

Epilog

Von den Leuchtuern in Argos, wo unsere Reise begann, zu den satellitengestützten Navigationssystemen, mit denen sie an dieser Stelle zu Ende geht, war es ein langer Weg. Es ist unbestritten: Ohne die ausgefeilte Ingenieurskunst, die sich die Menschheit über hunderte von Jahren angeeignet hat, gäbe es keine der raffinierten Apparaturen, die uns heute in nahezu sämtlichen Lebenslagen unterstützend zur Seite stehen und von vielen als eine Selbstverständlichkeit erachtet werden. Dass sich die moderne Kommunikationstechnik einem komplexen mathematischen Apparat bedient und kaum ohne die grundlegenden Erkenntnisse aus der Informations- und Codierungstheorie existieren könnte, wird dabei häufig übersehen. In den hinter uns liegenden Kapiteln habe ich den Versuch unternommen, den Blick für diese mathematische Seite der Kommunikationstechnik zu schärfen, ohne den Bezug zur Praxis zu verlieren. Ob es mir gelungen ist, müssen Sie entscheiden, liebe Leser!

Literaturverzeichnis

- [1] Aischylos: *Agamemnon*. www.gutenberg.org: Projekt Gutenberg, 458 v. Chr.
- [2] Allen, J.; Becker, J.: *The Unicode Standard, Version 5.0*. Amsterdam: Addison-Wesley Longman, 2006
- [3] Aschoff, V.: *Nachrichtentechnische Entwicklungen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1987
- [4] Aschoff, V.: *Beiträge zur Geschichte der Nachrichtentechnik von ihren Anfängen bis zum Ende des 18. Jahrhunderts*. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1989
- [5] Attneave, F.: *Informationstheorie in der Psychologie. Grundbegriffe, Techniken, Ergebnisse*. Huber-Verlag, 1965
- [6] Barbier, C.: *Typographie privée, de poche et d'ambulance*. Paris: Bachelier, Libraire, 1832 (Émancipation intellectuelle d'expéditive française)
- [7] Bauer, F. L.: *Historische Notizen zur Informatik*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2009
- [8] Beauchamp, K.: *History of Telegraphy*. London: Institution of Engineering and Technology, 2001
- [9] Bell Telephone Laboratories (Hrsg.): *Press Release*. Juli. 463 West Street, New York 14, Chelsea: Bell Telephone Laboratories, 1948
- [10] Berrou, C.; Glavieux, A.; Thitimajshima, P.: Near Shannon limit error-correcting coding and decoding. In: *Proceedings of IEEE International Communications Conference*, 1993, S. 1064–1070
- [11] Bertram, Bill: *Commodore 64C system with 1541-II floppy drive and 1084S RGB monitor*. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>. Version: 2005. – Creative Commons License 2.5, Typ: BY-SA
- [12] Bosch, K.: *Brückenkurs Mathematik: Eine Einführung mit Beispielen und Übungsaufgaben*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2007
- [13] Burrows, M.: Foreword by Mike Burrows. In: *Theoretical Computer Science* (2007), Nr. 387, S. 197 – 199
- [14] Burrows, M.; Wheeler, D. J.: A block-sorting lossless data compression algorithm / Digital Equipment Corporation. 1994 (124). – Forschungsbericht. – Technical Report
- [15] Cantor, G.: über eine Eigenschaft des Inbegriffes aller reellen algebraischen Zahlen. In: *Crelles Journal für Mathematik* 77 (1874), S. 258–262
- [16] Cayley, Arthur: On the theory of groups as depending on the symbolic equation $\theta^n = 1$. In: *Philosophical Magazine* 7 (1854), Nr. 4, S. 40–47
- [17] Clausius, R.: *Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie*. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn, 1864
- [18] Coe, L.: *The Telegraph. A History of Morse's Invention and its Predecessors in the United States*. Jefferson, North Carolina: McFarland, 2003
- [19] Coe, L.: *The telephone and its several inventors: A history*. Jefferson, North Carolina: McFarland, 2006
- [20] Computer Laboratory, University of C.: *University of Cambridge Computer Laboratory May 1949 members*. <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>. Version: 1949. – Creative Commons License 2.0, Typ: BY
- [21] Corporation, Rand: *A million random digits with 100,000 normal deviates*. New York: Free Press, 1955
- [22] Corporation, Sony: *Method of recording on recording medium and recording device, and method of reproducing from recording medium and reproducing device*. U.S. Patent No. 6.980.498, 2004
- [23] Denniss: *Foto eines Volksempfängers*. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>. Version: 2006. – Creative Commons License 3.0, Typ: Attribution-ShareAlike Unported
- [24] Department, Radio: The vacuum detector and how it works. In: *The Electrical Experimenter* 4 (1916),

- August, S. 250, 288
- [25] Devices, Advanced M.: *Quad-core Opteron processor*. <http://www.amd.com/us/aboutamd/newsroom>. Version: 2008
- [26] Drescher, W.; Fettweis, G.: VLSI Architectures for Multiplication in $GF(2^m)$ for Application Tailored Digital Signal Processors. In: *Workshop on VLSI Signal Processing IX, San Francisco, CA*, 1996, S. 55–64
- [27] Elias, P.: Coding for noisy channels. In: *IRE Convention Record* (1955), Nr. 4, S. 37–47
- [28] Ertel, W.: *Angewandte Kryptographie*. München: Hanser-Verlag, 2007
- [29] Ertel, W.: *Angewandte Kryptographie*. 4. Auflage. München: Hanser-Verlag, 2012
- [30] Evenson, A. E.: *The Telephone Patent Conspiracy of 1876: The Elisha Gray – Alexander Bell Controversy*. Jefferson, North Carolina: McFarland, 2000
- [31] Fano, R.: The transmission of information. Cambridge, MA: Research Laboratory of Electronics at MIT, 1949 (65). – Forschungsbericht. – Technical Report No. 65
- [32] GEO kompakt: *Der Mensch und seine Gene*. Bd. 7. 2006
- [33] Gilbert, W.: *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure*. London: Peter Short, 1600
- [34] Golay, M. J. E.: Notes on Digital Coding. In: *Proceedings of the Institute of Radio Engineers* 37 (1949), Nr. 6, S. 657
- [35] Gray, F.: *U.S. Patent No. 2.632.058*. 1953
- [36] Hadamard, J.: Résolution d'une question relative aux déterminants. In: *Bulletin des Sciences Mathématiques* 17 (1893), S. 240–246
- [37] Hamming, R. W.: Error-detecting and Error-correcting Codes. In: *Bell System Technical Journal* 2 (1950), Nr. 26, S. 147–160
- [38] Hankerson, D. R.; Hoffman, D. G.; Leonard, D. A.; Lindner, C. C.; Phelps, K. T.; Rodger, C. A.; Wall, J. R.: *Coding Theory and Cryptography. The Essentials*. Second Edition. New York: Marcel Dekker, Inc., 2000
- [39] Hertz, H.: *Über die Beziehung zwischen Licht und Elektrizität*. Heidelberg, September 1889
- [40] Holzmann, G. J.; Pehrson, B.: *The early history of data networks*. Hoboken, NJ: Wiley, 2003
- [41] Horgan, J.: Profile: Claude E. Shannon: unicyclist, juggler and father of information theory. In: *Scientific American* (1990), Januar, S. 16–17
- [42] Huffman, D.: A Method for the Construction of Minimum-Redundancy Codes. In: *Proceedings of the Institute of Radio Engineers* 40 (1952), September, Nr. 9, S. 1098–1101
- [43] Huurdeman, A. A.: *The Worldwide History of Telecommunications*. New York: John Wiley and Sons, 2003
- [44] Jacquez, E.: *Claude Chappe: Notice biographique*. Paris: Alphonse Picard et Fils, 1893
- [45] Kammeyer, K.: *Nachrichtenübertragung*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2008
- [46] Kane, J. N.: *Famous First Facts: A Record of First Happenings, Discoveries and Inventions in American History*. New York: H. W. Wilson, 1981
- [47] Karpfinger, C.; Meyberg, K.: *Algebra: Gruppen – Ringe – Körper*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2010
- [48] Kemnitz, A.: *Mathematik zum Studienbeginn: Grundlagenwissen für alle technischen, mathematisch-naturwissenschaftlichen und wirtschaftswissenschaftlichen Studiengänge*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2010
- [49] Kommunikation, Museum für: *In 28 Minuten von London nach Kalkutta*. Zürich: Chronos Verlag, 2000
- [50] Korpela, J.: *Unicode Explained*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2006
- [51] Kraft, Leon G.: *A device for quantizing, grouping, and coding amplitude modulated pulses*. Boston, Massachusetts Institute of Technology, Diplomarbeit, 1949
- [52] Krey, U.; Owen, A.: *Basic Theoretical Physics: A Concise Overview*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2007
- [53] Lagrange, J. L.: Nouvelle méthode pour résoudre les problèmes indéterminés en nombres entiers. In: *Mémoires de l'Académie royale des sciences et Belles-Lettres de Berlin* (1770), Nr. 24

- [54] Lebow, I.: *Information Highways and Byways*. Piscataway, NJ, USA: IEEE Press, 1995
- [55] Lochmann, D.: *Vom Wesen der Information*. Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2006
- [56] MacKay, D. J. C.: *Information Theory, Inference, and Learning Algorithms*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010
- [57] MATH 690A, Lecture N.: *BCH Codes*. Iowa State University, Fall 2004
- [58] Mellor, C. M.: *Louis Braille: A Touch of Genius*. Boston: National Braille Press, 2006
- [59] Mission X, Staffel 1: *Letzte Chance Transatlantik*. DVD, UIG Entertainment GmbH, 2006
- [60] Mobilfunk, Informationszentrum: *Funkzellen und Netze*. <http://www.izmf.de>. Version: 2013
- [61] Moore, G.: Cramming More Components onto Integrated Circuits. In: *Electronics Magazine* 38 (1965), April, Nr. 8
- [62] Muller, D. E.: Application of Boolean Algebra to Switching Circuit Design and to Error Detection. In: *IRE Transactions on Electronic Computers* (1954), Nr. 3, S. 6–12
- [63] Nelson, M.: Data Compression with the Burrows-Wheeler Transform. In: *Dr. Dobb's Journal* 9 (1996), S. 46–50
- [64] newsticker, Heise: *Heise Newsticker-Nachricht vom 23.3.2008*. <http://www.heise.de>
- [65] Paley, R. E. A. C.: On orthogonal matrices. In: *Journal of Mathematics and Physics* 12 (1933), S. 311–320
- [66] Plambeck, Thane: *Portraitphoto von Elwyn Berlekamp*. <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>. Version: 2005. – Creative Commons License 2.0, Typ: Attribution Generic
- [67] Polybius: *Polybii historiarum quae supersunt*. Leipzig: Tauchnitz, 1816
- [68] Prange, E.: Cyclic error-correcting codes in two symbols / Electronics Research Directorate, Air Force Cambridge Research Center. 1957 (No. AFCRC-TN-57-103). – Forschungsbericht. – ASTIA Document No. AD133749
- [69] Pschyrembel: *Klinisches Wörterbuch*. Berlin: Walter de Gruyter Verlag, 2004
- [70] Reed, I. S.: A Class of Multiple-Error-Correcting Codes and the Decoding Scheme. In: *IEEE Transactions on Information Theory* 4 (1954), S. 38–49
- [71] Reed, I. S.; Solomon, G.: Polynomial Codes Over Certain Finite Fields. In: *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics* 8 (1960), Nr. 2, S. 300–304
- [72] Rissanen, J. J.: Generalized kraft inequality and arithmetic coding. In: *IBM Journal of Research and Development* 20 (1976), May, S. 198–203
- [73] Roth, R. R.: A History of Lagrange's Theorem on Groups. In: *Mathematics Magazine* 74 (2001), Nr. 2, S. 99–108
- [74] Schellen, H.: *Der elektromagnetische Telegraph: In den Hauptstadien seiner Entwicklung und in seiner gegenwärtigen Ausbildung und Anwendung (1854)*. Whitefish, MT: Kessinger Publishing, 2010
- [75] Shannon, C. E.: *A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits*. Masterthesis, Massachusetts Institute of Technology, 1937
- [76] Shannon, C. E.: A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits. In: *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers* 57 (1938), Nr. 12, S. 713–723
- [77] Shannon, C. E.: *An algebra for theoretical genetics*. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, 1940
- [78] Shannon, C. E.: A Mathematical Theory of Communication. In: *Bell System Technical Journal* 27 (1948), S. 379–423, 623–656
- [79] Shannon, C. E.; Weaver, W.: *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois: University of Illinois Press, 1949
- [80] Singh, S.: *Fermats letzter Satz*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag, 2000
- [81] Singleton, R. C.: Maximum distance q-nary codes. In: *IEEE Transactions on Information Theory* 10 (1964), April, Nr. 2
- [82] Staelin: *Portraitphoto von Abraham Lempel*. <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>. Version: 2007. – Creative Commons License 3.0, Typ: Attribution Unported
- [83] Standage, T.: *The Victorian Internet*. New York:

- Walker Publishing Company, 1998
- [84] Stingl, P.: *Mathematik für Fachhochschulen: Technik und Informatik*. München: Hanser-Verlag, 2009
- [85] Stix, G.: Profile: Information Theorist David A. Huffman. In: *Scientific American* 265 (1991), September, Nr. 3, S. 54–58
- [86] Stryer, L.: *Biochemie*. 6. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2007
- [87] Sylvester, J. J.: Thoughts on inverse orthogonal matrices, simultaneous sign successions, and tessellated pavements in two or more colours, with applications to Newton's rule, ornamental tile-work, and the theory of numbers. In: *Philosophical Magazine* 34 (1867), S. 461–475
- [88] Taylor, L. W.: The Untold Story of the Telephone. In: *American Physics Teacher* (1937), December
- [89] Thaer, Clemens (Hrsg.): *Euklid. Die Elemente. Buch I – XIII*. Frankfurt: Verlag Harri Deutsch, 2003 (Ostwalds Klassiker)
- [90] Thompson, R. L.: *Wiring a continent*. New York: Arno Press, 1972
- [91] Thompson, S. P.: *Philipp Reis: inventor of the telephone. A biographical sketch, with documentary testimony, translations of the original papers of the inventor and contemporary publications*. London, New York: E. & F. N. Spon, 1883
- [92] Tribus, M.; McIrvine, E. C.: Energy and Information. In: *Scientific American* 225 (1971), September, Nr. 3, S. 179–188
- [93] Tsui, J. B. Y.: *Fundamentals of Global Positioning System Receivers. A Software Approach*. 2nd edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, 2005
- [94] Vermani, L. R.: *Elements of algebraic coding theory*. New York: Chapman & Hall Mathematics, 1996
- [95] Viterbi, A. J.: Error bounds for convolutional codes and an asymptotically optimum decoding algorithm. In: *IEEE Transactions on Information Theory* 13 (1967), Nr. 2, S. 260–269
- [96] Watson, T. A.: *Exploring Life: The Autobiography of Thomas A. Watson*. New York: D. Appleton & Company, 1926
- [97] *Webster's New World Dictionary*. Cleveland, Ohio, 1989
- [98] Welch, T. A.: A Technique for High-Performance Data Compression. In: *IEEE Computer* 17 (1984), Nr. 6, S. 8–19
- [99] Wikipedia: *Antonio Meucci*. Webartikel. http://en.wikipedia.org/wiki/Antonio_Meucci
- [100] Wikipedia: *Russian–American Telegraph*. Webartikel. http://en.wikipedia.org/wiki/Russian-American_telegraph
- [101] Wikipedia: *Submarine cable cross-section 3D*. Public domain image. http://en.wikipedia.org/wiki/Submarine_communications_cable
- [102] Wikisource: *Popular Science Monthly, volume 71, page 228*. Webartikel. http://en.wikisource.org/wiki/Page:Popular_Science_Monthly_Volume_71.djvu/234
- [103] Wiles, A.: Modular Elliptic Curves and Fermat's last theorem. In: *Annals of Mathematics* 141 (1995), S. 443–551
- [104] Willems, W.: *Codierungstheorie*. Berlin: De Gruyter Verlag, 1999
- [105] Ziv, J.; Lempel, A.: A universal algorithm for sequential data compression. In: *IEEE Transactions on Information Theory* (1977), Nr. 23, S. 337–343
- [106] Ziv, J.; Lempel, A.: Compression of individual sequences via variable-rate coding. In: *IEEE Transactions on Information Theory* (1978), Nr. 24, S. 530–536

Namensverzeichnis

A

Abel, Niels Henrik, 91
Agamemnon, 15
Aineias Taktikos, 17, 74
Aischylos, 15
Ampère, André-Marie, 28
Aschoff, Volker, 73

B

Barbier de La Serre, Charles, 182, 219
Bardeen, John, 62, 63
Baudot, Jean-Maurice-Émile, 77, 577
Bell, Alexander Graham, 46, 47
Berlekamp, Elwyn R., 408
Berrou, Claude, 72
Bose, Raj Chandra, 378
Braille, Louis, 182, 219
Brattain, Walter, 62, 63
Braun, Karl Ferdinand, 58
Burrows, Michael, 72, 275, 297

C

Cantor, Georg, 165
Carroll, Lewis, 284
Cayley, Arthur, 97
Chappe, Claude, 19
Clausius, Rudolf Julius Emanuel, 317
Coe, Lewis, 73
Cooke, William F., 30, 32, 224

D

Daemen, Joan, 119

E

Eaton, Ashael K., 54
Edison, Thomas Alva, 45
Elias, Peter, 71
Euripides, 15

F

Faggin, Federico, 63
Fano, Robert M., 71, 245, 249
Fessenden, Reginald Aubrey, 60
Fibonacci, 288
Field, Cyrus W., 40
Forest, Lee de, 60

G

Gale, Leonard D., 36, 38
Galois, Évariste, 99, 101
Gamble, John, 23, 24
Gauß, Carl Friedrich, 29, 74, 75
Gilbert, William, 26
Gisborne, Frederic N., 41
Glavieux, Alain, 72
Golay, Marcel J. E., 506
Gold, Robert, 598
Gray, Elisha, 48, 49
Grove, Andrew, 63

H

Hadamard, Jacques S., 429
Hamming, Richard W., 71, 337, 338
Häüy, Valentin, 182
Henry, Joseph, 31, 36, 38, 54
Hocquenghem, Alexis, 378
Hubbard, Greene Gardiner, 46

Huffman, David A., 71, 249, 250, 285
Hughes, David Edward, 45
Huth, J. S. Gottfried, 54
Hurdeman, Anton A., 73

J

Jackson, Charles T., 34

K

Kasami, Tadao, 605
Kilby, Jack, 63
Kraft, Leon Gordon, 176

L

Lagrange, Joseph-Louis, 154
Lempel, Abraham, 72, 239, 260
Lilienfeld, Edgar, 62
Luhn, Hans Peter, 334

M

MacKay, David J. C., 525, 547
Marconi, Guglielmo, 58
Maury, Matthew F., 41
Maxwell, James Clerk, 56
McElroy, Theodore Roosevelt, 203
Meucci, Antonio, 52
Milet, Thales von, 26
Moore, Gordon, 63, 64
Morse, Samuel F. B., 33, 34
Muller, David E., 71
Munke, Georg Wilhelm, 30
Murray, Lord George, 23, 25

N

Nelson, Mark, 276
 Neumann, John von, 317
 Noyce, Robert, 63

O

Ohm, Georg Simon, 28
 Ørsted, Hans Christian, 28
 Orton, William, 51

P

Paley, Raymond E. A. C., 433, 620
 Pasco, Richard C., 72
 Pisa, Leonardo da, 288
 Polybios, 17, 18, 74
 Prange, Eugene, 71
 Preece, Sir William, 58, 59
 Primrose, Frank J., 77

R

Rademacher, Hans Adolph, 619
 Ray-Chaudhuri, Dijen Kumar, 378
 Reed, Irving S., 71

Reis, Philipp, 31, 52, **55**
 Righi, Augusto, 58
 Rijmen, Vincent, 119
 Rissanen, Jorma J., 72

S

Sanders, Thomas, 46
 Schilling von Cannstatt, Paul Ludwig,
 30
 Shannon, Claude, 7, **66**, 71, 317
 Shockley, William, 62, 63
 Singleton, Richard C., 496
 Soemmerring, Samuel Thomas, 27, 28,
 74
 Solomon, Gustave, 71
 Sophokles, 15
 Standage, Tom, 73
 Stearns, Joseph B., 45
 Steinheil, Carl August von, 75
 Storer, James, 265
 Stroustrup, Bjarne, 276
 Sturgeon, William, 28
 Sylvester, James Joseph, 429
 Szymanski, Thomas, 265

T

Thitimajshima, Punya, 72
 Thompson, Silvanus P., 56

V

Vail, Alfred L., **37**, 38
 Vandermonde, Alexandre-Théophile,
 380
 Viterbi, Andrew James, 72, 460
 Volta, Allesandro, 27

W

Walsh, Joseph Leonard, 620
 Watson, Thomas A., 46
 Weber, Wilhelm Eduard, 29, 74, 75
 Welch, Lloyd R., 408
 Welch, Terry A., 72, 239, 267
 Wheatstone, Charles, 31, **32**, 45, 224
 Wheeler, David J., 72, 297
 White, Samuel S., 48
 Whitehouse, E. O. Wildman, 43
 Wiles, Andrew, 393

Z

Ziv, Jacob, 72, 239, 260

Sachwortverzeichnis

Symbole

2421-Code, 187
4004-Prozessor, 63, 80
8421-Code, 187

A

Abbildung
 bijektive, 85
 identische, 94
 injektive, 85
 surjektive, 85
ABC-Telegraf, 45
Abel'sche Gruppe, 91
Abstand
 Hamming-, 339
Abzählbare Menge, 165
Acknowledge-Bit, 567
Additive Gruppe, 91
Adenin, 178, 179
Advanced Encryption Standard, 119
AES, 119
Äther, 56
Agamemnon, 15
Aiken-Code, 187
Aineias-Telegraf, 17
Algebraische Struktur, 89
Algorithmus
 Berlekamp-Welch-, 408
 euklidischer, 86
 Viterbi-, 459, **460**
ALOHA-Protokoll, 578
Alphabet
 Code-, 168
 Devanagari-, 184
 Quellen-, 168

Alternate Mark Inversion, 555
AMI-Codierung, 555
 modifizierte, 555
Aminosäure, 178
Amplitude, 570
Amplitudenmodulation, 45
Anallagmatic pavement, 429
Analog-Digital-Wandler, 419
Anode, 60
Arithmetik
 modulare, 83
Arithmetische Codierung, 72, 254
Artikelnummer
 europäische, 330
ASCII, 182
Assoziativität, 89
Attention-Signal, 79
Audion, 60
Ausrollen
 eines endlichen Automaten, 459
Autokorrelation, 590
Axiome
 von Huntington, 155

B

Barcode-Scanner, 330
Base, 179
Basic Multilingual Plane, 184, 186
Basis, 141
Baud, 78
Baudot
 -Code, 78
 -Telegraf, 77, 577
BCD-Code, 187
BCH-Code, 378
BD, 122, 419
Berlekamp-Welch-Algorithmus, 408

Bernoulli-Quelle, 230
Bigrammwahrscheinlichkeit, 231
Bilinearform, 163
Binäre Codierung, 168
Biphase
 -L-Codierung, 557
 -Mark-Codierung, 557
 -Space-Codierung, 557
Bit, 70
 -codierung, 553
 Stuffing, 566
Blockcode, 178, 558
Blockweise Codierung, 309
Blu-ray Disc, 122, 419
BMP, 184
Boolesche Algebra, 155
Brailleschrift, 181
Break-even-Strategie, 265
Burrows-Wheeler-Transformation, 73,
 239, **274**
Burstfehler, 420
Bus
 CAN-, 577
 Flexray-, 577
Bus idle, 567
Butterstamp telephone, 50

C

CAN-Bus, 577
CD, 122, 419
 -DA, 419
 Digital Audio, 419
CDMA, 581
 asynchrones, 588
 synchrones, 588
Charakteristik, 101, 156
Charakteristische Gleichung, 201

- Chip, 581
 Chipsequenz, 581
 CIRC, 419
 Code, 168, **170**
 -Distanz, 340
 -alphabet, 168
 -multiplexverfahren, 581
 -rate, 454, 525, 559
 -wort, 170
 -wortlänge
 mittlere, 242
 2421-, 187
 8421-, 187
 Aiken-, 187
 AMI-, 555
 modifizierter, 555
 Baudot-, 78
 BCD-, 187
 BCH-, 378
 binärer, 168
 Biphase-Mark-, 557
 Biphase-Space-, 557
 Bit-, 553
 Block-, 178, 558
 dualer, 193
 EFM-, 563
 einschrittiger, 188
 erweiterter, 344
 Excess-3-, 187
 Faltungs-, 72, **453**
 Fano-, 245
 genetischer, 178
 Golay-, 494, **506**
 erweiterter, 513
 ternärer, 515
 zyklischer, 508
 Gold-, 601
 Gray-, 187, 188, 559
 Hadamard-, 429
 Hamming-, 71, 192, **354**
 Huffman-, 247
 Katastrophen-, 458
 längenvariabler, 171
 linearer, 188
 Manchester-, 556
 Manchester-II-, 557
 MDS-, 496, 497
 trivialer, 497
 MMS43-, 560
 NRZ-, 551
 OVSF-, 586
 Paritäts-, 189, 337
 perfekter, 494, **498**, 502
 trivialer, 504
 präfixfreier, 171, 172, 251
 progressiver, 188
 Prüfziffer-, 325
 pseudoternärer, 555
 Rademacher-, 619
 redundanzfreier, 308
 Reed-Muller-, 444
 höherer Ordnung, 450
 Reed-Solomon-, 398
 RLL-, 562
 RZ-, 555
 bipolarer, 556
 unipolarer, 556
 selbstdualer, 194, 195
 Shannon-, 242
 Simplex-, 194, **440**
 Spreiz-, 586
 Stibitz-, 187
 ternärer, 555
 Turbo-, 72
 umschaltbarer, 78
 Walsh-, 620
 Zahlen-, 186
 Zeichen-, 18, 181
 zyklischer, 192, **361**
- Codierung, 168
 2421-, 187
 8421-, 187
 Aiken-, 187
 AMI-, 555
 modifizierte, 555
 arithmetische, 254
 Baudot-, 78
 BCD-, 187
 BCH-, 378
 binäre, 168
 Biphase-Mark-, 557
 Biphase-Space-, 557
 Bit-, 553
 Block-, 178, 558
 Blockweise, 309
 EFM-, 563
 einschrittige, 188
 Entropie-, 242
 Excess-3-, 187
 Faltungs-, 72, **453**
 Fano-, 245
 genetische, 178
 gleichstromfreie, 552
 Golay-, 494, **506**
 erweiterte, 513
 ternäre, 515
 zyklische, 508
 Gold-, 601
 Gray-, 187, 188, 559
 Hadamard-, 429
 Hamming-, 71, 192, **354**
 Huffman-, 247
 Katastrophen-, 458
 längenvariable, 171
 lineare, 188, 189
 Manchester-, 556
 Manchester-II-, 557
 MDS-, 496, 497
 triviale, 497
 MMS43-, 560
 Move-to-front-, 281
 NRZ-, 551
 OVSF-, 586
 Paritäts-, 189, 337
 perfekte, 494, **498**, 502
 triviale, 504
 präfixfreie, 171, 172, 251
 progressive, 188
 Prüfziffer-, 325
 pseudoternäre, 555
 Rademacher-, 619
 redundanzfreie, 308
 Reed-Muller-, 444
 höherer Ordnung, 450
 Reed-Solomon-, 398
 RLL-, 562
 RZ-, 555
 bipolare, 556
 unipolare, 556
 Shannon-, 242
 Simplex-, 194, **440**
 Spreiz-, 586
 Stibitz-, 187
 Substitutions-, 260

systematische, 191
 ternäre, 555
 Turbo-, 72
 verlustbehaftete, 169
 verlustfreie, 169
 Walsh-, 620
 Zahlen-, 186
 Zeichen-, 18, 181
 Codierungstheorie, 65
 Communication channel, 68, 198
 Compact Disc, 122, 419
 Convolutional code, 72
 CRC, 72, **361**
 -Algorithmus, 371
 Cyclic Redundancy Check, 72, **361**
 Cytosin, 178, 179

D

Data Encryption Standard, 119
 Datenkompression, 237
 Datenquelle, 228, **229**
 Datenrahmen, 567
 De Magnete, 26
 Degree, 110
 Delimiter-Bit, 567
 DES, 119
 Desoxyribonukleinsäure, 179
 Destination, 68
 Devanagari-Alphabet, 184
 Dictionary, 239
 Differenz
 symmetrische, 106
 Digital Versatile Disc, 122, 419
 Digitale Frequenzmodulation, 563
 Dimension
 eines Vektorraums, 142
 Diode, 60
 Disc
 Blu-ray, 122, 419
 Compact, 122, 419
 Digital Versatile, 122, 419
 Diskreter Logarithmus, 129
 Disparität, 561
 Distanz
 Code-, 340
 Hamming-, 338, 339

Distributivgesetz, 98, 155
 Divisionsrest, 111
 Dualer Code, 193
 Duplexbetrieb, 45
 DVD, 122, 419
 Dynamische Programmierung, 461

E

EAN, 330
 Eaton-Spencer case, 54
 Écriture nocturne, 219
 EFM-Codierer, 427
 EFM-Codierung, 563
 Eight-to-Fourteen-Modulation, 427, 563
 Einheitsmatrix, 106, 107
 Einschrittiger Code, 188
 Elektromagnetische Welle, 56, 589
 Element
 inverses, 155
 linksinverses, 95
 linksneutrales, 95
 neutrales, 90, 155
 primitives, 385
 rechtsinverses, 95
 rechtsneutrales, 95
 Elemente
 von Euklid, 86
 Empfänger, 68, 198
 End-of-Frame-Field, 567
 Endlich erzeugbar, 139
 Endlicher Körper, 99, **110**, 404
 Konstruktion, 115
 Logarithmus, 128
 schnelles Rechnen, 122
 ENIAC, 62
 Entropie, 70, **301**, 304, 307, 317
 Entropiecodierung, 242
 Ergodizität, **236**, 315
 Erweiterter Golay-Code, 513
 Erzeugendensystem, 139
 minimales, 140
 Euklidischer Algorithmus, 86
 Europäische Artikelnummer, 330
 Excess-3-Code, 187

F

F1-Frame, 420
 F2-Frame, 426
 F3-Frame, 426
 Fackelcode, 18
 Fackelpost, 15, 16
 Faltungscodierung, 72, **453**
 Faltungscodierung
 systematische, 458
 Fano-Bedingung, 172
 Fano-Codierung, 245
 Fast Frequency Hopping, 579
 FDMA, 574
 Fehler
 -erkennung, 337
 -korrektur, 337
 -polynom, 409
 -rahmen, 567
 -vektor, 346
 Fermat'scher Satz
 großer, 393
 kleiner, 393
 Fernschreiber, 20
 FFH, 579
 FHSS, 578
 Fibonacci
 -Folge, 288
 -Zahl, 288
 Field, 98
 Finite field, 99
 Flexray-Bus, 577
 FM, 563, 564
 Folge
 Fibonacci-, 288
 Gold-, 598
 Kasami-, 605
 maximaler Länge, 621
 pseudozufällige, 568, **591**
 Frequency Hopping, 579
 Frequency Hopping Spread Spectrum,
 578, 579
 Frequenz, 570
 Frequenzmodulation
 digitale, 563
 modifizierte, 564
 Frequenzmultiplexing, 574

Frequenzspreizung, 579
 Füllbit, 566
 Funktion
 bijektive, 85
 injektive, 85
 Rademacher-, 619
 surjektive, 85

G

Gallows telephone, 48
 Galoisfeld, 99
 Galoiskörper, 99
 Ganze Zahl, 82
 Gedächtnisbehaftete Quelle, 228
 Gedächtnislose Quelle, 228, 230
 Generatormatrix, 146
 reduzierte Form, 147
 systematische Form, 147
 Generatorpolynom, 129, 361
 Genetischer Code, 178
 Gesetz
 Distributiv-, 155
 Kommutativ-, 155
 Moore'sches, 64, 80
 Gleichstromfreiheit, 552
 Gleichung
 charakteristische, 201
 Global Positioning System, 580
 Golay-Code, 494, **506**
 erweiterter, 513
 ternärer, 515
 zyklischer, 508
 Gold-Code, 601
 Gold-Folge, 598
 GPS, 579, 601, 602
 -Link, 602
 Grad, 110
 einer Gruppe, 94
 Gray-Code, 187, 188, 559
 Great Atlantic Bubble, 43
 Größter gemeinsamer Teiler, 85
 Großzelle, 576
 Gruppe, 89, 90
 Abel'sche, 91
 additive, 91
 kommutative, 91

 multiplikative, 91
 symmetrische, 93, 96
 Guanin, 178, 179
 Guttapercha, 41

H

Hadamard
 -Code, 429
 -Matrix, 429
 -Vermutung, 433
 Halbgruppe, 90
 Hamming
 -Abstand, 339
 -Code, 71, 192, **354**, 504
 erweiterter, 194
 zyklischer, 197
 -Distanz, 338, 339
 -Gewicht, 346
 -Kugel, 341, 521
 -Medaille, 354
 -Würfel, 338, 466
 Harmonischer Telegraph, 46
 Hauptdiagonale, 106
 High
 -Surrogate, 186
 Byte, 420
 Hochintegration, 63
 Hop, 579
 Horner-Schema, 127
 Hüchenspiel, 207
 Huffman-Codierung, 247
 ternäre, 287
 Hughes printer, 45
 Huntington'sche Axiome, 155

I

Ideal, 109
 echtes, 109
 triviales, 109
 Identische Abbildung, 94
 Indikator, 20
 Indikatorbit, 265
 Information, 68, 70, **203**, **301**
 Information source, 68
 Informations

 -gehalt, 304
 -quelle, 228, **229**
 -senke, 68
 -theorie, 65, 67

Inneres Produkt, 147, 163
 Integrierter Schaltkreis, 63
 Intel, 63
 4004-Prozessor, 63, 80
 Interleaver, 422
 Inverses Element, 155
 Irreduzibles Polynom, 113

K

Kanal, 198
 Kanalcode
 linearer, 345
 Kanalcodierung, 324
 Kanalcodierungstheorem, 71, **525**
 Kanalkapazität, **199**
 Kasami-Folge, 605
 Katastrophencodierung, 458
 Kathode, 60
 Klappentelegraf, 23
 Kleinzelle, 576
 Körper, 97, 98
 endlicher, 99, **110**, 404
 Konstruktion, 115
 Logarithmus, 128
 schnelles Rechnen, 122
 Körpererweiterung, 101
 Kommunikationsquelle, 68
 Kommutative Gruppe, 91
 Kommutative Verknüpfung, 90
 Kommutativgesetz, 155
 Kompression, 237
 LZ77-, 72, 261
 LZ78-, 72, 266
 LZSS-, 265
 LZW-, 270
 Kompressionsrate, 239
 Kongruenz, 83, 117
 Kontinuum, 165
 Kontrollmatrix, 150, 348
 Koppelbits, 427
 Korrekturvektor, 346
 Korrelationsprodukt

diskretes, 589
 Kraft'sche Ungleichung, 175, **176**, 302
 Kreuzkorrelation, 590

L

Längenvariabler Code, 171
 Land, 428, 485
 Latin-Zeichensatz, 184
 Lauflängencodierung, 169
 Leitkoeffizient, 132
 Leitungscodierung, 551
 Lempel-Ziv
 -77-Kompression, 72, 261
 -78-Kompression, 72, 266
 -Storer-Szymanski-Kompression, 265
 -Welch-Kompression, 270
 Linear
 abhängig, 140
 unabhängig, 140
 Lineare Codierung, 189
 Linearer
 Code, 188
 Kanalcode, 345
 Linearkombination, 139
 Link (GPS), 602
 Linksideal, 109
 Linksinverses Element, 95
 Linksneutrales Element, 95
 Liquid transmitter, 49
 Lock-up State, 593
 Logarithmus
 diskreter, 129
 dualis, 211
 Logik
 negative, 551
 positive, 551
 Long code, 591
 Look-ahead buffer, 261
 Low
 -Surrogate, 186
 Byte, 420
 Luhn-Test, 335
 LZ77-Kompression, 72, 261
 LZ78-Kompression, 72, 266
 LZSS-Kompression, 265

LZW-Kompression, 270

M

Magnetic Drum, 557
 Magnetic Telegraph Company, 38
 Manchester Mark I, 557
 Manchester-Codierung, 556, 557
 Manchester-II-Codierung, 557
 Manhattan-Projekt, 354
 Mariner 9, 437
 Mark, 554, 557
 Markov-Quelle, 231, 234
 Matrix
 Generator-, 146
 Kontroll-, 150
 orthogonale, 429, 487
 Rotations-, 277
 Vandermonde-, 380
 Maximum Length Sequence, 594
 Maximum-Likelihood-Decoder, **346**, 408, 462, 521, 548
 MDS-Code, 496, 497
 trivialer, 497
 Mehrheitsentscheider, 444
 Menge
 abzählbare, 165
 überabzählbare, 165
 Microcom Network Protocol, 217
 Mikrozelle, 576
 Minimalpolynom, **393**, 394, 595
 Mittlere Codewortlänge, 242
 MMS43-Codierung, 560
 MNP-5, 217
 Mobilfunkzelle, 576
 Modifizierte Frequenzmodulation, 564
 Modul, 83
 Modulare Arithmetik, 83
 Modulation, 569
 digitale, 570
 Monoid, 90
 Moore'sches Gesetz, 64, 80
 Morse
 -Code
 amerikanischer, 38
 internationaler, 38
 kontinentaler, 38

-Telegraf, **33**, 37
 Move-to-front-Codierung, 281
 Multiplexverfahren, 574
 Multiplikative Gruppe, 91
 Mutterfolge, 598

N

Nachrichtenübertragung
 elektrische, 26
 Nachtschrift, 219
 Nadeltelegraf, 29
 Natürliche Zahl, 82
 Nebenklasse, 153
 Negative Logik, 551
 Neunerkomplement, 187
 Neutrales Element, 90, 155
 Nibble, 566
 Nichtnegative Zahl, 82
 Noise source, 68
 Noisy-Channel Coding Theorem, 71, **525**
 Non-return-to-zero, 551
 inverted, 553
 Normierter Teiler, 113
 NRZ-Codierung, 551
 NRZI-Codierung, 553
 Nukleotid, 179
 Nullteilerfrei, 157
 Nullvektor, 136

O

Obergruppe, 96
 echte, 96
 Oberkörper, 101
 echter, 101
 Oberring, 107
 echter, 107
 Ohm'sches Gesetz, 28
 On-Off Keying, 571
 One-Time-Pad, 568
 OOK, 571
 Orestie, 15
 Orthogonale Matrix, 429, 487
 Orthogonalraum, 147, 148
 OVSF-Code, 586

P

Paritätsbit, 183, 190
 Paritätscode, 189, 337
 Perfekter Code, 494, **498**, 502
 trivialer, 504
 Permutation, 93
 Permutationsgruppe, 96
 Phasenmodulation, 45
 Phasenversatz, 570
 Pilotkanal, 606
 Pit, 428, 485
 Planartechnik, 63
 Polare Koordinaten, 162
 Polynom, 110
 -division, 111
 -funktion, 111
 -ring, 110
 Generator-, 129, 361
 irreduzibles, 113
 primitives, 595
 Positiv definit, 163
 Positive Logik, 551
 Potenzmenge, 105
 Präfixfreie Codierung, 172
 Präfixfreier Code, 171, 172, 251
 Primitives Element, 385
 Primitives Polynom, 595
 Primkörper, 101
 Programmierung
 dynamische, **461**
 Progressiver Code, 188
 Prüfbit, 345
 Prüfwiffercode, 325
 Pseudo-Tetrad, 186
 Pseudoternäre Codierung, 555
 Pseudozufallsfolge, 568, **591**

Q

QAM, 573
 Quadraturamplitudenmodulation, 573
 Quadruplex-Telegraf, 45
 Quelle, 228, **229**
 Bernoulli'sche, 230
 gedächtnisbehaftete, 228
 gedächtnislose, 228, 230

Markov-, 231
 Quellenalphabet, 168
 Quellencodierung, 227, 237
 Quellencodierungstheorem, 312

R

Rademacher-Code, 619
 Rademacher-Funktion, 619
 Rationale Zahl, 82
 Raummultiplexverfahren, 576
 Receiver, 68, 198
 Rechenschieber, 128
 Rechtsideal, 109
 Rechtsinverses Element, 95
 Rechtsneutrales Element, 95
 Redundanz, **301**, 308
 Redundanzfreie Codierung, 308
 Redundanzprüfung
 zyklische, 72
 Reed-Muller-Code, 72, 444, 446
 höherer Ordnung, 450
 Reed-Solomon-Code, 122, 398
 Cross-interleaved, 419
 Reelle Zahl, 82
 Regulator, 20
 Rekurrenzgleichung, 201
 Relais office, 39
 Restfehlerwahrscheinlichkeit, 517, 525
 bei der Fehlererkennung, 517
 bei der Fehlerkorrektur, 521
 Restklassenkörper, 99
 Restklassenring, 115
 Resynchronisation, 552
 externe, 566
 Return-to-zero, 556
 Rijndael-Verschlüsselung, 119
 Ring, 104
 kommutativer, 104
 mit 1, 104, 157
 Polynom-, 110
 Ringerweiterung, 107
 RLL-Codierung, 562
 Rotationsmatrix, 277
 RS232-Schnittstelle, 551
 Run-Length Encoding, 169
 RZ-Codierung, 555

bipolare, 556
 unipolare, 556

S

Satz
 von Cayley, 97
 von Lagrange, 154
 Schaltelement
 digitales, 62
 Schaltkreis
 integrierter, 63
 Schnellschreiber, 20
 Schranke
 von Singleton, 495, 496
 Scrambler, 568
 SDMA, 576
 Search window, 261
 Sektor
 einer Audio-CD, 428
 Selbstdualer Code, 194, 195
 Selbstkorrelation, 590
 Selbsttaktender Code, 551
 Semaphore-Telegraf, 19
 Sender, 68, 198
 Shannon-Codierung, 242
 Shannon-Limit, 527
 Shell game, 207
 Shift-and-add Property, 596
 Short code, 591
 Shutter-Telegraf, 23
 Signalraumdiagramm, 573
 Simplex-Code, 194, **440**
 Singleton-Schranke, 495, 496
 Skalarprodukt, 163
 Slow Frequency Hopping, 579
 Space, 554, 557
 Spaltenvektor, 135
 Spreizcode, 586
 Spreizfaktor, 586
 Standardbasis, 141
 Start-of-Frame-Bit, 567
 Steinheil-Telegraf, 75
 Stibitz-Code, 187
 Stirling-Formel, 532, 547
 Stopfbit, 566
 Streumenge, 534

Struktur
 algebraische, 89
 Störquelle, 68
 Subchannel, 426
 Subcode
 einer Audio-CD, 426
 Substitutionscodierung, 260
 Suchfenster, 261
 Surrogate, 186
 Symmetrische
 Differenz, 106
 Gruppe, 93, 96
 Synchronotelegraf, 17, 74
 von Aineias, 17
 Syndrom, 348, 349
 Syndromdecodierung, 345
 Systematische
 Codierung, 191
 Faltungscodierung, 458

T

Tachygraf, 20
 TDMA, 577
 Teiler
 normierter, 113
 trivialer, 111
 von Polynomen, 111
 Teilkörper, 101
 Teilring, 107
 Telefonie, 45
 Telegraf, 20
 ABC-, 45
 Aineias-, 17
 Baudot-, 77, 577
 Harmonischer, 46
 Klappen-, 23
 Morse-, 33, 37
 Nadel-, 29
 Semaphoren-, 19
 Shutter-, 23
 Steinheil-, 75
 Typendruck-, 45
 Telegrafenplateau, 41
 Télégraphie, 20
 Teletrofono, 52
 Ternäre Codierung, 555

Ternärer
 Code, 515
 Golay-Code, 515
 Huffman-Code, 287
 Tetrade, 186
 Tetraden-Code, 186
 Theorem
 Kanalcodierungs-, 71, **525**
 Quellencodierungs-, 312
 Thymin, 178, 179
 Trägermenge, 105
 Transformation
 Burrows-Wheeler-, 73, 239, **274**
 Transistor, 62
 Transitionswahrscheinlichkeit, 231
 Transmitter, 68, 198
 Trellis-Diagramm, 459, 461
 Triadische Darstellung, 264
 Triodenröhre, 60
 Triplett, 178
 Trivialer
 Code
 perfekter, 504
 Teiler, 111
 Turbo-Code, 72
 Turing-Maschine, 62
 Typendrucktelegraf, 45

U

Überabzählbare Menge, 165
 Übertragungskanal, 68, 198
 Umschaltcode, 78
 Ungleichung
 von Kraft, 175, **176**, 302
 Universal Transformation Format, 185
 Untergruppe, 96
 echte, 96
 Untergruppenkriterium, 96, 153
 Unterkörper, 101
 -kriterium, 101
 echter, 101
 Unterraumkriterium, 142
 Unterring, 107
 -kriterium, 108
 echter, 107
 mit 1, 107, 109

Untervektorraum, 142
 trivialer, 143
 UTF-*n*, 185

V

Vandermonde-Matrix, 380
 Vektor
 orthonormaler, 487
 Spalten-, 135
 Zeilen-, 135
 Vektorraum, 135, 137
 endlich dimensionaler, 142
 endlich erzeugbarer, 139
 orthogonaler, 147
 unendlich dimensionaler, 142
 Verknüpfung
 kommutative, 90
 Verlustbehaftete Codierung, 169
 Verlustfreie Codierung, 169
 Verstärker, 60
 Vertauschungsfehler, 329
 Viterbi-Algorithmus, 72, 459, **460**
 Volksempfängers, 61
 Volta'sche Säule, 27
 Vorschau-puffer, 261

W

Wahrscheinlichkeit
 Bigramm-, 231
 Transitions-, 231
 Walsh-Code, 620
 Wechselwegnahme, 86
 Welle
 elektromagnetische, 56, 589
 Wiederholungscode, 340
 Wiegeproblem, 211
 Winkeralphabet, 79
 Wörterbuch, 239
 WpM, 202
 Würfel
 Hamming-, 338

Z

Zahl

- Fibonacci-, 288
- ganze, 82
- natürliche, 82
- nichtnegative, 82
- positive, 82
- rationale, 82
- reelle, 82
- Zahlencode, 186
- Zeichencode, 18, 181
- Zeichensatz, 184
- Zeigertelegraf, 32
- Zeilenvektor, 135
- Zeitmultiplexverfahren, 77, 577
 - synchrones, 577
- Zellatmung, 576
- Zelle
- Mobilfunk-, 576
- Zufallsfolge, 568, **591**
- Zyklenschreibweise
 - für Permutationen, 95
- Zyklische Redundanzprüfung, 72
- Zyklischer Code, 192, **361**
- Zyklus, 95