

Inhalt

1	Einführung	1
1.1	Vorbemerkungen	1
1.2	Begriffe	1
2	Diskrete Informationsquellen	3
2.1	Die Informationsquelle	3
2.2	Der Entscheidungsgehalt	5
2.2.1	Die Definition und Interpretation des Informationsgehaltes	5
2.2.2	Einfache Beispiele	9
2.3	Der mittlere Informationsgehalt	10
2.3.1	Die Definition des mittleren Informationsgehaltes	10
2.3.2	Elementare Eigenschaften der Entropie	14
2.3.3	Beispiele	17
2.4	Verbundquellen und der Informationsfluß	20
2.4.1	Die Entropie einer Verbundquelle	20
2.4.2	Verbundquellen mit voneinander unabhängigen Teilquellen	23
2.4.3	Bedingte Entropien	26
2.4.4	Die Markoff'sche Entropie	31
2.4.5	Die hochwahrscheinlichen Wörter einer Quelle	34
2.4.6	Der Informationsfluß	37
3	Diskrete Übertragungskanäle	39
3.1	Die Entropien bei der Informationsübertragung	39
3.2	Beispiele für einfache Übertragungskanäle	43
3.2.1	Der symmetrisch gestörte Binärkanal	43
3.2.2	Der nicht symmetrisch gestörte Binärkanal	47
3.2.3	Der symmetrisch gestörte Binärkanal mit Auslöschungen	49
3.2.4	Der allgemeine symmetrisch gestörte Kanal	50
3.3	Die Reihenschaltung gestörter Kanäle	52
3.4	Die maximal erreichbare Transinformation	54
3.5	Die Kanalkapazität	57
3.5.1	Definition der Kanalkapazität	57
3.5.2	Der ideale Tiefpaß als Modell für den Übertragungskanal	57
3.5.3	Ein Hauptsatz der Informationstheorie	62

4	Kontinuierliche Informationsquellen und Kanäle	67
4.1	Vorbemerkungen	67
4.2	Zufällige Signale	69
4.2.1	Die Beschreibung von Zufallssignalen	69
4.2.2	Die mittlere Leistung	72
4.2.3	Autokorrelationsfunktion und spektrale Leistungsdichte	73
4.2.3.1	Autokorrelationsfunktionen	73
4.2.3.2	Die spektrale Leistungsdichte	75
4.3	Die Entropie kontinuierlicher Quellen	79
4.3.1	Die differentielle Entropie	79
4.3.2	Eigenschaften der differentiellen Entropie und Beispiele	81
4.3.2.1	Gleichverteilte Signale	81
4.3.2.2	Dreieckverteilte Signale	84
4.3.2.3	Normalverteilte Signale	85
4.3.2.4	Ein Vergleich der Ergebnisse	86
4.3.2.5	Ein Beweis für das Maximum der differentiellen Entropie	88
4.4	Kontinuierliche Kanäle	90
4.4.1	Die Transinformation	90
4.4.2	Die Kanalkapazität	93
4.4.2.1	Eine Ableitung der Shannon'schen Formel	93
4.4.2.2	Einige Schlußfolgerungen	96
4.4.2.3	Beispiele	98
5	Optimalcodes, Quellencodierung	100
5.1	Einführung	100
5.1.1	Begriffserklärung	100
5.1.2	Ein einführendes Beispiel	102
5.1.2.1	Die unmittelbare Codierung der Quellenzeichen	102
5.1.2.2	Die Codierung von Gruppen von Quellenzeichen	106
5.2	Grundlegende Sätze über Optimalcodes	109
5.2.1	Die Ungleichung von Kraft	109
5.2.2	Untere und obere Grenzen für die mittleren Codewortlängen	112
5.2.2.1	Der Satz von Shannon	112
5.2.2.2	Ein Beweis des Satzes von Shannon	113
5.2.2.3	Möglichkeiten zur weiteren Verminderung der Codewortlängen	115

5.3 Konstruktionsverfahren für Optimalcodes	117
5.3.1 Der Shannon-Code	118
5.3.2 Der Fano-Code	121
5.3.3 Der Huffman-Code	123
6 Sicherung gegen Übertragungsfehler, Kanalcodierung	132
6.1 Probleme und Ziele	132
6.2 Grundlegende Begriffe und Prinzipien	135
6.2.1 Die geometrische Darstellung von Codes im n-dimensionalen Coderaum	135
6.2.2 Das Prinzip der Fehlererkennung und Fehlerkorrektur	136
6.2.2.1 Fehlererkennung	136
6.2.2.2 Fehlerkorrektur	138
6.2.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse	140
6.2.3 Codes mit Prüfstellen	141
6.2.3.1 Die einfache Paritätskontrolle	141
6.2.3.2 Eine Erweiterung der einfachen Paritätsprüfung durch die Einfügung von Prüfworten	142
6.2.3.3 Ein Beispiel für einen fehlerkorrigierenden Code ...	143
6.2.3.4 Die erforderliche Mindestzahl von Prüfstellen	146
6.2.4 Restfehlerwahrscheinlichkeiten	147
6.2.4.1 Die Fehlerverteilung in einem Codewort	147
6.2.4.2 Die Übertragungsfehlerwahrscheinlichkeit bei Fehlerkorrektur	149
6.2.4.3 Bemerkungen zu den Restfehlerwahrscheinlichkeiten bei Fehlererkennung	150
6.2.5 Ergänzende Bemerkungen	152
6.2.5.1 Mehrwertige Codes	152
6.2.5.2 Synchronisationsprobleme	153
6.2.5.3 Faltungscodes	153
6.3 Mathematische Grundlagen für die Konstruktion von Codes	154
6.3.1 Gruppe, Ring und Körper	154
6.3.1.1 Die Gruppe	155
6.3.1.2 Der Ring	156
6.3.1.3 Der Körper	156
6.3.2 Die modulo M Rechnung	157
6.3.3 Arithmetik im Galois-Feld $GF(2)$	158

6.3.4 Polynome	161
6.3.4.1 Reduzible und nichtreduzible Polynome	161
6.3.4.2 Die Rechnung mit Polynomrestklassen	162
6.3.4.3 Zyklische Polynomreste	165
6.4 Die Konstruktion fehlerkorrigierender Codes	167
6.4.1 Vorbemerkungen	167
6.4.2 Die Konstruktion allgemeiner Gruppencodes	168
6.4.3 Systematische Codes	171
6.4.3.1 Die Generator- und die Kontrollmatrix	171
6.4.3.2 Die Erkennbarkeit von Fehlern	174
6.4.3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse	177
6.4.3.4 Beispiele	178
6.5 Zyklische Codes	181
6.5.1 Eigenschaften und Konstruktion zyklischer Hamming-Codes . .	182
6.5.1.1 Die Generatormatrix	182
6.5.1.2 Die Ermittlung der Codeworte	185
6.5.1.3 Beispiele zur Berechnung der Codeworte	187
6.5.2 Zyklische Eigenschaften der Codeworte und das Prüfschema . .	190
6.5.2.1 Zyklische Eigenschaften	190
6.5.2.2 Das Prüfschema	192
6.5.3 Zusammenfassung	194
6.5.4 Bemerkungen zu BCH-Codes	195
Literaturverzeichnis	196
Verzeichnis der wichtigsten Formelzeichen	197
Sachregister	198