



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische
und elektronische Berufe

Informatik und Informationstechnik für allgemeinbildende und berufliche Gymnasien

2. Auflage

Bearbeitet von Lehrern und Ingenieuren an beruflichen Schulen und
berufspädagogischen Seminaren (siehe Rückseite)

Ihre Meinung interessiert uns!

Teilen Sie uns Ihre Verbesserungsvorschläge, Ihre Kritik aber auch Ihre Zustimmung
zum Buch mit.

Schreiben Sie uns an die E-Mail-Adresse: **lektorat@europa-lehrmittel.de**

Die Autoren und der Verlag Europa-Lehrmittel
Herbst 2014

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 30047

Autoren:

Ralf Bär	Prof.	Offenburg
Gerhard Bischofberger	Dipl.-Ing.	Ellwangen (Jagst)
Elmar Dehler	Studiendirektor	Laupheim, Ulm
Nikolai Hammer	Dipl.-Ing., OStR	Singen
Bernd Schiemann	Dipl.-Ing.	Durbach (Ortenau)
Thomas Wolf	Prof.	Stuttgart

Bildentwürfe: Die Autoren

Fotos: Autoren und Firmen (Verzeichnis der Firmen Seite 318)

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, 73760 Ostfildern
Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises: Bernd Schiemann

2. Auflage 2014
Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind im Unterricht einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-3009-2

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

Umschlaggestaltung: Idee: Bernd Schiemann unter Verwendung eines Bildes von G. Bischofberger; Umsetzung: Atelier PmbH, 35088 Battenberg

© 2014 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Druck: M. P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort

Informatik und Informationstechnik beeinflussen nahezu alle gesellschaftlichen Bereiche unseres Lebens. Fast alle berufliche Aktivitäten und Prozesse werden durch diese Technologien maßgeblich unterstützt oder vollzogen.

Dieses Buch vermittelt informationstechnische Grundlagen, fördert die Problemlösungskompetenz und unterstützt das Training wissenschaftlichen Arbeitens in Bildungsgängen, die durch Vermittlung allgemeinbildender und berufsbezogener Unterrichtsinhalte zur Allgemeinen Hochschulreife führen.

Leitideen:

- Modellbilden als zentrales Element des Problemlösens,
- Problemlösen durch Implementieren von Algorithmen in Programmiersprachen,
- Arbeitsteiliges Zusammenwirken und Gestalten im Team,
- Verantwortungsbewusst mit Informatiksystemen umgehen,
- Vernetztes Denken erlernen durch inhaltliche Verbindungen.

Methodische Schwerpunkte:

- Kompaktes Lehr- und Übungsbuch, das neben Faktenwissen prinzipielle Zusammenhänge zeigt und durch zahlreiche anschauliche Anwendungsbeispiele vertieft.
- Großer Wert wird auf gut verständliche und anschauliche Darstellung insbesondere auch von komplexen Sachverhalten gelegt.
- Durch methodisch ausgewogene Inhalte ist das Buch gut zum selbstständigen Lernen geeignet.
- Zur Vorbereitung auf Klassenarbeiten und Abschlussprüfungen stehen am Ende vieler Kapitel Prüfungsaufgaben und Vertiefungsaufgaben mit Lösungen auf der CD zur Verfügung.

Inhaltliche Schwerpunkte:



Inhaltsverzeichnis

	Übersicht zu Kapitel 1 und 2	10
1	Begriffe und Gebiete der Informatik	11
1.1	Grundlagen und Bereiche der Informatik	11
1.2	Teildisziplinen der Informatik	12
1.3	Geschichtliches zur Informatik	13
1.4	Anwendungsgebiete informationsverarbeitender Technik (IT)	14
2	Digitale Informationsverarbeitung	15
2.1	Analoge, digitale und binäre Informationen	15
2.2	Vom Digitalsignal zum Binärsignal	16
2.3	Digitalisierung ohne Informationsverlust	16
2.4	Zahlensysteme	18
2.4.1	Dezimalsystem	18
2.4.2	Dualsystem	18
2.4.3	Hexadezimalsystem	19
2.5	Codierung und Code	19
2.5.1	Entscheidungsgehalt	19
2.5.2	Informationsgehalt und Redundanz	19
2.5.3	Wort- und Zifferncodierung	20
2.6	Übertragung digitaler Informationen	21
2.6.1	Übertragung von binär codierten Dezimalzahlen	21
2.6.2	Fehlererkennung und Fehlerkorrektur	21
2.6.3	Codes zur Fehlererkennung	22
2.6.4	Codes zur Fehlerkorrektur	23
2.6.4.1	BCD-Code 8-4-2-1 mit Hamming-Ergänzung zur Fehlerkorrektur	24
2.6.4.2	Fehlerkorrektur durch Blockparitätssicherung	25
	Übersicht zu Kapitel 3	26
3	Digitaltechnik	27
3.1	Kombinatorische Logik	27
3.1.1	Vollständige Beschreibung	27
3.1.2	Von der Wertetabelle zur digitalen Schaltung	29
3.1.3	Die schaltalgebraische Funktionsgleichung	30
3.1.4	Vereinfachung digitaler Schaltungen	31
3.1.5	Abgeleitete Grundfunktionen	32
3.1.6	Kombinatorische Schaltnetze	33
3.1.6.1	Codeumsetzer	33
3.1.6.2	Multiplexer und Demultiplexer	34
3.1.6.3	Schaltnetz als digitaler Vergleicher	35
3.1.6.4	Schaltnetze für arithmetische Rechenoperationen	36
3.1.6.5	Realisierung komplexer Schaltnetze mit Festwertspeichern	38
3.2	Sequenzielle Logik	40
3.2.1	Flipflops als Speicherelemente für binäre Informationen	40
3.2.1.1	RS-Flipflop	40
	Aufgaben zum RS-Flipflop	41
3.2.2	Vom RS-Flipflop zum D-Master-Slave-Flipflop	42
3.2.3	Ablaufkette mit RS-Flipflops	44
3.3	Programmierbare Logikbausteine	46
3.3.1	Fest verdrahtete Logikschaltungen	46
3.3.2	Digitale Universalschaltung als Grundlage programmierbarer Logikbausteine ...	47
3.3.3	Logikmatrix	47

3.3.4	EEPROM und PAL im Vergleich	48
3.3.5	Vom PAL zum CPLD	48
3.3.6	Field Programmable Gate Array	49
3.3.7	Lookup-Tables zur Konfiguration der CLBs	49
3.3.8	Schaltungsdesign bei PLDs	49
3.3.9	HDL (Hardware Description Language)	50
3.3.10	Von der Idee zum IC	50
3.4	Synchrone Schaltwerke	51
3.4.1	Prinzipieller Aufbau	51
3.4.2	Zustandsübergangstabelle	51
3.4.3	Schaltwerk als programmierbare Steuerung	52
	Aufgaben zu synchronen Schaltwerken	53
3.4.4	Zustandsdiagramme zur Beschreibung synchroner Schaltwerke	54
	Aufgaben zu Zustandsdiagrammen	55
Übersicht zu Kapitel 4		56
4	Mikrocomputersysteme	57
4.1	Prinzipieller Aufbau eines Mikrocontrollers	57
4.2	Grundstruktur eines Mikrocontrollers	57
4.2.1	Aufbau von Speichern und Speichertypen	58
4.2.2	Speichertypen	58
4.2.3	Speicheradressierung in einem Mikrocontrollersystem	59
4.2.4	Arbeitsweise eines Mikrocontrollers	60
4.3	Musterplatine – Ein Mikrocontrollersystem im Einsatz	63
4.3.1	PORT-Anschlüsse des Controllers – Tore zur Außenwelt	63
4.4	Programmierung – Wie sag ich's meinem Mikrocontroller?	64
4.4.1	Entwurf eines Assemblerprogramms	65
4.4.2	Erste Gehversuche in C	67
4.4.3	Lauflichtvarianten in C	69
4.4.4	Timer	71
4.4.5	Interrupt-Technik	72
4.5	Analoge Signalverarbeitung und Signalerzeugung mit dem Mikrocontroller	73
4.5.1	DAU – Vom Bit zur Musik	73
4.5.2	ADU – Prinzip der schrittweisen Annäherung	74
4.6	DCF77 – Jede Sekunde zählt	75
4.6.1	Decodierung des DCF77-Signals	75
4.6.2	Sekundenzähler	76
4.6.3	Erkennen der 59. Sekunde	76
4.6.4	Erfassen von Zeitinformationen	76
4.6.5	Entwicklungszyklus in einer Integrierten Entwicklungsumgebung	77
Übersicht zu Kapitel 5		78
5	Grundlagen der Programmentwicklung	79
5.1	Softwarearten	79
5.2	Programmiersprachen	80
5.2.1	Maschinensprache und Assembler	80
5.2.2	Prozedurale Programmiersprachen	81
5.2.3	Objektorientierte Sprachen	82
5.3	Grundelemente höherer Programmiersprachen	83
5.3.1	Erstellen eines Java-Konsolen-Programms	83
5.3.2	Anweisungen	84
5.3.3	Variablen	85
5.3.4	Konstanten	86
5.3.5	Ausgaben auf der Konsole	87

5.3.6	Eingaben auf der Konsole	89
5.3.7	Operatoren	90
5.3.8	Typumwandlung (Typecasting)	92
5.3.9	Verzweigungen	93
5.3.10	Schleifen	96
5.3.11	Methoden	99
5.3.12	Felder	101
5.4	Phasen der Programmentwicklung	103
5.5	Algorithmen	106
5.5.1	Sortieren durch Austauschen	106
5.5.2	Sortieren durch Einfügen	107
5.5.3	Sequenzielle Suche	108
5.5.4	Binäre Suche	108
	Aufgaben zu Struktogrammen	109
5.6	Testverfahren	109
5.7	Anwenden von Exceptions	111
	Übersicht zu Kapitel 6	112
6	Objektorientierte Analyse und objektorientiertes Design mit UML	113
6.1	Objektstrukturen und Klassenstrukturen	113
6.1.1	Klassendiagramm für eine Klasse	113
6.2	Lebensdauer von Objekten	114
6.2.1	Konstruktor und Destruktor	114
6.2.2	Konstruktor mit Parametern	115
6.2.3	Sequenzdiagramm mit Konstruktor und Destruktor	115
6.3	Sichtbarkeit (Kapselung)	116
6.3.1	Set-Operationen und Get-Operationen	116
6.4	Assoziationen	117
6.4.1	Rollennamen und gerichtete Assoziationen	117
6.4.2	Kardinalitäten	118
6.4.3	Iterationen und Selbstdelegation	119
6.4.4	Bedingte Botschaften	120
6.4.5	Komposition und Aggregation	120
6.4.6	Beispiel zu Assoziationen	122
6.5	Vererbung	123
6.5.1	Rechte beim Vererben	123
6.5.2	Überschreiben von Methoden	124
6.5.3	Konstruktor beim Vererben	124
6.5.4	Aufgabe zu Vererbung	125
6.6	Polymorphie	126
6.6.1	Abstrakte Klassen	126
6.6.2	Zeiger- oder Referenzregel	126
6.6.3	Dynamische Polymorphie	127
6.6.4	Aufgabe zu Polymorphie	128
6.6.5	Frühe und späte Bindung	129
6.7	Modellierung statischer und dynamischer Aspekte von objektorientierten Softwaresystemen	130
6.7.1	Verkettete Listen von Objekten	130
6.7.2	Beispiel zu verketteten Listen von Objekten	131
6.7.3	Klassenvariablen und Klassenmethoden	133
6.8	Zustandsdiagramme	135
6.8.1	Transitionen in Zustandsdiagrammen	136
6.8.2	Symbole in Zustandsdiagrammen	135
6.8.3	Beispiel und Aufgabe zu Zustandsdiagrammen	137
6.9	Beispiel für OOP-Aufgabe im Drei-Schichtenmodell	138

Übersicht zu Kapitel 7		140
7	Systemgestaltung	141
7.1	Problem und Problemlösen	141
7.2	Systeme analysieren, beurteilen und gestalten	142
7.3	Systemtechnisches Vorgehen	144
7.4	Systemgestaltung und Systemordnung	145
7.4.1	System- und Lebensphasen eines Projektes	145
7.5	Problemlösungszyklus anwenden	146
7.5.1	Informationsbeschaffung	147
7.5.2	Aufbereiten der Informationen	148
7.5.3	Zielformulierung	149
7.6	Gesund am Arbeitsplatz	151
Übersicht zu Kapitel 8		152
8	Durchführung einer Projektarbeit	153
8.1	Projektdefinition und Projektauftrag	153
8.2	Projektplanung	155
8.3	Projektdurchführung	158
8.4	Dokumentation	160
8.5	Projektabschluss	165
8.5.1	Die Präsentation	165
8.5.1.1	Präsentationstechnik	165
8.5.1.2	Planen einer Präsentation	165
8.5.2	Projektende	171
Übersicht zu Kapitel 9		172
9	Datenbanksysteme	173
9.1	Datenbanksystem-Architekturen	173
9.2	Relationale Datenbanksysteme	174
9.3	Entity-Relationship-Modell (ERM)	176
	Aufgaben zum Entity-Relationship-Modell	177
9.4	Datenbankentwicklung	179
9.5	Normalisierung	180
9.6	Datenbank mit Access	184
9.6.1	Datenbank erstellen.....	184
9.6.2	Tabellen erstellen und Schlüssel festlegen	184
9.6.3	Speichern der Tabelle.....	185
9.6.4	Eingeben von Daten	185
9.6.5	Referenzielle Integrität	186
9.6.6	Aktualisierungsweitergabe, Löschweitergabe	187
9.6.7	Beziehung bearbeiten abschließen	187
9.6.8	Anlegen eines neuen Formulars	187
9.7	Die Datenbanksprache SQL	188
9.7.1	Einfache Anfragen mit SELECT	188
9.7.2	Abfragen über mehrere Tabellen	192
9.7.3	Unterabfragen (Subqueries, Sub-SELECT).....	195
9.8	Entwicklung einer Datenbank mit MySQL	196
Übersicht zu Kapitel 10		200
10	Betriebssysteme	201
10.1	Anforderungen und Aufgaben	201

10.2	Architektur, Aufbau und Modelle	202
10.3	Dateisysteme	203
10.3.1	Massenspeicher Festplatte	203
10.3.2	Solid State Drive (SSD)	204
10.3.3	Partitionen	205
10.3.4	BIOS	206
10.3.5	Unified Extensible Firmware Interface (UEFI)	207
10.3.6	File Allocation Table-Dateisystem	208
10.3.7	Fragmentierung	209
10.3.8	NTFS	209
10.3.9	EXT	210
10.3.10	ReFS (Resilient File System)	211
10.3.11	Zugriffsrechte	212
10.4	Prozesse	213
10.4.1	Mehrprozessbetrieb	213
10.4.2	Thread	214
10.4.2.1	Wirkungsweise	214
10.4.2.2	Threads in Java	215
10.4.2.3	Prozessmodell	216
10.4.3	Scheduling	216
10.4.4	Verklemmung	219
10.5	Speicherkonzepte	222
10.5.1	Speicherarten	222
10.5.2	Hauptspeicher	222
10.5.3	Speicherverwaltung	222
10.5.3.1	Direkte Speicherverwaltung	222
10.5.3.2	Swapping	223
10.5.3.3	Virtueller Speicher	223
10.5.3.4	Segmentorientierter Speicher	224
10.5.3.5	Seitenorientierter Speicher	226
10.6	Datensicherung	229
10.6.1	Sicherungsmedien	229
10.6.2	Datenverlust	230
10.6.3	Datenvernichtung	230
10.6.4	Sicherungsverfahren	231
10.6.5	Sicherungsstrategien	232
10.6.6	Backup in vernetzter Umgebung	234
10.6.7	Cloud	235
10.6.8	Network Attached Storage	236
10.6.9	RAID-Systeme	237
10.6.10	B-Trees	239
11	Übersicht zu Kapitel 11	240
11	Vernetzte Systeme	241
11.1	Technische und gesellschaftliche Bedeutung	241
11.2	Netzformen und Topologien	242
11.3	Übertragungsmedien	243
11.4	Strukturierte Verkabelung	246
11.5	Aktive Netzkomponenten	247
11.6	Logische Topologien, Zugriffsverfahren	250
11.7	OSI-7-Schichtenmodell	251
11.8	Ethernet	253
11.9	IP-Adressen	256
11.10	Routing in IP-Netzen	260

	Übersicht zu Kapitel 12	262
12	Internet und Datenschutz	263
12.1	Internet	263
12.2	Technik des Internets	264
12.3	Internet-Zugänge	267
12.4	Internet-Dienste	268
12.5	Datenschutz	269
	Übersicht zu Kapitel 13	272
13	Wahlthemen	273
13.1	Einführung in die Kryptografie und Kryptoanalyse	273
13.1.1	Einfache Verschlüsselungsverfahren	273
13.1.2	Komplexe Verschlüsselungsverfahren	275
13.1.3	Elektronische und digitale Signaturen	278
13.1.4	Sicherheit im Wireless LAN (WLAN)	279
13.2	Internet über Stromkabel, Powerline	281
	Übersicht zu Kapitel 14	282
14	Aus Theorie und Praxis	283
14.1	Wissenswertes zur theoretischen Informatik	283
14.1.1	Turingmaschine	283
14.1.2	Können Maschinen denken?	283
14.2	Wissenswertes zur IT-Technik	284
14.3	Arbeiten mit Eclipse	285
14.3.1	Ein Projekt mit Eclipse anlegen	285
14.3.2	Erstellen einer Java-Klasse mit Eclipse	286
14.3.3	Dokumentation mit Javadoc	287
14.3.4	Versionsverwaltung mit Git	288
14.4	Programmieren mit C#	289
14.5	Programmieren in Visual C#	290
14.6	DB-Designer	291
14.7	Operatoren in C	292
14.8	Kontrollstrukturen in C	293
14.9	Netzwerktechnik	294
14.9.1	Messen im LAN	294
14.9.2	Netzwerkbefehle	295
14.9.3	Netzwerk planen und einrichten	296
14.10	Apps	297
14.10.1	Anwendungen für mobile Geräte	297
14.10.2	Mobile Betriebssysteme	297
14.10.3	Die Entwicklungsumgebung installieren	298
14.10.4	Beispiel einer Rechner-App	300
14.10.4.1	Gestaltung der Oberfläche	300
14.10.4.2	Der Quellcode zur App	301
14.11	7-Bit-ASCII-Code/DIN 66003-Code	302
14.12	Code page für Latin1 (1252)	303
14.13	Vorsätze, Größen und Einheiten der IT-Technik	304
15	Atmel-Mikrocontroller (S. 305 – 317) nicht im Buch – nur auf CD	
	Anhang	318
	Literaturverzeichnis	318
	Verzeichnis der Firmen- und Dienststellen	318
	Softwareverzeichnis	319
	CD-Inhalte	319
	Lösungen der Aufgaben auf der CD	320
	Sachwortverzeichnis	321

Begriffe und Gebiete der Informatik

- Grundlagen und Bereiche der Informatik Seite 11
- Geschichtliches zur Informatik
- Anwendungsgebiete der informationsverarbeitenden Technik (IT)

Digitale Informationsverarbeitung

- Physikalische Größen Seite 15
- Analoge, digitale und binäre Informationen
- Vom Digitalsignal zum Binärsignal
- Digitalisierung ohne Informationsverlust
- Zahlensysteme Seite 18
 - Dezimalsystem
 - Dualsystem
 - Hexadezimalsystem
- Codierung und Code Seite 19
 - Entscheidungsgehalt
 - Informationsgehalt und Redundanz
 - Wort- und Zifferncodierung
- Übertragung digitaler Informationen Seite 21
 - Übertragung von binär codierten Dezimalzahlen
 - Fehlererkennung und Fehlerkorrektur
 - Codes zur Fehlererkennung
 - Codes zur Fehlerkorrektur
 - 8421-BCD-Code mit Hamming-Ergänzung zur Fehlerkorrektur
 - Fehlerkorrektur durch Blockparitätssicherung

1 Begriffe und Gebiete der Informatik

1.1 Grundlagen und Bereiche der Informatik

Die Wurzeln der Informatik sind die Naturwissenschaften Mathematik, Physik und der nachrichtentechnische Teil der Elektrotechnik. Der Name Informatik ist von Information und Mathematik abgeleitet. Im Englischen sind die Begriffe computer science und information systems geläufig.

Zur Informatik gehören theoretische Grundlagen und technische Grundlagen.

Theoretische Grundlagen

Die theoretischen Grundlagen sind mit den folgenden Begriffen verbunden (**Bild 1**).

- Algorithmusbegriff und Automatentheorie (Turing, 1936),
- Theorie rekursiver Funktionen (Gödel, 1930),
- Informationstheorie (Shannon, 1949) und die
- Theorie der formalen Sprachen (Chomsky, Ginsburg, 1955).

Technische Grundlagen

Wichtigste technische Grundlage der Computertechnik ist die Mikroelektronik.

- Erster Transistor (Shockley, Bardeen, Brattain, 1949; **Bild 2**) und
- Erster Integrierter Schaltkreis (integrated circuit, IC, Kilby 1958; **Bild 3**).

Informatik und andere Wissenschaften

- **Wirtschaftsinformatik** beschäftigt sich mit den Geschäftsprozessen und der Buchhaltung in Datenbanksystemen.
- **Computerlinguistik** untersucht die Verarbeitung natürlicher Sprache.

➤ Informatik von **Information** und **Mathematik**.
Engl.: *computer science or information systems*

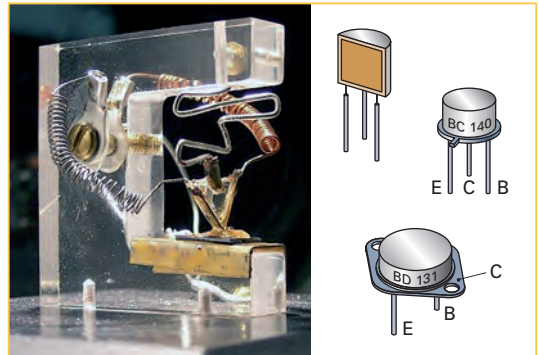


Bild 2: Nachbau des ersten Transistors und Bauarten

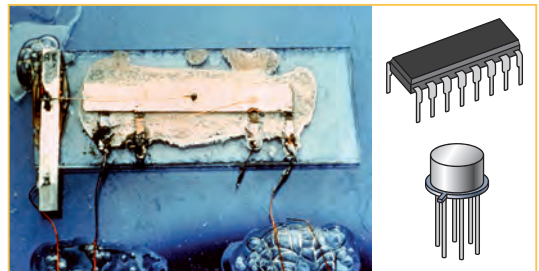


Bild 3: Erstes IC von Jack Kilby und IC-Bauarten

- **Medieninformatik** beschäftigt sich mit der Schnittstelle Mensch-Maschine.
- **Bioinformatik** befasst sich z. B. mit der Analyse biologischer Daten, z. B. bei der DNA-Analyse.
- **Chemoinformatik** verbindet Informatik mit Chemie.
- **Geoinformatik** beschäftigt sich z. B. mit Geodaten in räumlichen oder ebenen Darstellungen. Sie ist die Grundlage für Geoinformationssysteme GIS.

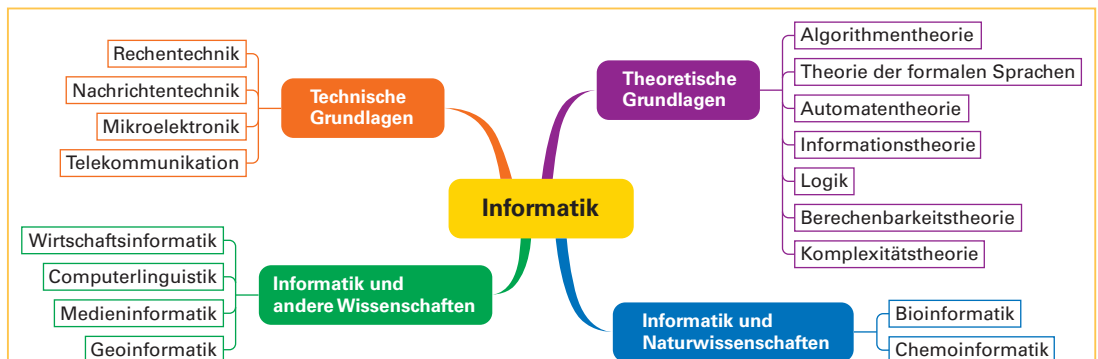


Bild 1: Grundlagen der Informatik

1.2 Teildisziplinen der Informatik

Die Informatik wird meist in vier Teilbereiche gegliedert (Bild 1). Die einzelnen Bereiche überschneiden sich teilweise, sodass sich einzelne Bereiche nur schwer voneinander abgrenzen lassen (Bild 2). Die Bereiche Theoretische, Praktische und Technische Informatik werden oft auch als Kerninformatik bezeichnet.

Theoretische Informatik

Sie beschäftigt sich mit dem Algorithmus-Begriff, untersucht die Leistungsfähigkeit von Algorithmen und erforscht die Grenzen des Computers beim Lösen von Problemen.

Praktische Informatik

Aufgabe ist die Formulierung von Algorithmen für Programme in Abhängigkeit von der Rechentechnik. Teil der praktischen Informatik ist die Programmiermethodik und Entwicklung von Programmierumgebungen. Auch die Entwicklung von Betriebssystemen ist Teil der praktischen Informatik.

Technische Informatik

Die technische Informatik befasst sich mit dem Entwurf von Rechentechnik, Geräten und Schaltungen. Dazu gehören die Computerhardware und die zugehörigen Eingabe- und Ausgabegeräte.

Angewandte Informatik

Bezeichnet das Durchdringen von Wissenschaften und Gesellschaftsbereichen durch die Kerninformatik. Es werden z. B. wirtschaftliche Abläufe auf ihre Automatisierbarkeit durch Computer untersucht.

Künstliche Intelligenz KI und Expertensysteme

Die künstliche Intelligenz wird durch die Logik, Linguistik, Neurophysiologie und Kognitvpsychologie beeinflusst. Die KI gibt die Lösungsbeschreibungen nicht vor. Das Finden von

Algorithmus
Ein **Algorithmus** ist eine genau definierte Handlungsvorschrift zur Lösung von Problemen in endlich vielen Schritten.

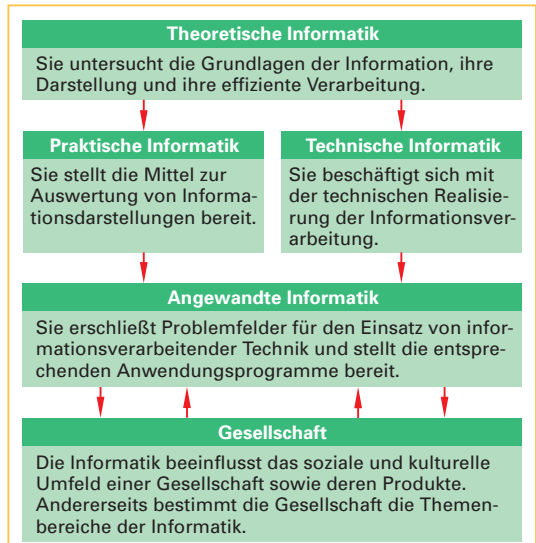


Bild 2: Teildisziplinen der Informatik und ihre gesellschaftliche Anbindung

Kerninformatik

- Sammelbegriff für theoretische, praktische und technische Informatik.
- **Künstliche Intelligenz**
Automatisierung intelligenten Verhaltens. Engl.: artificial intelligence, AI.

Lösungen wird dem Computer selbst überlassen. Expertensysteme verwenden KI, z. B. in der Sensorik und Robotertechnik.

Expertensysteme erfassen, verwalten und wenden Regeln zu einem bestimmten Gegenstand an.

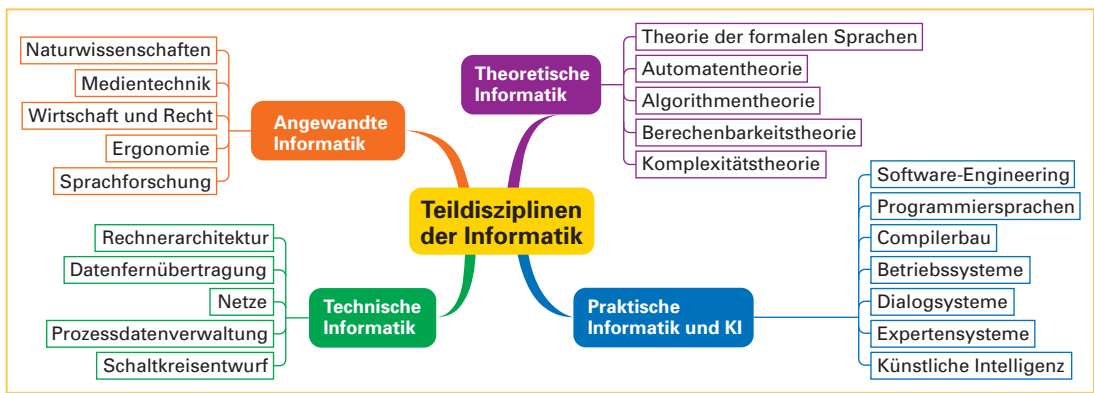


Bild 1: Teildisziplinen der Informatik und deren gesellschaftliche Anbindung

1.3 Geschichtliches zur Informatik

Anfänge der Wissenschaft

Die Informatik hat sich aus der Mathematik, der Physik und dem Teilgebiet Nachrichtentechnik der Elektrotechnik entwickelt. Arbeitsgebiete der Informatik sind die theoretische Informatik und die technische Informatik.

Als Überbegriff für die Informationsverarbeitung und die entsprechenden Berufe hat sich der Begriff Informationstechnik (IT) eingebürgert.

Mathematische Grundlagen

Im 17. Jahrhundert beschäftigte sich Leibniz bereits mit binären Zahlensystemen. George Boole arbeitete 1847 die nach ihm benannte Bool'sche Algebra aus.

Rechenmaschinen

Ein einfaches Rechenggerät ist der Abakus (Bild 1). Im 17. und 18. Jahrhundert entstanden mechanische Rechenmaschinen mit Zahnrädern für die vier Grundrechenarten. Durch Steuern der Rechenoperationen mittels Lochkarten konnte Hermann Hollerith ab 1866 seine Zählmaschinen kommerziell nutzen (Bild 2). Eine bis in die 60er Jahre des 20. Jahrhunderts verwendete Rechenmaschine ist der Rechenstab (Bild 3).

Computer

Konrad Zuse baute 1937 die noch rein mechanisch arbeitende Rechenmaschine Z1 (Bild 4). Die relaisgesteuerte Z3 (1941) hatte bereits getrennte Befehlsspeicher und Datenspeicher sowie ein Ein-/Ausgabepult. Howard Aiken baute 1944 mit dem Mark I den ersten Computer der USA. Nächster Schritt war der Rechner mit Elektronenröhren ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) von Eckert und Mauchly im Jahr 1946.

Im Jahr 1945 veröffentlichte John von Neumann sein Computermodell. Dies sieht einen gemeinsamen Speicher für Befehle und Daten vor. Die meisten Computer verwenden bis heute die Von-Neumann-Architektur.

Bei der Harvard-Architektur werden Daten und Befehle getrennt gespeichert und die Rechenwerke über getrennte Busse angesteuert.

➤ Mikrocomputersysteme, Kapitel 5

Moderne Mikroprozessoren verwenden meist eine Mischung aus Von-Neumann-Architektur und Harvard-Architektur.

Mikroelektronik

Die Erfindung des Transistors durch Brattain gab den Anstoss für die wissenschaftlich-technische

➤ Die Informatik ist aus der Mathematik, der Physik und der Nachrichtentechnik entstanden.

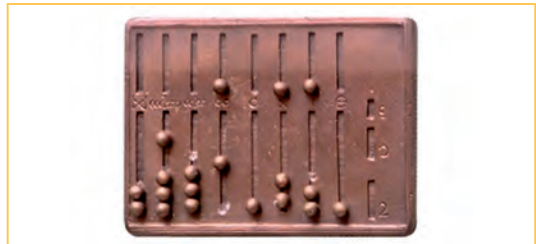


Bild 1: Römischer Abakus



Bild 2: Lochkarte (Hollerithkarte)

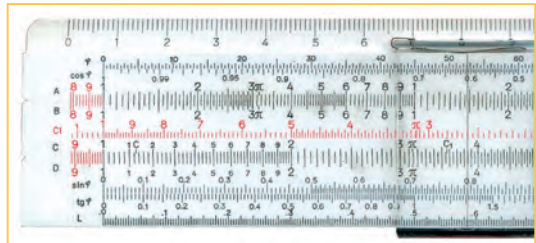


Bild 3: Rechenstab

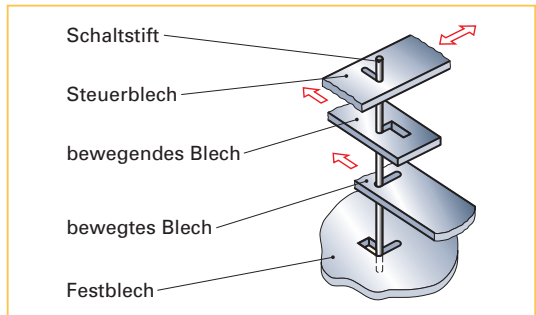


Bild 4: Mechanisches Speicherelement der Z1

➤ 12.8.1981 Vorstellung des IBM-PC

Revolution ab Mitte des 20. Jahrhunderts. Mit der Erfindung der integrierten Schaltung durch Kilby folgte die Miniaturisierung der Computer.

1.4 Anwendungsgebiete informationsverarbeitender Technik (IT)

Mitte des 20. Jahrhunderts begann die wissenschaftlich-technische Revolution durch den Einsatz der informationsverarbeitenden Technik. Durch die Übertragung automatisierbarer geistiger Tätigkeiten auf Maschinen wurde die industrielle Produktion revolutioniert. Dies führt zu einem hohen Automatisierungsgrad in der Fertigung.

Der Mensch gewinnt durch die Automatisierung Zeit für schöpferisches Denken und Handeln.

Gleichzeitig erleichtert, beschleunigt und verbilligt der Einsatz der informationsverarbeitenden Technik den Zugang zum vorhandenen Wissen der Menschheit. Dadurch war ein exponentielles Anwachsen der Informationen zu beobachten. Es scheint, dass die Grenzen des Wachstums auch bei der Informationsexplosion erreicht sind. Das exponentielle Wachstum verringert sich (**Bild 1**).

Grenzen der Anwendung

- Es gibt Probleme, deren Lösungen nicht mit einem Computer möglich sind, d.h. zu denen kein Algorithmus konstruierbar ist. Dazu gehören z. B. zwischenmenschliche Beziehungen.
- Bei manchen Problemen sind der Speicherbedarf und die Bearbeitungszeit sehr groß, da sehr viele Möglichkeiten durchzuprobieren sind, z. B. Wettervorhersagen für größere Zeiträume.
- Entscheidungen trifft der Mensch, die Technik kann nur Lösungsmittel sein. Das trifft z. B. im sozialen, moralischen und ethischen Bereich zu.

Gesellschaftliche Auswirkungen

Beruf und Alltag ändern sich durch die Informatik und den Einsatz der Computertechnik.

Rationalisierung infolge der Automatisierung verändert Arbeitsplätze und berufliche Qualifikationen.

Dies kann auch zu schwerwiegenden sozialen Folgen, z. B. dem Verlust von Arbeitsplätzen führen. Andererseits erhöht sich der Lebensstandard durch den Einsatz von Computern.

Häufig ist die gesamte Produktion vom Entwurf bis zur Qualitätskontrolle vollautomatisiert (**Tabelle 1**). Die Kennzeichnung von Waren mit dem EAN-Code oder RFID-Plaketten dient zur automatischen Erkennung und Abrechnung, z. B. mit Barcode-Lesern an Kassen. Im Bankwesen erfolgt der Zahlungsverkehr, z. B. die Gehaltszahlung elektronisch. Buch- und Zeitungsdruck erfolgen mit Digitaldruck.

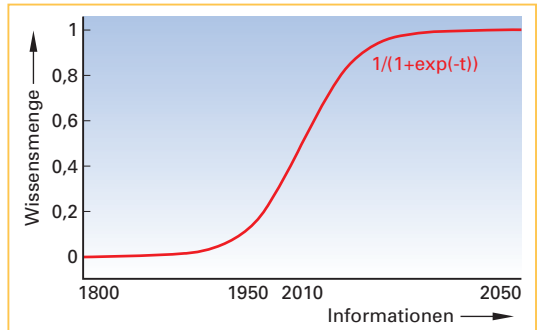


Bild 1: S-Kurve des Informationswachstums

➤ Gesellschaftliche Einschränkungen der Computernutzung durch **ethische, soziale, ökologische und rechtliche Grenzen**.

Tabelle 1: Anwendungen informationsverarbeitender Technik (IT)

Gebiete	Begriffe, Anwendungen
Produktion	<ul style="list-style-type: none"> • CAM. Computer aided manufacturing = computerunterstützte Fertigung, • CAD. Computer aided design = computer-unterstützter Entwurf, • CAP. Computer aided planning = computerunterstützte Arbeitsvorbereitung, • CNC. Computerized numerical control = numerische Steuerung mit dem Computer, • CAQ. Computer aided quality control = computerunterstützte Qualitätskontrolle
Handel	<ul style="list-style-type: none"> • EAN-Code. Europäische Artikelnummerierung, • RFID. Radio Frequency Identification = Radiofrequenzkennung.
Bankwesen	Elektronischer Zahlungsverkehr z. B. Homebanking
Verlagswesen	Digitaldruck, Book on demand = Buch auf Anforderung
Freizeit	Multimedia mit TV, PC, Soundsystem, Computerspiele, Keyboards
Verkehr	Verkehrsleitsysteme, Transportlenkung bei LKW mit GPS
Internet	E-Mail, WWW, FTP, Chatten

Dadurch sind z. B. kleinere Buchauflagen nach Kundenwünschen schnell und kostengünstig fertigbar. Multimediasysteme, elektronische Keyboards und Computerspiele sind ohne IT nicht denkbar.

Verkehrsleitsysteme und Transportlenkung sparen Zeit und schonen die Umwelt. Das Internet verbindet uns weltweit, stellt uns Informationen zur Verfügung und erlaubt den Transport riesiger Datenmengen.

2 Digitale Informationsverarbeitung

2.1 Analoge, digitale und binäre Informationen

Informationen werden mithilfe von Signalen übertragen. Beispiele hierfür sind Lichtsignale, Tonsignale und elektrische Signale. Die eigentliche Information ist in der Änderung des Signals enthalten.

Gesichtspunkte bei der Wahl der Signalform sind die Störsicherheit, Speicherbarkeit und die Möglichkeit zur Weiterverarbeitung der enthaltenen Informationen.

Zur Regelung der Raumtemperatur soll die Temperatur über einen Sensor gemessen werden (**Bild 1**). Der Sensor liefert eine Signalgröße, z. B. ein elektrisches Spannungssignal, das im Idealfall proportional zur Raumtemperatur ist. Mithilfe einer elektronischen Regelung kann der Temperaturverlauf ausgewertet und beeinflusst werden.

Ein Spannungssignal ist ein analoges Signal, wenn innerhalb eines bestimmten Bereiches jeder beliebige Spannungswert auftreten kann (**Bild 2**).

Soll die Regelung z. B. über einen Mikrocontroller erfolgen, muss das Signal digitalisiert werden, damit eine Verarbeitung stattfinden kann.

Die Digitalisierung führt zu einer Reduzierung der ursprünglichen Information, da nur bestimmte Zwischenwerte zulässig sind (**Bild 3**).

Ein Vorteil digitaler Signale liegt darin, sie in Form von binären Signalen unterschiedlicher Wertigkeiten darstellen zu können.

Binäre Signale bestehen lediglich aus zwei Zeichen, z. B. den Zuständen 0 und 1.

Binäre Zeichen lassen sich besonders einfach speichern. Ihnen können beliebige physikalische Zustandsgrößen und Wertigkeiten zugeordnet werden, z. B. hell-dunkel bei Lichtsignalen, Reflexion-keine Reflexion bei optischen Datenträgern, High-Low in elektronischen Systemen (**Bild 4**). Für die eindeutige Zuordnung eines Signals zu einem der beiden Zustände werden zulässige Wertebereiche festgelegt. Dadurch ergibt sich auch eine Unempfindlichkeit der binären Information gegenüber Störungen. Der Informationsgehalt des binären Signals wird nur verändert, wenn der betroffene Wertebereich verlassen wird. Liegt ein Signal außerhalb der zulässigen Bereiche, ist kei-

- ▶ analog (griech.) = stufenlos, kontinuierlich
- ▶ digital von lat. digitus = Finger, Ziffer, Einheit
- ▶ binär von lat. bini = je zwei

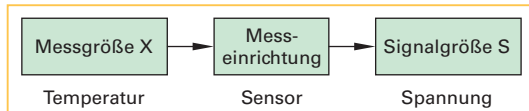


Bild 1: Messwerterfassung eines analogen Signals

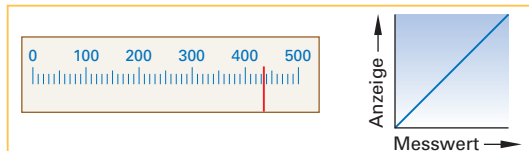


Bild 2: Analoge Darstellung eines Zeigerinstrumentes

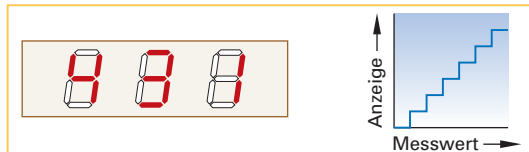


Bild 3: Digitale Darstellung mit 7-Segment-Anzeigen

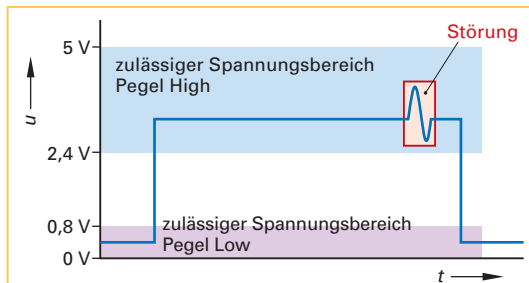


Bild 4: Binäres Spannungssignal mit Störung

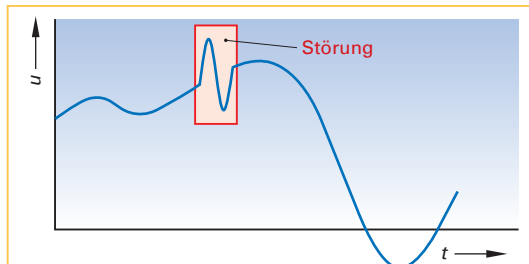


Bild 5: Analoges Spannungssignal mit Störung

ne eindeutige Zuordnung möglich. Eine Störung des analogen Signals verändert die ursprüngliche Information (**Bild 5**).

2.2 Vom Digitalsignal zum Binärsignal

Über einen Temperatursensor wird der Temperaturverlauf in einem Gewächshaus gemessen. Das analoge Spannungssignal u soll digitalisiert werden (Bild 1). Es werden fünf Schaltschwellen festgelegt, die den Wertebereich des Digitalsignals in sechs Spannungsstufen unterteilen (Tabelle 1).

Ein Digitalsignal kann mithilfe von Binärsignalen unterschiedlicher Wertigkeit codiert werden (codiert von lat. codex = Schreiftafel, Buch, Verzeichnis).

Die Wertigkeiten der Binärsignale sind so festzulegen, dass jeder Spannungswert des Digitalsignals durch Addition dieser Wertigkeiten erzeugt werden kann.

In Bild 1 wird die Spannungsstufe 4 V über ein 1-Bit des Signals C (Wertigkeit 3 V) und über ein 1-Bit des Signals A (Wertigkeit 1 V) dargestellt.

Beispiel 1:

- a) Zeigen Sie, dass die Codierung der Spannungsstufe 3 V nicht eindeutig ist.
 - b) Wie kann die Mehrdeutigkeit vermieden werden?
- Lösung:*

- a) Die in Bild 1 gewählte Codierung mit den Wertigkeiten 1 V, 2 V und 3 V ist nicht eindeutig. Die Spannungsstufe 3 V kann über zwei unterschiedliche Bitfolgen dargestellt werden (CBA = 100 bzw. CBA = 011).
- b) Eindeutige Zuordnung beim Codieren vornehmen.

Das Digitalsignal kann vom Empfänger wiederhergestellt werden, wenn er die Anzahl der eingesetzten Binärsignale, deren Wertigkeiten und deren Reihenfolge innerhalb der vorliegenden Bitfolge kennt.

2.3 Digitalisieren ohne Informationsverlust

Die Signale A, B und C in Bild 1 sind genommen keine binären Signale, da die zeitliche Länge der 0-Bits und 1-Bits unterschiedlich groß ist. Diese zeitliche Information kann in einem binären Signal nicht gespeichert werden.

Die Umsetzung in die binären Signale erfolgt in regelmäßigen Zeitabständen, das Signal wird abgetastet (Bild 2).

Der bei jeder Abtastung gewonnene Spannungswert wird entsprechend dem Verfahren nach Bild 1 digitalisiert. Möchte man aus den so gewonnenen Spannungswerten wieder das ursprüngliche Signal herstellen, muss die Abtastfrequenz (sampling rate) hoch genug sein. Sie kann über das Nyquist-Shannon-Abtasttheorem ermittelt

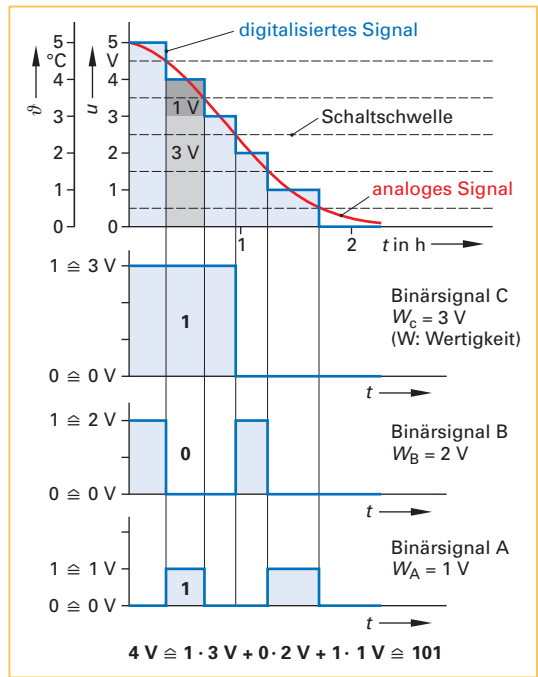


Bild 1: Digitalisiertes Temperatursignal

Tabelle 1: Wertebereiche der digitalisierten Spannung

Analoge Spannungsbereiche	Digitalisierte Spannung
0 V bis 0,5 V	0 V
0,5 V bis 1,5 V	1 V
1,5 V bis 2,5 V	2 V
2,5 V bis 3,5 V	3 V
3,5 V bis 4,5 V	4 V
4,5 V bis 5 V	5 V

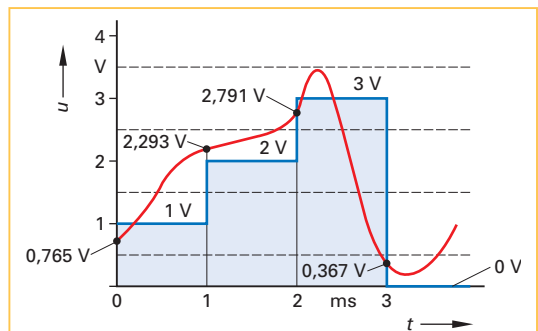


Bild 2: Abtasten eines analogen Signals

werden. Es besagt, dass ein sinusförmiges Signal der Frequenz f_s mindestens mit der doppelten Frequenz $2 \cdot f_s$ abgetastet werden muss, damit das Ursprungssignal ohne Informationsverlust

exakt rekonstruiert werden kann. Musiksignale und Sprachsignale sind meist nicht sinusförmig. Sie enthalten aber eine Vielzahl sinusförmiger Signale unterschiedlicher Frequenz. In diesem Fall ist die höchste Frequenz f_{max} für die Höhe der Abtastfrequenz maßgeblich.

Bei der Digitalisierung einer Musikaufnahme in CD-Qualität ergibt sich bei der üblichen Abtastfrequenz von 44100 Hz eine Maximalfrequenz f_{max} von 22050 Hz. Damit ist der Frequenzumfang des menschlichen Gehörs (ca. 20 Hz bis 20 kHz) abgedeckt. Bei der Telefonqualität verringert sich die Abtastrate auf 8 kHz. Damit können Frequenzen bis höchstens 4 kHz erfasst werden, was eine deutliche Verfälschung des ursprünglichen Signals zur Folge hat. Dennoch kann der Zuhörer den Sprecher noch eindeutig an seinem Sprachbild identifizieren.

Bild 1 verdeutlicht den Einfluss der Abtastfrequenz auf das digitalisierte Signal.

Das Abtasttheorem bildet die Grundlage zahlreicher digitaler Übertragungssysteme. Beim PCM-30-System werden z. B. 30 digitale Sprachkanäle mit einer Bitrate von jeweils 64 kbit/s, also $64 \cdot 1000$ bit pro Sekunde gesendet.

Beispiel 1:

Auf welche Weise lassen sich 30 verschiedene Signale über eine Leitung übertragen?

Lösung: Sie werden zeitlich nacheinander (Zeitmultiplex) übertragen (**Bild 2**). Die Abtastung der einzelnen Signale erfolgt innerhalb eines vorgegebenen Zeitrahmens (**Bild 3**).

Neben der Abtastfrequenz bestimmt die Anzahl der möglichen Spannungsstufen die Qualität der digitalisierten Messgröße.

Bei ausreichend hoher Abtastfrequenz und synchroner Zuordnung von Sendern und Empfängern wird die Abtastung bei den Empfängern nicht mehr wahrgenommen.

Bei der Digitalisierung in CD-Qualität erfolgt die Darstellung eines Spannungswertes über eine Bitfolge mit 16 Bit. Mit jeder Abtastung wird also eine Bitfolge mit einem Umfang von 16 Bit zur Codierung des vorliegenden Spannungswertes erzeugt. Mit n Bits können 2^n Spannungsstufen beschreiben werden:

$$2 \cdot \dots \cdot 2 \cdot 2 = 2^n$$

Mit jedem zusätzlichen Bit verdoppelt sich die Anzahl der Spannungsstufen. Der notwendige zusätzliche Speicherplatz erhöht sich aber nur anteilmäßig. So führt der Übergang vom 8-Bit-Datenformat zum 16-Bit-Datenformat zu einer 256-fach größeren Anzahl an Spannungsstufen. Der Speicherplatz verdoppelt sich dabei lediglich.

$$f_A \geq 2 \cdot f_{\text{max}}$$

f_A Abtastfrequenz in Hertz (Hz), 1 Hz = 1/s
 f_{max} Höchste Signalfrequenz

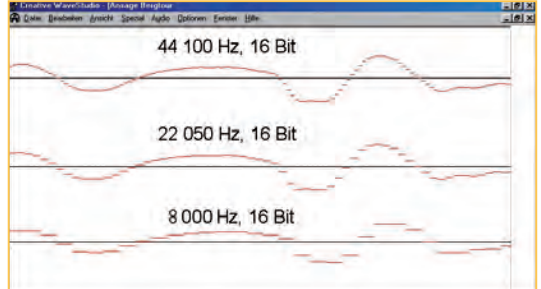


Bild 1: Abgetastetes Audiosignal in CD-, Radio- und Telefonqualität

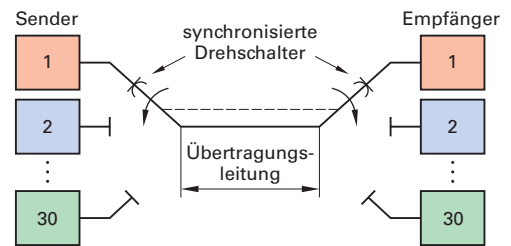


Bild 2: Prinzip des Zeitmultiplexverfahrens PCM-30

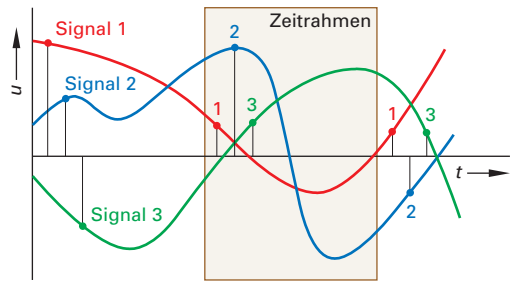


Bild 3: Abtastung in einem Zeitrahmen

Beispiel 2:

Moderne Anrufbeantworter speichern die eingehenden Textnachrichten in digitalisierter Form. Der Frequenzumfang der Aufnahme ist auf $f_{\text{max}} = 10$ kHz begrenzt. Verwendet wird ein 12-Bit-Analog-Digital-Umsetzer. Die Speichergröße beträgt 1 GiB. Wie groß ist die maximale Aufnahmedauer (mono)?

Lösung:

$$t = \frac{1 \cdot 1024 \cdot 1024 \cdot 1024 \cdot 8 \text{ bit}}{12 \text{ bit} \cdot 10000 \text{ 1/s} \cdot 2} = 35791 \text{ s} = 10 \text{ h}$$

2.4 Zahlensysteme

Mithilfe der Digitaltechnik werden Informationen zahlenmäßig erfasst und verarbeitet. Dazu wird ein Zahlensystem benötigt, das sich für die maschinelle Abarbeitung von Rechenoperationen eignet. Ein Zahlensystem ist ein System von Zeichen zur Kennzeichnung einer Menge. Die Menge „eintausendachthundertundneun“ wird in **Bild 1** in unterschiedlichen Zahlensystemen dargestellt.

Das komplizierte, weil nicht konsequent additive Bildungsgesetz des römischen Zahlensystems sowie die fehlende Nullmenge führten zum Scheitern dieses Zahlensystems. Das Vorhandensein einer Nullmenge ist eine Voraussetzung für Zahlensysteme mit Stellenschreibweise.

Die Stellenschreibweise beruht auf einem multiplikativen Bildungsgesetz. Die darzustellende Gesamtmenge (Zahl) wird dabei in Gruppen unterschiedlicher Untermengen (Stellenwerte) zerlegt. Durch verschiedene Symbole (Ziffern) wird angegeben, wie oft eine Untermenge in der Gesamtmenge enthalten ist. Bild 1 zeigt z. B. das kalendarische Zahlensystem, das unserer Zeiterfassung zugrunde liegt.

Die Stellenwerte können beliebig festgelegt werden.

2.4.1 Dezimalsystem

Das in unserem täglichen Leben verwendete dezimale Zahlensystem (von lat. decimus = der

zehnte) besitzt exponentiell gestufte Stellenwerte. Zwischen den Stellenwerten besteht eine feste Beziehung, das erleichtert eine maschinelle Verarbeitung von Zahlen. Die Wahl der Basis 10 geht vermutlich auf die 10 Finger des Menschen zurück.

In einem Stellenwertsystem bestimmt die Basis auch die Anzahl der erlaubten Ziffern und Zeichen im Zahlensystem.

2.4.2 Dualsystem

Einfache und zuverlässige Datenspeicher bilden die Voraussetzung für die maschinelle Verarbeitung und Speicherung großer Datenmengen. Eine technisch einfache Möglichkeit ist die binäre Speicherung der Daten. Deren Darstellung erfolgt dann über zwei Zustände einer physikalischen Zustandsgröße (z. B. Spannung – keine Spannung). Das zugehörige duale Zahlensystem verfügt damit über die Basis 2.

Übliche Schreibweisen:

0b10111101 oder 10111101₂.

Der Übergang vom Dezimalsystem zum Dualsystem führt zu einer starken Erhöhung der Stellenanzahl und hat große Zahleneinheiten zur Folge. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit werden jeweils 8 Bits einer Dualzahl zu einem Byte (B) zusammengefasst. 1024 = 2¹⁰ Bytes ergeben ein KiloByte (KiB). Als weitere Einheiten sind das MegaByte (1 MiB = 1024 KB), Gigabyte (1 GiB = 1024 MB) und das Terabyte (1 TiB = 1024 GB) gebräuchlich (siehe Kapitel 14).

Zahlendarstellung		Bildungsgesetz	Zahlenschreibweise
Abzählendarstellung		$\underbrace{1 + 1 + 1 \dots + 1 + 1 + 1}_{1809 \cdot 1} = 1809$...
5er-Bündelung		$\underbrace{5 + 5 + 5 \dots + 5 + 5}_{361 \cdot 5} + \underbrace{1 + 1 + 1 + 1}_{4 \cdot 1} = 1809$	### ... ###
Römische Zahlendarstellung		$\underbrace{M}_{1000} + \underbrace{D}_{500} + \underbrace{C}_{100} + \underbrace{C}_{100} + \underbrace{C}_{100} + \underbrace{IX}_{(10 - 1)} = 1809$	MDCCCIX
Allgemeine Stellenschreibweise		$\underbrace{1 \text{ Tag}}_{1 \cdot 24 \cdot 60} + \underbrace{6 \text{ Stunden}}_{6 \cdot 60} + \underbrace{9 \text{ Minuten}}_{9 \cdot 1} = 1809 \text{ Minuten}$	169
Exponentiell gestufte Stellenwerte	Hexadezimalsystem	$7 \cdot \underbrace{16^2}_{256} + 1 \cdot \underbrace{16^1}_{16} + 1 \cdot \underbrace{16^0}_{1} = 1809$ $7 \cdot 256 + 1 \cdot 16 + 1 \cdot 1$	711
	Dezimalsystem	$1 \cdot \underbrace{10^3}_{1000} + 8 \cdot \underbrace{10^2}_{100} + 0 \cdot \underbrace{10^1}_{10} + 9 \cdot \underbrace{10^0}_{1} = 1809$ $1 \cdot 1000 + 8 \cdot 100 + 0 \cdot 10 + 9 \cdot 1$	1809
	Oktalesystem	$3 \cdot \underbrace{8^3}_{512} + 4 \cdot \underbrace{8^2}_{64} + 2 \cdot \underbrace{8^1}_{8} + 1 \cdot \underbrace{8^0}_{1} = 1809$ $3 \cdot 512 + 4 \cdot 64 + 2 \cdot 8 + 1 \cdot 1$	3421
	Dualsystem	$1 \cdot 2^{10} + 1 \cdot 2^9 + 1 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 1809$	11100010001

Bild 1: Zahlensysteme und ihre Bildungsgesetze

2.4.3 Hexadezimalsystem

Das Hexadezimalsystem bietet mit der Basis 16 eine kompakte Darstellung von Zahlenwerten. Bei diesem Zahlensystem werden insgesamt 16 Ziffern bzw. Zeichen benötigt. Es kommen hier neben den Ziffern 0...9 die Buchstaben A...F zum Einsatz (Tabelle 1).

Übliche Schreibweisen: $0 \times A4$, $A4_{16}$, $A4h$.

2.5 Codierung und Code

Die Codierung einer Nachricht erfolgt durch Zuordnung eines Zeichenvorrats zu anderen Zeichenvorräten, mit denen dieselben Informationen dargestellt werden können. Der umgekehrte Vorgang wird Decodierung genannt. Die Decodierung gelingt nur, wenn die Zuordnungsvorschrift (Code) bekannt ist. Tabelle 2 zeigt einen Ausschnitt aus dem ASCII-Code, der zur Codierung von Buchstaben und Ziffern in Computern verwendet wird.

Bild 1 zeigt unterschiedliche Darstellungsformen für den Begriff „BERG“. Über die Codierungsvorschrift (Sprache) werden die Zeichen zu Zeichenverbänden (Worten) kombiniert.

Sind sowohl die Anzahl der Zeichen als auch deren Anordnung zu berücksichtigen, liegt ein Anordnungscode vor.

2.5.1 Entscheidungsgehalt

Die Nachrichtenmenge eines Binärsignals ist 1 bit. Damit lassen sich z. B. die Ziffern 0 und 1 darstellen. Bei der Messwerterfassung erweitert sich die Nachrichtenmenge erheblich. Nach der Digitalisierung werden die Messwerte durch eine mehrstellige Dualzahl dargestellt. Die Anzahl der benötigten Stellen n hängt vom Informationsgehalt H ab.

Beispiel 1:

Wieviele Bits sind zur binären Codierung der 10 Ziffern des Dezimalsystems notwendig?

Lösung: $H = \lg 10 = 3,3$, denn $2^{3,3} = 10$

2.5.2 Informationsgehalt und Redundanz

Der im Beispiel 1 errechnete Informationsgehalt ist technisch nur über eine ganzzahlige Nachrichtenmenge H_0 darstellbar, also über 4 bit. Damit ergibt sich ein Überschuss von 0,7 bit, der Redundanz R (von lat. *redundantia* = Überfülle) genannt wird.

Die Redundanz von Codes kann zur Fehlererkennung und Fehlerkorrektur eingesetzt werden.

Tabelle 1: Ziffern und Zeichen des Hexadezimalsystems

hexadezimal	dezimal	hexadezimal	dezimal
0 ... 9	0 ... 9	D	13
A	10	E	14
B	11	F	15
C	12	10	16

Tabelle 2: Buchstaben A, B und C im ASCII-Code

Schriftzeichen	Dezimal	Hexadezimal	Binär
A	65	0 x 41	0b1000001
B	66	0 x 42	0b1000010
C	67	0 x 43	0b1000011

ASCII von American Standard Code for Information Interchange



Bild	Wort	Codierungsvorschrift	
		Sprache	Alphabet
	BERG	Deutsch	Lateinisch
	HILL	Englisch	Lateinisch
	ГОПА	Russisch	Kyrillisch
		Chinesisch	Chinesisch
	ΟΡΟΣ	Griechisch	Griechisch

Bild 1: Codierung des Begriffs „BERG“

$$H = \lg n$$

$$R = H_0 - H$$

R Redundanz in Shannon Sh oder bit
 n Anzahl der benötigten/vorhandenen Bits
 H_0 größtmöglicher Informationsgehalt
 H durchschnittlicher Informationsgehalt



Ein Code mit einer Redundanz $R = 0$ Sh wird als vollständiger Code bezeichnet.

Aufgaben

- Welchem dezimalen Zahlenwert entspricht die Hexadezimalzahl $30CF_{16}$? Lösung: 12495_{10}
- Das deutsche Alphabet enthält 26 Buchstaben. Wieviele Bits benötigt man mindestens zur Übertragung eines Buchstabens? Lösung: 5

2.5.3 Wort- und Zifferncodierung

In einen Taschenrechner wird die Dezimalzahl 783 eingegeben. Würde die nach jeder Eingabe angezeigte Dezimalzahl in eine Dualzahl codiert und dem Rechenwerk zugeführt werden, enthielte dieses nacheinander die in **Bild 1** dargestellten Dualzahlen. Sie stehen in keinem erkennbaren Zusammenhang. Nach jeder Eingabe einer weiteren Stelle müsste bei dieser Wortcodierung der duale Zahlenwert der aktuellen Dezimalzahl neu ermittelt werden.

Eine Eingabe von neuen Ziffern verschiebt aber nur die Wertigkeiten der bisherigen Ziffern. Aus diesem Grund bietet sich hier eine ziffernweise Codierung in Form von binär codierten Dezimalen an (8-4-2-1-BCD-Code, **Bild 2**). Jede einzelne Ziffer wird dabei binär mit den Wertigkeiten 8, 4, 2 und 1 codiert.

Diese Codierung ist schneller als die vollständige, wortweise Codierung nach Bild 1.

Eine besondere Bedeutung gewinnt die Zifferncodierung bei der Konvertierung von Dualzahlen in Hexadezimalzahlen und umgekehrt. In ähnlicher Weise wie beim BCD-Code lassen sich die einzelnen Ziffern einer Hexadezimalzahl jeweils durch 4-Bit-Dualzahlen codieren (**Bild 3**). Damit können z. B. die vielstelligen und unübersichtlichen Bitmuster eines Mikroprozessorsystems über gut lesbare Hexadezimalzahlen dargestellt werden.

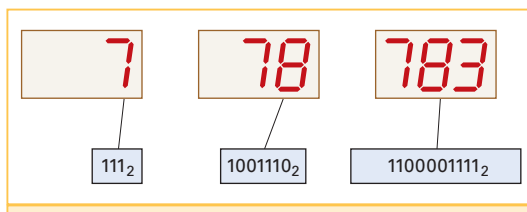


Bild 1: Duale Wortcodierung der Dezimalzahl 783

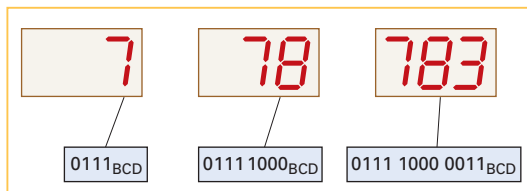


Bild 2: BCD-Zifferncodierung der Dezimalzahl 783

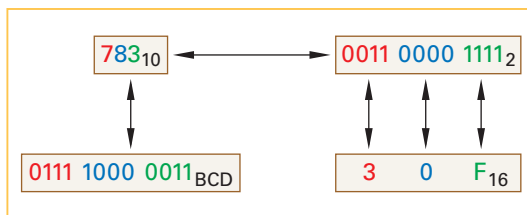


Bild 3: Hexadezimale Zifferncodierung einer Dualzahl

Aufgaben

- Schreiben Sie die angegebenen Zahlen in Form der allgemeinen Stellenschreibweise.
 - 110_2
 - $1CA05F_{16}$
 - 7773_8
 - 111042_5
- Welcher Dezimalzahl entspricht die Zahl?
 - 1234_5
 - 1234_8
 - 1234_{12}
 - 1234_{16}
 - CDE_{16}
 - $4A1_{12}$
 - 101101_2
- Bestimmen Sie aus den Gleichungen die Basis B des Zahlensystems.
 - $31_{10} = 133_B$
 - $73_{10} = 201_B$
 - $79_{10} = 142_B$
 - $111_{10} = 133_B$
- Ermitteln Sie den dezimalen Zahlenwert der binäre Folge 10110010111000001000100, wenn diese Folge
 - eine Dualzahl ist.
 - eine 8-4-2-1-BCD-Zahl ist.
- Schreiben Sie die ersten 16 Zahlzeichen zur Basis 5.
- Wieviele Zahlenwerte lassen sich mit n Stellen darstellen, wenn das Zahlensystem die folgende Basis B besitzt?
 - $B = 2$
 - $B = 10$
 - $B = 16$
- Wandeln Sie die Dezimalzahl 100 in eine Dualzahl, in eine 8-4-2-1-BCD-Zahl und in eine Hexadezimalzahl um.
- Wandeln Sie die Zahlen in eine Dezimalzahl um:
 - 1011_2
 - 11111_2
 - 110_2
 - 271_8
 - 2277_8
 - 271_{16}
 - BB_{16}
 - $D2F_{16}$
 - AB_{12}
 - 222_3
- Ab welchem dezimalen Zahlenwert ergibt sich zum ersten Mal eine Stelleneinsparung durch den Übergang zum Hexadezimalsystem?
- Im folgenden sind die Codewörter eines BCD-Codes dargestellt. Rekonstruieren Sie die Wertigkeiten der einzelnen Stellen des Codes.

dezimal	Codewort	dezimal	Codewort
0	0000	5	0110
1	0010	6	1000
2	0101	7	1010
3	0111	8	1101
4	0100	9	1111
- Interpretieren Sie die binäre Folge 1100110 auf mindestens 3 verschiedene Weisen.