

de Gruyter Lehrbuch
Dworatschek
Grundlagen der Datenverarbeitung

Sebastian Dworatschek

Grundlagen der Datenverarbeitung

8., durchgesehene Auflage



Walter de Gruyter
Berlin · New York 1989

Dr. rer. pol. *Sebastian Dworatschek*
Dipl.-Wirtsch.-Ing., Dipl.-Ing.
Universitäts-Professor am Institut für Projektmanagement
und Wirtschaftsinformatik (IPMI), Universität Bremen

1. Aufl. 1969
8. Aufl. 1989

Das Buch enthält über 200 Abbildungen, 235 Übungsaufgaben
und einen Anhang mit 71 Fotos.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Dworatschek, Sebastian:
Grundlagen der Datenverarbeitung / Sebastian Dworatschek. –
8., durchges. Aufl. – Berlin ; New York : de Gruyter, 1989
(De-Gruyter-Lehrbuch)
ISBN 3-11-012025-9

© Copyright 1989 by Walter de Gruyter & Co., Berlin 30.
Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der
Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch
Photokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung
des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet,
vervielfältigt oder verbreitet werden. Printed in Germany.
Einbandgestaltung: K. Lothar Hildebrand, Berlin.
Satz und Druck: Tutte Druckerei GmbH, Salzweg-Passau.
Bindung: Lüderitz & Bauer GmbH, Berlin.

Inhalt

Einführung	13
----------------------	----

Teil I: Funktionale Grundlagen

1. Entwicklung der Datenverarbeitung	21
1.1 Geschichtliche Entwicklung	21
1.2 Rechner-Generationen	25
1.3 Rechnermarkt	33
Aufgaben zu I 1	38
2. Analog- und Digital-Rechentechnik	39
Aufgaben zu I 2	44
3. Aufbau einer Datenverarbeitungsanlage	44
3.1 Vergleich mit einem menschlichen Rechner	44
3.2 Informationsdarstellung	48
3.2.1 Zeichen und Daten	48
Aufgaben zu I 3.2.1	51
3.2.2 Binärzeichen als elektrisches Signal	52
3.2.3 Codes zur Zeichendarstellung	55
3.2.3.1 Tetradendarstellung	56
3.2.3.2 7-Bit-Code/ASCII-Code	57
3.2.3.3 EBCDI-Code (Byte-Code)	58
Aufgaben zu I 3.2.2./3.2.3	59
3.3 Befehlsdarstellung	60
3.3.1 Operationstypen und Befehlsarten	61
3.3.2 Operationsteil	65
3.3.3 Einadreß- und Zweiadreß-Maschinen	66
3.3.4 Wort- und Stellenmaschinen	67
3.3.5 Relative und indizierte Adressierung	68
3.3.6 Zweiadreß-Befehle	69
Aufgaben zu I 3.3	70

4 Inhalt

3.4 Grundeinheiten: Eingabe und Ausgabe	72
Aufgaben zu I 3.4	75
3.5 Grundeinheit: Speicher	77
3.5.1 Speicherfunktionen	77
3.5.2 Speicherkenngößen	79
3.5.3 Speicherhierarchie	81
Aufgaben zu I 3.5	84
3.6 Grundeinheit: Leitwerk	85
3.6.1 Steuerungsmechanismen	86
3.6.2 Synchronisation der Rechnerarbeit	88
3.6.3 Programmablauf bei einer Einauß-Maschine	93
Aufgaben zu I 3.6	96
3.7 Grundeinheit: Rechenwerk	96
4. Aufbau eines Mikrocomputers	99
4.1 Die Grundeinheiten und Bus-Betrieb	99
4.2 Der Mikroprozessor und seine Register	102
4.3 Adressierungsarten beim Mikrocomputer	105
Aufgaben zu I 4	109

Teil II: Mathematische Grundlagen

1. Mathematische Begriffe	113
1.1 Potenz	113
1.2 Logarithmus	116
1.3 Fakultät und Binomialkoeffizient	118
Aufgaben zu II 1.	119
2. Zahlensysteme	120
2.1 Definition von Zahlensystemen	120
2.1.1 Dezimalsystem	120
2.1.2 Polyadisches Zahlensystem	123
2.1.3 Dualsystem	125
Aufgaben zu II 2.1	127
2.2 Festpunktrechnung	128
2.2.1 Begründung	128
2.2.2 Festpunkt-Addition	131
2.2.3 Festpunkt-Multiplikation	133
2.2.4 Festpunkt-Subtraktion	136
2.2.5 Festpunkt-Division	138
Aufgaben zu II 2.2	140

2.3	Umwandlung von Zahlensystemen	141
2.3.1	Dual/Hexadezimal in Dezimal	142
2.3.2	Dezimal in Dual/Hexadezimal	143
2.3.3	Dual in Hexadezimal (und zurück)	144
	Aufgaben zu II 2.3	144
2.4	Gleitpunktrechnung	145
2.4.1	Gleitpunkt-Struktur	145
2.4.2	Gleitpunkt-Grundrechenarten	146
	Aufgaben zu II 2.4	148

Teil III: Informationslogische Grundlagen

1.	Informationstheorie	153
1.1	Qualitative Aussagen	153
1.1.1	Kommunikation, Information, Daten	153
1.1.2	Kybernetik	156
	Aufgaben zu III 1.1	158
1.2	Quantitative Aussagen	159
1.2.1	Elementarvorrat	159
1.2.2	Entscheidungsgehalt	161
1.2.3	Entscheidungsredundanz	163
1.2.4	Informationsgehalt	164
1.2.4.1	Ungleiche Häufigkeiten der Nachrichten	164
1.2.4.2	Berechnung des Informationsgehaltes	165
1.2.4.3	Informationsredundanz	168
	Aufgaben zu III 1.2	168
2.	Codierung	171
2.1	Redundanz und Binärcodes	171
2.2	Tetraden-Codes	172
2.2.1	BCD-Codes (8-4-2-1-Code)	172
2.2.2	Aiken-Code und Exzeß-3-Code (Stibitz-Code)	175
2.2.3	Gray-Code	177
2.3	Binärcodes mit mehr als 4 Bits	179
	Aufgaben zu III 2.1/2.2/2.3	181
2.4	Codesicherung	182
2.4.1	Ungesicherte Codes	182
2.4.2	Fehlererkennende Codes	184
2.4.3	Fehlerkorrigierende Codes	187
2.4.4	Prüfbit-Methode	190
	Aufgaben zu III 2.4	192

6 Inhalt

3. Schaltalgebra	193
3.1 Boole'sche Algebra	193
3.2 Grundfunktionen	196
3.2.1 Identität und Negation	196
3.2.2 AND-Funktion	197
3.2.3 OR-Funktion	199
3.3 Darstellungsarten	199
3.3.1 Kurzzeichen	199
3.3.2 Wertetafel (Funktionstabelle)	200
3.3.3 Kontaktskizze	201
3.3.4 Symboldarstellung	202
3.3.5 Mengendiagramme	202
3.4 Funktionen bei 2 Eingangsvariablen	203
Aufgaben zu III 3.1/3.2/3.3/3.4	204
3.5 Rechenregeln	206
3.5.1 Postulate und Theorem	206
3.5.2 Assoziatives Gesetz	208
3.5.3 Distributives Gesetz	210
3.5.4 Morgan'sches Theorem	210
3.5.5 Entwicklungstheorem	212
3.6 Normalformen der Schaltfunktion	213
3.7 Anwendungsbeispiele	216
3.7.1 Papiertransport beim Schnelldrucker	216
3.7.2 Dualladdierer	220
3.7.2.1 Halbaddierer	220
3.7.2.2 Volladdierer	222
3.7.3 Erkennen von Pseudotetraden	225
Aufgaben zu III 3.5/3.6/3.7	227

Teil IV: Technologische Grundlagen

1. Bauelemente	231
1.1 Relais	231
1.2 Halbleiterbauelemente	233
1.2.1 Diode	234
1.2.2 Transistor	235
1.3 Integrierte Schaltungstechniken	237
Aufgaben zu IV 1.	240
2. Speicherarten	240
2.1 Halbleiterspeicher	240

2.1.1	Kippschaltungen	240
2.1.2	Festwert- und Schreib-/Lesespeicher	243
2.2	Magnetkernspeicher	246
	Aufgaben zu IV 2.1/2.2	248
2.3	Magnetbandspeicher	248
2.3.1	Technische Struktur	248
2.3.2	Informationsaufzeichnung	249
2.3.3	Kenngößen	252
2.3.4	Kassettenspeicher	252
2.4	Magnetplattenspeicher	253
2.4.1	Technische Struktur	253
2.4.2	Kenngößen	256
2.4.3	Winchesterplatten für Mikrocomputer	257
2.4.4	Diskettenspeicher für Mikrocomputer	259
2.5	Magnettrommel- und Magnetkartenspeicher	263
	Aufgaben zu IV 2.3/2.4/2.5/2.6/2.7.	264
3.	Ein-/Ausgabeeinheiten	265
3.1	Eingabegeräte	266
3.1.1	Lochstreifen-Eingabe	266
3.1.2	Lochkarten-Eingabe	267
3.1.3	Belegleser und Scanner	270
3.1.4	Datenerfassung	272
	Aufgaben zu IV 3.1	275
3.2	Ausgabegeräte	275
3.2.1	Lochstreifen- und Lochkartenstanzer	275
3.2.2	Drucker	276
3.2.3	Zeichengeräte (Plotter)	282
3.3	Kombinierte Ein-/Ausgabe	282
3.3.1	Bildschirmgeräte	282
3.3.2	Grafiktablett, Lichtgriffel und Maus	287
3.3.3	Mikrofilm in der Datenverarbeitung	290
3.3.4	Spracheingabe und -ausgabe	292
3.4	Datenübertragung und Telekommunikation	296
3.5	Ein-/Ausgabewerk (Kanalprinzip)	300
	Aufgaben zu IV 3.2/3.3/3.4/3.5	304

Teil V: Software-technologische Grundlagen

1.	Datenorganisation	310
1.1	Dateneinheiten	310
1.2	Datensatzstrukturen	312

1.2.1	Logische und physische Sätze	312
1.2.2	(Nicht-)Lineare Sätze	315
1.2.3	(Nicht-)Formatierte Sätze	316
1.3	Schlüssel	317
1.4	Speicherungsverfahren	318
1.4.1	Sequentielle Speicherung	318
1.4.2	Index-sequentielle Speicherung	319
1.4.3	Index-verkettete Speicherung	319
1.4.4	Gestreute Speicherung	320
1.5	Suchverfahren	322
1.6	Verarbeitungsverfahren	324
1.6.1	Sortierte Verarbeitung	325
1.6.2	Unsortierte Verarbeitung	325
1.7	Datenbanken für Mikrocomputer	328
	Aufgaben zu V 1	333
2.	Software-Entwicklung	333
2.1	Datenflußplan und Programmablaufplan	334
2.2	Maschinenorientierte Programmiersprachen	338
2.2.1	Maschinensprache	338
2.2.2	Symbolsprache mit mnemotechnischem Operationsteil	339
2.2.3	Assemblersprachen	341
2.3	Problemorientierte Universalsprachen	343
2.3.1	Problemorientierung	343
2.3.2	RPG	345
2.3.3	BASIC	346
2.3.4	ALGOL	348
2.3.5	FORTRAN	348
2.3.6	COBOL	349
2.3.7	PL/I	350
2.3.8	PASCAL und MODULA-2	351
2.4	Höhere Programmiersprachen	354
2.4.1	Generationen von Programmiersprachen	354
2.4.2	SIMULA, ADA, C, FORTH, LISP, LOGO und PROLOG	355
2.4.3	Datenbanksprache DBASE für Mikrocomputer	358
2.4.4	Produktionsprozeßsprachen EXAPT und PEARL	360
	Aufgaben zu V 2.1/2.2/2.3/2.4	361
2.5	Software-Technologie	362
2.5.1	Software-Engineering	362
2.5.2	Phasenmodelle der Software-Entwicklung	365
2.5.3	Strukturierende Entwurfsdarstellungen	368
2.5.3.1	Entwurfstrategien	368
2.5.3.2	Entscheidungstabelle	370

2.5.3.3	Elementarstrukturen im Programmablaufplan	372
2.5.3.4	Elementarstrukturen im Struktogramm	375
2.5.3.5	Elementarstrukturen im Pseudocode	376
2.5.4	Methoden und Umgebungen für die Software-Entwicklung	377
2.5.4.1	Normierte Programmierung	377
2.5.4.2	HIPO-Methode	379
2.5.4.3	Jackson-Methode	380
2.5.4.4	SADT-Methode	381
2.5.4.5	Software-Werkzeuge und -Umgebungen	383
Aufgaben zu V 2.5	385
3.	Rechner-Betriebsarten	386
3.1	Klassifizierungsschema	386
3.2	Stapelverarbeitung	387
3.3	Time-Sharing	389
3.4	Multiprogramming	390
3.5	Echtzeitverarbeitung	392
3.6	Teilnehmerbetrieb und Datenfernverarbeitung	393
3.7	Mehrprozessorbetrieb	395
3.8	LAN und Rechner-Verbundnetze	398
3.9	Betriebsarten der Mikrocomputer	400
Aufgaben zu V 3	403
4.	Betriebssysteme	404
4.1	Zusammenarbeit von Hardware und Software	404
4.2	Betriebssysteme der drei Rechnergenerationen	409
4.2.1	Betriebssysteme der 1. Generation	409
4.2.2	Betriebssysteme der 2. Generation	410
4.2.3	Betriebssysteme der 3. Generation	411
4.3	Steuerprogramme des Betriebssystems	412
4.3.1	Job und Task	412
4.3.2	Auftrags-Management	414
4.3.2.1	Bedienungssteuerung (master scheduler)	415
4.3.2.2	Auftragssteuerung	415
4.3.3	Prozeßsteuerung	417
4.3.4	Datensteuerung	418
4.4	Übersetzer und Dienstprogramme	420
4.4.1	Übersetzer, Binder, Lader	420
4.4.2	Dienstprogramme	423
4.5	Virtuelle Systeme	424
4.6	Betriebssysteme für Mikrocomputer	427
4.6.1	Betriebssystem-Generationen	428

2.3.2 Datenverarbeitung im Kreditgewerbe	515
2.3.3 Datenverarbeitung im Transportgewerbe	516
2.4 Datenverarbeitung im Öffentlichen Sektor	517
2.4.1 Öffentliche Versorgungsbetriebe	517
2.4.2 Staatliche Verbundnetze	521
2.4.3 Datenverarbeitung in der Medizin	523
2.5 Datenverarbeitung in Wissenschaft und Bildung	528
2.5.1 Disziplinen und Hochschulen	528
2.5.2 Computer im Unterricht	531
Aufgaben zu VI 2.	534

Anhang

Lösungen zu den Aufgaben	537
Anhang ASCII-Code	547
Literaturhinweise	549
Fachwörterverzeichnis englisch/deutsch	553
Stichwörterverzeichnis	561
Foto-Anhang	571

Einführung

Ein Laie auf dem Gebiet der Datenverarbeitung werde nach seiner Deutung des Begriffs ‚Datenverarbeitung‘ gefragt. Eine schlüssige und voll befriedigende Antwort wird ihm wohl kaum spontan gelingen. Völlig fremd erscheint ihm das Thema allerdings auch nicht. Im ersten Moment versucht er also, sich ein Bild aus Mosaiksteinchen zusammenzusetzen und zu formulieren. Als Mosaiksteinchen verwendet er Wörter und Teilzusammenhänge des weiten Bereichs ‚Datenverarbeitung‘, die er früher aus Meldungen des Rundfunks, des Fernsehens und der Zeitungen, aus Besuchen von Computer-Messen und aus Gesprächen mit Arbeitskollegen in sein Gedächtnis übernommen hat. Ausdrücke wie: Computer, Mikroelektronik, Programmierer, Roboter, Informatik, phantastische Rechengeschwindigkeiten, Daten, Transistoren und ähnliche kommen ihm bunt durcheinandergewürfelt in den Sinn. Der Befragte sortiert und klassifiziert sie. Er versucht jedenfalls, sich aus den vielen Mosaiksteinchen ein größeres Bild von den Zusammenhängen, Aufgaben und Auswirkungen der Datenverarbeitung zu bilden.

Dennoch bleibt oft das Wissen um die ‚Datenverarbeitung‘ im allgemeinen und um deren zentrales Instrument, der ‚Datenverarbeitungsanlage‘ im besonderen, nur eine Ansammlung mehr oder weniger deutlicher Vorstellungen. Zum Teil liegt es daran, daß sich der Laie fast nur mit den – sicherlich oft faszinierenden – Ergebnissen der Computer-Nutzung befaßt. Eine geheimnisvolle Atmosphäre umgibt oft diese leistungsfähige, aber zweifellos auch komplizierte Maschine. Publizistische Formulierungen wie ‚Elektronengehirn‘ oder ‚Intelligenzroboter‘ verstärken noch diese Atmosphäre. Als Symptom für das entstehende Unwohlgefühl der Datenverarbeitungsanlage gegenüber können die in Nachrichten und Karikaturen ausgiebig kolportierten Meldungen über Rechen- oder Buchungsfehler von solchen Anlagen gelten – Fehler, die täglich zu Tausenden bei manueller Buchhaltung vorkommen, ohne besonders registriert zu werden. Der Computer-Witz soll die Datenverarbeitung entzaubern; dem Computer wird ‚Allzumenschliches‘ angehängt. Das New Yorker Magazin ‚Time‘ ernannt in einer Verirrung den Computer sogar zum ‚Mann des Jahres 1982‘, da er – wie die in vorausgegangenen Jahren gewählten Männer – ‚im Guten oder Schlechten den größten Einfluß‘ ausgeübt habe.

Wie erklärt es sich aber, daß sich die breite Öffentlichkeit an der Entwicklung und den Erfolgen der Datenverarbeitung nach wie vor so stark interessiert zeigt?

Eine der Ursachen könnte die spektakuläre und dynamische Entwicklung der Datenverarbeitung sein. Das erste Kapitel weist darauf hin, daß der eigentliche Anfang der sprunghaften Entwicklung der Datenverarbeitung nur etwa vier Jahrzehnte zurückliegt. Jeden Tag berichten Rundfunk, Fernsehen und Zeitungen über neue Computer-Modelle, neue erfolgreiche Anwendungen und spektakuläre Erfolge. Die Menschen des 20. Jahrhunderts, das durch nie zuvor erreichte Geschwindigkeiten und rasanten technischen Fortschritt geprägt wird, sehen in der Datenverarbeitung einen Inbegriff ihres Zeitalters. Die Quarzuhr mit eingebautem Mikrocomputer gehört schon zum Alltag. Der jungen Generation wird der Mikrocomputer bereits von Kindheit an als Spielgerät und zunehmend auch als Arbeitsplatzhilfe geläufig sein. Man spricht davon, daß nicht etwa die modernen Erkenntnisse der Atomphysik die zweite technische Revolution bedeuten, sondern der Einsatz der Datenverarbeitungsanlagen auf allen Gebieten des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lebens. So glaubt beispielsweise N. Wiener, der Begründer der Kybernetik, unser Jahrhundert am besten als das Zeitalter der Nachrichten- und Regelungstechnik beschreiben zu können. Wir sprechen heute auch von Kommunikations- und Informationstechnologien. Als zentrales und zugleich verbindendes Glied dieser Techniken erweist sich aber immer mehr die Datenverarbeitung.

Die naturwissenschaftlich-technische Entwicklung war bis Anfang des 19. Jahrhunderts durch die Begriffe: Materie, Masse, Mechanik gekennzeichnet. Mit der 1. Industriellen Revolution trat die ‚Energie‘ als bestimmender Faktor hinzu. Die heutige angeblich ‚informierte Gesellschaft‘ erlebt eine 2. Industrielle Revolution, die umschrieben wird mit den Begriffen: Information, Automatisierung, Kybernetik. Im Mittelpunkt dieser Entwicklung steht die Datenverarbeitungsanlage – oder besser: Informationsverarbeitungsanlage. Leicht wird dabei vergessen, daß Mechanik, Energie- und Informationstechnik stets dazu dienen, menschliche Arbeitskraft zu unterstützen, zu ergänzen, zu ersetzen und in ihren Freiheitsgraden zu erweitern oder auch einzuengen. Nach wie vor aber bleibt die menschliche Arbeitskraft der kreative ‚Produktionsfaktor‘. Im Zusammenhang mit der Stufe automatisierter Informationsverarbeitung stellen sich damit wichtige Fragen nicht nur nach der Automationstechnik, sondern auch nach beruflichen, arbeitsorganisatorischen und gesellschaftlichen Auswirkungen. Angst vor Arbeitsplatzverlust, Datenschutz, neue Arbeitsformen in den verwaltenden Tätigkeiten und neue Datenverarbeitungsberufe müssen als Themen die Diskussion um die Datenverarbeitung mit bestimmen. In dem expansiven Bereich Datenverarbeitung entstanden neue Berufe und Tätigkeitsfelder wie: Service-Techniker, Datentypistinnen, Operateure, Programmierer, DV-Organisatoren, DV-Betriebswirte, Systemanalytiker, Informatiker, DV-Ausbilder, DV-Projektleiter, Informationsassistenten, DV-Kontaktpersonen in den Fachabteilungen, DV-Berater und DV-Lehrer an berufsbildenden Schulen. Sie alle erfordern unterschiedliche Spezialausbildungen. Doch erst ein allen gemeinsames Grundwissen läßt diese Spezialausbildungen voll wirksam werden.

Unabhängig davon, ob Sie in einem dieser Tätigkeitsfelder bereits arbeiten oder es erst anstreben oder ob Sie sich aus anderen Gründen mit der Datenverarbeitung befassen wollen: Sie sollten dieses Buch kurz beiseite legen und zunächst einmal Ihre eigenen Erwartungen an das Buch bedenken. Notieren Sie drei bis fünf Erwartungen an den Rand dieses Kapitels; am Ende des Buches werden Sie darauf zurückkommen.

Welche Lernziele strebt das Buch an? Es verfolgt den Zweck, das bereits erwähnte notwendige Grundwissen für verschiedene Tätigkeitsfelder der direkten oder indirekten Datenverarbeitung zu vermitteln. Auch soll durch begriffsbildende Absichten die Verständigung und Kommunikation zwischen den verschiedenen DV-Spezialisten und den mit der Datenverarbeitung nur indirekt befaßten Organisationsangehörigen erleichtert werden. Der Vorwurf der Geheimsprache und des ‚Datenverarbeitungs-Chinesisch‘ wird nicht zu unrecht erhoben. So werden in den ‚Computern‘ Daten ‚upgedated‘, Programmbedingungen ‚abgecheckt‘ und ‚job steps‘ werden beim ‚supervisor‘ zu ‚tasks‘. Die Datenverarbeitung benötigt heute nicht mehr eine elitäre Geheimsprache, um sich als eigene Disziplin begründen zu können. Die Datenverarbeiter sollten nicht nur den Linguisten helfen; sie sollten auch umgekehrt offen sein für Sprachberatung durch Germanisten. Wichtige Verständigungshilfen bieten inzwischen die DIN-Normen über Informationsverarbeitung. Dennoch wird auch dieses Buch nicht frei sein von Übertreibungen der Computer-Terminologie. Unterschiedliche Schreibweisen sind kaum noch vermeidbar, z. B. Mikrorechner, Mikrocomputer oder Microcomputer sowie Microprocessor oder Mikroprozessor. Auch haben sich englischsprachige Ausdrücke in der Literatur, Praxis und internationalen Normung derart durchgesetzt, daß teilweise kaum deutsche Ausdrücke mit gleicher Bedeutung vorliegen. Auch die Angabe von amerikanischen Maßeinheiten dominiert (z. B. Inch = Zoll, \$). Für formale und inhaltliche Verbesserungen, wie sie in der Vergangenheit von Lesern vorgeschlagen worden sind, wird der Autor auch in Zukunft dankbar sein.

Grundlagenwissen und Verständigungshilfen können als Lernziele dazu beitragen, Klischeevorstellungen vom Computer und die erwähnte mystische Distanz abzubauen und die Datenverarbeitungsanlage als gezielt einsetzbares rationales Instrument der Informationsverarbeitung zu begreifen. Bei aller Begrenzung im Sinne einer Grundlagenarbeit soll doch das Lernziel verfolgt werden, den Leser außer für technologische und organisatorische Tendenzen in der Datenverarbeitung auch für arbeitsorganisatorische und gesellschaftliche Auswirkungen der Rechnersysteme und ihrer Anwendungen zu sensibilisieren und zu interessieren. Für jedes Thema mußte abgewogen werden, ob eine intensivere Behandlung notwendig oder ein Verweis auf weiterführende Literatur sinnvoller ist. Aus der umfangreichen Literatur zur Datenverarbeitung und Informatik wurden einige Bücher exemplarisch – sicherlich subjektiv und unvollkommen – ausgewählt und im Anhang den einzelnen Kapiteln des Buches schwerpunktmäßig zugeordnet. Bei der englischen Literatur kann das englisch/deutsche Fachwörterver-

zeichnis weiterhelfen. Um schon beim Lesen nebenbei mit den entsprechenden englischen Ausdrücken vertraut zu werden, sind sie bei wichtigen Begriffen in Klammern angefügt. Die gängigen Ausdrücke Datenverarbeitungsanlage (DVA), Rechenanlage, Rechensystem, Rechner und Computer werden nebeneinander verwendet. Die Bezeichnung Mikrocomputer umfaßt professionell genutzte Personal Computer und Heimcomputer.

Dem Charakter eines Lehrbuches entsprechen die Begriffsdefinitionen, die straffe thematische Gliederung, die zahlreichen Grafiken und die kapitelweise eingeschalteten Übungsaufgaben, die eine frühzeitige Selbstkontrolle fördern. Erfahrungen aus DV-Lehrgängen für DV-Spezialisten, Studenten, Angestellte mit und ohne Leitungsaufgaben, Ausbilder und Lehrer an berufsbildenden Schulen fanden darin ihren Niederschlag. Nützliche Hinweise für Ihre Lesetechnik können sein: zunächst das Buch nur durchblättern; dann das Inhaltsverzeichnis durchsehen; während des Lesens entsprechend den Querverweisen auch zurückblättern; das Stichwortregister nutzen; den Fotoanhang zur Illustration heranziehen; die eigene Zeitschriften- und Broschürenablage nach den Gliederungszahlen klassifizieren; Übungsaufgaben intensiv bearbeiten; das Buch nicht von einem Filzstift verschonen, mit dem wichtig erscheinende Aussagen markiert werden; viele Aussagen des Buches bezweifeln und hinterfragen; auch weiterführende Fragen durchdenken; möglichst das Buch zusammen mit Kollegen (z. B. in Arbeitsgruppen) bearbeiten und diskutieren.

Das ausführliche Inhaltsverzeichnis bietet die Möglichkeit, entsprechend der persönlichen Ausbildung, Erfahrung und Interessenlage auch bausteinartig Lerninhalte und Kapitel auszuwählen und zu kombinieren.

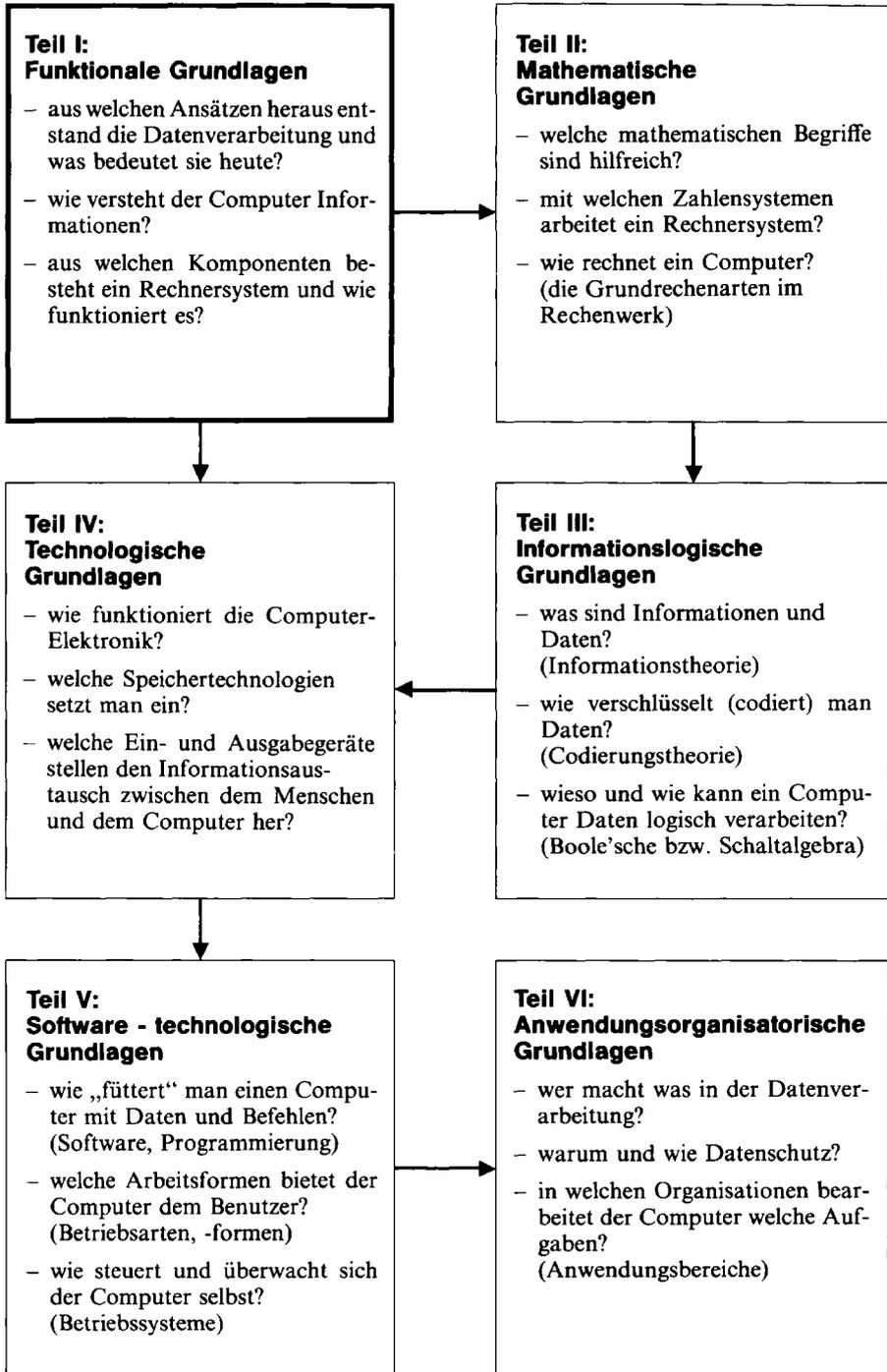
Das vorliegende Buch kann aus keinem Leser einen DV-Spezialisten machen. Es bietet ihm aber ein breites Basiswissen der Datenverarbeitung. Bewußt wurde Abstand genommen, ein oberflächliches, kaum nützliches Handbuch zu erstellen. Wie bei der Beschäftigung mit anderen Fachgebieten, so gilt deshalb auch hier: um das Lernziel, einen fundierten Überblick und gezielte Einblicke zu erreichen, müssen gelegentlich auch Detailprobleme und Gedankenketten intensiv und kritisch nachvollzogen werden. Zu diesem Zweck wird der Leser Kapitel für Kapitel mit verschiedenen Fachthemen und mit steigendem Schwierigkeitsgrad vertraut gemacht. Gewisse (vertiefende) Wiederholungen einzelner Themen sind didaktisch gewollt. Übungsaufgaben und selbständige Wiederholungen festigen das Wissen und die Übertragung auf die spezifische berufliche Situation des Lesers.

Im Jahre 1969 erschien die 1. Auflage dieses Buches, das inzwischen in mehrere Sprachen übersetzt worden ist. 1977 erschien die 6. Auflage in überarbeiteter und erweiterter Fassung. Inzwischen sind viele Entwicklungen in der Datenverarbeitung vorangekommen. Die Leistungsdaten von Hardware und Software der Rechnersysteme haben sich verbessert. Neue Anwendungsmöglichkeiten wurden gefunden. Neue Probleme stellen sich, die Schwerpunkte haben sich teilweise verlagert und die Erwartungen an das Grundlagenwissen sind gestie-

gen. Es erschien gerechtfertigt, die 7. Auflage 1986 zu aktualisieren, einzelne Themen zu kürzen und andere zu erweitern, insbesondere die Arbeitsweise der Mikrocomputer und ihre Anwendungen. Diese 8., durchgesehene Auflage enthält drucktechnische und inhaltliche Korrekturen, Aktualisierungen und einige Ergänzungen. Lernziele, Inhalt und Umfang dieses Lehrbuches weisen darauf hin, daß mehr als eine erste, einführende Behandlung des Themas Datenverarbeitung angestrebt wird. Sechs Teile des Buches versuchen, das vielschichtige Basiswissen der Datenverarbeitung schrittweise verständlich zu machen:

- Teil I: Funktionale Grundlagen
- Teil II: Mathematische Grundlagen
- Teil III: Informationslogische Grundlagen
- Teil IV: Technologische Grundlagen
- Teil V: Software - technologische Grundlagen
- Teil VI: Anwendungsorganisatorische Grundlagen

Der Teil I macht mit der geschichtlichen Entstehung von Rechnersystemen und ihren Funktionseinheiten vertraut, deren technisch-konstruktive Merkmale in Teil IV behandelt werden. Es erweist sich allerdings als vorteilhaft, zuvor die Zahlensysteme (Teil II) und die informationstheoretischen und logischen Gesetzmäßigkeiten eines Rechnersystems (Teil III) kennenzulernen. Nachdem so die maschinelle Struktur und die Arbeitslogik eines Rechnersystems bekannt sind, stellt sich die Frage, welche software-technologischen Voraussetzungen geschaffen werden müssen, um den störungsfreien Betrieb der Rechenanlage sicherzustellen. Die Programmierung durch die Benutzer und die Selbststeuerung des Rechnersystems ergänzen sich darin (Teil V). Zu diesen stärker nach innen orientierten Fragen der Programm- und Systemorganisation treten in Teil VI die vielfältigen Themen der Anwendungsorganisation hinzu. Der Teil VI behandelt die Datenverarbeitung als Arbeitsprozeß, an dem verschiedene Personen arbeitsteilig mitwirken. Ferner zeigt der letzte Teil – soweit in einem Grundlagenbuch ein Überblick und exemplarische Einsichten gefunden werden müssen – typische DV-Anwendungen aus den Aufgabenbereichen der Produktionsbetriebe, der Dienstleistungsbetriebe, der Öffentlichen Verwaltung und der Wissenschaft und Bildung. In der folgenden Abbildung weisen jeweils drei Kernfragen auf die wesentlichen Lerninhalte der sechs Buchteile hin.



Teil I: Funktionale Grundlagen

1. Entwicklung der Datenverarbeitung

Der Einfluß der Datenverarbeitung auf die Forschungstechnologie, die betrieblichen Aufgabenlösungen, die Formen der Arbeitsorganisation, die Berufsfelder und die Denkweise in der heutigen Zeit wird von kaum jemandem geleugnet. Die dynamische, ja hektische Entwicklung des Bereichs ‚Datenverarbeitung‘ in den letzten zwanzig Jahren versperrt jedoch leicht den Blick dafür, daß sich viele frühere Generationen ebenfalls mit der Aufgabenstellung ‚Daten verarbeiten‘ befassen mußten. Viele so entstandene historische Ansätze erwiesen sich als notwendige Vorarbeit, um den heutigen Stand der Datenverarbeitungsverfahren erreichen zu können. Ein kurzer Überblick über diese ‚Vorleistungen‘ erleichtert es vermutlich, die heutigen Ergebnisse einzuordnen.

1.1 Geschichtliche Entwicklung

- ca. 5000 v. Chr. Die Grundlage des Rechnens ist das Zählen. Der Mensch begann das Zählen mit den ihm von der Natur gegebenen (Rechen-)Hilfsmitteln: den *Fingern*. Eine Hand erlaubte ihm also bis 5 (Quinär-System), beide Hände bis 10 (Dezimal-System) zu zählen. Wollte er zu größeren Zahlen (bzw. Mengen) übergehen, so benützte er Steine, Perlen oder Holzstäbe.
- ca. 1100 v. Chr. Bequemer und zuverlässiger schon war das dem 5-Finger-System verwandte *Suan-Pan*-Verfahren, bei dem die Perlen auf Drähten

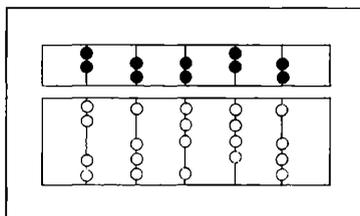


Abb.I1: Rechengert Abacus (Suan Pan)

aufgefädelt waren. Die Römer benutzten es als Abacus (lat.: Tafel, Tischplatte) – in Japan als Soroban, in Rußland als Stschoty. Bei uns findet man es noch in Kindergärten und (in vereinfachter Spielform) sogar vor Kinderwagen. In Hinterasien ist Suan Pan noch sehr stark verbreitet. Bei genügender Übung lassen sich (wie sich bei Wettbewerben zeigte) überraschend hohe Rechengeschwindigkeiten damit erreichen.

6. Jh. v. Chr. Der griechische Philosoph und Mathematiker *Pythagoras* (um 570–496 v. Chr.) betrachtet Zahlen als Bausteine, aus dem das Universum besteht; eine besondere Bedeutung kommt der ‚vollkommenen‘ Zahl ‚10‘ zu.

4. Jh. v. Chr. Der griechische Philosoph und Naturforscher *Aristoteles* (384–322 v. Chr.) begründet die Wissenschaft von der Logik. Ferner stellt er Überlegungen an, wie Automaten menschliche Arbeit übernehmen könnten. Im antiken Theater waren Bewegungsautomaten (*deus ex machina*) weit verbreitet.

3. Jh. v. Chr.–ca. 1000 n. Chr. Das Römische Zahlensystem kann als ‚Additionssystem‘ bezeichnet werden. Die Zahlen setzen sich additiv aus folgenden Symbolwerten zusammen:

M	D	C	L	X	V	I
1000	500	100	50	10	5	1

z. B.: MDCCLXVII = 1767

500 n. Chr. Die Grundlage für die Entwicklung zum Rechnen mit Maschinen bildete zweifelsohne das in Indien (daher: Hindu-) entstandene und über den arabischen Kulturkreis zu uns gelangte *Hindu-Arabische Zahlensystem* mit den zehn Ziffern: 0, 1, . . . 8, 9. Nach der Rückeroberung Spaniens aus arabischer Herrschaft (1150 n. Chr.) setzte es sich im Abendland schnell durch. Sein großer Vorteil im Vergleich zum recht umständlich zu handhabenden Römischen Zahlensystem ist:

- Einführung der Null: 0
- Einführung der Stellenschreibweise.

Im Gegensatz zum Römischen Zahlensystem gestattet also das Hindu-Arabische Zahlensystem einen Rückschluß *von der Stellung einer Ziffer innerhalb der Zahl auf ihren Wert*. Die 8 bedeutet z. B. 8 Hunderter in der Zahl 6804. Die 0 bedeutet: keine Zehner. Die Gesamtzahl bedeutet also:

$$\begin{array}{r}
 4 \cdot 1 = 4 \\
 0 \cdot 10 = 0 \\
 8 \cdot 100 = 800 \\
 6 \cdot 1000 = \underline{6000} \\
 \text{Gesamtzahl} = 6804
 \end{array}$$

14. Jh. Mechanische Räderuhren setzen sich in Europa in breiter Form durch. Mit ihnen verbreiten sich sowohl mechanische Fertigkeiten als auch eine numerische (zahlenmäßige) Sichtweise der Tageszeit. Diese wirken später prägend für das Industrielle Zeitalter.
- 1614 Der Rechenaufwand zur Aufstellung der von *Lord Napier* herausgegebenen Logarithmentafeln erfordert einen Zeitaufwand von ca. 30 Jahren (moderne Rechenanlage: ca. 1 min.)
- 1623 *Wilhelm Schickard* (1592–1635), Theologe und Mathematiker, konstruiert für seinen Freund, den Mathematiker und Astronomen *Kepler* eine Rechenuhr, die auf dem Zählradprinzip (ähnlich den heutigen mechanischen Tischrechenmaschinen) aufbaute. Damit waren Addition und Subtraktion durchzuführen, wobei mit 6 Stellen und Übertrag gerechnet wurde.
- 1641 *Blaise Pascal* (französischer Mathematiker 1623–1662) baut seinem Vater, der Steuerepächter war, eine Addiermaschine mit 6 Stellen. P. sagte von der Rechenmaschine, daß sie Wirkungen zeige, die dem Denken näher kommen als alles was Tiere vollbringen, aber keine, von denen man sagen könnte, daß sie Willen habe wie die Tiere.
- 1650 *Partridge*: Erfindung des *Rechenschiebers*.
- 1671 bis 1694 *G. W. Leibniz* (1646–1716), Philosoph und Mathematiker, beschäftigt sich mit der Konstruktion von Rechenwerken, die ihm zwar Ausgaben von 24000 Talern brachten, aber keinen wirklichen Erfolg.
- 1703 *G. W. Leibniz* beschäftigt sich mit dem Dualsystem (das zur Grundlage der heutigen Rechenanlagen wurde, vgl. II.2.1.3) und baute eine der ersten Rechenmaschinen.
18. Jh. Der Arzt *J. O. de la Mettrie* (1709–1751) veröffentlicht in seiner Schrift „L’homme machine“ (Der Mensch eine Maschine) Thesen über die mechanische Struktur des Menschen. Im gleichen Jahrhundert sind die verschiedenen mechanischen Musik-, Sprach- und Schachautomaten sehr beliebt. Sehr bekannt wurden die Androiden, menschenähnliche Automaten, von *P. Jaquet-Droz* (1721–1790) und *J. F. Leschot* (1746–1824), die aufgrund mechanischer Nocken schreiben und zeichnen konnten.
- 1808 *J. M. Jacquard* setzt Kartons, in die das Webmuster eingestanzt war, zur automatischen Steuerung von Webstühlen ein. Derartige Webstühle sind im Deutschen Museum zu sehen. Der Begriff ‚Jacquard‘ ist heute noch ein üblicher Ausdruck in der Textilbranche. Ähnliche, gelochte Karten (in gefalteter Form) sind noch heute bei Jahrmarkt-Musikautomaten in Anwendung.
- 1833 Von großer Bedeutung für die weitere Entwicklung war die mechanische Rechenanlage ‚Difference Engine‘ des Mathematik-Pro-

fessors *Charles Babbage* (1792–1871) aus Cambridge, die noch heute im Science Museum London besichtigt werden kann. Die Konzeption seiner weiterhin geplanten Maschine (Analytical Engine) nimmt den Aufbau moderner Rechenanlagen vorweg:

- Speicher (store) (1000 Worte à 50 Stellen)
- Rechenwerk (mill)
- Steuerwerk (control)
- Ein-, Ausgabe und vor allem ein (in Lochkarten)
- *gespeichertes* Programm.

Die Pläne von Babbage scheitern an dem Stand der damaligen Technik. Babbage untersucht ferner die Wirkungen von Mechanisierungen in den Fabriken. Seine Mitarbeiterin *Augusta Ada Byron* beschreibt 1843 die Logik und Funktionsweise seiner analytischen Maschine.

- 1847 *George Boole* (1815–1864), englischer Mathematiker und Logiker begründet die Algebra der Logik (Boole'sche Algebra), die heute als „Schaltalgebra“ in der Computer-Entwicklung eine besondere praktische Bedeutung besitzt (vgl. Kap. III.3.).
- 1890 Der Deutsch-Amerikaner *H. Hollerith* führt bei der 11. amerikanischen Volkszählung die Lochkartentechnik ein. Die Auswertung erfolgte in einigen Wochen – statt in einigen Jahren, wie bei der vorausgegangenen Zählung.
- 1897 *F. Braun* entwickelt Kathodenstrahlröhre.
- 1918 *Ludwig Wittgenstein* (1889–1951) beendet sein Werk über Aussagenlogik „Tractatus logico-philosophicus“.
- 1920 Leistungsfähige Büro-Lochkartenmaschinen (z. B. Firma Bull).
- 1924 IBM International Business Machine Company entsteht über Fusionen, u. a. über die 1896 von Hollerith gegründete „Tabulating Machine Company“.
- ab 1930 *W. Schottky* (Siemens): theoretische Vorarbeiten zu Halbleitern.
- 1936 *A.M. Turing* begründet in England die Theorie unendlicher Automaten.
 Sein Rechner Colossus, knackt' 1943 den Code der deutschen Chiffriermaschine Enigma.
K. Zuse (Bauingenieur) beginnt noch während seines Studiums in Berlin mit dem Bau einer Rechenanlage Z1, welche die stets wiederkehrenden Routine-Berechnungen der Statik automatisieren sollte. Seine theoretischen Ansätze wie ‚Plankalkül‘ und ‚funktioneller Befehlscode‘ sind noch heute aktuell.
- 1941 Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt nimmt den Relaisrechner Z3 von Zuse in Betrieb. Er besteht aus Ein- und Ausgabebereinheit,

- Rechenwerk (600 Relais) und Speicher (64 Zahlen zu 22 Dualstellen, 2000 Relais). Der (noch) lineare Rechenablauf wird durch Programme gesteuert, die über „Lochstreifen“ (gelochter Kinofilm) eingelesen werden. Je Sekunde können bereits 15 bis 20 arithmetische Operationen ausgeführt werden; eine Multiplikation dauert 4 bis 5 Sekunden. Das Modell Z4 arbeitet 1951–55 an der ETH-Zürich.
- 1944 *H. H. Aiken* entwickelt an der Harvard University den Relaisrechner MARK I. Der Rechner bestand aus 750000 Einzelteilen (Relais, Zählräder etc.). Das Programm befand sich auf einem 24spurigen Lochstreifen. Die Addition zweier 23-stelliger Zahlen dauerte 0,3 Sekunden, die Multiplikation etwa 3 Sekunden.
- 1945 Der gebürtige Ungar *John von Neumann* (Mathematiker) entwickelt in den USA Fundamentalprinzipien einer Rechanlage:
- Der Rechner besteht aus den Komponenten: Steuerwerk, Rechenwerk, Speicher, Ein- und Ausgabeeinrichtungen.
 - Das steuernde Programm (Befehle) ist eine Kette logischer Binär-Entscheidungen (Ja-/Nein-Auswahl), die seriell, d. h. Schritt für Schritt abgearbeitet werden.
 - Das Programm wird wie die Daten im Speicher abgelegt und von dort automatisch abgerufen (speicherprogrammiert).
 - bedingte Befehle erlauben Sprünge bzw. Verzweigungen (nichtlineare Programmabläufe).
- 1948 *Claude Shannon* erarbeitet in seinem grundlegenden Buch „A Mathematical Theorie of Communication“ eine syntaktische, mathematische Theorie der Nachrichtenübertragung.
- 1948 *Norbert Wiener* (1894–1964) begründet mit seinem Buch „Kybernetik-Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine“ den Begriff und die Wissenschaft von der Kybernetik.
- 1948 *W. Shockley, W. Brattain*, (Bell Tel. Lab., USA) und *J. Bardeen* entdecken den Transistoreffekt, wofür sie 1956 den Nobelpreis für Physik erhalten.
- 1958–61 *J. Kilby* (Texas Instruments, USA) entwickelt die ersten integrierten Schaltungen.

1.2 Rechner-Generationen

Auch wenn die Abgrenzungen immer wieder Schwierigkeiten bereiten, widerstehen Hersteller und Computer-Fachleute nicht der Versuchung, die Computer, auch inzwischen die Mikrocomputer, in Generationen einzuteilen. Damit soll auf dem breit gefächerten und schnellebigen Rechnermarkt Transparenz geschaffen werden. Zumindest erleichtert es dem Lernenden sich zu orientieren.

Datenverarbeitungsanlagen der 1. Generation

Zeit: ab 1946 mit folgenden Eigenschaften:

- Schaltungsaufbau aus Elektronenröhren
- Operationszeiten im Bereich von Millisekunden (ms) ($1 \text{ ms} = 1/1000 \text{ s}$)

Beispiele:

ENIAC *Electronic Numerical Integrator and Computer* (Mauchly/Eckert) Dateneingabe durch Lochkarten, im Dezimalzahlensystem

schwerer Programmwechsel durch austauschbare verdrahtete Schalttafeln

Grundfläche: 140 m^2 Gewicht: 30 Tonnen Fehlerfreie Arbeitszeit: ca. 45% die 17468 Röhren (Stromverbrauch: 174 kW) erforderten eine Klimanlage, die mehr Strom als der Rechner selbst verbrauchte.

Speicher (Akkumulatoren): 20 10-stellige Dezimalzahlen

Rechenzeit: Multiplikation zweier zehnstelliger Zahlen: 2,8 ms

UNIVAC I *Universal Automatic Computer* (5600 Röhren, Magnetband), auch von Mauchly/Eckert entwickelt, wird ab 1950 von Remington Rand, später Sperry Rand, für kommerzielle Anwendungen vertrieben.

Deutsche Firmen begannen ab 1954 mit dem Bau von elektronischen Rechnern: Siemens AG, Standard Elektrik Lorenz, VEB Carl Zeiss in Jena, Zuse KG

Z22 von der Zuse KG wurde ab 1955 vor allem an Hochschulen geliefert.

Magnet-Kernspeicher und Magnet-Trommelspeicher

Rechenzeit: Addition: 0,6 ms Multiplikation: 15 ms

IBM 650 (Magnettrommel) wurde ab 1954 über 1500mal ausgeliefert.

Datenverarbeitungsanlagen der 2. Generation

Zeit: ab 1957 begann die industrielle Herstellung und die betriebliche Nutzung von Rechnern auf breiter Basis, d. h. die eigentliche „Datenverarbeitung“

Eigenschaften: – Schaltungsaufbau aus Transistoren

- Operationszeiten im Bereich von 100 Mikrosekunden (μs) ($1 \mu\text{s} = 1/1000 \text{ ms} = 1/1\,000\,000 \text{ s} = 10^{-6} \text{ s}$)
- geätzte Leiterplatten, bestückt mit „diskreten“ (einzelnen) Bauelementen mit aktivem (Transistoren) und passiven Charakter (Dioden, Widerstände)

Die Eigenschaften des Transistors glichen die bisherigen Nachteile der Röhre aus: schnell, klein, leicht, wenig störanfällig, kein Vorheizen nötig, geringe Betriebsspannung, hohe Lebensdauer. Die internen Magnetkernspeicher wurden ergänzt durch externe Speicher: Magnetband, -platte und -trommel.

Beispiele:

Siemens 2002: volltransistorisierter Rechner

(Addition: 90 μs , Multiplikation: 120 μs)

IBM 1400 Serie: ca. 1300 Additionen je Sekunde

TR4 von AEG-Telefunken: richtungsweisende Konzeption

Datenverarbeitungsanlagen der 3. Generation

Zeit: ab 1964

Eigenschaften: – Schaltungsaufbau aus Moduln bzw. integrierten Schaltungen
– Operationszeiten im Bereich der Mikrosekunden (μs)

Die Entwicklung immer kleinerer Schaltelemente verkürzte die Stromwege und erhöhte damit die Operationszeiten. In einer ersten Entwicklungsphase (Hybrid-Technik) wurden Module verwendet, in denen „planar“ (d. h. flach) hergestellte Einzel-Transistoren, -Dioden und -Widerstände über geätzte Leiterzüge verbunden waren. In einer weiteren Phase (Monolith-Technik, ab 1972) konnten auf Plättchen von ca. 2 mm Kantenlänge aus dem Halbleitermaterial Silizium bis zu 700 aktive und passive Bauelemente einschließlich ihrer Verbindungen integriert werden. Durch Ätzverfahren werden in hochgezüchtet homogenen, d. h. gleichmäßig aufgebauten Siliziumkristallen Gebiete mit Transistor- und Widerstandsfunktionen erzeugt. Aufdampfverfahren bauen dann dazwischen metallische, d. h. leitende Verbindungen auf. Diese Techniken nennt man Mikrominiaturisierung. Kompakte Bauweise (nur noch etwa 1/100 des Raumbedarfs), kurze Schaltzeiten, hohe Betriebssicherheit (u. a. durch Verzicht auf Lötstellen) und weitgehend automatisierte Fertigung sind die Vorteile.

Die Rechner der 3. Generation lassen sich jedoch nicht allein durch den Stand der Schaltungstechnologie charakterisieren. Weitere Merkmale gewannen an Bedeutung, vor allem die Betriebsart und die sogenannte Aufwärtskompatibilität. Die technische Leistungsverbesserung der Rechner der 3. Generation wurde noch gefördert durch neuartige, flexible Betriebsarten, wie: Multiprogramming und online-Betrieb (vgl. V 3.).

Typisch für die Rechner der 3. Generation war ferner das Modellangebot in sogenannten *Familiensystemen*. Das kleinste Modell einer solchen Rechnerfamilie konnte baukastenförmig bis zum größten Modell erweitert werden. Erweiterungsteile, z. B. Speicherkomponenten, ermöglichten diesen stufenweisen Ausbau. Diese *Gerätekompatibilität* wird durch eine *Programmkompatibilität* unterstützt. Die Programme des Anwenders blieben auch für die jeweils nächstgrößeren Rechnermodelle einsetzbar – meist jedoch mit gewissen Anpassungen. Der Befehlsvorrat der kleineren Modelle war eine Untermenge des Vorrats der größeren Modelle innerhalb einer Rechnerfamilie. Beispiele für derartige Rechnerfamilien: CDC 3000, CII Iris, IBM/360, ICL 1900, NCR-Century, Siemens 4004, UNIVAC 9000.

Datenverarbeitungsanlagen der 4. Generation

Schon die Rechner der 3. Generation konnten nicht mehr allein durch das Merkmal ‚Technologie der Schaltelemente‘ abgegrenzt werden. Erst recht gilt dies für die von Fachleuten ursprünglich ab etwa 1975 erwarteten Rechnerfamilien der 4. Generation. Eine berechtigte Skepsis macht sich inzwischen breit, ob in Zukunft überhaupt noch von deutlich abgrenzbaren ‚Rechner-

generationen' gesprochen werden kann. Ursprünglich zum Teil als 4. Generation verstandene Anlagen bezeichnet man inzwischen auch als Vorgänger-, Zwischen- oder 3-plus-Generation. Dazu zählen beispielsweise die Serien: Burroughs 1700, CDC Cyber, IBM/370, NCR Criterion, Siemens 7700, UNIVAC 90. 1975 stellte IBM das mit 1 Milliarde Dollar Investition vorangetriebene Projekt 'Future System' zurück.

Beispiele für Universal-Rechner (Mainframe), die als Familiensysteme ihre Speicher- und Ein-/Ausgabeeinheiten baukastenförmig erweitern können, sind: CDC 180-xxx, Digital Equipment (DEC) VAX 11 und 8xxx, Honeywell Bull S 6x, IBM 43xx, (4321 bis 4381), 30xx und AS/400, ICL 29xx, NCR 8000, Nixdorf 88xx, Prime 550, Siemens 7.5xx, 7.7xx, 7.8xx, Unisys 1100, B 19xx.

Die verstärkte Miniaturisierung führt zu integrierten Großschaltungen (LSI = *Large Scale Integration* oder VLSI = *Very LSI*) mit über hundert bis mehreren tausend Schaltkreisen pro Chip (Siliziumplättchen von einigen Quadratmillimetern). Die Operationszeiten liegen im Bereich der Nanosekunden; das bedeutet: 10 bis 50 Millionen Operationen bzw. Instruktionen pro Sekunde (MIPS). Zur Veranschaulichung und Begründung für den Zwang zur kompakten Bauweise diene folgende Datenangabe: in 10 Nanosekunden (ns) legt das Licht 3 m zurück. Die Großrechner Y-MP von Cray Research sollen 4 Mrd. Rechenoperationen pro Sekunde leisten, bei einer Zykluszeit von 6 ns; der Superrechner ETA-10 von Control Data soll sogar 8 Mrd. Operationen pro Sekunde erreichen.

Das deutsche Kooperationsprojekt Suprenum (Superrechner für numerische Anwendungen) strebt 256 Knotenrechner (Parallelprozessoren) für 5000 MFLOPS (Mio. Gleitkomma-Operationen pro Sekunde) an.

Über die Schaltungstechnologie hinaus erweisen sich immer mehr weitere Merkmale, insbesondere solche der Rechnerarchitektur als prägend für neuere Rechensysteme, unter anderem:

- Halbleiterspeicher und andere externe Massenspeicher (vgl. IV2.1)
- variable Mikroprogrammierung (Mikrocode) (vgl. I 3.6.1)
- Mehrprozessor-Architekturen (vgl. I4.1, V3.7)
- Vernetzung, incl. unter Einschluß von Mikrocomputer; dezentral, verteilte Datenverarbeitung (distributed data processing) (vgl. 3.8, 3.9)

Obwohl also die Leistungssteigerung von Rechnergeneration zu Rechnergeneration nicht allein durch die schaltungstechnischen Verbesserungen beschrieben werden kann, liefern die folgenden Kennzahlen doch ein gewisses Bild dieser Entwicklung:

ab	Generation	Schaltelemente	Operationszeit (etwa)	relative Rechenzeit
1941	0	Relais	100 ms	1 000 000
1946	1	Röhren	1 ms	10 000
1957	2	Transistoren	100 μ s	1 000
1964	3	Monolithe	1 μ s	10
1980	(4)	LSI, VLSI	(10 -) 100 ns	1

Abb.12: Vereinfachter Vergleich der Computer-Generationen

Natürlich stellt sich dem kritischen Beobachter die Frage, ob weitere Erhöhungen der Rechengeschwindigkeit nicht zum Selbstzweck der Entwicklungsexperten entartet. Neben subjektiven Motiven der Konstrukteure und den Konkurrenz-Interessen der Hersteller üben natürlich objektive Gründe einen großen Entwicklungsdruck aus. So können viele komplexe und rechenintensive Aufgaben, wie Wetter- und Klimavorhersagen, Flugsimulationen, reaktortechnische Berechnungen, vor allem aber auch Probleme der ‚Künstlichen Intelligenz‘ (KI) nur mit Rechnersystemen einer neuen Generation gelöst werden.

5. Computer-Generation

Die im Oktober 1981 in Tokio durchgeführte ‚International Conference on 5th Generation Computer Systems‘ machte die vielfältigen Forschungsansätze zur Entwicklung von Rechnern der 5. Generation virulent und öffentlichkeitswirksam. Die Japaner lösten damit weltweit eine Diskussion über Entwicklungsformen, Machbarkeit und Nutzungsmöglichkeiten von Rechnern der 5. Generation aus, indem sie die diversen Ansätze in ein strategisches 10-Jahresprogramm verdichteten. Es strebt u. a. sehr hoch integrierte Schaltungen (VLSI) mit bis zu 1 Million Transistor-Funktionen pro Chip und Operationszeiten von ca. 1000 MIPS sowie 100 Mio. LIPS (= *Logical Instructions Per Second*) an. Dennoch kann die 5. Computer-Generation nur zu einem kleinen Teil aus ihrer Schaltungstechnologie heraus definiert werden. Charakteristisches Merkmal dürfte die Systemarchitektur sein; sie ist als ‚Non-von Neumann‘-Architektur (vgl. I 1.1) zu bezeichnen. Der sequentielle Programmablauf wird zugunsten einer parallelen Arbeitsweise verlassen, indem eine Vielzahl von Prozessoren (= Rechnerkerne) parallel und vernetzt zusammenarbeiten. Ferner führen die Rechner außer den arithmetischen Operationen auch symbolische Manipulationen und logische ‚Folgerungen‘ (*inference, reasoning*) in Form von Argumentationsketten aus. Drei Ziele oder Arbeitspakete zeichnen sich ab:

- a) Ein Subsystem, mit dem nicht-numerisches Wissen gespeichert und wieder aufgefunden werden kann (*knowledge base managing subsystem*).

- b) Ein Subsystem, mit dem Problemlösungen gefunden werden können, indem anhand von logischen Regeln Selektionen (Auswahl) und Folgerungen auf der Basis der Wissensspeicherung durchgeführt werden können.
- c) Methoden und Verfahren zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Kommunikation mit Hilfe interaktiver, natürlicher Sprachen.

Eine Reihe von theoretischen Ansätzen und praktischen Experimenten gehen diesen strategischen Zielen voraus und begründen die Erwartung, sie zu verwirklichen:

- Versuche im Bereich der ‚Künstlichen Intelligenz‘ (AI = Artificial Intelligence) seit etwa 25 Jahren.
- Die Programmiersprachen LISP und PROLOG für die Verarbeitung von Symbolen, um Expertensysteme zu entwickeln.
- Vorschläge für Datenflußrechner (data flow computers), die aus bis zu 1 Mio. Prozessoren mit jeweils eigenem Speicher aufgebaut sein sollen. Die Daten sollen nicht mehr (nur) von adressierten Speichern abgerufen werden, sondern würden an den einzelnen Prozessoren und den dortigen Programmen ‚vorbeiströmen‘; diese Parallelarbeit könnte die Rechengeschwindigkeit besonders erhöhen.
- Experimente mit Mehrprozessor-Rechnersystemen wurden an verschiedenen Universitäten in USA und England erfolgreich abgeschlossen. Ferner liegen Erfahrungen mit ‚relationalen Datenbank-Rechnersystemen‘ vor.

Eigenständige Rechner-Entwicklungslinien

Parallel zu den vier Generationen von Universalrechnern (Mainframe) entwickelten sich einige Rechnertypen mit einer gewissen Eigenständigkeit: die Middle-re Datentechnik, Prozeßrechner (Minicomputer), Mikrocomputer und dedizierte Rechnersysteme.

Mittlere Datentechnik (MDT)

Bereits seit den 30er Jahren können Versuche beobachtet werden, dem Prinzip der starken Arbeitsteilung, wie es von der konventionellen Lochkartentechnik vorangetrieben wurde, die Idee der direkten Dateneingabe, wie sie in Buchungs- und Fakturiermaschinen üblich war, entgegenzustellen. Heutige Formen der quellennahen Datenerfassung kehren zu dieser Idee zurück. Bis in die 60er Jahre boten sich dem Anwender einerseits die klassische Büromaschinenteknik, andererseits die Lochkartentechnik in ihrem Übergang zur (elektronischen) Computertechnik an. In die Lücke dazwischen versuchten – wie sich zeigt erfolgreich – verschiedene Unternehmen mit zunehmend funktionsreicheren ‚Abrechnungsautomaten‘, der sogenannten Mittleren Datentechnik (MDT), vorzustoßen. Ihre ‚mittlere‘ technologische Stellung zeigen diese MDT-Rechner,

indem sie einerseits mit (fortentwickelten) Gerätekomponenten aus der Büro- maschinenteknik ausgerüstet wurden: Tastatureingabe, Formulartransport und Druckwerke. Andererseits zeigten sie Merkmale der Computertechnik, wie: Elektronische Baugruppen, neue Speichermedien und interne Programm- steuerung. Besondere Bedeutung für die kombinierte Ein-/Ausgabe und die Karteiverwendung gewann die Magnetkontokarte. Sie konnte optisch und mag- netisch beschrieben und gelesen werden. MDT-Hersteller waren Burroughs, Kienzle, NCR, Nixdorf, Olivetti, Philips, Taylorix und Triumph-Adler.

Minicomputer

Ein anderer, ebenfalls eigenständiger Zweig der Datenverarbeitungstechnik ent- stand aus der Entwicklung spezialisierter Computer für die Überwachung tech- nischer Prozesse (vgl. VI.2.2.8). Diese schnellen Minicomputer werden deshalb auch Prozeßrechner genannt. Ihr Kaufpreis liegt zwischen 50 000 und 500 000 DM. Anpassungen in der Rechnerstruktur und in den Programmier- sprachen eröffnen ihnen zunehmend auch kommerzielle Aufgabenstellungen. Neue Technologien, wie hochintegrierte Schaltungsbaugruppen, können bei der Produktion dieser Minicomputer schneller aufgegriffen werden als bei den gro- ßen Universalrechnern der 3. bzw. 4. Generation. Beispiele für Minicomputer: Procontrol von BBC, Nova und Eclipse von Data General, PDP 11-Familie von Digital Equipment, Argus-Familie von Ferranti, FPS von Floating Point Sys- tems, 9000-Familie von Hewlett-Packard, IBM System/1, EPR-/MPR-Serien von Krupp Atlas Elektronik, SICOMP-Familie von Siemens. Konkurrenz für die Minirechner werden die Workstations, die Arbeitsplatzrechner.

Mikrocomputer

Die Mikrocomputer wurden Anfang der 70er Jahre entwickelt. Der hohe Inte- grationsgrad der Schaltungstechnik und die Massenproduktion derartiger Inte- grierter Schaltungen ermöglichten ihr Angebot. Die Mikrocomputer zeigten von Modell zu Modell Leistungssteigerungen bei stark fallenden Verkaufsprei- sen. Die Operationszeiten liegen inzwischen schon im μ s-Bereich. Das Preisspek- trum liegt zwischen 500 und 1500 DM für einen Heimcomputer (Homecomput- er) und 2000 bis 15 000 DM für einen Personal Computer – je nach Konfigura- tion und Ausstattung. Vor allem seit Anfang der 80er Jahre sorgen die Mikro- computer für viel Dynamik und zum Teil auch für Irritationen auf dem Rechner- markt. Eine Vielzahl von Firmen-Neugründungen im Bereich der Mikrocompu- ter ließen diesen Markt zum Inbegriff von Innovation und ungewohntem Wachstum werden. Risikokapital floß in Neugründungen, von denen einige trotz guter Produkte infolge Expansion, Preisverfall und Abhängigkeit von Zu- lieferern in Liquiditätsschwierigkeit gerieten. Die schnelle Entwicklung ist nach wie vor im Gange. Ein kurzer Abriß der Geschichte der Mikrocomputer kann einige wichtige Stationen dieser Entwicklung benennen:

- 1971 Intel Integrated Electronics führt den 4-Bit-Mikroprozessor 4004 ein
 1974 Intel bietet den 8 Bit-Mikroprozessor 8080 an
 1975 Der Mikrocomputer Altair 8800 mit i 8080 wird eingeführt
 Die ersten Computer-Clubs entstehen in den USA
 1976 Zilog kündigt ihren Z80 Mikroprozessor an
 Apple durch Steve Wozniak und Steve Jobs gegründet
 Radio Shack beginnt Mikrocomputer zu entwickeln
 1977 Commodore bietet den von Chuck Peddle entwickelten PET an
 Apple II und Radio Shack TRS-80 angekündigt
 1978 Atari kündigt die Mikrocomputer 400 und 800 an
 1979 MicroPro kündigt das Textverarbeitungsprogramm WordStar an
 1980 Sinclair bietet mit ZX80 den ersten Rechner unter \$ 200 an
 Digital Research führt das Betriebssystem CP/M-86 ein
 1981 Osborne bietet den ersten tragbaren (portable) Computer an
 Commodore kündigt den VC-20 an
 Chuck Peddle entwickelt den 16 Bit-Rechner Victor 9000/Sirius 1
 Microsoft bietet das Betriebssystem MS-DOS/PC-DOS an
 IBM kündigt ihren ersten Personal Computer IBM-PC (16-Bit) an
 1982 Commodore kündigt VC 64 an
 Epson bietet den HX-20 als Aktenkoffer-Rechner („handheld“)
 Erste integrierte Software-Pakete: z. B. Lotus 1-2-3
 1983 IBM bietet PC-XT (extended) und PCjr (Junior) an
 Androbot kündigt die ersten Heimroboter mit Mikroprozessor an
 1984 Apple bietet den grafikorientierten Rechner Macintosh an
 IBM PC-AT (Advanced Technologie) und Kompatible werden angeboten
 1985 Vernetzung der PCs und Einsatz für die Telekommunikation.
 1987 IBM vertreibt PS/2-Modelle mit dem Betriebssystem OS/2 (IBM) bzw.
 MS/2 (Microsoft)

Trotz ihrer kurzen Geschichte, unterscheidet man bereits mehrere Mikrocomputer-Generationen. Die Einteilung richtet sich danach, wieviele Datenelemente (Bit) im jeweiligen Mikroprozessor gleichzeitig, parallel transportiert und verarbeitet werden. Ab der 3. und 4. Mikrocomputer-Generation gelten aber weitere Merkmale, wie Mehrprogrammbetrieb und Vernetzungsfähigkeit als wichtig.

Generation	Beginn	Mikroprozessor	Beispiele
0.	1971	4 Bit-MP	(INTEL 4004-Prozessor)
1.	1975	8 Bit-MP	Commodore VC 64, Apple II
2.	1980	16 Bit-MP	VICTOR: Sirius, IBM: PC-XT/-AT APPLE: Macintosh
3.	1983	32 Bit-MP	ATARI: 520ST, Commodore: Amiga
4.	1987	32 Bit-MP	IBM PS/2, Compaq, Zenith

Abb.I3: Mikrocomputer-Generationen

Dedizierte Rechnersysteme

Mit der schnellen Entwicklung der Mikroelektronik, insbesondere der starken Verbesserung des Preis/Leistungsverhältnisses von Mikroprozessoren, weitet sich der Nutzungsbereich sehr aus. Mikroelektronik wird in nahezu alle technischen Geräte einbezogen – wie früher Energie- und Antriebskomponenten. Immer mehr Sonderanwendungen verlangen danach, die Leistungsfähigkeit der preiswerten Mikroelektronik-Baugruppen flexibel zu nutzen. Mikrorechner für Spezialaufgaben, sog. dedizierte Systeme entstehen – z. T. aus handelsüblichen Baugruppen. Die Beispiele reichen vom Uhren-Chip, Spiel- und Schachcomputer über Haushalt (Waschmaschinensteuerung), Konsumelektronik (Fernsehlogik) und Autocomputer zu intelligenten Laborsystemen, Produktionsrobotern und Navigationsrechnern. Neben dem universell für kaufmännische und wissenschaftlich-technische Aufgaben einsetzbaren Groß-, Mini- und Mikrocomputer dürften in den nächsten Jahren immer mehr dedizierte Systeme in der Praxis entstehen.

VAR-Systemhäuser (Value Added Reseller) bieten schlüsselfertig angepaßte Komplettlösungen von Hardware und Software an.

1.3 Rechnermarkt

Geschwindigkeit und Vielfalt der Veränderungen im Bereich der Datenverarbeitung verlangen nach Methoden, diese Veränderungen durchschaubar zu machen. Im Vergleich etwa zu den ausgefeilten Statistiken des Automobilsektors wirken die statistischen Aussagen in der Datenverarbeitungsbranche geradezu unterentwickelt. Manch ein Hersteller, nicht zuletzt der Marktführer, hält sich mit Daten über Installationszahlen, Modellausstattungen, Lebensalter der Modelle usw. stark zurück. Die vorhandenen Statistiken über den sehr dynamischen Rechnermarkt, der so unterschiedliche Leistungen wie Hardware (Rechnergeräte), Software (Programme) und andere Dienstleistungen (Service) umfaßt, sind oft sehr punktuell und werden meist nicht periodisch fortgeschrieben. Ferner steht der Transparenz auch entgegen, daß heute die Klassifizierung der Rechnerangebote und -einsätze kaum noch nach einsichtigen und aussagefähigen Kriterien möglich ist.

Bis zur 3. Generation erfolgte die Unterscheidung nach der Entwicklungsstufe der *Schaltungstechnologie* (Relais, Röhren, Transistoren, Integrierte Schaltkreise). Ein anderer Unterscheidungsversuch orientierte sich an den *Anwendungsschwerpunkten* der jeweiligen Rechnergattungen:

- kommerzielle Direktverarbeitung (MDT = Mittlere Datentechnik)
- Prozeßregelung (Minicomputer)
- technisch-wissenschaftliche Sonderanwendungen (vor allem: Großrechner, „Jumbo-Computer“, Superrechner)
- universelle betriebliche Anwendungen, insbesondere aber kommerzielle Aufgaben („Universal-Rechner“, „Mainframe“).

Diese Art der Unterscheidung für eingesetzte Rechner wurde zunehmend problematisch, da die Tendenz zu universellem Einsatz aller Modellarten wuchs; so lösen beispielsweise Minicomputer auch kommerzielle Aufgaben.

Ähnlich problematisch bleibt die Klassifizierung nach ‚der Größe‘. Immerhin bieten sich verschiedene Größenzahlen an, insbesondere ‚Speicherkapazität‘ und ‚Wert‘ (Monatsmiete oder Kaufpreis). In der Praxis findet man Größenbezeichnungen wie: Taschen-, Tischrechner, Mikroprozessoren, Heimcomputer, Aktentaschen- (handheld), tragbare (laptop, portable) und Personal Computer, Mikro-, Supermikro-, Mini-, Supermini-, Midi-, Groß- und Jumbo-Computer. Infolge der baukastenförmigen Familiensysteme verlor das Merkmal ‚Speicherkapazität‘ seine Abgrenzungsbedeutung. In der Zukunft dürfte eine Klassifizierung der Rechner nach der Struktur und Anordnung ihrer Geräte und Komponenten, nach der sogenannten ‚Rechner-Architektur‘ (vgl. V 3.7), eine Rolle spielen.

Die Diebold-Statistik nennt für den 1.1.1988 einen Gesamtwert aller von ihr erfaßten Datenverarbeitungssysteme in der Bundesrepublik Deutschland eine Summe von ca. 80 Milliarden DM. Dabei differenziert die Statistik einerseits nach Kaufpreis-Größenklassen der 4 Produktgruppen und andererseits nach deren überwiegender Einsatzart.

Computer-Klassen		Anzahl der Anlagen		Bestandswert
Computer-Systeme	Kaufpreis in TDM	Einsatzart		in Mio. DM
		kommerziell	-techn. wiss. -Prozeßsteuer.	
Micro	bis 25	1496 705	30122	10,7
kleine	bis 100	106 386	77 560	9,6
mittlere	bis 500	78 496	26 714	18,7
große	bis 8000 und mehr	12 030	4 555	45,0
				84,0

Abb. I4a: Klassifikation und Bestand der Computer in der Bundesrepublik Deutschland (1.1.1988) Q: Diebold-Statistik

Im Jahr 1987 wurden in der Bundesrepublik Deutschland über 1,4 Millionen Mikrocomputer installiert, wobei sich etwa ein Verhältnis 2:1 für Heimcomputer zu PC ergibt. Der Umsatz betrug 3,4 Mrd. DM. In der Schweiz waren 1987 0,2 Mio. Personal Computer installiert. Bisher wurden noch etwa zwei Drittel der Mikrocomputer im privaten Bereich genutzt, die Verlagerung auf die kommerziellen Anwendungen zeichnet sich ab. Der Kundenmarkt für Mikrocomputer ist weit, er reicht von Spiel- und Fortbildungsinteressierten über Schulen und Hochschulen, Freiberufler, Klein- und Mittelbetriebe bis zunehmend auch zu Großunternehmen. Man schätzt, daß erst etwa 3% des derzeitigen Marktpotentials durchsetzt ist. Zweistellige Zuwachsraten bleiben wohl weiterhin erhalten.

10 von etwa 70 Anbietern liefern bereits ca. 90% der verkauften Mikrocomputer.

Mikrocomputer-Anbieter sind u. a. Apple, Atari, Commodore, Compaq, IBM, NCR, Olivetti, Sinclair, Tandy, Unisys, Victor, Wang und die deutschen Hersteller AEG-Olympia, Nixdorf, Schneider und Siemens. Der Mikrocomputer-Verkauf erfolgt über sehr viele, unterschiedliche Kanäle: Direktverkauf der Hersteller, an den Hersteller gebundener und ungebundener Fachhandel (Computershops), Bürofachhandel, Versandhandel, Elektronik-/Radio-Fachhandel, Kaufhäuser, System- und Software-Häuser. Eine Reihe von Fachverbänden bieten den Anwendern eine Interessenvertretung an. Nahezu in jeder größeren Stadt entstanden Computer-Nutzer-Clubs.

Das Marktvolumen für Informationstechnik (Geräte und Dienstleistungen) in der Bundesrepublik Deutschland wurde von Diebold mit 126 Mrd. DM angegeben. Dazu zählen, nach Zuwachsrate: Datenverarbeitung, Kommunikation, Industrie- und Medizintechnik, Bürotechnik, Komponenten und Konsumelektronik. Innerhalb des DV-Marktes zeigt der Software-Markt mit über 20% das höchste Wachstum. Je ein Drittel dieses Umsatzes entfällt auf die Hersteller von Universalrechnern, auf sonstige Hardware-Produzenten und auf Software-Häuser. Die Konzentration auf der bundesdeutschen DV-Anbieterseite ist größer als im europäischen Ausland oder in Japan und USA; die beiden Anbieter IBM und Siemens erreichen über 40% des DV-Marktes.

Die Abb. I4b zeigt die Rangfolge der ersten 10 aus der Liste der 100 größten Unternehmen der weltweiten Informatik-Branche. Die Fachzeitschrift Datamation gibt diese Rangliste jährlich heraus. 61 US-Firmen (133 Mrd. Dollar), 17 japanische (42 Mrd. Dollar) und 22 westeuropäische Unternehmen (34 Mrd. Dollar) sind darin aufgenommen. Die europäischen Hersteller kontrollieren nur etwa 15% des Weltmarktes und nur etwa 40% ihres Heimatmarktes.

In der Liste steht Nixdorf auf Platz 16. Weitere europäische Anbieter sind Bull, ICL, Philips, Thomson-CSF, Ericson und Plessey.

Rang	Unternehmen	Land	Informatik-Umsatz 1987 Mrd. \$	Anteil am Gesamtumsatz %
1	IBM	USA	50,5	93
2	DEC	USA	10,4	100
3	Unisys	USA	8,7	90
4	Fujitsu	Japan	8,7	67
5	NEC	Japan	8,2	45
6	Hitachi	Japan	6,3	19
7	Siemens	BRD	5,7	20
8	NCR	USA	5,1	90
9	Hewlett-Packard	USA	5,0	62
10	Olivetti	Ital.	4,6	82

Abb. I4b: Rangfolge der führenden Unternehmen der Informatikbranche (Q: Datamation 6/88, Diebold)

Der durchschnittliche Umsatzzuwachs im Jahr 1983, gebildet aus jeweils den etwa zehn führenden US-Computer-Herstellern in den vier Gruppen, betrug:

Mikrocomputer:	73,3%	Minicomputer:	14,5%
Bürosysteme:	21,3%	Mainframe-Computer:	8,2%

Diese Wachstumsraten signalisierten die Verlagerung der Expansion auf die kleinen Rechnersysteme. In den letzten zehn Jahren zeigte sich bei Großrechnern ein Preisverfall von über zehn Prozent jährlich. Für 1986 wurde ein Anteil von über 30% für Mikrocomputer am Lieferwert der Computer-Hardware erwartet. Schon richteten sich einige Hersteller auf eine mögliche Strategie mit nur zwei Produktlinien (Groß- und Mikrocomputer) ein.

Die Halbleiterproduktion in der Mikroelektronik kommt eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung des Rechnermarktes zu. Während in den USA und Japan etwa 90% der verarbeiteten Halbleiterprodukte von jeweils inländischen Lieferanten stammt, wird in Europa jedes zweite Produkt importiert. Der Halbleiter-Weltmarkt umfaßte 1987 32 Mrd. Dollar: Japan 12 Mrd. \$, USA 10 Mrd. \$, Westeuropa 6 Mrd. \$, davon die Bundesrepublik Deutschland ca. 30%.

Die Importquote der deutschen Industrie bei Chips beträgt zwei Drittel.

Die heutigen Rechnerhersteller fanden auf unterschiedlichen Wegen zu dem Rechnermarkt:

- über Bürogeräte-Herstellung (seit 1. Generation: Universal-Rechner)
- über Bürogeräte-Herstellung (parallel zur 3. Generation: Magnetknoten-Rechner MDT)
- über Regelungstechnik (Prozeßrechner-Hersteller)
- über Schaltelement-Hersteller (insbesondere seit mit der 3./4. Generation die Bedeutung der Integrierten Schaltkreise wuchs)
- über sogenannte Peripheriegeräte-Herstellung (z. B. ausgehend von der Magnetband-Produktion)
- über Software-Entwicklung (z. B. Standard-Programme, Systemhäuser)
- über die Nachrichtentechnik (z. B. Datenfernverarbeitung).

Das Anwachsen der Marktchancen für kleinere Rechner unterschiedlichster Ausstattung bot immer neuen Herstellern die Möglichkeit, sich auf dem DV-Markt zu versuchen. Ein Beispiel für eine überaus erfolgreiche Neugründung ist die Intel Corp., die 1968 von zwei Fairchild-Mitarbeitern gegründet wurde, bereits fünf Jahre später einen Jahresumsatz von 23,4 Mio. Dollar erzielte und heute zu den führenden Mikroprozessoren-Herstellern zählt. Bekannt sind die vielen sogenannten ‚Garagengründungen‘ in Kalifornien, wie die Mikrocomputer-Firma Apple. Die Konzentration der Mikroelektronik-Firmen im ‚Silicon Valley‘ südlich von San Francisco wird von anderen Ländern imitiert. So wurden etwa 80% der britischen Mikroelektronik-Industrie, insbesondere die Halbleiterproduktion in der Landsenke ‚Silicon Glen‘ in Schottland kon-

zentriert. In Taiwan, Hongkong und Singapur entstanden in den letzten Jahren viele Mikroelektronik-Produktionen; der Mikrocomputer-Nachbau (sog. Clones von IBM- und Apple-Modellen) ohne Entwicklungskosten und bei Niedriglöhnen ermöglichte es ihnen, die US-Originalpreise um 15–50% zu unterbieten.

In der Bundesrepublik Deutschland wetteifern die Länder mit der Gründung von Technologie-Parks, Innovations- und Transferzentren. Bereits in den drei Datenverarbeitungs-Förderungsprogrammen von 1967 bis 1979 strebte das Ministerium für Forschung und Technologie die breite Anhebung des Wissensstandes in der Schlüsseltechnologie ‚Datenverarbeitung‘ an. Für Hochschulen, Ausbildung, DV-Anwendungen, Forschung und Entwicklung in der Industrie wurden Förderungsmittel mit einem Gesamtbetrag von 3,5 Mrd. DM bereitgestellt. Die Zweckmäßigkeit der Mittelverteilung, vor allem aber die direkte Subventionierung einiger weniger Großunternehmen war umstritten. Eine Studie untersuchte die Wirkungen der drei Förderungsprogramme. Auf europäischer Ebene beteiligt sich die Bundesrepublik Deutschland an dem Forschungsförderungsprogramm ESPRIT.

Nach wie vor hält das Unternehmen IBM in den USA, im Weltmarkt und in den meisten Regionalmärkten die Rolle des dominierenden Marktführers. Dem Umsatz nach steht IBM sowohl beim Mainframe- als auch dem Mikrocomputer an Platz eins. Mit dem erst 1981 angekündigten IBM Personal Computer errang IBM bereits 1984 ein Drittel Marktanteil – in Europa jedoch mit Verzögerung, wo der 16-Bit-Rechnermarkt von Sirius (Victor) vorbereitet wurde. Mit dem IBM Personal Computer setzte IBM einen Industriestandard, wenngleich nicht auf neuestem technischen Niveau (Bildschirm, Tastatur und kleine Diskettenkapazität gaben zu Kritik Anlaß). Ein ganzer Markt sogenannter IBM-kompatibler Mikrocomputer entstand. Die frühzeitige Offenlegung der Rechnerspezifikationen durch IBM ermöglichte diesen und den zugehörigen Software-Markt. Für die Mikrokanal-Rechner PS/2 galt dies 1987 nicht mehr. Bereits bei den zwei früheren starken Marktbewegungen durch die neuen Rechnerfamilien /360 (1964) und 4300 (1979) zeigte sich das Unternehmen verschlossener bezüglich interner Rechnerstrukturdaten, wie dem Microcode. Schon zum System /360 entstand durch die Vorarbeiten von *Gene Amdahl* ein Markt ‚stecker‘-kompatibler Rechner (PCM = Plug Compatible Manufacturer), die softwareverträglich und damit Konkurrenten waren.

Das in 130 Ländern verkaufende und zum Teil produzierende Unternehmen erzielte 1983 mit einem Umsatz von 40 Mrd. Dollar einen Gewinn von 5,5 Mrd. Dollar; etwa ein Viertel des Umsatzes wird in Europa gemacht. Zum Jahresende 1983 waren weltweit 369 000 Mitarbeiter beschäftigt.

Die dominierende Marktstellung der IBM forderte in den letzten 15 Jahren Konkurrenten und auch staatliche Stellen zu immer neuen Gegenstrategien heraus. Mehrere der Antitrust-Verfahren gegen IBM endeten mit einem außergerichtlichen Vergleich (Consent Decree); so zahlte IBM 1973 an die Control Data

Corporation 250 Mio \$. Die amerikanische Regierung beendete nach 13 Jahren ein 1969 gegen IBM eingeleitetes Verfahren. Auch mit der Kommission der Europäischen Gemeinschaft kam 1984 ein Vergleich über die Veröffentlichung von Rechner-Schnittstellen zustande.

Seit einem Consent Decree zwischen dem amerikanischen Justizministerium und dem Unternehmen AT & T (American Telephone & Telegraph) im Januar 1982 tritt weltweit ein neuer starker Konkurrent (Umsatz 1981: 58 Mrd. \$) in den Computer-Markt ein. AT & T trennte sich von 22 regionalen Tochterfirmen und darf wieder international und in der Computer-Branche tätig werden; 1925 hatte das Unternehmen im Gegengeschäft zum US-Telefonmonopol auf das internationale Geschäft – zugunsten ITT (International Telephone & Telegraph) – verzichtet. AT & T verfügt über umfassende Erfahrungen in der Telekommunikation (Nachrichtentechnik), behält das leistungsstarke Forschungszentrum der Bell-Laboratorien und arbeitet inzwischen mit Olivetti und Philips in Europa zusammen.

Auf die erfolgreichen Anstrengungen bei der Rechnerentwicklung in Japan ging bereits das Kapitel über die 5. Rechnergeneration ein.

Aufgaben zu I 1

- (1) Vorteil des (heute üblichen) Hindu-Arabischen Zahlensystems gegenüber dem Römischen Zahlensystem ist:
 - a) Einführung der Null und der Stellenschreibweise
 - b) Einführung des Dezimalsystems
 - c) Einfache Durchführung der Multiplikation
- (2) Was bedeutet der Begriff ‚Abacus‘?
 - a) Name einer Herstellerfirma von Rechnern
 - b) Name eines Code für die interne Darstellung von Daten
 - c) Handrechengerät der Römer
- (3) Wer war Hollerith?
 - a) Erfinder des Rechenschiebers
 - b) Erfinder der Lochkartentechnik
 - c) Konstrukteur der ersten Relais-Rechner
- (4) Nach welchen Kriterien unterscheidet man die Rechner der 1., 2. und 3. Generation?
 - a) danach, ob sie im Dual-, Binär- oder Dezimalsystem arbeiten
 - b) nach der Kapazität der Speicher
 - c) nach der Schaltungstechnik (Röhren, Transistoren, integrierte Schaltungstechnik)

- (5) Wie groß ist die Schalt-(Operations-)Zeit bei Rechnern der 3. Generation?
- ca. $1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$
 - ca. $100 \mu\text{s} = 10^{-4} \text{ s}$
 - ca. $10 \text{ ms} = 10^{-2} \text{ s}$
- (6) Unter ‚Kompatibilität‘ eines neuen Rechnermodells versteht man:
- daß die Gerätekomponenten und die Programme des bisherigen Modells auch für das neue Modell eingesetzt werden können.
 - daß kompakte integrierte Schaltkreise als Technologie des Modells verwendet werden.
 - daß ein Rechnermodell der 4. Generation ein solches der 3. Generation ablöst.
- (7) Die Mittlere Datentechnik MDT hat ihren Ursprung vor allem in:
- der Prozeßrechentechnik
 - der Schaltelemente-Elektronik
 - der Büromaschinenteknik
- (8) Welche der folgenden Aussagen zum Mikrocomputer ist/sind richtig?
- Die ersten Mikrocomputer wurden etwa ab 1970 entwickelt
 - Mikrocomputer werden nach der Anzahl gleichzeitig verarbeitbarer Datenelemente (Bits) in Generationen eingeteilt
 - Mikrocomputer werden auf dem Markt häufig nach Personal Computer und Homecomputer gruppiert
-

2. Analog- und Digital-Rechentechnik

Bei den modernen Rechenanlagen unterscheidet man zwei Gruppen, und zwar nach ihrem Prinzip:

- Analog-Rechenanlagen (Stetig-Rechenanlagen)
- Digital-Rechenanlagen (Ziffern-Rechenanlagen)

Die erste Bezeichnung leitet sich vom griechischen ‚ana logon‘ ab, was soviel wie ‚im richtigen Verhältnis‘ heißt. Die zweite Bezeichnung ist auf den lateinischen Begriff digitus (= Finger) zurückzuführen.

In der Aufstellung der geschichtlichen Entwicklung haben wir schon zwei typische, elementare Vertreter der beiden Arten von Rechenanlagen kennengelernt.

Es waren dies:

- der Rechenschieber als Vertreter der Analog-Rechenanlagen,
- der Abacus als Vertreter der Digital-Rechenanlagen.

Beim Rechenschieber werden Rechenoperationen durchgeführt, indem man ‚Strecken‘ gegeneinander verschiebt und dann vergleicht.

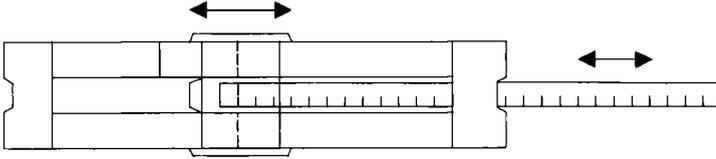


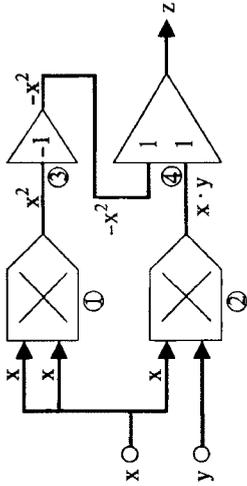
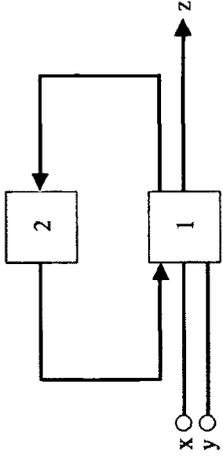
Abb.15: Analoges Rechengerät: Rechenschieber

Dabei kann das Verschieben *kontinuierlich* erfolgen, d. h. die Zunge des Rechenschiebers kann zwischen unterster und oberster Einstellung jede beliebige Zwischenstellung einnehmen. In der *analogen* Rechen- (Meß-, Regel-, Steuer-)technik werden physikalische Größen, die ihrer Natur nach schon ‚zeitliche Stetigkeit‘ aufweisen, als Rechengrößen verwandt. Dabei wird die eigentlich interessierende Größe (z. B. Durchflußmenge) durch eine andere physikalische Größe (z. B. Zeigerausschlag eines Meßinstruments) ersetzt (oder besser: ‚simuliert‘).

Analog-Rechengerät	interessierende Größe, Information	simulierende physikalische Größe
Rechenschieber	Zahlenwert	Länge
Uhr	Zeit	Winkelstellung des Zeigers
Tachometer	Geschwindigkeit des Fahrzeugs	Winkelstellung des Zeigers
Gas- od. Stromzähler	durchgeflossene Gas- oder Strommenge	kontinuierliche Drehung eines Zahnrades
Analog-Rechenanlage	Lösung von Rechenoperationen wie: Differential-Gleichungen, die Bewegungen beschreiben, Schwingungen berechnen, Flugbahnen simulieren.	Spannung (oder: Strom)

Abb.16: Beispiele für Analoggeräte

Bei der Digital-Rechentechnik wird die *numerische*, d. h. die zahlenmäßige Erfassung von irgendwelchen Aussagen angewandt. Alle Aussagen (z. B. Messungen) liegen *ziffernmäßig* vor und werden arithmetisch (d. h. mit Hilfe der vier Grundrechenarten) verarbeitet. Im Gegensatz zur Analog-Rechentechnik, bei der sich die Größen kontinuierlich (stetig) ändern können, dürfen bei der Digital-Rechentechnik die Rechengrößen nur *diskrete* (genau festgelegte) Zustände annehmen.

Vergleichskriterium	Analog-Rechenanlage	Digital-Rechenanlage
Lösungsmethode	nach physikalischen Gesetzen (analoge Modelle)	nach arithmetischen Gesetzen
Zahl der Rechenwerke	viele (einfache Standard-Rechenwerke)	eines (kompliziert)
<p>Beispiel: $z = x \cdot y - x^2$ Für zwei vorgegebene Eingangsgrößen x, y, soll das Ergebnis z mit der betreffenden Rechenanlage ermittelt werden!</p>	 <p>$x, y =$ Eingangsgrößen</p> <ol style="list-style-type: none"> ① Multiplizierer (Analog-Rechenwerk) (bildet: $x \cdot x = x^2$) ② Multiplizierer (Analog-Rechenwerk) (bildet: $x \cdot y$) ③ Umkehrer (Inverter) (bildet $-x^2$) ④ Summierer mit den Bewertungs-faktoren 1 für beide Eingangsgrößen $-x^2$ und $x \cdot y$ (bildet $z = (1 \cdot (-x^2)) + 1 \cdot (x \cdot y)$ $z = -x^2 + x \cdot y$) <p>$z =$ Ergebnis (etwa in Form einer Spannung) Es werden 4 Standard-Rechenwerke benötigt! nimmt mit Problemgröße zu</p>	 <p>$x, y =$ Eingangsgrößen 1 = Speicher 2 = Rechenwerk</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Operation: x, y in den Speicher 2. Operation: Rechenwerk bildet x^2 und gibt Ergebnis an Speicher 3. Operation: Rechenwerk bildet $x \cdot y$ und gibt Ergebnis an Speicher 4. Operation: Rechenwerk bildet $x^2 - x \cdot y$ aus den Zwischenergebnissen ($x^2, x \cdot y$) und gibt Ergebnis an Speicher 5. Operation: $z =$ Ergebnis aus dem Speicher <p>Es wird nur 1 Rechenwerk benötigt! (dieses muß Subtraktion und Multiplikation beherrschen). feste Zahl von Grundeinheiten</p>
Recherkomponenten		

Speicher nötig?	nein (dynamische Stromgrößen)	ja (zwewertige Speicherelemente)
Fähigkeiten eines Rechenwerkes	Addition, Subtraktion, Multiplikation, Invertieren, Integration	Addition (Subtraktion, Multiplikation und Division werden auf Addition zurückgeführt)
Genauigkeit der Eingabe	1 bis 1/10%	beliebig hoch (entsprechende Stellenzahl)
Genauigkeit der Lösung	Ergebnis um so genauer, je weniger kompliziert die Rechnung ist	nahezu unabhängig von dem zu lösenden Problem
Geschwindigkeit für einzelne Operationen	relativ niedrig, abhängig von der Geschwindigkeit der Einzel-Rechenwerke	sehr hoch (abhängig von der Problemgröße)
Gesamtrechenzeit	klein, da viel Parallelarbeit (der Rechenwerke)	oft größer, da serielle Arbeitsweise
Flexibilität bei neuer Aufgabenstellung	neue Verschaltung der Einzel-Rechenwerke erforderlich	ein neues Programm erstellen (keine Geräteänderung)
Programmierung	einfach, geeignete Verschaltung finden	kompliziert, da Befehlsketten, -zweige
Einsatzbereich	spezifische Gebiete: dynamische Systeme, z. B. Lösung von Differentialgleichungen (Schwingungsprobleme, Flugsimulatoren)	universeller Einsatz: wissenschaftlich-technisch wirtschaftlich-kaufmännisch
Entwicklungsaussicht	weitgehend abgeschlossen	aussichtsreich: höhere Geschwindigkeit

Abb. 1.7: Vergleich eines Analogrechners mit einem Digitalrechner

Aufgaben zu I 2

- (1) Zu welcher Art von Rechengeräten gehört der Rechenschieber?
 - a) zu: Digital-Rechengeräte
 - b) zu: Hybrid-Rechengeräte
 - c) zu: Analog-Rechengeräte
 - (2) Für die Analog-Rechentechnik sind folgende Begriffe charakteristisch:
 - a) diskret, ziffernmäßig
 - b) ähnlich, numerisch
 - c) kontinuierlich, stetig
 - (3) Wozu verwendet man vor allem Analog-Rechenanlagen?
 - a) für Rechnungen sehr hoher Genauigkeit
 - b) für Rechnungen mit viel Zahlenanfall (Datenanfall)
 - c) zur Simulation stetiger Bewegungen und Funktionen
 - (4) Die Genauigkeit bei Analog-Rechenanlagen ist auf 1 bis 0,1 % Genauigkeit in bezug auf die Eingabegröße beschränkt durch:
 - a) die mathematischen Rechenmethoden, die bei Analog-Rechenanlagen angewandt werden und die prinzipiell keine höhere Genauigkeit ermöglichen
 - b) begrenzte Rechengeschwindigkeit
 - c) die Rechentechnik, in der die Rechengrößen durch physikalische Größen (meist Spannung) dargestellt wird. Diese Größen können meßtechnisch nicht beliebig erfaßt werden.
-

3. Aufbau einer Datenverarbeitungsanlage

Im folgenden sollen nur noch Digital-Rechenanlagen betrachtet werden. In diesem Sinne wird auch der Begriff ‚Datenverarbeitungsanlage‘ (oder Rechenanlage oder Computer) benützt, falls keine anderen Einschränkungen dabei gemacht werden.

3.1 Vergleich mit einem menschlichen Rechner

Um uns den Aufbau und den Funktionsmechanismus einer DVA verständlich werden zu lassen, ist es am besten, von einem menschlichen Rechner auszugehen. Der menschliche Rechner möge die Aufgabe erhalten haben, den (Akkord-) Lohn für mehrere Akkord-Arbeiter zu errechnen.

Dazu stehen ihm zur Verfügung:

1. Tischrechenmaschine
2. (eindeutige) Rechenvorschrift für die Akkord-Berechnung
3. Angaben über den Arbeiter (Personal-Stammmnummer, Lohnstufe, erzeugte Stückzahl, Früh- oder Spätschicht)
4. Tabellen (über Akkord-Sätze, Schichtzulagen)
5. Notizblock (für Zwischenergebnisse)
6. Ergebnisformular

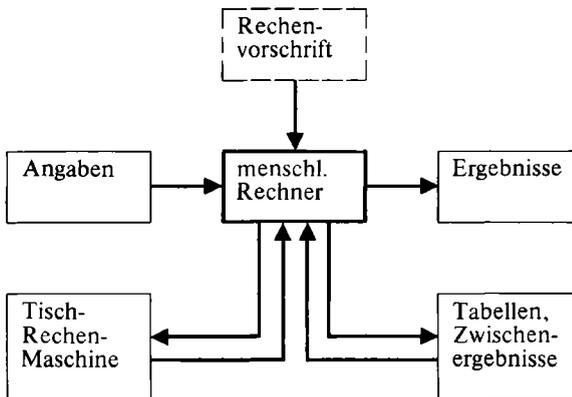


Abb.18: Menschlicher Rechner und seine Hilfsmittel

Beginnt nun der menschliche Rechner mit der Bearbeitung der gestellten Aufgabe, so ist er nichts weiter mehr als eine Hilfskraft. Ihm bleibt nämlich nur noch die (bedauerliche) Aufgabe, als mechanische Vermittlung dafür zu sorgen, daß die Anordnungen (Befehle) der Rechenvorschrift korrekt ausgeführt werden. Jede ungewollte oder auch beabsichtigte Abweichung von der Berechnungsvorschrift führt unweigerlich zu einer falschen Lohnabrechnung, d. h., das Ergebnis (hier Lohnabrechnung) wird wertlos. So können Fehler auftreten: Der menschliche Rechner übernimmt die Angaben unkorrekt, tastet die Angaben fehlerhaft ein, liest die Ergebnisse falsch ab oder irrt sich beim Niederschreiben. Unkenntnis, Unachtsamkeit oder/und Ermüdung können dies verursachen.

Um dem Menschen diese und ähnliche unerquicklichen Routinearbeiten abzunehmen, haben sich Ingenieure und Mathematiker darum bemüht, den Menschen aus dieser Situation des Befehlsempfängers herauszunehmen und ihn durch eine Maschine zu ersetzen. Dem Menschen bleibt „nur“ noch die (Denk-) Arbeit der Herstellung von Rechenvorschriften (Programm).

Wird nun unser menschlicher Rechner als koordinierendes Bindeglied durch ein

**(verkürzte) Rechenvorschrift
für den menschlichen Rechner**

Übernahme der Stückzahl-Angabe für Artikel 1 und 1. Arbeiter

Eintasten der Stückzahl in den Tischrechner

Akkordfaktor aus Tabelle entnehmen

Eintasten des Akkordfaktors in den Tischrechner

Drücken des Multiplikationstaste des Rechners

Ablesen des Ergebnisses und als Zwischenergebnis auf Notizblock schreiben

Übernahme der Stückzahl-Angabe für Artikel 2 und 1. Arbeiter

Eintasten der Stückzahl in den Tischrechner

usw.
.
.

Ablesen des bisherigen Zwischenergebnisses vom Notizblock und Eintasten in den Tischrechner

Drücken der Additionstaste

Übernahme der Schichtangabe für den 1. Arbeiter

entsprechenden Schichtzuschlag für den 1. Arbeiter aus Tabelle entnehmen

Eintasten in Tischrechner

Drücken der Additionstaste

Lesen der Personal-Stamnummer für den 1. Arbeiter

Notieren der Kennzahl-Angabe

Notieren des Lohnergebnisses für den 1. Arbeiter

obige Berechnungsschritte für den nächsten Arbeiter wiederholen!

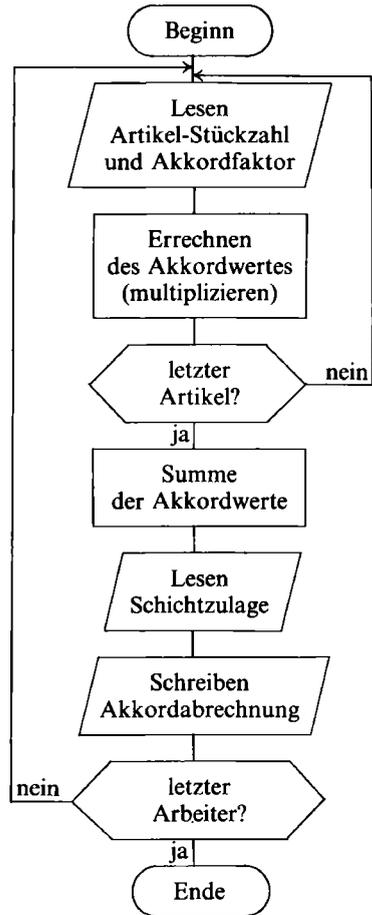


Abb. I9: Programmablaufplan für die Bearbeitung mit der Datenverarbeitungsanlage

Leitwerk (control unit) – so nennt man die entsprechende Einrichtung bei einer DVA – ersetzt, so führt dies zur Anordnung entsprechend der Abb.I10.

Daraus entnehmen wir folgende Analogie:

Angaben	=	Eingabe-Einheit (input-unit), z. B. Tastatur
Ergebnisse	=	Ausgabe-Einheit (output-unit), z. B. Drucker
menschlicher Rechner	=	Leitwerk (control-unit) auch Steuerwerk genannt
Tischrechner	=	Rechenwerk (arithmetic/logical-unit)
Tabellen, Notizblock	=	Speicher (memory, storage)
Rechenvorschrift	=	Programm (program)

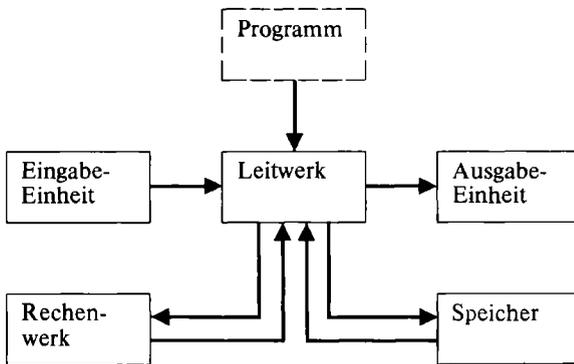


Abb.I10: Struktur einer Datenverarbeitungsanlage

Die Abb.I9 zeigt in groben Schritten den Bearbeitungsablauf durch den maschinellen Rechner – als Programmablaufplan mit Hilfe genormter (DIN 66001) Grafiksymbole. Innerhalb der Bearbeitungsblöcke laufen vergleichbar detaillierte Arbeitsschritte (Befehle) ab, wie sie danebenstehend für den menschlichen Rechner ausformuliert wurden. Das Leitwerk sorgt dafür, daß die übrigen Grundeinheiten der Maschine die Befehlskette, d. h. das Programm, abarbeiten. Maschinen mit dem in Abb.I10 gezeigten Aufbau und Funktionsablauf nennt man eine (digitale) Datenverarbeitungsanlage (DVA) – nach dem ‚von-Neumann-Konzept‘.

Die Beschreibung einer DVA führt dementsprechend auf die Beschreibung der in Abb.I10 aufgezeigten 5 Grundeinheiten, des Programms und des gegenseitigen Zusammenwirkens. Zuvor aber interessiert noch die Frage, wie Informationen dargestellt werden, die als Eingabe-, Ausgabegrößen und Zwischenergebnisse in vielfältiger Form zu speichern und zu verarbeiten sind.

3.2 Informationsdarstellung

3.2.1 Zeichen und Daten

Im weiteren Verlauf werden wir verschiedene Begriffe wie: Zeichen, Alphabet, Daten, Bit, binär, dual, immer wieder verwenden. Es ist also naheliegend, sich mittels klarer Definitionen einen Überblick über Sinn und Geltungsbereich dieser Begriffe zu verschaffen. Sicherlich werden die Definitionen für sich manchmal etwas steril und abstrakt erscheinen. Wir werden aber sehen, daß sie sich gerade durch ihren systematischen Aufbau und ihre klaren Abgrenzungen (etwa gegenüber der Umgangssprache) leicht verstehen und gut merken lassen – vor allem, wenn wir sie im weiteren durch praktische Anwendungen interpretieren. Es ist ratsam, bei späterer Erwähnung eines dieser Begriffe zurückzublättern und sich die entsprechende Definition nochmals vor Augen zu führen.

Jegliche Art verwaltender Tätigkeit läßt sich in die vier Grundtätigkeiten: Lesen, Ordnen, Rechnen, Schreiben aufteilen. Unter ‚Ordnen‘ sind Vorgänge wie Sortieren, Selektieren (Auswählen), Mischen usw. zu verstehen.

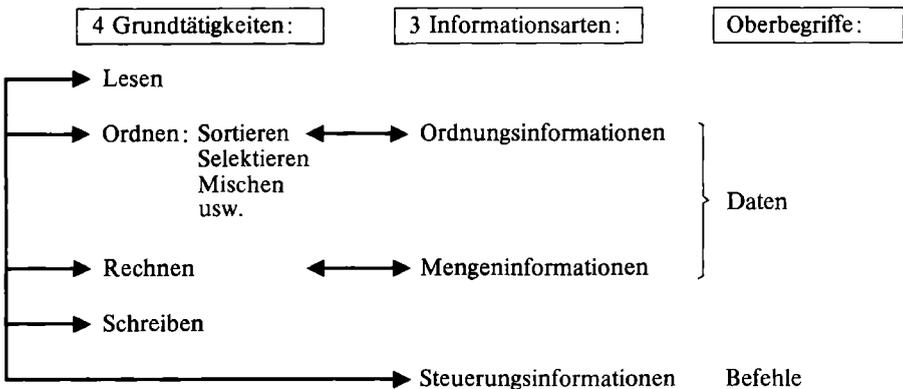


Abb. I11: Grundtätigkeiten und Informationsarten

Diese vier Grundtätigkeiten sind an drei mögliche Informationsarten gekoppelt. Diese sind: Ordnungsinformationen, Mengeninformationen und Steuerungsinformationen. Ordnungsinformationen sind beispielsweise: Konto-Nr., Kennzahlen, Abteilungs-Nr., Haus-Nr., Namen, Straßenbezeichnungen usw. Sie bilden die Ausgangsgrößen für die Grundtätigkeit des Ordners. Gerechnet dagegen wird mit Mengeninformationen, wie Stückzahlen, Preisen und Umsatzwerten. Ordnungs- und Mengeninformationen faßt man unter dem Oberbegriff Daten zusammen.

Um die Ausführung einer oder mehrerer der vier Grundtätigkeiten zu *veranlassen*, bedarf es des Befehls, der Instruktion, der Anweisung. Informationen dieser veranlassenden, initiierenden Art nennt man Steuerungsinformationen.

Der Informationsverarbeitungsprozeß kann auch nach weiteren Funktionen aufgeteilt werden (Abb.I12):

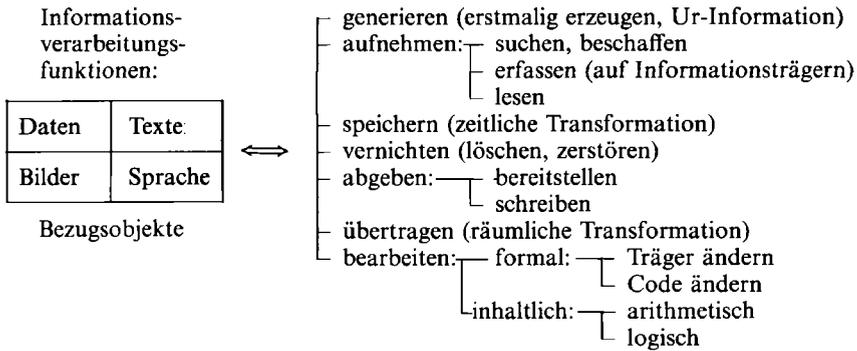


Abb.I12: Funktionen in der Informationsverarbeitung

Diese Funktionen können jeweils angewandt werden auf verschiedene Klassen von Informationen; so unterscheidet man bei den vielfältigen Informationstechnologien heute häufig das Verarbeiten von:

- Daten (im engeren Sinne, d. h. primär numerische Daten),
- Texten (primär alphabetische Informationen),
- Bildern: statische (Grafiken) und bewegte (Animationsgrafik oder Video)
- Sprachinformationen (Audio).

Wir definieren folgende Begriffe:

Zeichen

Ein *Zeichen* (character) ist ein Element aus einer endlichen Menge von verschiedenen Elementen, die zur Darstellung von Information vereinbart wurden.

In der Datenverarbeitung unterscheidet man drei Zeichenarten:

- a) Buchstaben: A B Y Z
 oder: a b y z

- b) Ziffern (digit): 0, 1, 2 , B-1

Eine Ziffer ist ein Zeichen aus einem Zeichenvorrat von B Zeichen, denen als Zahlenwerte die ganzen Zahlen 0 bis B-1 umkehrbar eindeutig zugeordnet sind. Abhängig von der Anzahl B (= Basis) spricht man von Dual-(B=2), Dezimal- (B=10), Sedezimal-Ziffern (B=16) usw.

- c) Sonderzeichen: für arithmetische Operationen, z. B.: + -
 für logische Operationen, z. B.: ∨ ∧
 als Interpunktionszeichen, z. B.: . ,
 und sonstige Zwecke, z. B.: \$ #

Alphabet

Die vereinbarte Zeichenmenge nennt man einen *Zeichenvorrat* (character set). Einen nach vereinbarter Reihenfolge geordneten Zeichenvorrat bezeichnet man als *Alphabet* (alphabet). Dieser Begriff bezeichnet gleichzeitig im Alltag den Sonderfall des nur aus Buchstaben (= alphabetischen Zeichen) bestehenden Zeichenvorrats. Ein *numerisches* Alphabet besteht aus Ziffern und ggfs. Sonderzeichen zur Zahlendarstellung (z. B. Vorzeichen). Ein *alphanumerisches* Alphabet enthält mindestens die Dezimalziffern und die Buchstaben des gewöhnlichen Alphabets.

Wort

Werden Zeichen gekoppelt, um als Einheit betrachtet und verarbeitet zu werden, so entsteht eine Zeichenfolge, die man ein *Wort* (word) nennt. Die Wortlänge ist als fest (4 bis 16 Zeichen) oder innerhalb definierter Stufen variierbar vereinbart. Eine definierte Anzahl von Zeichen wird dann innerhalb eines Rechners gemeinsam verarbeitet und gemeinsam (unter einer ‚Adresse‘) abgespeichert. Die Lage eines bestimmten Zeichens (z. B. einer Ziffer) innerhalb eines Wortes (z. B. einer Zahl) nennt man *Stelle* (position). Die Stellenschreibweise von Zahlen ist bereits aus I 1.1 bekannt.

Daten

Setzt man Zeichen oder kontinuierliche Funktionen ein, um Informationen mittels bekannter Abmachungen für die Verarbeitung bereitzustellen, so spricht man allgemein von digitalen *Daten* (digital data) oder analogen Daten (analog data). Eine engere Definition liefert die Abb. I11. Demnach sind Daten Ordnungs- oder Mengeninformationen. Sie werden in einen Rechner:

– eingegeben – dort verarbeitet – und ausgegeben.

(Beachte: Einzahl von Daten ist Datum. In diesem Sinne wird dieser Begriff im folgenden benützt und *nicht* etwa in seiner Umgangssprachen-Bedeutung als Terminangabe!).

Wir unterscheiden drei Arten von Daten :

a) numerische Daten

numerische Daten (Zahlen) sind Daten, die sich aus numerischen Zeichen (Ziffern) und evtl. noch Sonderzeichen (wie Vorzeichen +, –) zusammensetzen.

b) alphabetische Daten

alphabetische Daten sind Daten, die sich nur aus alphabetischen Zeichen (Buchstaben) zusammensetzen.

c) alpha-numerische Daten

alpha-numerische Daten sind Daten, die sich aus beliebigen Zeichen (Ziffern, Buchstaben, Sonderzeichen) zusammensetzen.

Befehl

Ein Befehl ist ein alpha-numerisches Wort mit speziellen Steuerfunktionen. Ein Befehl bildet die Elementar-Instruktion (Elementar-Anweisung) innerhalb eines Programms. Ein Befehl gibt also dem Leitwerk die *Anweisung* (statement) für den folgenden Schritt im Ablauf der Rechenoperation. Befehle sind also ebenso wie alpha-numerische Daten aus beliebigen Zeichen (Ziffern, Buchstaben, Sonderzeichen) aufgebaut, unterscheiden sich von diesen aber dadurch, daß sie nicht als Rechengrößen ein- und ausgegeben sowie verarbeitet werden, sondern dies eigentlich selbst veranlassen.

Programm

Ein Programm (program) ist die logische Folge von Befehlen (Einzel-Instruktionen), welche von der DVA unter Lenkung durch das Leitwerk nacheinander ausgeführt wird.

Ähnlich den Daten (etwa Kennzahlen oder Stückzahlen) wird bei einer *speicherprogrammierten* DVA auch die Befehlsfolge für die auszuführenden Operationen, d. h., das Programm, im Speicher aufbewahrt. Vor Beginn des Rechengangs wird also das Programm in den Speicher eingelesen. Während des Rechengangs wird Befehl um Befehl des Programms vom Leitwerk aus dem Speicher übernommen und ausgeführt. Das abgespeicherte Programm steuert also ohne weitere äußere Eingriffe den Ablauf des Rechengangs. Die Idee des ‚abgespeicherten Programms‘ stammt von dem Mathematiker Neumann.

Ein Programm wandelt somit einen ‚speicherprogrammierten Universalrechner‘ in eine Spezialmaschine zur Lösung des speziellen (Rechen-)Problems um.

Die DVA behandelt gespeicherte Programme, die momentan von ihr nicht als Programm zur Verarbeitung aufgerufen sind wie Daten, d. h. einfach als abgespeicherte Zeichenfolgen in Dateien (vgl. Kap. V 1.); insoweit verwendet der gängige Ausdruck ‚Datenverarbeitung‘ den Begriff ‚Daten‘ in einem sehr weiten Sinne.

Aufgaben zu I 3.2.1

- (1) Welche verwaltende Grundtätigkeiten gibt es?
 - a) Lesen, Ordnen, Rechnen, Schreiben
 - b) Lesen, Sortieren, Selektieren, Schreiben
 - c) Lesen, Addieren, Subtrahieren, Schreiben
- (2) Welche Informationsarten gibt es?
 - a) Eingabe-, Ausgabeinformationen
 - b) Ordnungs-, Mengen-, Steuer(ungs)informationen
 - c) Ordnungsinformationen, Daten, Befehle
- (3) Unter einem ‚Zeichen‘ versteht man in der Datenverarbeitung:
 - a) ein elektrisches Signal aus einer Menge analoger Signale

- b) ein Maschinenwort
 - c) ein Element aus einer Menge von Elementen, die man Alphabet nennt
- (4) Was bedeutet der Begriff ‚numerisch‘?
- a) zahlen-, ziffernmäßig
 - b) nach Nummern geordnet (etwa Speicherordnung)
 - c) nur mit Digital-Rechenanlagen lösbar
- (5) Innerhalb des Begriffs ‚Alphabet‘ unterscheidet man:
- a) Ziffern-, Buchstaben- und Sonderzeichen-Alphabet
 - b) Eingabe-, Intern- und Ausgabe-Alphabet
 - c) Eingabe-, Maschinen- und Ausgabe-Alphabet
- (6) Der umfassendere Begriff der drei Begriffe: Wort, Datum, Befehl, ist:
- a) Datum, er beinhaltet den Begriff ‚Wort‘ und dieses wiederum den Begriff ‚Befehl‘
 - b) Wort, er umschließt die übrigen zwei Begriffe
 - c) keiner, alle drei sind gleichgeordnet
- (7) Was versteht man unter ‚Speicherprogrammierte DVA‘?
- a) DVA, bei denen das Programm zunächst in einer Symbolsprache eingelesen, von der Maschine in die eigene (Maschinen-)Sprache übertragen und in den Speicher eingeschrieben wird
 - b) DVA, bei denen das Programm (= Befehlsfolge) ebenso wie die zu verarbeitenden Daten im Speicher der Anlage aufbewahrt und Befehl um Befehl vom Steuerwerk während des Rechenablaufs abgerufen wird
 - c) DVA, bei denen durch geschickte Ausnutzung der Symmetrieeigenschaften des Speichers besonders schnelle Programme erstellt werden können
- (8) Was sind die Grundbausteine eines Programms?
- a) Entscheidungen
 - b) Daten
 - c) Befehle
-

3.2.2 Binärzeichen als elektrisches Signal

Es erhebt sich nun die Frage, in welcher (logischen und physikalischen) Form wir die besprochenen Zeichen innerhalb der Ein- und Ausgabegeräte sowie der anderen Grundeinheiten der DVA darstellen können.

Die physikalische Form, in der ein Zeichen in der Realität gespeichert, transportiert und verarbeitet wird, nennt man *Signal* (signal). Das Signal kann optischer (z.B. Schriftbeleg), akustischer (z.B. Ton) oder mechanischer Art (z.B. Kartenlochung) sein. In digitalen Datenverarbeitungsanlagen wählt man für die Zeichendarstellung fast ausschließlich elektrische Signale: Spannungen bzw. Spannungsimpulse. Es erweist sich dabei – wie spätere Kapitel noch zeigen

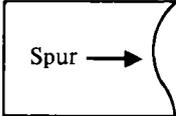
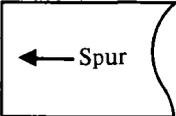
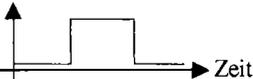
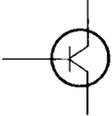
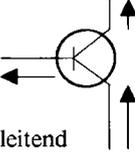
binäre Speicherelemente	zwei mögliche Zustände	
Binärziffer	0	L bzw. 1
Lochkarten - Lochstelle		
	ungelocht	gelocht
Schalter		
	offen	geschlossen
Magnetkern		
	Rechtsmagnetisierung	Linksmagnetisierung
Speicherposition in einer Spur auf Magnetband, Kassette, Magnetplatte, Diskette		
	Rechtsmagnetisierung	Linksmagnetisierung
Spannungsimpuls (Trigger)		
	Impuls nicht vorhanden	Impuls vorhanden
Transistor (meist in einem Chip integriert)		
	nicht leitend	leitend

Abb. I13: Binäre Speicherelemente

werden – als überaus vorteilhaft, nur zwei diskrete Zustände (Signalwerte) zu unterscheiden. Signale, die nur zwei definierte Zustände (Signalwerte) annehmen können, nennt man *binär* (binary) = zweiwertig. Das Binäralphabet besitzt also nur zwei Binärzeichen; sie werden mit 0 und 1 bzw. L abgekürzt. L verwendet man, um die binäre Eins von der dezimalen Eins (1) zu unterscheiden. Aus didaktischen Gründen soll in diesem Buch diese Schreibweise beibehalten werden, obwohl heute auf diese optische Unterscheidung meist verzichtet wird.

Das Binäralphabet mit den Binärzeichen 0 und L kann natürlich mit unterschiedlichen zweiwertigen Signalen gespeichert werden. Die Abb. I13 zeigt schematisch mehrere binäre Elemente, die in späteren Kapiteln noch weiter erklärt werden. Für das bevorzugte Binärsignal, die elektrische Spannung, kann beispielsweise die ‚positive Logik‘ vereinbart werden:

O = niedriges Potential bzw. Low (z. B. 0 Volt)

L = hohes Potential bzw. High (z. B. 6 Volt)

(Um dem Dilemma 0,1 und O,L zu entgehen, verwendet die Elektronik die eindeutigen Bezeichnungen **Low** und **High**, vgl. DIN 41 785). Den zeitlichen Ablauf des Spannungssignals für das Wort (Zeichenfolge) LLOL zeigt beispielhaft die Abb. I14.

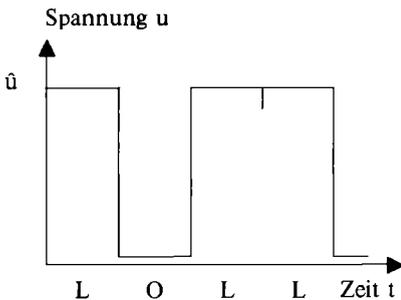


Abb. I14:
Spannungs-Zeit-Diagramm für die
Zeichenfolge L O L L, d. h. 1011

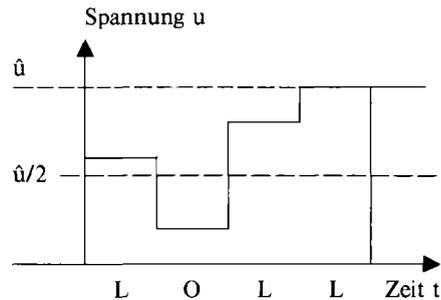


Abb. I15:
Zulässige Spannungstoleranzen

Eine wichtige Abkürzung für Binärzeichen ist: **bit**

(engl.: bit = **b**inary **d**igit = Binärziffer)

1 bit ist also 1 Alternativentscheidung – nämlich die Entscheidung zwischen O und L.

Als Hauptwort wird ‚Bit‘ groß geschrieben. Mehrzahl von ‚Bit‘ ist ‚Bits‘. Als Zähl-(Maß-)Einheit für die Alternative O oder L wird ‚bit‘ klein geschrieben. Ebenso wie ‚das Kilogramm‘ groß und ‚10 kg‘ klein geschrieben werden.

Wir werden in Teil III noch sehen, daß man alle logischen Entscheidungen auf die Elementar-Entscheidung zwischen O und L (= 1 bit) zurückführen kann. Dementsprechend verwendet man dort (in der Informationstheorie III 1) auch ‚1 bit‘ als Maßeinheit für den Informationsgehalt einer Nachricht. Die Verwendung des Binär-Alphabets bringt u. a. den Vorteil mit sich, daß man nur zwischen zwei (Spannungs-)Zuständen (O und L) unterscheiden muß. Bei Verwendung etwa des Dezimal-Alphabets wären es dagegen zehn Zustände (0, 1 . . . 8, 9)!

Alle Spannungszustände höher als $\hat{u}/2$ werden als L interpretiert, alle Spannungszustände tiefer als $\hat{u}/2$ werden als O interpretiert (vgl. Abb. I15). Es können also große Toleranzen in der Spannungsschwankung zugelassen werden, was sich vor allem bei der technischen Verwirklichung günstig auswirkt.

Das Binär-Alphabet bringt neben diesem Vorteil der großen Spannungstoleranzen noch weitere (etwa bei Rechenmethoden (vgl. Teil II)) mit sich.

3.2.3 Codes zur Zeichendarstellung

Die Verwendung eines Alphabets mit nur zwei Zeichen (O und L) bringt natürlich auch Nachteile gegenüber der Verwendung eines Alphabets mit mehr Zeichen (etwa 10) mit sich. Wollen wir etwa die zehn Zeichen 0, 1, . . . 9 des Dezimal-Alphabets oder die 26 Buchstaben des Buchstaben-Alphabets in Binärzeichen (O und L) ausdrücken, so müssen wir *jeder* Dezimalziffer bzw. *jedem* Buchstaben *eine bestimmte* Kombination *mehrerer* Binärzeichen zuordnen.

In Teil III wird angegeben, daß allgemein aus s Binärzeichen 2^s Kombinationen aus O und L gebildet werden können. Diese Zuordnung (die für Hin- und Rückwandlung eindeutig sein muß) nennt man Code = Schlüssel (engl.: code). Der Ausdruck ‚Code‘ wird – abweichend von dieser Definition – auch zur Bezeichnung für das Alphabet₂, in das umgewandelt werden soll, verwandt (vgl. unten: BCD-Code). Mehrzahl von ‚Code‘ ist ‚Codes‘. Codieren = Verschlüsseln, nennt man den Vorgang der Zuordnung eines (meist allgemeineren) Alphabets₁ in ein (meist spezielleres, technisches) Alphabet₂. Decodieren ist die Umkehrung der Codierung. Die entsprechenden elektronischen Geräte nennt man Codierer und Decodierer (oder auch Decoder).

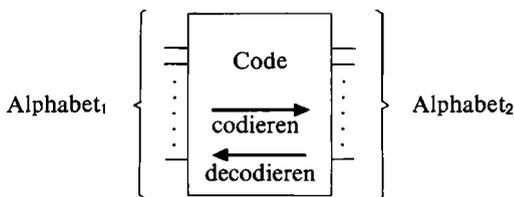


Abb. I16: Code als Zuordnung zwischen zwei Alphabeten

3.2.3.1 Tetradendarstellung

Besteht das Alphabet₁ nur aus den zehn Dezimalziffern 0, 1, . . . 8, 9, so genügt ein $s = 4$ stelliges Alphabet₂ zur binären Darstellung. Mit $s = 4$ bit lassen sich nämlich $2^s = 2^4 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16$ Binärkombinationen bilden. Die 4 Bits zur Darstellung einer Dezimalziffer bezeichnet man als Tetrade. Von den 16 möglichen Tetraden werden nur 10 (nämlich für 0, 1 . . . 9) verwertet. Die restlichen 6 nennt man Pseudotetraden. Soll eine mehrstellige Dezimalzahl mit Binärzeichen (O, L) dargestellt werden, so wird für jede einzelne Dezimalstelle eine Tetrade (= 4 bit) verwendet.

Alphabet ₁		Alphabet ₂
numerisches Alphabet		Tetradendarstellung
	0	OOOO
	1	OOOL
	2	OOLO
zehn Dezimal- ziffern	3	OOLL
	4	OLOO
	5	OLOL
	6	OLLO
	7	OLLL
	8	LOOO
	9	LOOL
unbenützte (Pseudo-) Tetraden	}	LOLO
		LOLL
		LLOO
		LLOL
		LLLO
		LLLL

Abb. I.17: Tetradendarstellung der zehn Dezimalziffern

3stellige Dezimalzahl

1	3	9
---	---	---

Darstellung mit Tetraden

OOOL	OOLL	LOOL
------	------	------

$3 \cdot 4 \text{ bit} = 12 \text{ bit}$

Darstellung der 3stelligen Dezimalzahl 139 mit Binärzeichen (als Tetraden)

3.2.3.2 7-Bit-Code/ASCII-Code

Wenn nicht nur Ziffern, sondern auch Buchstaben codiert werden sollen, so reichen 4 Bits nicht mehr aus. Für 10 Dezimalziffern, 26 Buchstaben und mehrere Sonderzeichen (z. B. Vorzeichen) werden mindestens 6 Bits benötigt. Damit können $2^6 = 64$ Bit-Kombinationen gebildet werden. Ein sehr bekanntes Beispiel für einen 6-Bit-Code war der BCD-Code (binary coded decimal). Die IBM-1400er-Serie und die Siemens 3003 verwendeten ihn.

Die International Organization for Standardization ISO hat 1968 und 1973 in neuer Fassung einen 7-Bit-Code genormt, der als DIN 66003 festgelegt ist. Dieser Code dient zur Übergabe von digitalen Daten zwischen verschiedenen Datenverarbeitungsanlagen, sowie zur Ein- und Ausgabe bei solchen Anlagen. Bestimmte Binärkombinationen können nach nationalem Bedarf definiert werden. So verwendet die Deutsche Referenz-Version Umlautzeichen und den Buchstaben ‚ß‘. Da die US-Referenz des ISO-7-Bit-Codes, der sog. USASCII-Code (= USA Standard Code of Information Interchange), kurz ASCII-Code, anstelle der Umlaute Klammern verwendet, treten bei Personal Computer Nutzung gelegentlich Software- und Tastatur-Hindernisse auf (vgl. IV 3.3.1). Fehlt in einem Anwendungsfall eine Vereinbarung, so gilt automatisch die Internationale Referenz-Version. Für jedes Zeichen bleibt eindeutig eine 7-Bit-Kombination der Art: $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1$ reserviert. Die Wertigkeit der Positionen entspricht dem in II 2.1.3 eingehend behandelten Dualsystem. Jedes Feld der Matrix ist einem Zeichen zugeordnet. Der Buchstabe R wird durch die Bitkombination LOLOLO oder durch den Platz 5/2 bestimmt, was gleichzeitig die hexadezimale Verschlüsselung (vgl. II 2.3) bedeutet: 52 (vgl. Anhang ASCII-Tabelle).

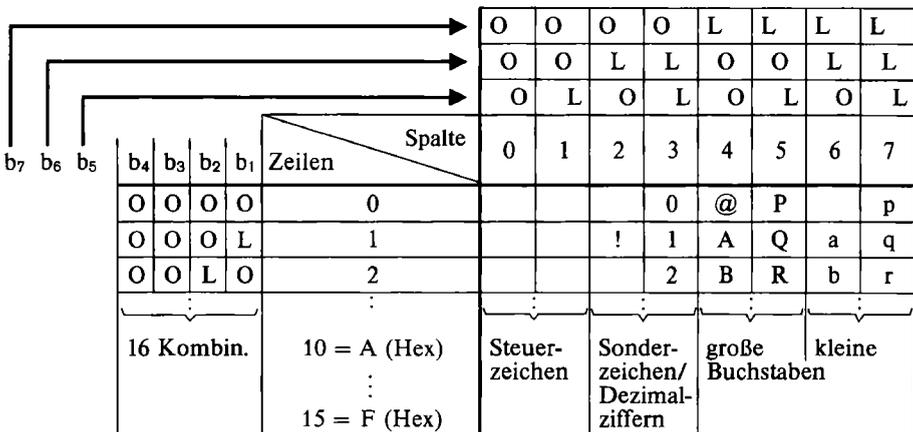
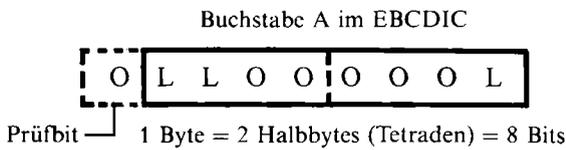


Abb. 118: ISO 7-Bit-Code als US-Referenz ASCII

3.2.3.3 EBCDI-Code (Byte-Code)

Für die interne Verarbeitung in einem Computer ging IBM, gefolgt von anderen Herstellern wie UNIVAC und Siemens, bei ihren Anlagen der 3. Rechnergeneration vom 6-Bit-Code sogleich auf einen 8-Bit-Code über. Rechner ab der 3. Generation arbeiten deshalb oft mit einer erweiterten BCD-Form, dem sog. EBCDI-Code (*Extended Binary Coded Decimal Interchange Code*). Er verwendet die **Byte**-Darstellung. Für je 1 Zeichen, ob Buchstabe, Ziffer oder Sonderzeichen, steht ein Byte bereit. Ein Byte setzt sich aus 8 bit, die zu zwei Tetraden (= Halbbytes, nibbles) gruppiert sind, zusammen. (In Wirklichkeit besitzt jedes Byte noch ein 9. bit, das sog. Prüfbit, vgl. III 2.4.4, IV 2.3.2). Die 8-bit-Positionen werden von rechts nach links mit 0, 1 bis 7 numeriert. Numerische oder alphabetische Daten setzen sich meist aus mehr als einem Zeichen zusammen. Der EBCDI-Code verwendet dann je Zeichen des Datums ein eigenes Byte.



Bei numerischen Daten tritt vor allem noch das Vorzeichen + oder - hinzu. Dafür gilt im EBCDI-Code folgende Vereinbarung:

Wird pro Ziffer einer Dezimalzahl ein eigenes Byte bereitgestellt, so spricht man von *entpackter Form*. Die Wiederholung der LLLL-Tetrade für jede Ziffer ist eigentlich überflüssig, redundant. Die *gepackte Form* von Dezimalzahlen verzichtet darauf. Sie ist deshalb kompakter, es werden weniger Bytes (etwa halb so viele) benötigt. Das Vorzeichen wechselt in das letzte Halbbyte (letzte Tetrade). Das Halbbyte LLOL steht für das negative Vorzeichen.

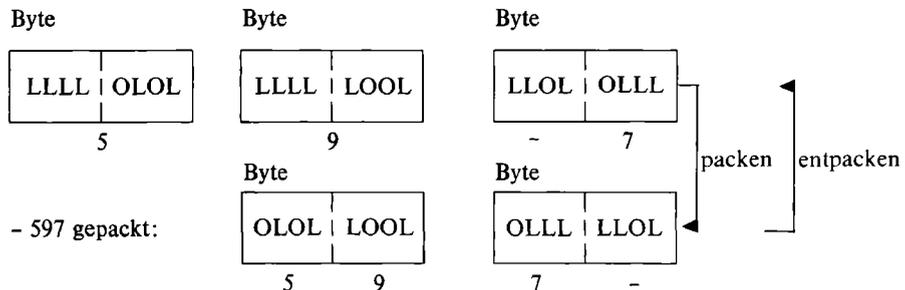


Abb. I19: Negatives Vorzeichen und Beispiel

Arbeitet man mit der Byte-Darstellung und mit fester Wortlänge, so lassen sich 2 Bytes zu einem sogenannten Halbwort, 2 Halbwoorte zu einem Wort und 2 Worte zu einem Doppelwort koppeln.

Um nicht immer die 4 Bitpositionen einer Tetrade (= Halbbyte) einzeln ausschreiben zu müssen, verwendet man in der DV-Praxis die sog. *hexadezimale* Schreibweise. Zu diesem Zweck benötigt man Kurzsymbole für die in Abb.I17 noch unbenutzten (Pseudo-) Tetraden. Sie werden ja im 1. Halbbyte für die Buchstaben und Vorzeichenmarkierung eingesetzt. Folgende (mißverständliche!) Zuordnung wurde gewählt:

LOLO	A	} Kurzsymbole für diese Tetraden, bitte nicht mit den betreffenden Buchstaben verwechseln!
LOLL	B	
LLOO	C	
LLOL	D	
LLLO	E	
LLLL	F	

Der Vorteil dieser Schreibweise liegt darin, daß die Inhalte von Halbbytes umfangreicher Daten statt als umständliches Bitmuster jetzt durch die Zeichen 0, 1, 9, A, F übersichtlich beschrieben werden. Beispielsweise kann das aufwendige Bitmuster:

LLOO OOLO LLLL OLOL LLOL OOLO LLLL LOOL LLLL OLLL
in hexadezimaler Schreibweise verkürzt werden als:

C2 F5 D2 F9 F7

Diese hexadezimale Schreibweise erweist sich beispielsweise als sehr nützlich, wenn Speicherbelegungen nach außen dem Rechner-Bediener (z.B. für Wartungszwecke) sichtbar gemacht werden sollen (sog. Dump-Ausdruck).

Aufgaben zu I 3.2.2/3.2.3

- (1) Die Verwendung des Binär-Alphabets O, L in einem Rechner bringt u.a. den Vorteil mit sich:
 - a) Unterscheidung von nur zwei Spannungszuständen und dadurch zulässige größere Spannungstoleranzen
 - b) leichte Lesbarkeit der Daten auf Lochstreifen und Lochkarten
 - c) weniger Stellen bei den Daten als im Dezimalsystem
- (2) Unter dem Begriff ‚Byte‘ versteht man:
 - a) eine Einheit von 8 Worten, die im Kernspeicher unter einer gemeinsamen Adresse zu erreichen ist
 - b) eine Einheit von (informationsmäßigen zusammengehörigen) 8 Zeichen (= 32 bit), die gemeinsam ein Wort bilden

- c) eine Einheit von (informationsmäßig zusammengehörigen) 8 Bits, die innerhalb eines Rechners gemeinsam abgespeichert werden
- (3) Wie lautet das numerische Datum -143 in gepackter Form?
- OOOL OLOO OOLL LLOL
 - OOOL OLOO LLOL OOLL
 - LLLL OOOO LLLL OOOO LLLL OOLL LLLL LLOL
- (4) Wie lautet das in 3.c angegebene Binärmuster in der hexadezimalen Schreibweise?
- +1 +4 +3 +D
 - F1 F4 F3 FD
 - FFFD
- (5) Wie lautet die Dezimalziffer 5 im 7-Bit-ISO-Code?
- OLLOLOL
 - LLLL OLOL
 - LOLOLLO
- (6) Der Name ABT würde in der Byte-Darstellung lauten:
- OO OOOO OO OOOO LO OOLL
 - LLOO OOOO LLOO OLLO LLLO OOLL
 - LLOO OOOO LLOO OOOO LLLO OOLL
- (7) In gepackter Form würde die Dezimalzahl 7931 in Byte-Darstellung lauten:
- OLL LLLL OOLL LLLL
 - OLLL LOOL OOLL OOOO
 - LLLL LOOL LLLL OOLL
- (8) Wie lauten die binären Formen und die hexadezimalen für die folgenden Zeichen aus dem ASCII-Code: A, 2, !, ESC?
-

3.3 Befehlsdarstellung

In 3.2 wurden die üblichen Zeichen über eine jeweils vorher festzulegende, eindeutige Zuordnung (Code) als Binärzeichen – und damit in einer technisch leicht zu verwirklichenden Signalform als elektrische Spannung – dargestellt. Die verschiedenen Datenarten (numerische, alphabetische, alpha-numerische) bestehen aus Kombinationen dieser Zeichen und sind damit darstellbar.

Neben Daten-Worten treten noch Befehls-Worte (kurz: Befehle) als mögliche Wortart auf. Natürlich müssen wir auch diese Wortart in die oben erwähnte Form bringen. Der DVA kann und soll nicht jede einzelne Instruktion (Anweisung) des Rechengangs vom Bedienungspult aus Schritt für Schritt, d. h., Befehl nach Befehl, erteilt werden. Vielmehr können die einzelnen Anweisungen zusammengefaßt als ganze Befehlsfolge abgespeichert werden. Eine solche (sinnvolle) Befehlsfolge nennen wir: Programm. Die Möglichkeit der Abspei-