



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische
und elektronische Berufe

Informatik und Informationstechnik für Gymnasien und höhere Bildungsgänge im beruflichen Schulwesen

3. 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
Sommer 2017

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 329)

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

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises: Bernd Schiemann

3. Auflage 2017
Druck 5 4 3

Alle Drucke derselben Auflage sind im Unterricht einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-3499-1

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

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Umschlag: Idee: Bernd Schiemann; Umsetzung: Atelier PmbH, 35088 Battenberg

Umschlagfoto: G. Bischofberger

Druck: UAB BALTO PRINT, 08217 Vilnius (LT)

Vorwort zur 3. Auflage

Das Fachbuch ist in der 3. Auflage an neue Entwicklungen aus der Technik und der Unterrichtsentwicklung angepasst worden.

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.
- Die Aufgaben und Lösungen sind in ein Fachkompetenzraster mit drei farbig gekennzeichnete Kompetenzstufen unterteilt, so dass der Lernende selbst die erworbene Kompetenz prüfen kann.

Inhaltliche Schwerpunkte:



Kompetenzen

„Kompetenzen bezeichnen die Fähigkeit und Bereitschaft des Einzelnen, Kenntnisse und Fertigkeiten sowie persönliche, soziale und methodische Fähigkeiten zu nutzen, und sich durchdacht, sowie individuell und sozial verantwortlich zu verhalten. Kompetenz wird in diesem Sinne als Handlungskompetenz verstanden.“

Quelle: DQR

Im Buch verwenden wir zum Prüfen der Fachkompetenzen ein einheitliches dreistufiges Raster. Jede Aufgabe ist mit der entsprechenden Kompetenzstufe gekennzeichnet.

Fachkompetenzenraster für die Aufgaben im Buch

Kompetenz	Stufe	Beispiel
Berechnen	①	Wandeln Sie die Zahlen in eine Dezimalzahl um: a) 1011 ₂ b) 11111 ₂ a) 1011 ₂ = 11 ₁₀ b) 11111 ₂ = 31 ₁₀
Ermitteln	②	Prüfen Sie, ob die folgende Codekombination eines 8-4-2-1-Codes mit gerader Parität fehlerbehaftet ist: 00001 01010 11010. 00001 ↑ Parität ungerade 01010 ↑ Parität gerade 11010 ↑ Parität ungerade
Auswerten funktionaler Zusammen- hänge	③	Weshalb ist mit einem einzelnen Paritätsbit keine Fehlerkorrektur möglich? Zur Fehlerkorrektur muss die Position des fehlerhaften Bits bestimmt werden. Dies ist mit einem einzelnen Paritätsbit nicht möglich.

Auszug aus dem Deutschen Qualitätsrahmen für lebenslanges Lernen (DQR) der KMK:

Kompetenzarten	
Handlungskompetenz	Fachkompetenz
	1 Wissen Fertigkeiten
	Überfachliche Kompetenzen
	1 Lernkompetenz (mit Reflexion)
	2 Methodenkompetenz – Grundsätze der Visualisierung (Gestaltungsmerkmale)
	3 Kommunikationskompetenz (Sprachliche Kompetenz)
	4 Sozialkompetenz (Selbstkompetenz)

Inhaltsverzeichnis

Kompetenzen zu Kapitel 1 und 2		10		
1	Begriffe und Gebiete der Informatik	11		
1.1	Grundlagen und Bereiche der Informatik	11	3.1.2	Von der Wahrheitstabelle zur digitalen Schaltung 29
1.2	Teildisziplinen der Informatik	12	3.1.3	Die schaltalgebraische Funktionsgleichung 30
1.3	Geschichtliches zur Informatik	13	3.1.4	Vereinfachung digitaler Schaltungen durch Anwendung der Kürzungsregel 31
1.4	Anwendungsgebiete der informationsverarbeitenden Technik (IT)	14	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
2	Digitale Informationsverarbeitung	15	3.2	Sequenzielle Logik 38
2.1	Analoge, digitale und binäre Informationen	15	3.2.1	Kippglieder als Speicherelemente für binäre Informationen 40
2.2	Vom Digitalsignal zum Binärsignal	16	3.2.1.1	RS-Kippglied 40
2.3	Digitalisierung ohne Informationsverlust	16		Aufgaben zum RS-Kippglied 41
2.4	Zahlensysteme	18	3.2.2	Vom RS-Kippglied zum D-Master-Slave-Kippglied 42
2.4.1	Dezimalsystem	18	3.2.3	Ablaufkette mit RS-Kippgliedern 44
2.4.2	Dualsystem	18	3.3	Programmierbare Logikbausteine 46
2.4.3	Hexadezimalsystem	19	3.3.1	Fest verdrahtete Logikschaltungen 46
2.5	Codierung und Code	19	3.3.2	Digitale Universalschaltung als Grundlage programmierbarer Logikbausteine 47
2.5.1	Entscheidungsgehalt	19	3.3.3	Logikmatrix 47
2.5.2	Informationsgehalt und Redundanz	19	3.3.4	EEPROM und PAL im Vergleich 48
2.5.3	Wort- und Zifferncodierung	20	3.3.5	Vom PAL zum CPLD 48
2.6	Übertragung digitaler Informationen	21	3.3.6	Field Programmable Gate Array (FPGA) 49
2.6.1	Übertragung von binär codierten Dezimalzahlen	21	3.3.7	Lookup-Tables zur Konfiguration der CLBs 49
2.6.2	Fehlererkennung und Fehlerkorrektur	21	3.3.8	Schaltungsdesign bei PLDs 49
2.6.3	Codes zur Fehlererkennung	22	3.3.9	HDL (Hardware Description Language) 50
2.6.4	Codes zur Fehlerkorrektur	23	3.4	Synchrone Schaltwerke 51
2.6.4.1	8421-BCD-Code mit Hamming-Ergänzung zur Fehlerkorrektur	24	3.4.1	Prinzipieller Aufbau 51
2.6.4.2	Fehlerkorrektur durch Blockparitätssicherung	25	3.4.2	Zustandsübergangstabelle 51
Kompetenzen zu Kapitel 3		26		
3	Digitaltechnik	26		
3.1	Kombinatorische Logik	27		
3.1.1	Die vollständige Beschreibung	27		

3.4.3	Schaltwerk als programmierbare Steuerung	52	4.7.1.1	Mikrocontroller mit 8051-Architektur	77
	Aufgaben zu synchronen Schaltwerken	53	4.7.1.2	Mikrocontrollersystem mit AT89C5131	81
3.4.4	Zustandsdiagramme zur Beschreibung synchroner Schaltwerke	54	4.7.1.3	Projekt mit µVision anlegen	82
3.4.4.1	Aufgaben zu Zustandsdiagrammen	55	4.7.1.4	Programm-Simulation eines Projektes	85
	Kompetenzen zu Kapitel 4	56	4.7.1.5	Programm mit Atmel Flip auf den Microcontroller laden	86
4	Mikrocomputersysteme	57	4.7.1.6	Mikrocontroller mit C programmieren	87
4.1	Prinzipieller Aufbau eines Mikrocontrollers	57		Kompetenzen zu Kapitel 5	88
4.2	Grundstruktur eines Mikrocontrollers	57	5	Grundlagen der Programm-entwicklung	89
4.2.1	Aufbau von Speichern und Speichertypen	58	5.1	Softwarearten	89
4.2.2	Speichertypen	58	5.2	Programmiersprachen	90
4.2.3	Speicheradressierung in einem Mikrocontrollersystem	59	5.2.1	Maschinensprache und Assembler	90
4.2.4	Arbeitsweise eines Mikrocontrollers	60	5.2.2	Prozedurale Programmiersprachen	91
4.3	Musterplatine – Ein Mikrocontrollersystem im Einsatz	63	5.2.3	Objektorientierte Sprachen	92
4.3.1	PORT-Anschlüsse des Controllers – Tore zur Außenwelt	63	5.3	Grundelemente der höheren Programmiersprache Java	93
4.4	Programmierung – Wie sag ich's meinem Mikrocontroller?	64	5.3.1	Erstellen eines Java-Konsolen-Programms	93
4.4.1	Entwurf eines Assemblerprogramms	65	5.3.2	Anweisungen	94
4.4.2	Erste Gehversuche in C	67	5.3.3	Variablen	94
4.4.3	Lauflichtvarianten in C	69	5.3.4	Konstanten	96
4.4.4	Timer	71	5.3.5	Ausgaben auf der Konsole	97
4.4.5	Interrupt-Technik	72	5.3.6	Eingabe auf der Konsole	99
4.5	Analoge Signalverarbeitung und Signalerzeugung mit dem Mikrocontroller	73	5.3.7	Operatoren	100
4.5.1	Digital-Analog-Umsetzer DAU	73	5.3.8	Typumwandlung (Typecasting)	102
4.5.2	Analog-Digital-Umsetzer mit schrittweiser Annäherung	74	5.3.9	Verzweigungen	103
4.6	DCF77 – Jede Sekunde zählt	75	5.3.10	Schleifen	106
4.6.1	Decodierung des DCF77-Signals	75	5.3.11	Methoden	109
4.6.2	Sekundenzähler	75	5.3.12	Felder	111
4.6.3	Erkennung der 59. Sekunde	75	5.4	Phasen der Programmentwicklung	114
4.6.4	Erfassung der Zeitinformation	76	5.5	Algorithmen	117
4.7	Atmel-Mikrocontroller	77	5.5.1	Sortieren durch Austauschen	117
4.7.1	Mikrocontroller-Plattformen	77	5.5.2	Sortieren durch Einfügen	118
			5.5.3	Sequentielle Suche	119
			5.5.4	Binäre Suche	119
			5.6	Testverfahren	121
			5.7	Anwenden von Exceptions	122

	Berühmte Ingenieure, Mathematiker und Informatiker	123	6.8 Zustandsdiagramme	147
	Kompetenzen zu Kapitel 6	124	6.8.1 Symbole im Zustandsdiagramm	147
6	Objektorientierte Analyse und objektorientiertes Design mit UML	125	6.8.2 Transitionen in Zustandsdiagrammen	148
6.1	Objektstrukturen und Klassenstrukturen	125	6.8.3 Beispiel und Aufgabe zu Zustandsdiagrammen	149
6.1.1	Klassendiagramm für eine Klasse	125	6.9 Beispielaufgabe für OOP im Drei-Schichtenmodell	150
6.2	Lebensdauer von Objekten	126	Kompetenzen zu Kapitel 7	152
6.2.1	Konstruktor und Destruktor	126	7 Systemgestaltung	153
6.2.2	Konstruktoren mit Parametern	127	7.1 Problem und Problemlösen	153
6.2.3	Sequenzdiagramm mit Konstruktor und Destruktor	127	7.2 Systeme analysieren, beurteilen und gestalten	154
6.3	Sichtbarkeit (Kapselung)	128	7.3 Systemtechnisches Vorgehen	156
6.3.1	Set-Operationen und Get-Operationen	128	7.4 Systemgestaltung und Systemordnung	157
6.4	Assoziationen	129	7.5 Problemlösungszyklus anwenden	158
6.4.1	Rollennamen und gerichtete Assoziationen	129	7.5.1 Informationsbeschaffung	159
6.4.2	Kardinalitäten	130	7.5.2 Aufbereiten der Informationen	160
6.4.3	Iterationen und Selbstdelegation	131	7.5.3 Zielformulierung	161
6.4.4	Bedingte Nachrichten	132	7.6 Gesund am Arbeitsplatz	163
6.4.5	Komposition und Aggregation	132	Kompetenzen zu Kapitel 8	164
6.4.6	Beispiel zu Assoziationen	134	8 Durchführung einer Projektarbeit	165
6.5	Vererbungen	135	8.1 Projektdefinition und Projektauftrag	165
6.5.1	Rechte beim Vererben	135	8.2 Projektplanung	167
6.5.2	Überschreiben von Methoden	136	8.3 Projektdurchführung	170
6.5.3	Konstruktoren beim Vererben	136	8.4 Projektdokumentation	172
6.5.4	Aufgabe zu Vererbung	137	8.5 Projektabschluss	177
6.6	Polymorphie	138	8.5.1 Die Präsentation	177
6.6.1	Abstrakte Klassen	138	8.5.1.1 Präsentationstechnik	177
6.6.2	Zeiger-/Referenzregel	138	8.5.1.2 Planen einer Präsentation	177
6.6.3	Dynamische Polymorphie	139	8.5.1.3 Visualisierung	179
6.6.4	Aufgabe zur Polymorphie	140	8.5.1.4 Durchführung der Präsentation	180
6.6.5	Frühe und späte Bindung	141	8.5.2 Projektende	183
6.7	Modellierung statischer und dynamischer Aspekte von objektorientierten Softwaresystemen	142	Kompetenzen zu Kapitel 9	184
6.7.1	Verkettete Listen von Objekten	142	9 Datenbanksysteme	185
6.7.2	Beispiel zu Verketteten Listen von Objekten	143	9.1 Datenbanksystem-Architekturen	185
6.7.3	Klassenvariablen und Klassenmethoden	145	9.2 Relationale Datenbanksysteme	186
			9.3 Entity-Relationship-Modell (ERM)	188

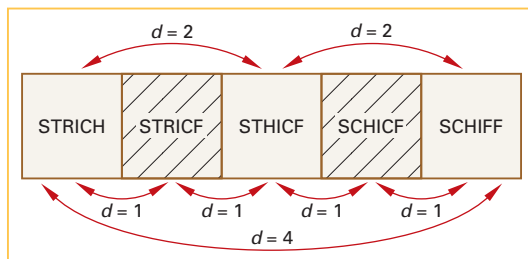
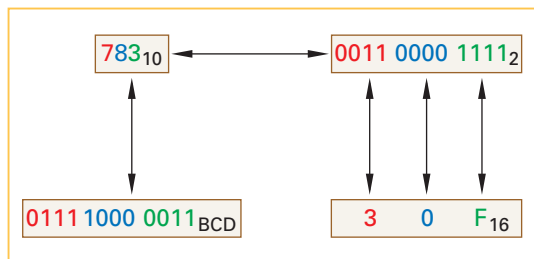
9.4	Datenbankentwicklung	191	10.5.3.1	Direkte Speicherverwaltung	237
9.5	Normalisierung	192	10.5.3.2	Swapping	238
9.6	Entwicklung einer Datenbank mit Access	196	10.5.3.3	Virtueller Speicher	238
9.7	Die Datenbanksprache SQL	200	10.5.3.4	Segmentorientierter Speicher	239
9.7.1	Einfache Abfragen mit SELECT	200	10.5.3.5	Seitenorientierter Speicher	241
9.7.2	Abfragen über mehrere Tabellen	204	10.6	Datensicherung	244
9.7.3	Unterabfragen (Subqueries, Sub-SELECT)	207	10.6.1	Sicherungsmedien	244
	SQL-Aufgaben	208	10.6.2	Datenverlust	245
9.8	Entwicklung einer Datenbank mit MySQL	210	10.6.3	Datenvernichtung	245
			10.6.4	Sicherungsverfahren	246
			10.6.5	Sicherungsstrategien	247
			10.6.6	Backup in vernetzter Umgebung	249
			10.6.7	Cloud	250
			10.6.8	Network Attached Storage (NAS)	251
			10.6.9	RAID-Systeme	252
			10.6.10	B-Trees	254
			10.6.11	Datenrettung	254
	Kompetenzen zu Kapitel 10	214		Kompetenzen zu Kapitel 11	256
10	Betriebssysteme	215	11	Vernetzte Systeme	257
10.1	Anforderungen und Aufgaben	215	11.1	Technische und gesellschaftliche Bedeutung	257
10.2	Architektur, Aufbau und Modelle	216	11.2	Netzformen und Topologien	258
10.3	Dateisysteme	217	11.3	Übertragungsmedien	259
10.3.1	Massenspeicher Festplatte	217	11.4	Strukturierte Verkabelung	262
10.3.2	Solid State Drive (SSD)	218	11.5	Aktive Netzkomponenten	263
10.3.3	Partitionen	219	11.6	Logische Topologien, Zugriffsverfahren	266
10.3.4	BIOS und UEFI	221	11.7	OSI-7-Schichtenmodell	267
10.3.5	GPT	222	11.8	Ethernet	269
10.3.6	File Allocation Table – Dateisystem	223	11.9	IP-Adressen	272
10.3.7	Fragmentierung	224	11.10	Routing in IP-Netzen	277
10.3.8	NTFS	224	11.11	Aufgaben IP-Adressierung	279
10.3.9	EXT	225		Berühmte Ingenieure, Mathematiker und Informatiker	281
10.3.10	ReFS	226		Kompetenzen zu Kapitel 12	282
10.3.11	Zugriffsrechte	227	12	Internet und Datenschutz	283
10.4	Prozesse	228	12.1	Internet	283
10.4.1	Mehrprozessbetrieb	228	12.2	Technik des Internets	284
10.4.2	Threads	229	12.3	Internet-Zugänge	287
10.4.2.1	Wirkungsweise	229	12.4	Internet-Dienste	288
10.4.2.2	Threads in Java	230	12.5	Datenschutz	289
10.4.2.3	Prozessmodell	231			
10.4.3	Scheduling	231			
10.4.4	Verklemmung (deadlock)	234			
10.5	Speicherkonzepte	237			
10.5.1	Speicherarten	237			
10.5.2	Hauptspeicher	237			
10.5.3	Speicherverwaltung	237			

Kompetenzen zu Kapitel 13	292	14.6 Apps	312
13 Wahlthemen	293	14.6.1 Anwendungen für mobile Geräte	312
13.1 Einführung in die Kryptografie und Kryptoanalyse	293	14.6.2 Mobile Betriebssysteme	312
13.1.1 Einfache Verschlüsselungsverfahren	293	14.6.3 Die Entwicklungsumgebung installieren	313
13.1.2 Komplexe Verschlüsselungsverfahren	295	14.6.4 Beispiel einer Rechner-App	315
13.1.3 Elektronische und digitale Signaturen	298	14.6.5 Der Quellcode zur App	316
13.1.4 Sicherheit im Wireless LAN (WLAN)	299	14.7 DB-Designer	317
13.2 Internet über Stromkabel, Powerline	301	14.8 Netzwerktechnik	318
Kompetenzen zu Kapitel 14	302	14.8.1 Messen im LAN	318
14 Aus Theorie und Praxis	303	14.8.2 Netzwerkbefehle	319
14.1 Wissenswertes zur theoretischen Informatik und IT-Technik	303	14.8.3 Netzwerk planen und einrichten	320
14.1.1 Turingmaschine	303	14.9 Operatoren in C	321
14.1.2 Können Maschinen denken?	303	14.10 Kontrollstrukturen in C	322
14.1.3 Wissenswertes zur IT-Technik	304	14.11 Datenblätter zum Mikrocontroller AT89C5131	323
14.2 Entwicklungszyklus in einer Integrierten Entwicklungsumgebung	305	14.11.1 Liste der SFR-Register des AT89C5131	323
14.3 Arbeiten mit Eclipse	306	14.11.2 Beschreibung der SFR-Register des AT89C5132	324
14.3.1 Ein Projekt mit Eclipse anlegen	306	14.11.3 7-Bit-ASCII-Code mit Erweiterung	325
14.3.2 Erstellen einer Java-Klasse mit Eclipse	307	14.12 Unicode	326
14.3.3 Dokumentation mit Javadoc	308	14.13 Vorsätze, Größen und Einheiten der IT-Technik	327
14.3.4 Versionsverwaltung mit Git	309	Anhang	328
14.4. Programmieren mit C#	310	Literaturverzeichnis	329
14.5 Programmieren in Visual C#	311	Verzeichnis der Firmen und Dienststellen	329
		Softwareverzeichnis	330
		Lösungen der Aufgaben auf der CD	330
		Sachwortverzeichnis	331

Erwerbbare Kompetenzen

Kapitel 1 Begriffe und Gebiete der Informatik		
	Stufe	Fachkompetenz
	1	Ich kann das Zusammenwirken von Mathematik, Physik und Nachrichtentechnik in der Informatik beschreiben.
	1	Ich kenne geschichtliche Zusammenhänge zur Informatik.
	1	Ich kann Anwendungen der IT-Technik aufzählen.
Kapitel 2 Digitale Informationsverarbeitung		
	Stufe	Fachkompetenz
	2	Ich kann den dezimalen Zahlenwert einer Hexadezimalzahl berechnen.
	3	Ich kann den vollständigen Zahlenraum einer n-stelligen Dualzahl angeben.
	2	Ich kann Zahlen unterschiedlicher Zahlensysteme in deren Stellenwerte zerlegen.
	2	Ich kann den dezimalen Zahlenwert von Zahlen unterschiedlicher Zahlensysteme berechnen.
	1	Ich kann die Basis eines unbekannten Zahlensystems aus einer gegebenen Ziffernfolge und dem dezimalen Zahlenwert einer Zahl bestimmen.
	3	Ich kann binäre Zahlenfolgen in unterschiedlichen Zahlensystemen interpretieren.
	3	Ich kann in unterschiedlichen Zahlensystemen zählen.
	2	Ich kann den Zahlenraum verschiedener Zahlensysteme angeben.
	2	Ich kann Dezimalzahlen in Dual-, 8-4-2-1-BCD- und Hexadezimalzahlen umrechnen.
	2	Ich kann den dezimalen Zahlenwert von Zahlen unterschiedlicher Zahlensysteme errechnen.
	3	Ich kann im hexadezimalen Zahlensystem zählen.
	1	Ich kann die Stellenwerte binär codierter Codewörter ermitteln, wenn lediglich deren dezimaler Zahlenwert bekannt ist.
	3	Ich kann eine binäre Folge als Zahlenwert unterschiedlicher Zahlensysteme interpretieren.
	2	Ich kann mithilfe der Codewörter eines Codes dessen Redundanz errechnen.
	2	Ich kann die Parität eines binären Codewortes bestimmen und dadurch Fehler feststellen.
	1	Ich kann das Prinzip für eine Fehlerkorrektur erläutern und die benötigte Anzahl von Prüfbits begründen.
	3	Ich kann die Korrigierbarkeit eines Codes durch Ermittlung der Minimaldistanz bewerten.
	3	Ich kann durch Ermittlung der Minimaldistanz bewerten, ob ein Code eine Fehlerkorrektur bzw. eine Fehlererkennung zulässt.
	2	Ich kann die Minimaldistanz eines Codes bestimmen und beurteilen, ob eine Fehlererkennung bzw. eine Fehlerkorrektur möglich ist.
	2	Ich kann eine fehlerbehaftete Nachricht analysieren und korrigieren.
	1	Ich kann die Notwendigkeit einer Code-Ergänzung durch Kontrollbits erläutern und daraus die Anzahl der benötigten Kontrollbits ableiten.
	2	Ich kann das Prinzip der Blockparitätssicherung anwenden.

Welche Fachkompetenzen werden hier visualisiert?



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*

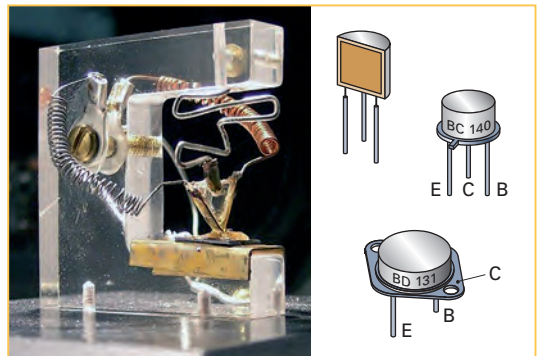


Bild 2: Nachbau des ersten Transistors und Bauarten

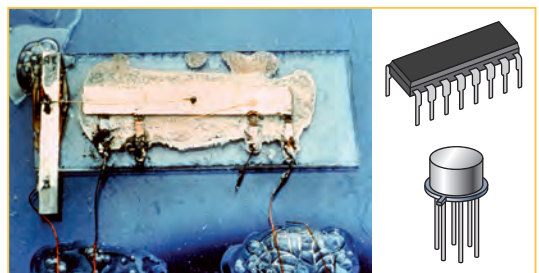


Bild 3: Erstes IC von Jack Kilby und IC-Bauarten

- **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 Geo-daten in räumlichen oder ebenen Darstellungen. Sie ist die Grundlage für Geoinformationssysteme GIS.

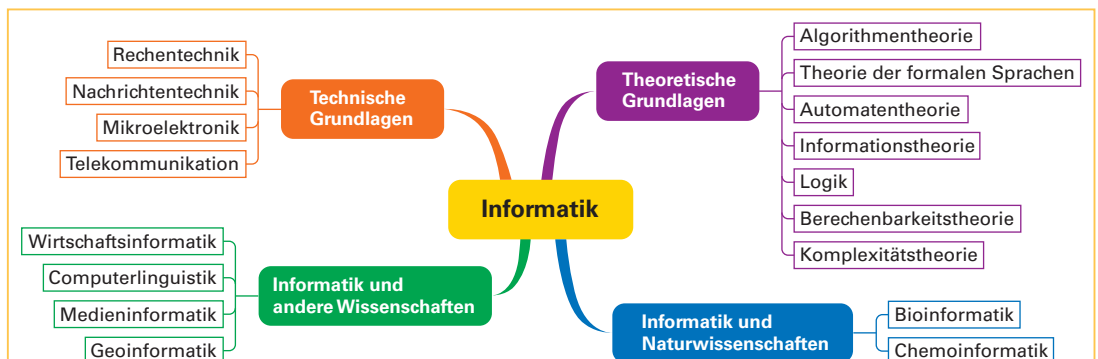


Bild 1: Grundlagen der Informatik

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 und KI

Aufgabe ist die Formulierung von Algorithmen für Programme in Abhängigkeit von der Rechentechnik. Teil der praktischen Informatik ist die Programmiermethodik und Entwicklung von Programmierungsumgebungen. 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 Kognitивpsychologie 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.

Kerninformatik

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

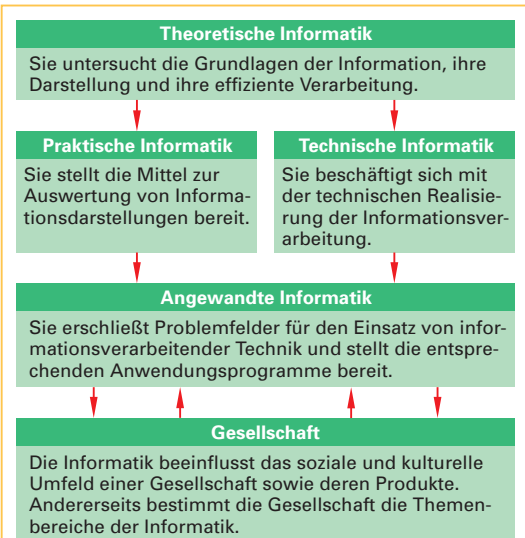


Bild 2: Teildisziplinen der Informatik und ihre gesellschaftliche Anbindung

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.

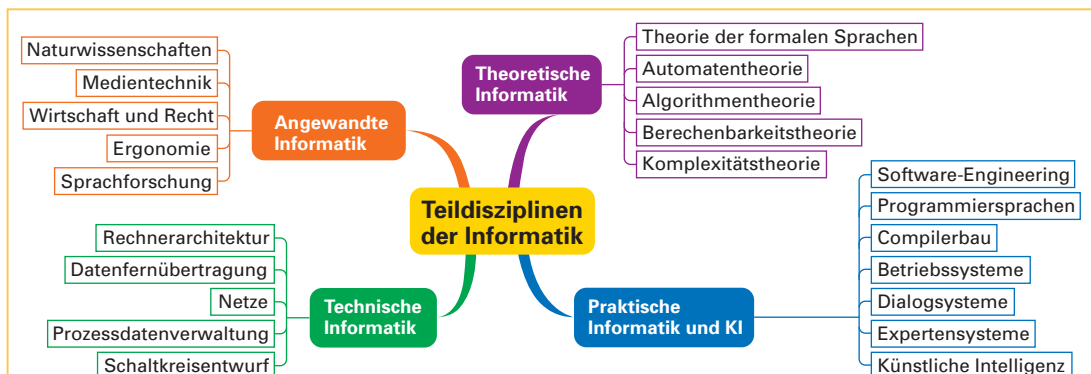


Bild 1: Teildisziplinen der Informatik und deren gesellschaftliche Anbindung

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.

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)

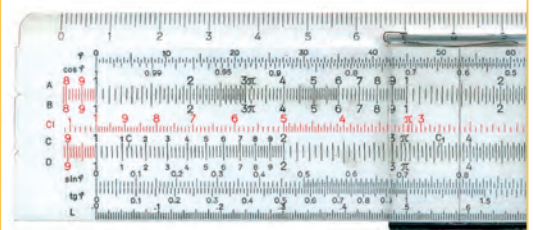


Bild 3: Rechenstab

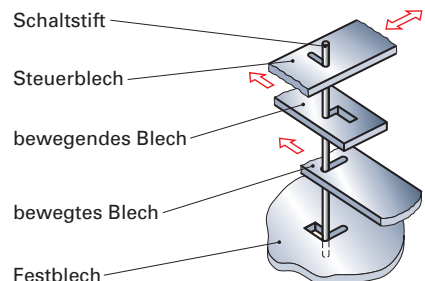


Bild 4: Mechanisches Speicherelement der Z1



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 erreicht die industrielle Produktion einen 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 Zunahme des Wachstums auch bei der Informationsexplosion erreicht wird (**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- oder NFC-Lesern an Kassen. Im Bankwesen erfolgt der Zahlungsverkehr, z. B. die Gehaltszahlung elektronisch. Buch- und Zeitungsdruck erfolgen mit Digitaldruck.

Dadurch sind z. B. kleinere Buchauflagen nach Kundenwünschen schnell und kostengünstig fertigbar.

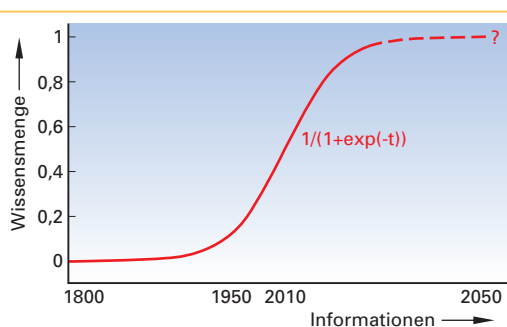


Bild 1: S-Kurve des Informationswachstums



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

Tabelle 1: Anwendungen informationsverarbeitender Technik (IT)

Gebiete	Begriffe, Anwendungen
Produktion	• 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	• EAN-Code. Europäische Artikelnummerierung, • RFID. Radio Frequency Identification = Radiofrequenzkennung, z. B. mit NFC. Near Field Communication
Bankwesen	Elektronischer Zahlungsverkehr z. B. Homebanking oder Kreditkarten mit NFC-Funktion
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

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

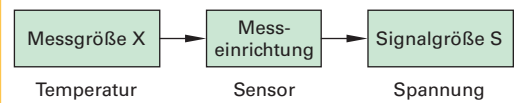


Bild 1: Messwerterfassung eines analogen Signals

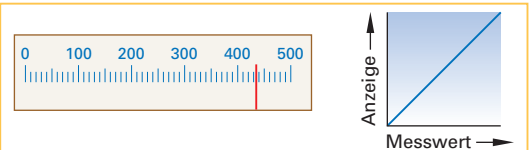


Bild 2: Analoge Darstellung eines Zeigerinstruments

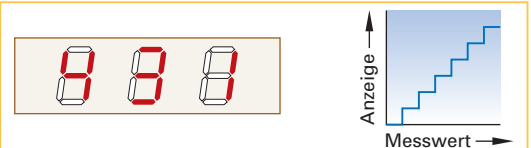


Bild 3: Digitale Darstellung mit 7-Segment-Anzeigen

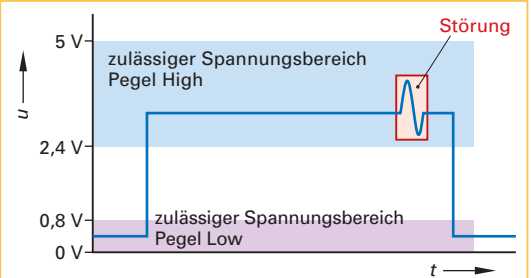


Bild 4: Binäres Spannungssignal mit Störung

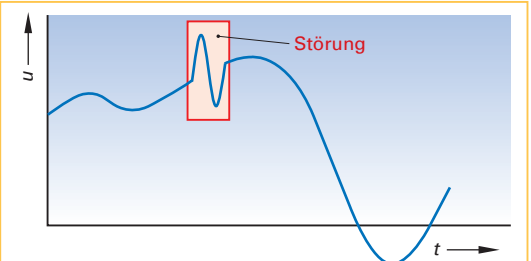


Bild 5: Analoges Spannungssignal mit Störung

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 = Schreibtafel, 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 genaue 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

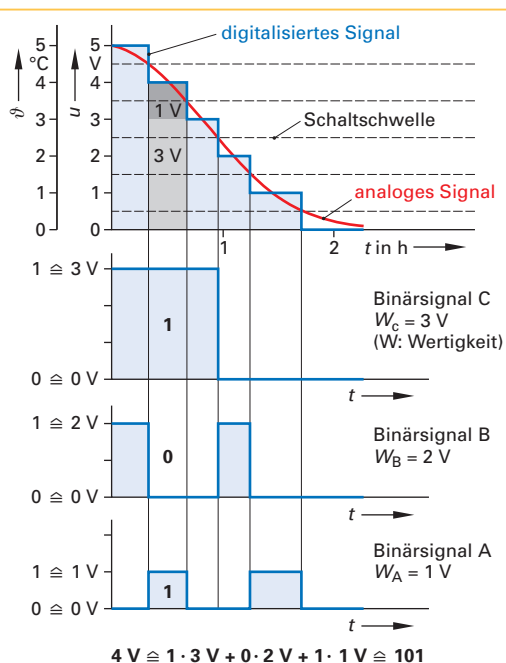


Bild 1: Digitalisiertes Temperatursignal

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

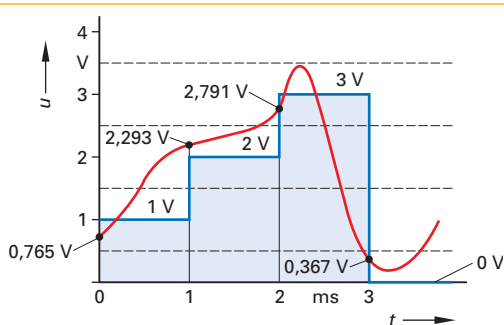


Bild 2: Abtasten eines analogen Signals

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_{smax} 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_{smax} 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:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Bit } n & \dots & \text{Bit 3} & \text{Bit 2} & \text{Bit 1} \\ 2 \cdot & \dots & 2 \cdot & 2 \cdot & 2 = 2^n \end{array}$$

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.

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

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

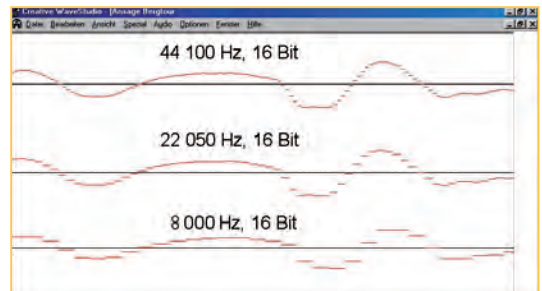


Bild 1: Abgetastetes Audiosignal in CD-, Radio- und Telefonqualität

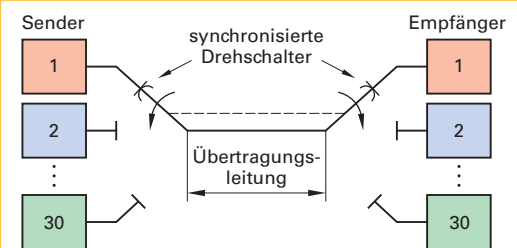


Bild 2: Prinzip des Zeitmultiplexverfahrens PCM-30

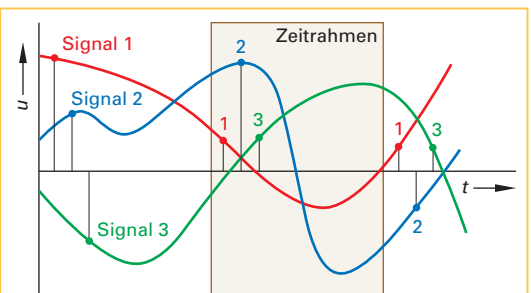


Bild 3: Abtastung in einem Zeitrahmen

Beispiel 2:

Moderne Anrufbeantworter speichern die eingehenden Textnachrichten in digitalisierter Form. Der Frequenzumfang der Aufnahme ist auf $f_{\text{smax}} = 10$ 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	Zahlen-schreibweise
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	Hexadezimal-system	$\begin{aligned} 7 \cdot 16^2 + 1 \cdot 16^1 + 1 \cdot 16^0 &= 1809 \\ 7 \cdot 256 + 1 \cdot 16 + 1 \cdot 1 \end{aligned}$	711
	Dezimal-system	$\begin{aligned} 1 \cdot 10^3 + 8 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0 &= 1809 \\ 1 \cdot 1000 + 8 \cdot 100 + 0 \cdot 10 + 9 \cdot 1 \end{aligned}$	1809
	Oktal-system	$\begin{aligned} 3 \cdot 8^3 + 4 \cdot 8^2 + 2 \cdot 8^1 + 1 \cdot 8^0 &= 1809 \\ 3 \cdot 512 + 4 \cdot 64 + 2 \cdot 8 + 1 \cdot 1 \end{aligned}$	3421
	Dual-system	$1 \cdot 2^{10} + 1 \cdot 2^9 + 1 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 1809$	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: $0 \times A4$, $A4_{16}$, $A4h$.

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

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.

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

Schriftzeichen	Dezimal	Hexadezimal	Binär
A	65	0x41	0b1000001
B	66	0x42	0b1000010
C	67	0x43	0b1000011

ASCII von American Standard Code for Information Interchange

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.

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

Bild 1: Codierung des Begriffs „BERG“

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.

$$H = \lg n$$

$$R = H_0 - H$$

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

- ① Welchem dezimalen Zahlenwert entspricht die Hexadezimalzahl $30CF_{16}$?
- ② Das deutsche Alphabet enthält 26 Buchstaben. Wieviele Bits benötigt man mindestens zur Übertragung eines Buchstabens?

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 dale 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.

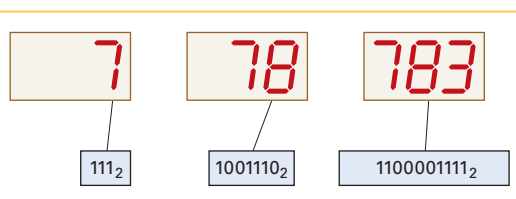


Bild 1: Duale Wortcodierung der Dezimalzahl 783

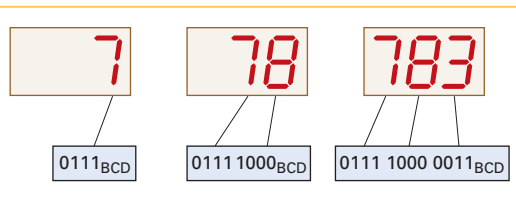


Bild 2: BCD-Zifferncodierung der Dezimalzahl 783

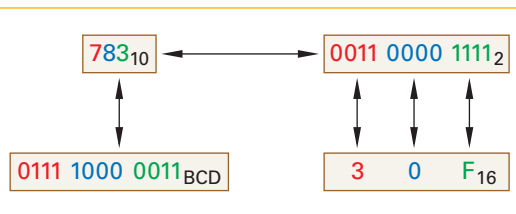


Bild 3: Hexadezimale Zifferncodierung einer Dualzahl

Aufgaben

- ① Schreiben Sie die angegebenen Zahlen in Form der allgemeinen Stellenschreibweise.
a) 110_2 b) $1CA05F_{16}$ c) 7773_8 d) 111042_5 .
- ② Welcher Dezimalzahl entspricht die Zahl?
a) 1234_5 b) 1234_8 c) 1234_{12} d) 1234_{16}
e) CDE_{16} f) $4A1_{12}$ g) 101101_2
- ③ Bestimmen Sie aus den Gleichungen die Basis B des Zahlensystems.
a) $31_{10} = 133_B$ b) $73_{10} = 201_B$ c) $79_{10} = 142_B$
d) $111_{10} = 133_B$
- ④ Ermitteln Sie den dezimalen Zahlenwert der binäre Folge 10110010111000001000100 , wenn diese Folge
a) eine Dualzahl ist. b) eine 8-4-2-1-BCD-Zahl ist.
- ⑤ Schreiben Sie die ersten 16 Zahlen zur Basis 5.
- ⑥ Wieviele Zahlenwerte lassen sich mit n Stellen darstellen, wenn das Zahlensystem die folgende Basis B besitzt?
a) $B = 2$ b) $B = 10$ c) $B = 16$
- ⑦ Wandeln Sie die Dezimalzahl 100 in eine Dualzahl, in eine 8-4-2-1-BCD-Zahl und in eine Hexadezimalzahl um.
- ⑧ Wandeln Sie die Zahlen in eine Dezimalzahl um:
a) 1011_2 b) 11111_2 c) 110_2 d) 271_8 e) 2277_8
f) 271_{16} g) BB_{16} h) $D2F_{16}$ i) AB_{12} j) 222_3
- ⑨ Ab welchem dezimalen Zahlenwert ergibt sich zum ersten Mal eine Stelleneinsparung durch den Übergang zum Hexadezimalsystem?
- ⑩ 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

- ⑪ Interpretieren Sie die binäre Folge 1100110 auf mindestens 3 verschiedene Weisen.