

Leitfäden der  
angewandten Informatik

K. Bauknecht / C. A. Zehnder

# Grundzüge der Datenverarbeitung



B.G. Teubner Stuttgart

**Leitfäden der angewandten Informatik**

**K. Bauknecht / C. A. Zehnder  
Grundzüge der Datenverarbeitung**

# Leitfäden der angewandten Informatik

Herausgegeben von

Prof. Dr. L. Richter, Dortmund

Prof. Dr. W. Stucky, Karlsruhe

Die Bände dieser Reihe sind allen Methoden und Ergebnissen der Informatik gewidmet, die für die praktische Anwendung von Bedeutung sind. Besonderer Wert wird dabei auf die Darstellung dieser Methoden und Ergebnisse in einer allgemein-verständlichen, dennoch exakten und präzisen Form gelegt. Die Reihe soll einerseits dem Fachmann eines anderen Gebietes, der sich mit Problemen der Datenverarbeitung beschäftigen muß, selbst aber keine Fachinformatik-Ausbildung besitzt, das für seine Praxis relevante Informatikwissen vermitteln; andererseits soll dem Informatiker, der auf einem dieser Anwendungsgebiete tätig werden will, ein Überblick über die Anwendungen der Informatikmethoden in diesem Gebiet gegeben werden. Für Praktiker, wie Programmierer, Systemanalytiker, Organisatoren und andere, stellen die Bände Hilfsmittel zur Lösung von Problemen der täglichen Praxis bereit; darüber hinaus sind die Veröffentlichungen zur Weiterbildung gedacht.

TP274  
B6

8065754

# Grundzüge der Datenverarbeitung

Methoden und Konzepte für die Anwendungen

Von Dr. sc. techn. Kurt Bauknecht  
o. Professor an der Universität Zürich

und Dr. sc. math. Carl August Zehnder  
o. Professor an der Eidg. Technischen Hochschule Zürich

Mit 99 Figuren und 14 Tabellen



E8065754



B. G. Teubner Stuttgart 1980

Prof. Dr. sc. techn. Kurt Bauknecht

1936 geboren in Zürich. Von 1956 bis 1960 Studium der Elektrotechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich. Von 1961 bis 1964 Entwicklungingenieur in der Computerindustrie. 1966 Promotion an der ETH Zürich. Von 1965 bis 1970 Oberassistent am Institut für Operations Research und Elektronische Datenverarbeitung der Universität Zürich bei Prof. Dr. H. P. Künzi. 1970 Habilitation und a. o. Professor für elektronische Datenverarbeitung, seit 1973 o. Professor für Informatik an der Universität Zürich. Direktor des Instituts für Informatik und des Rechenzentrums der Universität.

Prof. Dr. sc. math. Carl August Zehnder

1937 geboren in Baden (Aargau). Von 1957 bis 1962 Studium der Mathematik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, anschließend Assistent am Institut für angewandte Mathematik bei Prof. Dr. E. Stiefel, Promotion 1965. Von 1966 bis 1967 Studienaufenthalt am Massachusetts Institute of Technology in Cambridge (USA) und Industrieberatungen. Seit 1967 wieder an der ETH Zürich tätig, zuerst Geschäftsführer im Institut für Operations Research, von 1969 bis 1974 Leiter der Koordinationsgruppe für Datenverarbeitung, von 1973 bis 1977 Delegierter des Rektors für Studienorganisation. 1970 Ass. Professor, 1973 a. o. Professor und 1979 o. Professor für Informatik, mit Schwergewicht auf Datenbanken und Anwendungen.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

**Bauknecht, Kurt:**

Grundzüge der Datenverarbeitung : Methoden u. Konzepte für d. Anwendungen / von Kurt Bauknecht u. Carl August Zehnder. — Stuttgart : Teubner, 1980.

(Leitfäden der angewandten Informatik)  
ISBN 3-519-02450-0

NE: Zehnder, Carl August:

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, besonders die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Bildentnahme, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege, der Speicherung und Auswertung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei Verwertung von Teilen des Werkes, dem Verlag vorbehalten.

Bei gewerblichen Zwecken dienender Vervielfältigung ist an den Verlag gemäß § 54 UrhG eine Vergütung zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© B. G. Teubner, Stuttgart 1980

Printed in Germany

Gesamtherstellung: Beltz Offsetdruck, Hemsbach/Bergstraße

Umschlaggestaltung: W. Koch, Sindelfingen

## VORWORT

Die Datenverarbeitung spielt seit vielen Jahren eine wesentliche Rolle in einer Vielzahl von Anwendungen in Dienstleistung, Verwaltung und Industrie; in der Forschung ist die Verwendung des Computers nicht mehr wegzudenken. Es ist daher erstaunlich, wie schmal dennoch vielerorts die Kenntnisse über die Computerwelt sind: Anwender sind froh, dass der Computer produktiv für sie arbeitet, und sie wahren vorsichtige Distanz zur "geheimnisvollen" und sich rasch ändernden Computertechnik. Die Computer-Fachleute ihrerseits leben in der Welt der Spezialisten und pflegen ihre technische Sprache, erhaben über die Alltagsprobleme des Anwenders.

Die beiden Autoren erleben diese Einseitigkeiten seit Jahren in ihrer Tätigkeit als Dozenten einerseits, als engagierte Praktiker andererseits. Dennoch hoffen sie, dass es gerade mit diesem neuen Einführungsbuch gelingt, die einseitigen Positionen abzubauen. Denn auch hinter der schnellen technischen Entwicklung des Computers stecken bleibende und einfache Prinzipien der Informatik, die es darzustellen und zu verstehen gilt. Zwei Interessentenkreise sind damit primär angesprochen:

- Studenten verschiedenster Richtungen (Ingenieure, Oekonomen, Fachinformatiker) sollen erkennen, welche Konzepte des Computers und der Datentechnik für die Anwendung eine direkte Rolle spielen.
- Anwender (aus kommerzieller oder technisch-wissenschaftlicher Umgebung) sollen die grundsätzlichen Methoden und Strukturen sehen, welche hinter ihren täglichen Computer-Anwendungen stehen.

Aus diesem Grunde nimmt der vorliegende Text sehr oft Bezug auf Beispiele aus der Praxis, wo die Datenprobleme schon vor der Computerzeit existierten, aber seither noch viel aktueller geworden sind. Die Beispiele sind oft erstaunlich "einfach", vom Telefonbuch bis zur Vereinsadministration. Doch wird daraus sichtbar, dass Datenverarbeitung praktische Probleme systematisch lösen

will, wozu keine Elektronikkenntnisse nötig sind. Das vorliegende Buch geht auf technische Hintergründe nur soweit ein, als dies für die Anwendung von Bedeutung ist.

Ein Problem eigener Art im Bereich des Computers bildet die Sprache. Die vielen Begriffe aus den englischen Gebrauchsanweisungen der verschiedensten Hersteller erschweren den Verkehr schon mit Kollegen anderer Rechenzentren, noch viel mehr aber mit dem Anwender. Wenn daher in diesem Buch meist deutsche Begriffe (unter Beifügung der englischen!) verwendet werden, so ist dies nicht eine Marotte von Fremdwörter-Jägern, denn nur eine möglichst einfache Sprache kann die elektronische Datenverarbeitung vom Podest des Unverständlichen herunterholen und dem Anwender näherbringen.

Diese Bemühung um die verständliche Verbindung zwischen Fachwissen und Anwendung soll auch dem Andenken an einen Lehrer der beiden Autoren gelten. Eduard Stiefel (1909-1978), Professor für angewandte Mathematik an der ETH Zürich und einer der ersten bedeutenden Förderer des elektronischen Rechnens, war ein Meister im Darstellen des Wesentlichen.

Zum Abschluss noch ein Wort des Dankes. Dieser gehört Herrn Hans M. Bächler für hilfreiche Kommentare zu einem Grossteil des Textes, Fräulein Käthi Scheuber für die sorgfältige Reinschrift und dem Verlag für Geduld und gute Ausstattung dieses Bandes.

Zürich, im April 1980

Kurt Bauknecht

Carl August Zehnder

## INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	5
Inhaltsverzeichnis	7
<u>1 Datenverarbeitung in der Praxis</u>	11
1.1 Sammlung und Auswertung von Daten	11
1.2 Denkmodell einer einfachen Datenverarbeitungsanlage	13
1.3 Was leistet ein Computerprogramm?	18
1.4 Datenelemente, Datenbestände	21
1.5 Der Weg zu einem automatischen Datensystem	27
<u>2 Datenstrukturen und Speichermedien</u>	31
2.1 Speicherung und Wiederauffinden von Daten	31
2.1.1 Sequentielle und direkt adressierbare Speicher	31
2.1.2 Schlüssel	33
2.1.3 Optimierungsüberlegungen, binäres Suchen	35
2.2 Speichermedien (Hardware)	39
2.2.1 Masstäbe für Speichergeräte	39
2.2.2 Direkt adressierbare Arbeitsspeicher	42
2.2.3 Blockweise adressierbare Sekundärspeicher (Magnetplatten)	46
2.2.4 Sequentielle Sekundärspeicher (Magnetbänder)	50
2.2.5 Gemischte Speichertechniken	58
2.2.6 Uebersicht über verschiedene Speichermedien	60
2.3 Speicherhierarchien	62
2.4 Physische Datenstrukturen	65
2.4.1 Einstufige Strukturen	65
2.4.2 Mehrstufige Strukturen	70
2.4.3 Berechenbare Speicheradressen (Hash-Code)	74
2.4.4 Zugriffsbeschleunigung für Sekundärschlüssel (invertierte Dateien)	76
2.4.5 Programminterne Datenstrukturen	80
2.5 Logische Datenstrukturen	81
2.5.1 Die verschiedenen Betrachtungsebenen von Daten	81
2.5.2 Einfache Datenmodelle (Tabellen, Relationen)	84
2.5.3 Datenmodelle mit Zugriffsstrukturen (Hierarchien, Netzwerke)	86
2.6 Die Redundanz	89
<u>3 Programmentwicklung</u>	91
3.1 Aufgaben und Phasen der Programmentwicklung	91
3.2 Programmentwicklung im Rahmen eines EDV-Projekts	95



3.3	Ziele der Programmentwicklung	100
3.3.1	Qualität von Software	100
3.3.2	Zeitaufwand für die Software-Herstellung	103
3.3.3	Software-Kosten	104
3.4	Erfahrungen aus der Vergangenheit	106
3.5	Prinzipien, Methoden und Werkzeuge der Programmentwicklung	108
3.5.1	Programmentwurf und Programmrealisierung	108
3.5.2	Entwurfsprinzipien	109
3.5.3	Entwurfsaufgaben	115
3.5.4	Methoden zur Unterstützung der Entwurfsaufgaben	115
3.5.5	Realisierung	123
3.5.6	Leistungsfähigkeit von Programmen	125
3.5.7	Uebersicht über Programmentwicklungsmethoden	126
4	<u>Computersysteme</u>	128
4.1	Manuelle und automatische Datenverarbeitung	128
4.2	Aufbau des Computers (Hardware)	131
4.2.1	Analoge, digitale, hybride Computer	131
4.2.2	Basisrechenmaschine nach von Neumann	133
4.2.3	Kanäle	136
4.2.4	Datenfernverarbeitung	138
4.2.5	Auslegung von Computersystemen	140
4.2.6	Tendenzen für künftige Computerarchitekturen	142
4.3	Computerprogramme (Software)	146
4.3.1	Programme des Betriebssystems	146
4.3.2	Beispiel eines Dienstprogramms: Sortieren	148
4.3.3	Computer-Firmware	154
4.4	Einsatz des Computersystems	155
4.4.1	Computer-Betriebsarten	155
4.4.2	Computer-Benützungsarten	157
4.4.3	Computer-Einsatzarten	159
5	<u>Daten-Ein- und -Ausgabe</u>	162
5.1	Mensch und Maschine	162
5.1.1	Charakteristische Arbeitsweisen	162
5.1.2	Unterschiedliche Benutzergruppen	165
5.1.3	Dialog, Interaktivität	167
5.2	Daten-Eingabe und Eingabemedien	171
5.2.1	Der Datenerfassungsweg	171
5.2.2	Fragestellungen und Fragebogen	175
5.2.3	Eingabe-Geräte (Ueberblick)	181
5.2.4	Zwischen-Datenträger	186
5.2.5	Optische Datenerfassung	189
5.2.6	Geometrische Daten, graphische Dateneingabe	195
5.3	Daten-Ausgabe und Ausgabemedien	197

5.3.1	Ausgabe-Geräte (Ueberblick)	197
5.3.2	Text- Ausgabe	202
5.3.3	Graphische Datenausgabe	205
6	<u>Datenbanken</u>	207
6.1	Das Datenbank-Konzept	207
6.1.1	Daten oder Verarbeitung?	207
6.1.2	Merkmale einer Datenbank	210
6.1.3	Informationssysteme	213
6.2	Die Benützung einer Datenbank	216
6.2.1	Abfragen und Mutationen (Transaktionen)	216
6.2.2	Entwurf eines Datenbanksystems	219
6.2.3	Standard-Datenbanksysteme	221
6.2.4	Datenbank-Betreuung	224
7	<u>Datensicherung und Datenschutz</u>	226
7.1	Das Schutzbedürfnis	226
7.1.1	Begriffsabgrenzungen	226
7.1.2	Gefahrenquellen	228
7.1.3	Probleme bei grossen Datensystemen	230
7.2	Datensicherung	233
7.2.1	Einfache Grundsätze	233
7.2.2	Prävention und Rekonstruktion	237
7.2.3	Hardware-Massnahmen	238
7.2.4	Massnahmen in Organisation und Software	241
7.3	Datenschutz	247
7.3.1	Zielsetzungen in der Datenverarbeitung	247
7.3.2	Personenbezogener Datenschutz	249
8	<u>EDV-Organisation</u>	254
8.1	Das EDV-Projekt	254
8.1.1	Zeitlicher Verlauf	254
8.1.2	Varianten und Entscheide	259
8.1.3	Dokumentation	261
8.2	Die EDV-Anwendung	266
8.2.1	Benutzer und Rechenzentrum	266
8.2.2	EDV und Umgebungsarbeiten	268
8.2.3	Unterhalt von Anwendungen	270
8.3	Die EDV-Projekt-Organisation	273
8.3.1	Das EDV-Projekt-Team	273
8.3.2	Entscheidungskompetenzen	276
	<u>Literaturverzeichnis</u>	281
	<u>Sachverzeichnis</u>	284



# 1 DATENVERARBEITUNG IN DER PRAXIS

## 1.1 Sammlung und Auswertung von Daten

Der fremde Besucher, der Abteilungsleiter, der Kunde, der Bürger - sie alle brauchen gelegentlich Auskünfte, damit sie sich zurechtfinden, ihre Aufgaben erledigen, ihren Kauf vorbereiten, den demokratischen Staat funktionieren lassen können.

Dafür wenden sie sich an eine Informationsstelle, welche entweder

- die gewünschte Auskunft aufgrund von Unterlagen oder anderen direkten Kenntnissen sofort erteilen kann, oder
- solche Unterlagen zuerst beschaffen muss (z.B. über telefonische Rückfragen, Auswertung von vorhandenem Material etc.).

Die Datenverarbeitung dient dieser "Auskunftserteilung" im weitesten Sinn, indem sie das Zusammentragen und Aufbereiten der Unterlagen als technischen Prozess versteht und unterstützt. Dabei werden normalerweise viele, kleine Angaben und Hinweise - die Daten - nach festgelegten Regeln gesammelt, geprüft, zusammengeführt, gespeichert, ausgedruckt; dieses Buch soll zeigen, von welcher Art und Bedeutung diese elementaren Operationen für die "Auskunftserteilung" sind.

Auf der Ebene der eigentlichen Daten-Verarbeitung und -speicherung geht es normalerweise darum, ganz bestimmte Fragestellungen zu beantworten; dafür müssen natürlich die entsprechenden Unterlagen, Meldungen und Anweisungen zur Verfügung stehen. Zwischen diesen Ausgangsdaten (Daten-Eingabe) und der verlangten Auskunft (Daten-Ausgabe) steht meist ein bestimmter Prozess; einige Beispiele zeigen das:

<u>Eingabe-Daten:</u>	<u>P r o z e s s :</u>	<u>Ausgabe-Daten:</u>
7 x 8	Ausrechnen	56
"Kind"	Uebersetzen auf Englisch	"child"
Lift-Knopf drücken	Lift-Steuerung	Lift kommt
Name, Adresse	Telefon-Auskunft	Telefon-Nummer
Materialbezüge	Rechnung schreiben	Rechnung

Bei der genauen Betrachtung eines Datenverarbeitungsproblems ist es meist zweckmässig, zuerst das gesuchte Ergebnis zu betrachten und dann daraus abzuleiten, welche Unterlagen - Eingabe-Daten - dafür notwendig sind.

Allerdings sind diese "notwendigen Unterlagen" oft nicht in einer Form vorhanden, wie es vom Produkt aus gesehen wünschbar wäre. In diesem Fall besteht das Problem darin, unsere Antwort aus den verfügbaren Informationen, d.h. aus Daten aller Art, welche vielleicht für ganz andere Zwecke erzeugt wurden, herauszuarbeiten. Beispiel:

<u>Verfügbare Daten:</u>	<u>P r o z e s s :</u>	<u>Gesuchte Daten:</u>
Zivilstandsnachrichten in der Zeitung	Sammeln von Geburts- anzeigen	potentielle Kunden für Kinderwagen- geschäft

Die Datenverarbeitung wird damit zu einer oft recht langen Kette von Umformungen von Datenmaterial mit dem Zweck, als Ergebnis ganz bestimmte Datenbedürfnisse zu befriedigen. Dabei können wirtschaftliche, soziale, administrative oder andere Gründe hinter diesen Datenbedürfnissen stehen.

Bis hierher haben wir übrigens die "Datenverarbeitung" nicht bloss auf den Computer bezogen, sondern wesentlich allgemeiner verstanden. In diesem weiteren Sinn existiert sie auch von alters her und ist im öffentlichen und privaten Verwaltungsbereich schon längst als bedeutungsvoll erkannt worden. Hier einige Beispiele:

- Steueramt: Steuerrechnungen aus Taxationsunterlagen.
- Heiratsvermittlung: Partnerfindung aus Kenntnis der Verhältnisse und aktiver Vermittlertätigkeit.
- Eisenbahnfahrplan: Plan-Erstellung aus Passagierbedürfnissen und Leistungsdaten der Bahn.
- Kreditauskunftei: Angaben über die "Kreditwürdigkeit" eines Kreditkunden aufgrund seines bisherigen wirtschaftlichen Verhaltens und entsprechender Hinweise.

Gerade solche Beispiele zeigen, dass komplizierte Datenverarbeitungsprobleme weit über das direkte Ausrechnen ( $7 \times 8 = 56$ ) oder Umsetzen ("Kind" - "child") hinausgehen. Die verschiedensten Daten müssen dazu vorerst langfristig gesammelt und dann richtig miteinander in Zusammenhang gebracht werden. Damit haben wir aber auch die beiden Hauptfunktionen von Datensystemen erkannt:

- Daten verarbeiten und übermitteln: Umsetzung von Daten und Daten-  
gruppen in eine gewünschte neue Form und an einen gewünschten  
Ort.
- Daten permanent speichern: Die gesammelten Daten müssen systema-  
tisch gegliedert für eine künftige Auswertung bereitgehalten wer-  
den.

Wenn im folgenden die technischen Mittel der elektronischen Daten-  
verarbeitung und -speicherung (EDV) beigezogen, erläutert und be-  
nützt werden, dann können dabei oft und grundsätzlich dieselben  
Verfahren verwendet werden, wie sie in grossen Verwaltungen schon  
immer benützt wurden. Die Grundprinzipien der Datenverarbeitung  
sind leichtverständlich. Es ist allerdings im Gestrüpp der vielen  
Spezialmöglichkeiten moderner EDV-Anlagen oft nicht leicht, sie zu  
erkennen. Dies veranlasst viele, die Welt des Computers - weitge-  
hend zu Unrecht - dem sogenannten Spezialisten zu überlassen.

## 1.2 Denkmodell einer einfachen Datenverarbeitungsanlage

Die Beispiele des vorangehenden Abschnittes haben gezeigt, dass  
Datenverarbeitung durchaus auch mit den herkömmlichen Büro-Metho-  
den einer Kanzlei, Registratur oder Buchhaltung betrieben werden  
konnte. Andererseits sind für einfache Prozesse (Kopieren, Rechnen  
in den Grundoperationen etc.) seit 1891 Lochkartengeräte und seit  
den Vierziger-Jahren programmierbare Rechenautomaten im Einsatz.  
Und diese Automaten - Computer - wollen wir nun für unsere Zwecke  
einsetzen. Der Computer ist sehr flexibel, er verlangt aber auch  
ganz bestimmte Voraussetzungen für den zweckmässigen Einsatz:

- Der Computer erlaubt die Automatisierung vieler Büroprozesse  
und damit den Verzicht auf menschliche Routinearbeiten, wofür

oft keine qualifizierten Arbeitskräfte mehr verfügbar wären.

- Der Computer als Automat zwingt uns, unsere Automationsvorstellungen viel präziser (und fehlerfrei!) zu formulieren, als wenn menschliche Bürogehilfen einzusetzen wären.
- Der wirtschaftliche und sichere Einsatz des Computers ist nur gewährleistet, wenn auf technische und organisatorische Randbedingungen Rücksicht genommen wird (z.B. Hierarchien von Speichermedien unterschiedlicher Leistungsfähigkeit).

Wenn wir imstande sind, den Computer für unsere Datenverarbeitungsbedürfnisse richtig einzusetzen, dann haben wir somit wohl auch unsere Probleme in einer viel umfassenderen Art "verstanden", als dies bei rein manuellen Lösungen üblicherweise der Fall wäre.

Viele Leser dieses Buches werden an dieser Stelle allerdings ganz unterschiedliche Vorstellungen über den "Computer" mitbringen, abhängig von ihren bisherigen Kontakten und Erfahrungen. Diese reichen wohl vom Programmieren eines Grossrechners über Einsätze von Prozessrechnern und Mikroprozessoren im technischen Bereich bis zur reinen Datenverarbeitung und "Mittleren Datentechnik" im Büro. Daher ist es für diese wie auch für den Neuling sinnvoll, sich für unsere Grundsatzüberlegungen ein bestimmtes, einfaches Denkmodell für den Computer vor Augen zu halten, das uns fortan dienen soll. Die Einfachheit dieses Modells ist dabei aber keine Einschränkung der Verwendbarkeit; im Kapitel 4 werden dann Erweiterungen vorgestellt, die über unser Modell nur quantitativ, nicht aber qualitativ hinausgehen.

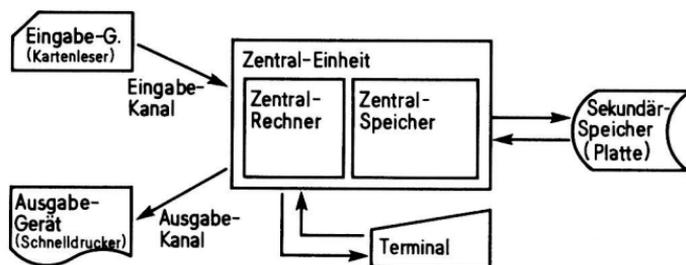


Fig. 1.1: Einfache EDV-Anlage

Unser einfaches Modell (Fig. 1.1) umfasst die Zentraleinheit, Sekundärspeicher und verschiedene Ein- und Ausgabegeräte:

Zentraleinheit, bestehend aus Zentralrechner und Zentralspeicher. Der Zentralrechner ist imstande, gemäss einer Befehlsfolge (Programm) viele einfache Operationen hintereinander auszuführen. Die Operationen (Arbeitsschritte) dienen dabei dem arithmetischen Rechnen (+-\*/), dem Lesen und Schreiben, aber auch zum Unterscheiden von Fällen; wir kennen solche Operationen vom Taschenrechner. Im Gegensatz zum Taschenrechner verfügt jedoch die Zentraleinheit insbesondere über einen grösseren Zentralspeicher (oder Arbeitsspeicher), welcher für den Zentralrechner gleichsam als schneller Notizblock dient, dies aber für zwei verschiedene Bereiche gleichzeitig: Der Zentralspeicher enthält die Daten für Rechnen, Schreiben etc., er enthält aber auch das Programm für seine Tätigkeit. Damit kann innerhalb der Zentraleinheit sehr rasch und sehr flexibel abgelesen werden, was zu tun ist (Programm), und auf was diese Anweisungen ausgeführt werden (Verarbeitung von zentral gespeicherten Daten). Die Arbeitsgeschwindigkeit innerhalb der vollelektronisch arbeitenden Zentraleinheit ist in der Grössenordnung von 1 Mikrosekunde ( $\mu\text{s}$ ) pro Operation, oder anders gesagt, die Zentraleinheit kann etwas 1 Mio Operationen pro Sekunde ausführen.

Eingabe-Geräte dienen zur sequentiellen Eingabe von extern in maschinenlesbarer Form vorbereiteten Daten; dazu gehören die Leser für Lochkarten, Lochstreifen, Magnetbänder oder auch optisch lesbare Belege. Die Lesegeschwindigkeit ist um einige Grössenordnungen kleiner als im Arbeitsspeicher (z.B. Lesen von 10 Lochkarten pro Sekunde).

Ausgabe-Geräte ermöglichen sequentielle Ausgabe von Daten des Arbeitsspeichers auf andere Medien, entweder in für den Menschen nutzbarer, lesbarer Form, z.B. auf Schnelldrucker oder Mikrofilm, oder in einer Form, welche später wiederum ein maschinelles Lesen gestattet, z.B. auf Magnetbänder. Die Schreibgeschwindigkeit ist kleiner als im Arbeitsspeicher, variiert aber stark je nach Gerätetyp (z.B. für schnelle Magnetbänder und langsame Schreibmaschinen).

Sekundärspeicher dienen zur Aufnahme von grösseren Datenmengen, Registern, Tabellen etc., welche im Arbeitsspeicher nicht Platz finden und dennoch zur Verfügung stehen müssen. Ihr Speichervolumen ist ein Vielfaches der Kapazität des Arbeitsspeichers, diese Vergrößerung trifft aber ebenfalls für die Zugriffszeit zu. Für gewisse Fälle können ein Ausgabe-Gerät und ein gleichartiges Eingabegerät (z.B. Magnetbandstation, Lochkartenstanzer und -leser) gemeinsam die Funktion eines Sekundärspeichers übernehmen.

Terminal für direkte Interaktion mit dem Menschen. Da auch hier eine Daten-Ausgabe- und eine Daten-Eingabe-Funktion kombiniert sind, liesse sich das einfache Computer-Modell logisch auch ohne Terminal organisieren. Die speziellen Eigenschaften des Terminals werden erst in Kapitel 4 und 5 benützt.

Das einfache Computer-Modell lässt sich somit für die Datenverarbeitung auf Zentraleinheit plus Eingabe und Ausgabe reduzieren; die Funktion der permanenten Datenspeicherung wird vom Sekundärspeicher übernommen.

An einigen Beispielen soll unser Computer-Denkmodell jetzt seine Tauglichkeit beweisen. Als Daten stellen wir uns Angaben vor, wie sie in einem Telefonverzeichnis stehen; die zusammengehörenden Daten über je einen Telefonteilnehmer nennen wir Datensatz. Unsere Rohdaten sind also eine Menge von Datensätzen.

#### Beispiel: Erstellen eines Telefonverzeichnisses

Sequentielle Eingabe der Telefonabonnenten als Datensätze von Lochkarten; jede Lochkarte enthält Name, Adresse und Telefonnummer je eines Abonnenten. Die Zentraleinheit kopiert nun jeden Lochkarteninhalt direkt auf den Schnelldrucker, nachdem vielleicht noch gewisse Zeilenumbrüche (= Verarbeitung) stattgefunden haben:

```
Eingabe:  MUELLER HANS, EIBENWEG 6, 52 74 38
Ausgabe:  MUELLER HANS,
          EIBENWEG 6    52 74 38
```