

Inhaltsverzeichnis

1	Geschichte der Nachrichtentechnik	13
1.1	Von Fackeln und Feuern der Antike	15
1.1.1	Fackelpost des Agamemnon	15
1.1.2	Synchrontelegraf des Aineias	17
1.1.3	Fackelcode des Polybios	18
1.2	Das mechanische Internet	19
1.2.1	Semaphoren-Telegraf von Claude Chappe	19
1.2.2	Klappentelegrafen	23
1.3	Elektrische Nachrichtenübertragung	26
1.3.1	Nadeltelegrafen	29
1.3.2	Der Morse-Telegraf	33
1.4	Mission Transatlantik	40
1.5	Von der Telegrafie zur Telefonie	45
1.5.1	Suche nach dem harmonischen Telegrafen	46
1.5.2	Drahtlos durch den Äther	56
1.6	Von der Röhre zum Supercomputer	61
1.7	Informations- und Codierungstheorie	65
1.8	Übungsaufgaben	74
2	Mathematische Grundlagen	81
2.1	Motivation	82
2.2	Modulare Arithmetik	83
2.3	Algebraische Strukturen	89
2.3.1	Gruppen	89
2.3.2	Körper	97
2.3.3	Ringe	104
2.3.4	Ideale	109
2.4	Endliche Körper	110
2.4.1	Polynomringe	110
2.4.2	Konstruktion endlicher Körper	115
2.4.3	Schnelles Rechnen in endlichen Körpern	122
2.5	Vektorräume	135
2.5.1	Generatormatrizen	146
2.5.2	Orthogonalräume	147
2.6	Übungsaufgaben	151

3 Codierungen, Codes und Information	167
3.1 Motivation	168
3.2 Definition und Eigenschaften	168
3.3 Längenvariable Codes	171
3.3.1 Präfixfreie Codes	171
3.3.2 Kraft'sche Ungleichung	175
3.4 Blockcodes	178
3.4.1 Zeichencodes	181
3.4.2 Zahlencodes	186
3.4.3 Lineare Codes	188
3.5 Der Übertragungskanal	198
3.5.1 Kanalkapazität	199
3.5.2 Kapazität des Morse-Kanals	200
3.6 Der Informationsbegriff	203
3.7 Übungsaufgaben	216
4 Quellencodierung	227
4.1 Motivation	228
4.2 Die Informationsquelle	229
4.2.1 Gedächtnislose Quellen	230
4.2.2 Markov-Quellen	231
4.3 Datenkompression	237
4.4 Entropiecodierungen	242
4.4.1 Shannon-Codierung	242
4.4.2 Fano-Codierung	245
4.4.3 Huffman-Codierung	247
4.4.4 Decodierung präfixfreier Codes	251
4.5 Arithmetische Codierung	254
4.6 Substitutionscodierungen	260
4.6.1 Lempel-Ziv-77-Kompression	261
4.6.2 LZSS-Kompression	265
4.6.3 Lempel-Ziv-78-Kompression	266
4.6.4 Lempel-Ziv-Welch-Kompression	270
4.7 Burrows-Wheeler-Transformation	274
4.7.1 Move-to-front-Codierung	281
4.8 Übungsaufgaben	283
5 Grenzen der Quellencodierung	299
5.1 Motivation	300
5.2 Entropie, Information, Redundanz	301
5.3 Blockweise Codierung	309

5.4	Das Quellencodierungstheorem	312
5.5	Übungsaufgaben	319
6	Kanalcodierung	323
6.1	Motivation	324
6.2	Prüfziffercodes	325
6.2.1	Erkennung von Einzelfehlern	326
6.2.2	Erkennung von Vertauschungsfehlern	329
6.2.3	Prüfziffercodes aus der Praxis	330
6.3	Fehlererkennung und -korrektur	337
6.3.1	Hamming-Distanz	338
6.3.2	Code-Distanz	340
6.4	Lineare Kanalcodes	345
6.4.1	Syndromdecodierung	345
6.4.2	Hamming-Codes	354
6.4.3	Zyklische Codes	361
6.4.3.1	Codierung	366
6.4.3.2	Hardware-Implementierung	373
6.4.4	BCH-Codes	378
6.4.4.1	Vandermonde-Matrizen	380
6.4.5	Reed-Solomon-Codes	398
6.4.5.1	Codierung	399
6.4.5.2	Rechnen in endlichen Körpern	404
6.4.5.3	Berlekamp-Welch-Algorithmus	408
6.4.5.4	Reed-Solomon-Codes unter der Lupe	412
6.4.5.5	Cross-interleaved Reed-Solomon Code	419
6.4.6	Hadamard-Codes	429
6.4.7	Simplex-Codes	440
6.4.8	Reed-Muller-Codes	444
6.4.8.1	Reed-Muller-Codes erster Ordnung	446
6.4.8.2	Reed-Muller-Codes höherer Ordnung	450
6.5	Faltungscodes	453
6.5.1	Viterbi-Algorithmus	460
6.6	Übungsaufgaben	466
7	Grenzen der Kanalcodierung	493
7.1	Motivation	494
7.2	Was kostet die Fehlerkorrektur?	495
7.2.1	Singleton-Schranke	495
7.2.2	MDS-Codes	496
7.2.3	Perfekte Codes	498

7.3	Golay-Codes	506
7.3.1	Zyklischer Golay-Code	508
7.3.2	Erweiterter Golay-Code	513
7.3.3	Ternärer Golay-Code	515
7.4	Restfehlerwahrscheinlichkeit	517
7.4.1	Restfehler bei der Fehlererkennung	517
7.4.2	Restfehler bei der Fehlerkorrektur	521
7.5	Das Kanalcodierungstheorem	525
7.5.1	Inhaltliche Aussage	525
7.5.2	Beweisskizze	529
7.6	Übungsaufgaben	542
8	Leitungscodierung und Modulation	549
8.1	Motivation	550
8.2	Leitungscodierungen	551
8.2.1	Bitcodierungen	553
8.2.2	Blockcodes	558
8.2.2.1	MMS43-Codierung	560
8.2.2.2	RLL-Codierungen	562
8.2.3	Externe Resynchronisation	566
8.2.3.1	Bit Stuffing	566
8.2.3.2	Scrambler	568
8.3	Modulationsverfahren	569
8.3.1	Digitale Modulation	570
8.3.2	Kombinierte Modulationsverfahren	573
8.4	Multiplexverfahren	574
8.4.1	Frequenzmultiplexverfahren	574
8.4.2	Raummultiplexverfahren	576
8.4.3	Zeitmultiplexverfahren	577
8.4.4	Codemultiplexverfahren	581
8.5	Spreizcodes	586
8.5.1	OVSF-Codes	586
8.5.2	Pseudozufallsfolgen	591
8.5.3	Gold-Folgen	598
8.5.4	Kasami-Folgen	605
8.6	Übungsaufgaben	610
Literaturverzeichnis		627
Namensverzeichnis		631
Sachwortverzeichnis		633