.B. von Anbietern von Standardsoftware (Hotline-Verbindungen), von Banken (für Abfragen des Kontostands) oder von Betreibern von Online-Datenbanken.
- Transaktionsdienste: Fluggesellschaften und Touristikunternehmen nutzen Reservierungssysteme; Versandhäuser bieten elektronische Bestellsysteme an-, Geschäftspartner tauschen Handelsdaten (Bestellungen, Rechnungen usw.) aus (EDI = Electronic Data Interchange).
- Überwachungs-, Steuerungs- und Wartungsdienste: Zählerstände (Strom, Gas, Wasser) werden abgelesen, Alarmanlagen (Notruf, Feuer, Einbruch), technische Einrichtungen (Aufzüge, Tore) und Meldesysteme des Sozialdiensts (Kranken-, Altenpflege) überwacht, Anlagen (Heizungen, Kühlsysteme) und Verkehrsleitsysteme (Ampeln, Parkhäuser) gesteuert oder Maschinen und Computer gewartet.
- Verarbeitungsdienste: Programme werden in externen Rechnern genutzt oder von externen Rechnern zur Nutzung abgerufen.

Zu den Mehrwertdiensten gehören u.a. das vor allem im Hochschulbereich genutzte Netz Internet (einschließlich World Wide Web), das sowohl Basisdienste (Austausch von ASCII Texten) als auch Speicher und Informationsdienste zur Verfügung stellt (vgl. Abschnitt „Schnittstellen und Protokolle“). Ein kommerzielles Gegenstück ist das Netz CompuServe.

Die Anzahl der Anbieter von Mehrwertdiensten erhöht sich permanent. Von der Telekom werden die Mehrwertdienste

- Telefax und
- Telebox-400 angeboten.

Telefax (eingeführt 1979) bedeutet Fernkopieren. Die Kopien entstehen nicht am Ort des Originals, sondern bei einem entfernten Empfänger. Vorteil von Telefax gegenüber dem klassischen Telex ist, daß sich auch Zeichnungen, Skizzen, Pläne, handschriftliche Notizen usw., d.h. nicht-codierte Informationen, übertragen lassen.

Zur Übertragung werden das Telefonnetz oder ISDN benutzt. Die Geräte sind in technische Gruppen zusammengefaßt, und zwar für die analoge Übertragung in Gruppe 3 (Übertragungsrate üblicherweise 9.600 Bit/s, Übertragungsdauer für eine DIN A4-Seite 20 bis 60 Sekunden) und für die digitale Übertragung in Gruppe 4 (Übertragungsrate 64 kBit/s, Übertragungsdauer für eine DIN A4-Seite 5 bis 10 Sekunden).

Falls der Absender und/oder der Empfänger keine Telefax-Geräte besitzen, können Eingabe bzw. Ausgabe (zu hohen Preisen) in Postämtern erfolgen (Telebriefdienst). Mit Hilfe einer Zusatzkarte lassen sich PCs zu "Faxstationen" aufrüsten. Die übertragene Kopie kann dann beim Empfänger vor dem (optionalen) Ausdruck erst am Bildschirm angezeigt werden.

Telebox-400 bedeutet Nutzung elektronischer Postfächer. In Analogie zu den Postfächern der Briefpost wird bei Telebox jedem Teilnehmer von der Telekom auf Mietbasis eine sogenannte Box zur Verfügung gestellt. In dieses Fach können Texte eingegeben, gespeichert und von dort an andere Teilnehmer geschickt werden, ebenso können darin Texte von anderen Teilnehmern empfangen, gespeichert und jederzeit abgerufen werden. Anschließbar sind beliebige Datenendgeräte einschließlich entsprechend aufgerüsteter Mikrocomputer, insbesondere Laptops. Der Zugang erfolgt über das Telefonnetz (mit Modem bzw. Akustikkoppler), die Datex-Netze, ISDN oder über Btx. Die Zahl 400 weist darauf hin, daß Telebox (seit 1991) den Standard X.400 verwendet.

Alle bisher genannten Mehrwertdienste beschränken sich auf die Datenkommunikation. Die Vermittlung von Sprache für andere steht lt. § 1 Abs.4 FAG als Telefondienstmonopol der Telekom zu. Diese Einschränkung mußte vom BMPT auf Druck der Europäischen Union gelockert werden (vgl. Abschnitt „Rechtliche Situation und Anbieter“). Seit dem 1. Januar 1993 ist daher in *Corporate Networks*, d.h. Netzen für Kommunikationsgemeinschaften, auch Sprachvermittlung für andere zugelassen, und zwar

- mit einer (gebührenfreien) Allgemeingenehmigung für die Vermittlung von Sprache für andere zwischen zusammengefaßten, d.h. vertraglich bzw. beteiligungsmäßig verbundenen Unternehmen und
- mit einer (gebührenpflichtigen) Einzelgenehmigung für die Vermittlung von Sprache für einen abschließend festgelegten Kreis von Teilnehmern (*geschlossene Benutzergruppe*).

Den Ausdruck *Corporate Networks* hatten bisher schon einige Anbieter für die bereits früher nach §1 Abs. 4 FAG für jedermann mit Netzen der Telekom erlaubte Datenkommunikation für andere verwendet. Mit der genannten Erweiterung sind Netze für Kommunikationsgemeinschaften praktisch Mehrwertdienste für die simultane Nutzung sämtlicher Kommunikationsformen. Große Unternehmen mit vielen verbundenen Partnern (Automobilfirmen, Hardware-Hersteller, Pharmakonzerne, u.a.) müssen anhand von Kosten/Nutzen-Analysen prüfen, ob der Betrieb eines *Corporate Networks* wirtschaftlich ist. Ausschlaggebend sind

- die Anzahl und die geographische Verteilung aller Standorte der beteiligten Unternehmen und
- die Form (Sprache, Daten), das Volumen und die zeitliche Verteilung des Kommunikationsaufkommens.

Die bisherigen Anbieter von Mehrwertdiensten für die Datenkommunikation haben die Möglichkeit, ihre Dienste auf die Sprachkommunikation auszuweiten und für geschlossene Benutzergruppen *Corporate Networks* zu betreiben.

Rechnernetze

Grundlagen

Unter einem *Rechnernetz* (oder Rechnerverbundsystem) versteht man, wie bereits im Abschnitt „Kapitelübersicht“ definiert, den durch Übertragungswege realisierten Verbund mehrerer getrennter, selbständiger Rechner. Die Rechner können allen Größenklassen von der DV-Großanlage bis zum Mikrocomputer angehören. Man unterscheidet

- Rechnerfernetze (WAN = Wide Area Network) und
- lokale Rechnernetze (LAN = Local Area Network).

Rechnerfernetze (andere Bezeichnung: Weitverkehrsnetze) sind Netze, bei denen geographisch entfernte, voneinander unabhängige Rechner über Fest- und/oder Funknetze (vgl. Abschnitt „Fest- und Funknetze“) miteinander verbunden sind. Falls die Rechner zu rechtlich voneinander unabhängigen Unternehmen gehören, spricht man von zwischenbetrieblicher Integration. Für die Vernetzung werden

- im Regelfall (öffentliche) Netze der Telekom oder
- als Mehrwertdienste (vgl. Abschnitt „Mehrwertdienste“) von anderen Betreibern (unter Verwendung von Netzen der Telekom) angebotene Netze benutzt.

Private Leitungen kommen nur in Ländern ohne Netzmonopol in Betracht, in Deutschland gibt es einige Ausnahmegenehmigungen, insbesondere für Elektrizitätsunternehmen (vgl. Abschnitt „Rechtliche Situation und Anbieter“).

Lokale Rechnernetze konzentrieren sich auf ein Gebäude oder Betriebsgelände. Genau gilt §3 Abs. 1 Ziffer 3 FAG, wonach Femmeldeanlagen (außer Funkanlagen)

- a) innerhalb der Grenzen eines Grundstücks und
- b) zwischen mehreren einem Besitzer gehörenden Grundstücken, deren keines von dem anderen über 25 km Luftlinie entfernt ist,

genehmigungsfrei errichtet und betrieben werden können.

Der Anwender eines lokalen Netzes ist in der Regel ein einzelnes Unternehmen, er kann aber auch aus mehreren natürlichen oder juristischen Personen bestehen. Entscheidend ist, daß er - im Gegensatz zum Rechnerfernetz - die Übertragungswege selbst festlegen (und auch verlegen) darf.

Beim *Netzverbund* werden Rechnerfernetze und/oder lokale Netze untereinander oder miteinander gekoppelt. Die Verbindung erfolgt jeweils über einen ausgewählten Rechner in jedem beteiligten Netz. Ein Rechnerfernetz kann auch durch die bloße Kopplung mehrerer lokaler Netze entstehen.

Weitverkehrsnetze (WAN) verbinden Standorte innerhalb eines Landes oder Kontinents. Nach dem Kriterium der räumlichen Ausdehnung lassen sich noch zwei weitere Netzarten wie folgt unterscheiden:

- GAN (Global Area Network): Netz, das sich über mehrere Kontinente ausdehnt, in der Regel mit Satellitenübertragung (internetworking);
- MAN (Metropolitan Area Network): Da das Kommunikationsaufkommen innerhalb von Großstädten besonders hoch ist, werden nach amerikanischem Vorbild auch in Deutschland Hochgeschwindigkeitsnetze (Glasfaser, Breitbandverfahren) mit Übertragungsraten bis 140 MBit/s eingerichtet (deutsche Bezeichnung lt. DIN 66325: *regionale* Netze). Für den Betrieb von regionalen Rechnernetzen bietet Telekom das Netz Datex-M mit drei verschiedenen Übertragungsraten an.

Als Verbundart bezeichnet man den Zweck, zu dem Rechner vernetzt werden.

Die wichtigsten Verbundarten sind

- a) Lastverbund (Kapazitätsverbund)
Kapazitätsausgleich bei Belastungsschwankungen. Ein Sonderfall ist der Sicherheitsverbund gegen Ausfälle.
- b) Geräteverbund (Betriebsmittelverbund)
Nutzung von speziellen peripheren Geräten (z.B. Scanner oder Laserdrucker), die nicht an allen Rechnern angeschlossen sind.

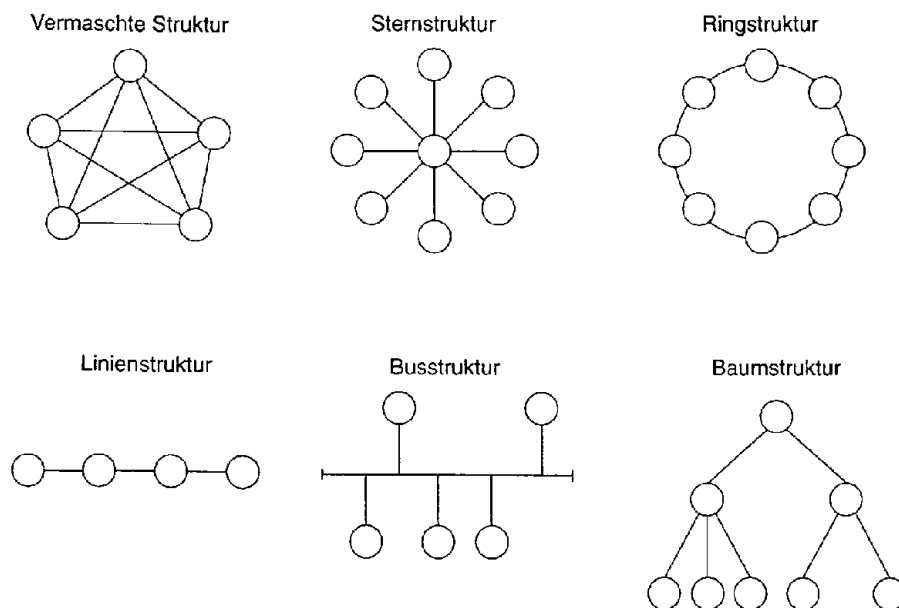
- c) Funktionsverbund
Nutzung von Programmfunktionen, die in einem anderen Rechner verfügbar sind (Programmverbund) oder Nutzung von entfernten Spezialrechnern, z.B. Parallelrechner.
- d) Datenverbund
Nutzung gemeinsamer, häufig räumlich verteilter Datenbestände durch verschiedene Stellen.
- e) Kommunikationsverbund (Nachrichtenverbund)
Informationsaustausch zwischen den Benutzern von Rechnern an verschiedenen, räumlich getrennten Arbeitsplätzen.

Der reine Lastverbund wird kaum noch praktiziert. Die Verbundarten Geräte-, Funktions- und Datenverbund lassen sich unter dem Oberbegriff *verteilte Verarbeitung* zusammenfassen. Der Funktionsverbund wird vorwiegend in wissenschaftlichen Rechnernetzen praktiziert.

Rechnernetze können - wie alle anderen Netze - grafisch durch Knoten und Verbindungsstrecken zwischen den Knoten (Kanten) dargestellt werden. In Rechnernetzen entsprechen die Rechner den Knoten. Die geometrische Anordnung der Knoten wird als *Netzwerktopologie* oder *Netzstruktur* bezeichnet. Je nach Struktur des Netzes kann es erforderlich werden, daß von einzelnen Knoten (*Vermittlungsknoten*) Vermittlungsvorgänge ausgeführt werden. Die Grundformen gebräuchlicher Netzstrukturen sind (vgl. Abbildung 41):

- vermaschte Struktur,
- Sternstruktur,
- Ringstruktur,
- Linienstruktur,
- Busstruktur und
- Baumstruktur.

Abbildung 41: Netzwerktopologien



Vermaschte Struktur: Jeder Teilnehmer ist entweder mit jedem anderen Teilnehmer (voll vermaschte Struktur) oder mindestens mit mehreren Teilnehmern direkt verbunden. Sehr leistungsfähig, aber teuer.

Sternstruktur: Jeder Teilnehmer ist mit einer Zentrale verbunden (Beispiel: Telekommunikationsanlage). Einsparung von Leitungen durch Verbindung lediglich der Zentralen untereinander. Leichte Erweiterbarkeit je nach Kapazität der Zentrale. Abhängigkeit von der Zentrale (Überlastung, Störungen).

Ringstruktur: Alle Teilnehmer sind gleichberechtigt und ringförmig miteinander verbunden. Keine Zentrale. Minimaler Leitungsaufwand bei größerer Teilnehmerzahl. Überlastung bei hohem Übertragungsvolumen. Totalausfall bei Ausfall einer Station. Spezialfall: *Linienstruktur* (offener Ring).

Busstruktur: Die Teilnehmer sind durch ein gemeinsam genutztes Medium untereinander verbunden. Der Ausfall einer Station beeinträchtigt die Übertragung nicht.

Baumstruktur: Hierarchische Verknüpfung von Stern-, Ring- oder Busstruktur. Sämtliche Nachrichten laufen jeweils über den Wurzelknoten jeder einzelnen Struktur. Dadurch Abhängigkeit von diesen Knoten.

Muß eine Nachricht vom Sender zum Empfänger mehrere Zwischenknoten durchlaufen (z.B. bei Stern-, Ring- und Linienstrukturen), spricht man von einem *Teilstreckennetz*. Sind alle Stationen an eine einzige Übertragungsleitung angeschlossen (z.B. bei der Busstruktur), liegt ein *Diffusionsnetz* vor. Vorwiegend eingesetzt werden

- bei Rechnerfermnetzen: vermaschte Struktur, Stern- und Baumstruktur,
- bei lokalen Rechnernetzen: Ring- und Busstruktur.

Kommentiertes Literaturverzeichnis:

(Zwei allgemeine Hinweise zur Literatur:

1. Englisch lesen können ist *absolut* notwendig, da ganze Stoffgebiete nicht entsprechend durch deutschsprachige Literatur abgedeckt werden,
2. Lieber das Original lesen als das Buch "Was XXX wirklich sagte".)

Abendroth W./Lenk K., 1968, "Einführung in die politische Wissenschaft", UTB 35, Stuttgart. Immer noch eine der besten Einführungen in die Politikwissenschaft; nicht mathematisch; auch ohne Vorkenntnisse sehr zu empfehlen.

Babe E. (Hrsg.), 1994, „Information and Communication in Economics“, Kluwer Academic Publishers, Boston. Sehr interessante neuere Aufsatzsammlung mit zum Teil (ökonomisch) unorthodoxen Ansätzen.

Caldwell B., 1982, "Beyond Positivism", Allen & Unwin, London. Gutes Einführungsbuch in die Wissenschaftstheorie; modern indem es auch die letzten 20 Jahre (nach dem Positivismus) behandelt; empfehlenswert.

Comte A., 1979 (1844), "Rede über den Geist des Positivismus", Felix Meiner Verlag, Hamburg. Klassiker; nur für Liebhaber und Kritiker des älteren Positivismus.

Conrad W./Streeck W., 1980, "Elementare Soziologie", Westdeutscher Verlag, Opladen. Sammelband klassischer, soziologischer Artikel; nur für Soziologen zu empfehlen.

Descartes R., 1980 (1637), "Abhandlung über die Methode", in "Ausgewählte Schriften", Philipp Reclam Verlag, Leipzig. Klassischer Text; leicht lesbar.

Duby G., 1981, "Die drei Ordnungen. Das Weltbild des Feudalismus.", Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M. Hohe Wissenschaft; aber nur für Mittelalter-Freaks.

Ellenstein J., 1977, "Geschichte des Stalinismus", Verlag für das Studium der Arbeiterbewegung (VSA), Westberlin. Sachkundige kurze Einführung, empfehlenswert.

Elster J., 1989, "Nuts and Bolts for the Social Sciences", Cambridge University Press, Cambridge (USA). Ausgezeichnete moderne Einführung in die Methoden der Sozialwissenschaften; Schwerpunkt Spieltheorie.

Forester T. (Hrsg.), 1989, "Computers in the Human Context", Basil Blackwell, Oxford. Sammelband mit einer großen Anzahl sehr kurzer, sehr diverser Artikel; recht interessant.

Halbwachs M., 1985 (1925), "Das kollektive Gedächtnis", Fischer Verlag, Stuttgart. Dünne, typisch soziologisch-verbale Studie; einige interessante Gesichtspunkte.

Hanappi H., 1989, "Die Entwicklung des Kapitalismus", Peter Lang Verlag, Bern.

Hanappi H., 1994, „Evolutionary Economics. The Evolutionary Revolution in the Social Sciences“, Avebury Publishers, Aldershot.

Hauck G., 1984, "Geschichte der soziologischen Theorie", Rowohlt Verlag, Hamburg. Hervorragendes, kleines Einführungsbuch in die Soziologie; sehr zu empfehlen.

Hegel G.W.F., 1979 (1832), "Wissenschaft der Logik", Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M. Klassiker; ideal zum Erlernen dialektischen Denkens; dicke (2 Bände), dicht geschriebene Meditation; Urlaubslektüre für "Denker".

Held D., 1987, "Models of Democracy", Polity Press, Cambridge (UK). Ausgezeichneter Überblick über Demokratiemodelle; jedes Modell wird historisch verankert und in Grundzügen zusammengefaßt; Schwerpunkt: was bedeutet direkte Demokratie heute.

Held D./Pollitt C., 1986, "New Forms of Democracy", Sage Publications, London. Sammelband zu Fragen der Demokratie; lesenswert.

Jussawalla M./Okuma T./Araki T., 1989, "Information Technology and Global Interdependence", Greenwood Press, New York. Gute, lesbare Konferenzbeiträge zu einem sonst wenig diskutierten Thema.

Kant I., 1980 (1781), "Kritik der reinen Vernunft", Suhrkamp Verlag, Wiesbaden. Klassiker; lesbar, aktuell, aufschlußreich auch für kontemporäre Fragestellungen; Vorsicht zeitintensiv (2 Bände).

Kuhn Th., 1967, "Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen", Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M. Ein "Muß" für wissenschaftstheoretisch Interessierte; interessant für jeden der einmal etwas mit Wissenschaft zu tun haben will.

- Kuhn Th., 1977, "Die Entstehung des Neuen", Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M. Aufsatzsammlung; nur für Kuhn-Freunde.
- Lamberton D. (Hrsg.), 1971, "Economics of information and knowledge", Sammelband berühmter Aufsätze zum Thema; nur für Spezialisten.
- Lamberton D., 1994, „The Information Economy Revisited“, in [Babe (Hrsg.), 1994]. Neuerer Überblicksartikel zum Thema statistische Erfassung des Informationssektors. Reiches Literaturverzeichnis.
- Lakatos I., 1982, "Mathematik, empirische Wissenschaft und Erkenntnistheorie", Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden. Klassiker der sich vom Popperianismus trennenden *Growth of Knowledge* Schule der Erkenntnistheorie (Kuhn); Logik; schwierig zu lesen.
- Lehner F./ Hildebrand K./Maier R., 1995, „Wirtschaftsinformatik. Theoretische Grundlagen.“, Hanser Verlag, München, Wien. Etwas hilfloser Versuch einer theoretischen Diskussion, die zur Aufzählung verschiedenster Positionen wird.
- Lieber H.-J., 1985, "Ideologie", UTB 1385, Paderborn, München. Gute, historisch aufgebaute Einführung in den Begriff, lesenswert.
- Luhmann N., 1984, "Soziale Systeme", Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M. Umfangreicher Entwurf einer allgemeinen Theorie sozialer Systeme; inhaltlich interessant, nicht formal, dennoch nur für Spezialisten zu empfehlen.
- Machlup F., 1984, „The Economics of Information and Human Capital“, Princeton, New Jersey, Princeton University Press. Klassiker auf diesem Gebiet, lesenswerter Mainstream.
- McLellan D., 1986, "Ideology", Open University Press, Milton Keynes (UK). Gegenüberstellung von Ideologietheorie aus marxistischer und nicht-marxistischer Sicht; guter, kurzer Einführungstext.
- Medwedew R. u.a., 1977, "Entstalinisierung", Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M. Aufsatzsammlung in der viele Aspekte des Stalinismus aus unterschiedlichen Positionen beleuchtet werden; eher nur für Interessierte.
- Mertens P. u.a., 1996, „Grundzüge der Wirtschaftsinformatik“, Springer Verlag. Eher kompaktes Lehrbuch mit Schwerpunkt EDV und Anwendungsbeispiele.
- Ordeshook P., 1986, "Game theory and political theory", Cambridge University Press, Cambridge (USA). Fortgeschrittene Einführung in die Spieltheorie mit Schwerpunkt der Anwendungsbeispiele auf *Voting Theory*; gehobener, moderner Standard an amerikanischen Universitäten; mathematisch.
- Piaget J., 1983 (1967), "Biologie und Erkenntnis. Über die Beziehungen zwischen organischen Regulationen und kognitiven Prozessen.", Fischer Verlag, Frankfurt a.M. Aufschlußreiche, wenn auch oft langatmige Arbeit zur Entstehung des Denkens; inzwischen klassisches oft zitiertes Werk.
- Popper K., 1973, "Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf", Hoffmann und Campe Verlag, Hamburg. Eine gute Sammlung der oft zitierten Aufsätze Sir Karls; einige originelle Ideen; auch deshalb von Interesse weil Popper der Hausphilosoph für sehr viele "Normalwissenschaftler" (Kuhn) ist.
- Prewo R./Ritsert J./Stracke E., 1973, "Systemtheoretische Ansätze in der Soziologie", Rowohlt Verlag, Hamburg. Lesbares, als Studienlektüre aufbereitetes Taschenbuch; empfehlenswert.
- Scheer A.-W., 1995, „Wirtschaftsinformatik. Referenzprozesse für industrielle Geschäftsprozesse“, Springer Verlag. Betriebswirtschaftlich orientiertes Einführungsbuch - entsprechend strukturiert, zum Nachschlagen ganz hilfreich.
- Schmidt S. (Hrsg.), 1987, "Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus", Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M. Aufsatzsammlung der Vertreter des Radikalen Konstruktivismus; eher für Fans dieser Richtung; Kritiker kommen nicht zu Wort.
- Schulze P., 1974, "Übergangsgesellschaft: Herrschaftsform und Praxis am Beispiel der Sowjetunion", Fischer Verlag, Frankfurt a.M. Theoretisch orientierte Aufsatzsammlung für Spezialisten.
- Simon H., 1983, "Models of Bounded Rationality", MIT Press, Cambridge (USA). Aufsatzsammlung eines wahrhaft interdisziplinär Arbeitenden; interessant, aber für Fortgeschrittene.
- Smith A., 1974 (1789), "Der Wohlstand der Nationen", DTV, München. Klassiker der Ökonomie; für ökonomisch oder dogmengeschichtlich Interessierte.
- Sohn-Rethel A., 1970, "Geistige und körperliche Arbeit", Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M. Materialistische Begründung der Denkprozesse; vom Ansatz her interessant, doch zu wenig auf Rückkopplungsmechanismen bedacht nehmend; fortgeschrittene Lektüre.

Stahlknecht P., 1995, „Einführung in die Wirtschaftsinformatik“, Springer Verlag. Lehrbuch der Betriebsinformatik, die als besondere angewandte Informatik betrachtet wird.

Therborn G., 1980, "The ideology of power and the power of ideology", Verso editions and NLB, London. Dünnes aber intelligentes Buch über den Zusammenhang von Ideologie und Macht; spezifisch aber dennoch empfehlenswert.

Weber M., 1973 (1914), "Soziologie, Universalgeschichtliche Analysen, Politik", Kröner Verlag, Stuttgart. Kleine, dogmengeschichtlich interessante Aufsatzsammlung; viele bis heute wirksame (Vor) Urteile erstmals formuliert.

Weber M., 1972 (1922), "Wirtschaft und Gesellschaft", J.C.B.Mohr Verlag, Tübingen. Klassiker; umfangreich, aber langwierig zu lesen.

Wittgenstein L., 1978 (1921), "Tractatus logico-philosophicus", Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M. Schlüsseltext des logischen Apriorismus; kurz aber dicht geschrieben.

Wittgenstein L., 1977 (1945), "Philosophische Untersuchungen", Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M. Später Text Ws.; lesbarer als Tractatus weil kritischer und nicht ganz so streng aufgebaut.