

Literaturverzeichnis

- [BA] BANACH, ST.: *Théorie des opérations linéaires*. Warschau, 1932
- [BR] BRIESKORN, E.: *Lineare Algebra und analytische Geometrie I*. Vieweg, 1983
- [BRÖ] BRÖCKER, T.: *Lineare Algebra und analytische Geometrie*. Birkhäuser, 2004²
- [CA₁] CANTOR, G.: *Über die Ausdehnung eines Satzes aus der Theorie der trigonometrischen Reihen*. Math. Ann. **5**, 123-132 (1872)
- [CA₂] CANTOR, G.: *Beiträge zur Begründung der transfiniten Mengenlehre*. Math. Ann. **46**, 481-512 (1895)
- [DED₁] DEDEKIND, R.: *Stetigkeit und Irrationalzahlen*. Vieweg, 1872
- [DED₂] DEDEKIND, R.: *Was sind und was sollen die Zahlen*. Vieweg, 1888
- [DÜ] DÜRER, A.: *Underweysung der messung mit dem zirckel uñ richtscheyt in Linien ebenen unnd gantzen corporen*. Nürnberg, 1525
- [EB] EBBINGHAUS, H.-D. ET AL: *Zahlen*. Springer, 1992³
- [EU] EUKLID: *Die Elemente*. Vieweg, 1933-1937
- [FI₁] FISCHER, G.: *Lineare Algebra*. Vieweg, 2010¹⁷
- [FI₂] FISCHER, G.: *Analytische Geometrie*. Vieweg, 2001⁷
- [FI₃] FISCHER, G.: *Lehrbuch der Algebra*. Vieweg, 2011²
- [FI₄] FISCHER, G.: *Plane Algebraic Curves*. American Mathematical Society, 2001
- [F-B] FLADT, K., BAUR, A.: *Analytische Geometrie spezieller Flächen und Raumkurven*. Vieweg, 1975
- [FO₁] FORSTER, O.: *Analysis I*. Vieweg, 2008⁹
- [FO₂] FORSTER, O.: *Analysis II*. Vieweg, 2008⁸
- [FO₃] FORSTER, O.: *Analysis III*. Vieweg, 2011⁶
- [GA₁] GAUSS, C. F.: *Demonstratio nova theorematum omnium functionum algebraicarum racionales integram unius variabilis in factores reales primi vel secundi gradus resolvi posse*. Göttingen 1799. Werke Band 3, 1-30
- [GA₂] GAUSS, C. F.: *Disquisitio de elementis ellipticis Palladis*. Göttingen 1811. Werke Band 6, 3-24
- [GA₃] GAUSS, C. F.: *Theoria residuorum biquadraticorum, commentatio secunda*. Göttingen 1831. Werke Band 2, 93-148
- [GR] GRASSMANN, H.: *Die Ausdehnungslehre*. Enslin, 1862
- [GRC] GRCAR, J.: *How Ordinary Elimination Became Gaussian Elimination*. Historia Math. **38**, 163-218 (2011)

- [HI₁] HILBERT, D.: *Über die stetige Abbildung einer Linie auf ein Flächenstück*. Math. Ann. **38**, 459-460 (1891)
- [HI₂] HILBERT, D.: *Grundlagen der Geometrie*. Teubner, 1899
- [JO] JORDAN, W.: *Handbuch der Vermessungskunde. Band 1, Ausgleichsrechnung*. Metzler, 1888³
- [HI₃] HILBERT, D.: *Mathematische Probleme*. Göttingen, 1900, Ges. Abh. 3, 290-329
- [KA] KANT, I.: *Versuch den Begriff der negativen Größen in die Weltweisheit einzuführen*. J. Kanter, 1763. Werkausgabe 2, Suhrkamp, 1977
- [KOE] KOECHER, M.: *Lineare Algebra und analytische Geometrie*. Springer, 1983
- [K-P] KRAMER, J., v. PIPPICH A.: *Von den natürlichen Zahlen zu den Quaternionen*. Springer, 2013
- [L-M] LIESEN, J., MEHRMANN, V.: *Lineare Algebra*. Vieweg+Teubner, 2011
- [MU] MUIR, TH.: *The Theory of Determinants*. Cambridge, 1906-1923
- [PE₁] PEANO, G.: *Calcolo geometrico secondo l'Ausdehnungslehre di H. Grassmann*. Frat. Bocca, 1888
- [PE₂] PEANO, G.: *Arithmetices principia nova exposita*. Frat. Bocca, 1889
- [PE₃] PEANO, G.: *Sur une courbe, qui remplit toute une aire plane*. Math. Ann. **36**, 157-160 (1890)
- [R-S] REISS, K., G. SCHMIEDER: *Basiswissen Zahlentheorie*. Springer, 2007²
- [R-O] RICHTER-GEBERT, J., ORENDT, T.: *Geometriekalküle*. Springer, 2009
- [S-S] SCHREIER, O., E. SPERNER: *Einführung in die analytische Geometrie und Algebra*. Teubner, 1931
- [ST] STEINITZ, E.: *Bedingt konvergente Reihen und konvexe Systeme*. J. Reine Angew. Math. **143**, 128-175 (1913)
- [STR] STRANG, G.: *Lineare Algebra*. Springer, 2003
- [WA] VAN DER WAERDEN, B.L.: *Moderne Algebra*. Springer, 1931
- [WEB] WEBER, H.: *Die allgemeinen Grundlagen der Galois'schen Gleichungstheorie*. Math. Ann. **43**, 521-549 (1893)
- [WEY] WEYL, H.: *Raum·Zeit·Materie*. Springer, 1918
- [ZI] ZIEGLER, G.M.: *Darf ich Zahlen?* Piper, 2010

Der „Exponent“ an der Jahreszahl gibt die Nummer der Auflage an.

Index

- Abbildung, 85
 - affine, 394
 - alternierende, 288
 - bijektive, 86
 - bilineare, 380
 - identische, 85
 - injektive, 86
 - lineare, 217
 - surjektive, 86
- Absolutbetrag, 125, 137
- Abstand, 22
 - eines Punktes von einer Ebene, 61
 - zweier Geraden, 49
 - zwischen Punkt und Gerade, 33
- Achsen, 7
- Addition
 - zweier Vektoren, 8
- Additionstheoreme, 251
- Affinität, 394
- allgemeine Lage, 372
- Annulator, 269
- Anordnung, 124, 136
 - archimedische, 124
- Antinomie
 - von RUSSEL, 83
- Apfel-Lemma, 86, 228
- Äquivalenz, 93
- Äquivalenzklasse, 95
- Äquivalenzrelation, 94
- Argument
 - einer komplexen Zahl, 148
- Assoziativität, 4, 100
- Asymptoten
 - einer Hyperbel, 369
- Aufhängepunkt, 13
- Ausartungsraum, 384
- Austauschlemma, 193
- Automorphismus, 224
- Axiom, 81
- Basis, 188
 - affine, 394
 - kanonische, 188
 - orthogonale, 386
- Basis-Austauschsatz, 191
- Basis-Auswahlsatz, 190
- Basis-Ergänzungssatz, 193
- Basisvektor
 - kanonischer, 10
- Basiswechsel, 273
- Betrag, 125
 - einer komplexen Zahl, 145
- Bild, 85, 220
- Bilinearform, 380
 - alternierende, 380
 - indefinite, 411
 - negativ definite, 411
 - nicht entartete, 385
 - positiv definite, 411
 - symmetrische, 380
- Blockmatrizen, 294
- Brennpunkt
 - einer Ellipse, 367
 - einer Hyperbel, 369
 - einer Parabel, 369
- Büschel, 371
- CAUCHY-Folge, 132
- Charakteristik, 152
- charakteristische Funktion, 325
- Cosinussatz, 30
- CRAMERSche Regel, 282, 314

- Darstellung
 - binäre, 118
 - g -adische, 118
 - triviale, 181
- Definitheit, 411, 416, 445
- Definition
 - rekursive, 99
- Determinante, 39, 63, 287
 - eines Endomorphismus, 325
- Determinanten-Multiplikations-Satz, 295
- Dezimalbruch, 5, 126, 139
 - abbrechender, 126
 - echter, 140
 - periodischer, 126
 - rein periodischer, 126
- Dezimaldarstellung, 117, 118
- Dezimalentwicklung, 5
- Diagonalen-Satz, 25
- Diagonalisierbarkeit, 329, 334, 431, 444
- Diagonalmatrix, 291
- Diagonalverfahren, 90, 92
- Diagramm
 - kommutatives, 243
- Differenz
 - zweier Mengen, 84
- Dimension
 - eines affinen Raumes, 232, 394
 - eines Vektorraums, 192
- Dimensionsformel
 - für lineare Abbildungen, 228
 - für Untervektorräume, 203
- Diskriminante, 162
- Distributivität, 4, 100
- Division mit Rest, 116, 160
- Drehimpuls, 461–463
- Drehung, 250, 318
- Dreiecksmatrix, 291
 - obere, 267
 - untere, 267
- Dreiecksungleichung, 30, 145
- Dualität, 268
- Durchschnitt, 84
- Ebene, 51
- Ebenen
 - parallele, 58
 - windschiefe, 55
- Eigenraum, 316
- Eigenvektor, 316
- Eigenwert, 316
- Einheit
 - imaginäre, 144
- Einheitsmatrix, 252
- Einheitswurzel, 171
- Einschränkung, 86
- Einselement, 115
- Element, 82
 - inverses, 103, 105
 - negatives, 105
 - neutrales, 100, 103, 105
- Elementarmatrix, 259
- Elimination, 64, 73
- Ellipse, 366
- Ellipsoid, 459
- Endomorphismen-Ring, 227
- Endomorphismus, 224
 - adjungierter, 443
 - diagonalisierbarer, 329, 334
 - nilpotenter, 343, 349
 - orthogonaler, 429
 - selbstadjungierter, 443
 - trigonalisierbarer, 339
 - unitärer, 429
- Energie, 461
- Energieellipsoid, 466
- Epimorphismus, 224
- Erzeugendensystem, 188
 - unverkürzbares, 196
 - unverlängerbares, 196
- EULERSche Winkel, 438
- Exponentialreihe, 146
- Fahne, 338
- Fakultät, 106
- Faser, 85
- Fehlervektor, 425
- Fehlstand, 299
- Fluss, 321
- Folge
 - konvergente, 132
- Formel
 - von EULER, 147
- FOURIER-Reihe, 380
- Fundamentalsatz der Algebra, 168
- Funktion
 - elementarsymmetrische, 166
- Fußpunkt, 33

- Gärtnerkonstruktion, 368
GRASSMANN-Identität, 45
GAUSS-Elimination, 428
GAUSS-JORDAN-Verfahren, 262
Gerade, 1, 13
Geraden
 - parallele, 16, 46
 - windschiefe, 46Gleichungssystem, 66
 - überbestimmtes, 71, 425
 - homogenes, 72
 - inhomogenes, 72Grad
 - eines Polynoms, 157Graph, 85, 93
Gruppe, 105
 - abelsche, 105
 - allgemeine lineare, 256
 - alternierende, 304
 - orthogonale, 431
 - spezielle orthogonale, 431
 - symmetrische, 106, 300
 - unitäre, 431Halbgruppe, 104
Haupt-Minor, 416
Hauptachsen
 - einer Ellipse, 365, 367
 - einer Hyperbel, 366
 - einer Quadrik, 452Hauptachsentransformation, 452
Hauptraum, 344
Hauptträgheitsachsen, 465
Hauptträgheitsmomente, 464, 465
hermitesche Form, 410
HESSE-Matrix, 411
HILBERT-Matrix, 79, 382
Höhensatz, 31
Höhenschnittpunkt-Satz, 32
Homomorphismus, 113, 123, 217, 224
Hyperbel, 364, 366
Hyperboloid
 - einschaliges, 459
 - zweischaliges, 459Ideal, 134
Identifikation, 93
Imaginärteil, 145
Impuls, 461
Induktion, 98
Intervallschachtelung, 132
Invariante, 357
Isometrie, 452
Isomorphismus, 113, 123, 224
JORDAN-Matrix, 350
JORDAN-Strang, 350
Kegel, 408
 - elliptischer, 458Kegelschnitt, 397
 - irreduzibler, 375
 - reduzibler, 375Kern, 220
Klasse, 83
Klassifikation
 - von Endomorphismen, 357Koeffizient, 12, 66, 157
Koeffizientenmatrix, 67
Kommutativität, 4, 100
Komplement
 - orthogonales, 423Komposition
 - von Abbildungen, 87Kongruenz, 94
Konjugation
 - komplexe, 145Koordinaten, 242
 - kartesische, 2, 7Koordinatensystem, 242
Körper, 4, 120
 - endlicher, 149
 - vollständiger, 138Kreiskegel, 363
Kreuzprodukt, 41
Kurve, 320
Kürzungsregel, 11, 100, 103
LAGRANGE-Multiplikator, 448
Länge
 - einer Basis, 189
 - eines Vektors, 20LAPLACE-Entwicklung, 313
Law of Moduli, 145
LEIBNIZ-Formel, 305
Leitgerade
 - einer Parabel, 369Lemma von FITTING, 345

- linear abhängig, 38, 40, 182
- linear unabhängig, 38, 40, 62, 181
- Linearfaktor, 165
- Linearform, 269
- Linearkombination, 10, 180
- Linie, 1
- Linkstranslation, 107
- Lösung
 - triviale, 72
- Lösungsmenge, 66, 67
- Lösungsraum, 12, 233
- LR-Zerlegung, 267
- Mächtigkeit, 82
- Matrix, 66
 - darstellende, 243, 381
 - diagonalisierbare, 329
 - erweiterte, 396
 - hermitesche, 410
 - inverse, 255, 311
 - invertierbare, 255
 - komplementäre, 311
 - nilpotente, 343
 - orthogonale, 430
 - symmetrische, 211
 - transponierte, 211
 - unitäre, 430
- Matrizen
 - ähnliche, 357
- Matrizen-Ring, 254
- Maximums-Norm, 238
- Menge, 81
 - abzählbar unendliche, 89
 - abzählbare, 89
 - endliche, 82
- Mengen
 - gleichmächtige, 89
- Methode der kleinsten Quadrate, 428
- Mittelpunkt, 25
- Modul, 94, 198
- Monom, 184
- Monomorphismus, 224
- Multiplikation
 - mit einem Skalar, 9
 - von Matrizen, 249
 - zweier Vektoren, 11
- n -Tupel
 - geordnetes, 8, 84
- Nachfolgeabbildung, 98
- Norm, 20, 22, 238, 239, 419
 - einer komplexen Zahl, 145
- Normalenvektor, 60
- Normalform, 357
 - für Kegelschnitte, 402
 - für Quadriken, 408
 - HESESche, 37, 61
 - JORDANSche, 356
 - von Matrizen, 277
 - von nilpotenten Endomorphismen, 351
- Normalgleichung, 427
- Null, 105
- Nullfolge, 132
- Nullmatrix, 176
- Nullpolynom, 157
- Nullstelle, 161
- Nullteiler, 11
- Nullvektor, 10, 174
- Oktaven, 149
- Ordnung
 - einer Gruppe, 106
- Orientierung, 285
- Orthogonalität, 419
- Orthonormalbasis, 419
- Orthonormalisierungs-Satz von GRAM und SCHMIDT, 421
- Orthonormalität, 419
- Paar
 - geordnetes, 7
 - paarweise verschieden, 82
- Parabel, 364, 366
- Paraboloid
 - elliptisches, 460
 - hyperbolisches, 460
- Paradoxon
 - vom Barbier, 83
 - von PERRON, 50
- Parallelogramm, 61, 282
- Parallelogramm-Gesetz, 24
- Parameter, 13
- Parameterdarstellung, 13, 51
- Parität, 302
- Partialsomme, 126
- PEANO-Axiome, 98
- Periodenlänge, 126
- Permutation, 298

- Permutationsgruppe, 106
- Permutationsmatrix, 303
- Pivot, 67
- Pol, 377
- Polare, 377
- Polarisierung, 382
- Polarkoordinaten, 148
- Polynom, 157
 - charakteristisches, 326
 - konstantes, 158
 - normiertes, 158
- Polynomfunktion, 157
- Positivitäts-Index, 392
- Potenzmenge, 83, 102
- Primkörper, 152
- Produkt
 - direktes, 84, 176
 - von Matrizen, 249
- Produktfolge, 133
- Punkt, 1, 7, 8

- quadratische Form, 382
- Quadrik, 397
- Quaternionen, 149
- Quotientenvektorraum, 236

- Rang
 - einer Matrix, 212
 - einer symmetrischen Bilinearform, 384
- Rang-Satz, 212
- Realteil, 145
- Rechtstranslation, 107
- Reflexivität, 94
- Regel von SARRUS, 305
- Reihe
 - geometrische, 127
- Relation, 93
- Repräsentant, 97
- Restklasse, 97
- Restklassenring, 135, 151
- Richtungsvektor, 13
- Ring, 115
 - kommutativ, 115
 - nullteilerfrei, 115
- Rotationsenergie, 461

- Sattelfläche, 460
- Satz
 - nach PYTHAGORAS, 29
 - vom kleinsten Element, 101
 - von der Erhaltung des Drehimpulses, 468
 - von PYTHAGORAS, 20, 23
- Scheitelpunkte
 - einer Ellipse, 367
- Scherung, 291
- Schnitt
 - DEDEKINDScher, 132
- Schubkastenprinzip, 87
- Schwerpunkt, 25
- Schwerpunkt-Satz, 26
- Seitenhalbierende, 26
- Sesquilinearform, 410
- Signum, 299
- Singulärwerte, 449
- Skalar, 9, 174
- Skalarprodukt, 11, 20, 21, 27, 418
 - kanonisches, 409
- Spalte, 66
- Spaltenrang, 211
- Spaltenraum, 211
- Spaltenvektor, 210
- Spat, 62
- Spatprodukt, 61
- Spiegelung, 318
- Sprungfunktion, 238
- Spur
 - einer Matrix, 327
- Standardbasis, 188
- Standardebene, 7
- Standardraum, 175
 - reeller, 8
- Strecke, 15
- Substitution, 64
- Summand
 - direkter, 206
- Summe
 - direkte, 204, 206
 - orthogonale, 423
 - von Untervektorräumen, 180, 203
- Summenfolge, 133
- Symmetrie, 94

- Tangentenvektor, 321
- Teilmenge, 82
 - echte, 82
- Teilung
 - mit Rest, 96
- Trägheitsellipsoid, 464, 465

- Trägheitstensor, 463
- Trägheitsgesetz von SYLVESTER, 392
- Transformationsformel
 - für Bilinearformen, 383
 - für hermitesche Formen, 410
 - für lineare Abbildungen, 275
 - für Quadriken, 400
- Transformationsmatrix, 273
- Transitivität, 94
- Translation, 9, 394
- Transposition, 302
- Trigonalisierbarkeit, 339
- Tripel
 - geordnetes, 7
- Umformung
 - symmetrische, 388
- Unbekannte, 12
- Unbestimmte, 157
- Ungleichung
 - von CAUCHY-SCHWARZ, 27, 40, 44
- Untergruppe, 112
- Unterraum
 - affiner, 231
- Unterring, 122
- Untervektorraum, 52, 177
 - aufgespannter, 180
 - invarianter, 338
 - zyklischer, 350
- Urbild, 85
- Ursprung, 7, 9
- Vektor, 9
 - negativer, 10
 - normierter, 22
 - senkrechter, 28, 31, 33, 43, 59, 420
- Vektorfeld, 321
- Vektorprodukt, 11, 41
- Vektorraum, 10, 174
 - dualer, 269
 - endlich erzeugter, 188
 - euklidischer, 418
 - unitärer, 418
- Vereinigung, 83
- Verknüpfungstafel, 107
- Verknüpfung
 - assoziative, 103
 - innere, 103
 - kommutative, 103
- Vielfachheit
 - einer Nullstelle, 165
 - eines Eigenwertes, 332
- Vorperiode, 126
- Vorzeichenregel, 115, 166
- Winkel, 20, 27
 - orientierter, 284
- Winkelgeschwindigkeit, 461
- Wohldefiniiertheit, 111
- Wurzelsatz von VIETA, 166
- Zahl
 - ganze, 2, 110, 111
 - komplexe, 6
 - konjugiert komplexe, 145
 - natürliche, 2, 98
 - positive, 124, 136
 - rationale, 3, 119, 121
 - reelle, 6, 134
- Zahlbereich, 6
- Zahlenebene, 143
- Zahlkörper, 149
- ZASSENHAUS-Algorithmus, 210
- Zeile, 66
- Zeilenrang, 211
- Zeilenraum, 211
- Zeilenstufenform, 67
- Zeilenumformung, 74
- Zeilenvektor, 210
- Zentripetalkraft, 468
- Ziffer, 5, 117
- Zylinder, 461

Symbolverzeichnis

$a := b$	a ist definiert durch b	\mathbb{C}	komplexe Zahlen, 6, 144
$A \Rightarrow B$	aus A folgt B	$\mathbb{Z}/m\mathbb{Z}$	Restklassenring, 151
$A \Leftrightarrow B$	A und B sind gleichwertig	\mathbb{F}_p	Körper mit p Elementen, 152
\rightarrow, \mapsto	Abbildungspfeile, 85	\mathbb{K}	\mathbb{R} oder \mathbb{C}
$\{ \}$	Mengenklammern, 82	K^*	K ohne Null, 120
\emptyset	leere Menge, 82	K^n	Standardraum, 175
\in	Element, 82	\mathcal{K}	kanonische Basis, 188
\subset	Teilmenge, 82	$\mathcal{S}(X), \mathcal{S}_n$	symmetrische Gruppe, 106
\subsetneq	echte Teilmenge, 82	\mathcal{A}_n	alternierende Gruppe, 304
\cup	Vereinigung, 83	$M(m \times n; K)$	Raum der Matrizen, 176
\cap	Durchschnitt, 84	$GL(n; K)$	allgemeine lineare Gruppe, 256
\setminus	Differenzmenge, 84	$O(n)$	orthogonale Gruppe, 430
\times	direktes Produkt, 84 oder Vektorprodukt, 41	$SO(n)$	spezielle orthogonale Gruppe, 430
\langle , \rangle	Skalarprodukt, 20, 409, 418	$U(n)$	unitäre Gruppe, 430
$\ \ $	Norm, 20, 409	$K[X]$	Polynomring, 157
$d(,)$	Abstand, 22	A'	erweiterte Matrix, 396
\sphericalangle	Winkel, 27	A^{-1}	inverse Matrix, 255
\perp	senkrecht, 28	${}^t A$	transponierte Matrix, 211
\circ	Komposition von Abbildungen, 87	$A^\#$	komplementäre Matrix, 311
\sim	äquivalent, 93	E_i^j	Basismatrix, 183
\equiv	kongruent, 94	E_n	Einheitsmatrix, 252
$\#$	Anzahl der Elemente, 82	M_B^A, M_B	darstellende Matrizen, 243, 381
$+$	Summe von Unterräumen 180, 203	T_B^A	Transformationsmatrix, 273
\oplus	direkte Summe, 204	Φ_B	Koordinatensystem, 242
\oplus	orthogonale Summe, 423	P_F	charakt. Polynom von F , 326
π	Kreiszahl, 129	Abb	Abbildungen, 103, 175
i	imaginäre Einheit, 144	char	Charakteristik, 153
\mathbf{o}	Nullvektor, 10, 174	deg	Grad, 157
e_i	kanonischer Basisvektor, 10, 188	det	Determinante, 287
f^{-1}	Urbild oder Umkehrabbildung, 85	dim	Dimension, 192
$f M$	Einschränkung, 86	Eig	Eigenraum, 316
id_M	identische Abbildung, 85	Hau	Hauptraum, 344
$n!$	Fakultät, 106	End	Endomorphismen, 227
$\vec{p}\vec{q}$	Translation, 393	Hom	Homomorphismen, 226
\mathbb{N}	natürliche Zahlen, 2, 82, 98	Ker	Kern, 220
\mathbb{N}^*	natürliche Zahlen ohne Null, 2	Lös	Lösungsmenge, 67, 231
\mathbb{Z}	ganze Zahlen, 2, 110	ord	Ordnung, 106
\mathbb{Q}	rationale Zahlen, 3, 119	rang	Rang, 212, 384
\mathbb{R}	reelle Zahlen, 6, 134	sign	Signum, 299
\mathbb{R}_+	reelle Zahlen ≥ 0	Span	aufgespannter Vektorraum, 180