

## Literatur

- [1] Howard Anton. *Lineare Algebra. Einführung, Grundlagen, Übungen*. Spektrum Akademischer Verlag, 1998.
- [2] Artin, M. *Algebra*. Birkhäuser, 1. Auflage, 1998.
- [3] Beutelspacher, A. *Lineare Algebra*. Vieweg, 15. Auflage, 2005.
- [4] Bosch, S. *Algebra*. Springer, 8. Auflage, 2013.
- [5] Bosch, S. *Lineare Algebra*. Springer, 2014.
- [6] Busam, R. und Epp, T. *Prüfungstrainer Analysis*. Spektrum Akademischer Verlag, 3. Auflage, 2018.
- [7] Fischer, G. *Lineare Algebra*. Vieweg, 18. Auflage, 2014.
- [8] Jänich, K. *Lineare Algebra*. Springer, 11. Auflage, 2008.
- [9] Koecher, M. *Lineare Algebra und analytische Geometrie*. Springer, 4. Auflage, 2007.
- [10] Kowalsky, G. und Michler, H.-J. *Lineare Algebra*. de Gruyter, 12. Auflage, 2003.
- [11] Kwak, H.-J. *Linear Algebra*. Birkhäuser, 1. Auflage, 1997.
- [12] Lorenz, F. *Lineare Algebra 1,2*. Spektrum Akademischer Verlag, 4. Auflage, 2008.
- [13] Lüneburg, H. *Vorlesungen über Lineare Algebra*. BI-Wiss.-Verl., 1993.
- [14] Muthsam, J. H. *Lineare Algebra und ihre Anwendungen*. Spektrum Akademischer Verlag, 1. Auflage, 2006.
- [15] Roman, S. *Advanced Linear Algebra*. Springer, 3. Auflage, 2007.
- [16] Strang, G. *Lineare Algebra*. Springer, 1. Auflage, 2007.
- [17] Arens, Tilo; Busam, Rolf; Hettlich, Frank; Karpfinger, Christian; Stachel, Hellmuth *Grundwissen Mathematikstudium - Analysis und Lineare Algebra mit Querverbindungen*. Springer Spektrum, 2013.
- [18] Hoffman, Kenneth M.; Kunze, Ray Alden *Linear algebra*. Prentice-Hall, 1971.
- [19] Axler, Sheldon *Linear Algebra Done Right*. Springer International Publishing, 3. Auflage, 2014.
- [20] Stoppel, Hannes; Griese, Birgit *Übungsbuch zur Linearen Algebra - Aufgaben und Lösungen*. Springer Fachmedien Wiesbaden, 9. Auflage, 2017.
- [21] Fischer, Gerd *Analytische Geometrie - Eine Einführung für Studienanfänger*. Springer, 7. Auflage, 2001.
- [22] Fischer, Gerd *Lernbuch Lineare Algebra und Analytische Geometrie*. Springer, 3. Auflage, 2017.
- [23] Brieskorn, Egbert *Lineare Algebra und analytische Geometrie*. Vieweg, 1. Auflage, 1983. *Ein weiterführendes Werk*
- [24] Friedrichsdorf, Ulf; Prestel, Alexander *Mengenlehre für den Mathematiker*. Vieweg, 1. Auflage, 1985.

# Symbolverzeichnis

$e$	neutrales Element in einer Gruppe, Seite 1
$\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}, \mathbb{Z}_n$	Restklassengruppe modulo $n$ , Seite 3
$\mathbb{Z}$	Menge der ganzen Zahlen, Seite 3
$K$	allgemeiner Körper, Seite 3
$K^*$	multiplikative Gruppe von $K$ ( $= K \setminus \{0\}$ ), Seite 3
$\text{Aut}(V)$	Automorphismengruppe von $V$ , Seite 4
$\text{GL}(n, K)$	allgemeine lineare Gruppe auf $K$ , Seite 4
$\text{Abb}(M, N)$	Menge aller Abbildungen $M \rightarrow N$ , Seite 4
$\text{Sym}(X)$	symmetrische Gruppe auf $X$ , Seite 4
$\simeq$	isomorph, Seite 10
$\ker F$	Kern von $F$ , Seite 11
$(G : H)$	Index von $H$ in $G$ , Seite 14
$G/H$	Menge der Linksnebenklassen von $G$ in $G$ , Seite 13
$\text{SL}(n, K)$	<i>Spezielle Lineare Gruppe</i> , Menge der $n \times n$ -Matrizen mit Determinante 1, Seite 18
$\text{sign } \sigma$	Vorzeichen der Permutation $\sigma$ , Seite 19
$A_n$	alternierende Gruppe, Seite 21
$\mathbb{F}_q$	Körper mit $q$ Elementen, Seite 23
$\text{char } K$	Charakteristik von $K$ , Seite 24
$\mathfrak{a}, \mathfrak{b}, \dots$	Ideal, Seite 25
$(a)$	von $a$ erzeugtes Hauptideal, Seite 25
$R[X]$	Ring der Polynome über $R$ , Seite 30
$\text{deg}$	Grad eines Polynoms, Seite 31
$\text{ggT}$	größter gemeinsamer Teiler, Seite 37
$K^n$	Standardvektorraum über $K$ , Seite 40
$\mathbb{C}$	Menge der komplexen Zahlen, Seite 41
$\emptyset$	leere Menge, Seite 41
$\mathbb{Q}$	Menge der rationalen Zahlen, Seite 41
$\mathcal{C}^k(M)$	Menge der $k$ -mal stetig differenzierbaren Funktionen auf $M \subset \mathbb{R}$ , Seite 41, 42
$\text{span}(S)$	von $S \subset V$ aufgespannter Unterraum, Seite 44
$\mathcal{B}, \mathcal{C}, \dots$	Basen, Seite 47
$e_1, e_2, \dots$	Standardbasisvektoren des $K^n$ , Seite 47

$\text{rg}$	Rang, Seite 50
$\dim$	Dimension, Seite 50
$\text{id}$	identische Abbildung, Seite 57
$F, G$	lineare Abbildungen, Seite 58
$\bar{z}$	zu $z \in \mathbb{C}$ konjugiert komplexe Zahl, Seite 57
$o$	Nullabbildung, Seite 57
$f \circ g$	Verkettung von Abbildungen, Seite 58
$f^{-1}$	Umkehrabbildung zu $f$ , Seite 58,59
$\text{im } F$	Bild von $F$ , Seite 59
$\text{Hom}_K(V, W)$	Menge der $K$ -linearen Abbildungen $V \rightarrow W$ , Seite 61
$\pi_U$	natürliche Projektion, Seite 67
$A \cdot x$	Produkt einer Matrix mit einem Spaltenvektor, Seite 72
$K^{m \times n}$	Vektorraum der $(m \times n)$ -Matrizen über $K$ , Seite 68
$F_A$	die der Matrix $A$ zugeordnete lineare Abbildung, Seite 73
$A_F$	die der linearen Abbildung $F$ zugeordnete Matrix, Seite 75
$A \cdot B$	Matrizenprodukt, Seite 76
$M(n, K)$	Menge der quadratische $n \times n$ -Matrizen über $K$ , Seite 72
$\text{rg}_s$	Spaltenrang, Seite 79
$\text{rg}_z$	Zeilenrang, Seite 79
$A \approx B$	Äquivalenz von Matrizen $A$ und $B$ , Seite 83
$\kappa_{\mathcal{B}}$	Koordinatensystem, Seite 84
$M_{\mathcal{C}}^{\mathcal{B}}(F)$	beschreibende Matrix von $F$ , Seite 85
$M_{\mathcal{C}}^{\mathcal{B}}$	Matrix des Basiswechsels von $\mathcal{B}$ nach $\mathcal{C}$ , Seite 89
$L(A, b)$	Lösungsraum des LGS $A \cdot x = b$ , Seite 98
$\mathcal{B}^*, \mathcal{C}^*, \mathcal{D}^*$	duale Basis, Seite 106
$\text{Alt}^k(V)$	Vektorraum der alternierenden $k$ -Formen, Seite 114
$\det$	Determinante, Seite 115
$\text{Diag}(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$	Diagonalmatrix, Seite 116
$\text{SL}(n, K)$	spezielle lineare Gruppe, Seite 120
$A^{\text{ad}}$	adjungierte Matrix, Seite 124
$\text{Eig}(F, \lambda)$	Eigenraum von $F$ zum Eigenwert $\lambda$ , Seite 128
$m(\lambda)$	geometrische Vielfachheit, Seite 133
$\chi_F$	Charakteristisches Polynom von $F$ , Seite 133
$\text{Spur}(A)$	Spur von $A$ , Seite 135
$\mu_F(\lambda)$	algebraische Vielfachheit, Seite 137
$p_F$	Minimalpolynom, Seite 144
$H(F, \lambda)$	Hauptraum, Seite 148
$\mathbb{K}$	$\mathbb{R}$ oder $\mathbb{C}$ , Seite 155
$\langle v, w \rangle$	Skalarprodukt, Seite 156
$M_{\mathcal{B}}(\Phi)$	Strukturmatrix von $\Phi$ , Seite 159
$d(x, y)$	Abstand, Seite 165
$\  \cdot \ _2$	euklidische Norm, Seite 165
$\angle$	Winkel, Seite 167
$O(n)$	orthogonale Gruppe, Seite 185
$SO(n)$	spezielle orthogonale Gruppe, Seite 185

$U(n)$	unitäre Gruppe, Seite 185
$\mathbb{A}_n(K)$	affiner $n$ -dimensionaler Standardraum, Seite 201
$F^*$	zu adjungierte Abbildung, Seite 189
$\bigvee_{U \in \mathcal{S}}$	Verbindungsraum, Seite 204
$\langle M \rangle$	affine Hülle von $M$ , Seite 203
$p \vee q$	Verbindungsraum von $p$ und $q$ , Seite 204
$\parallel$	parallel, Seite 207
$\hat{F}$	die der affinen Abbildung $F$ zugeordnete lineare Abbildung, Seite 208,209
TV	Teilverhältnis, Seite 210
pdim	projektive Dimension, Seite 215
$\mathbb{P}(V)$	projektiver Raum, Seite 215
$\mathbb{P}_n(K)$	projektiver Standardraum, Seite 216
$\mathbb{P}(F)$	der linearen Abbildung $F$ zugeordnete projektive Abbildung, Seite 220
DV	Doppelverhältnis, Seite 227
Sign	Signum einer Matrix, Seite 243
$S(A)$	Spaltenraum der Matrix $A$ , Seite 79
$S_n$	symmetrische Gruppe, Seite 4
$U \hookrightarrow V$	Inklusionsabbildung, Seite 57
$U + W$	Summe der Unterräume $U$ und $W$ , Seite 53
$U \oplus W$	direkte Summe von Unterräumen, Seite 54
$U^0$	Annulator von $U$ , Seite 107
$v \bullet w$	Standardskalarprodukt in $\mathbb{K}^n$ , Seite 158
$V/U$	Quotientenvektorraum, Seite 66
$u \perp w$	$v$ und $w$ sind orthogonal, Seite 172
$V^*$	dualer Vektorraum, ( $= \text{Hom}_K(V, K)$ ), Seite 105
$V^*$	dualer Vektorraum, Seite 105
$V_A$	Translationsraum, Seite 202
$v_{\mathcal{B}}$	Koordinatenvektor von $v$ bezüglich $\mathcal{B}$ , Seite 85
$x \bullet y$	Standardskalarprodukt, Seite 159
$x^T$	Transponierte des Spaltenvektors $x \in K^n$ , Seite 73
$Z(A)$	Zeilenraum der Matrix $A$ , Seite 79
(j,k)	Transposition, Seite 19,20
A, B, C, ...	i.d. R. Matrizen, Seite 71
LGS	Lineares Gleichungssystem, Seite 98

# Namen- und Sachverzeichnis

- Abbildung, 1  
– adjungierte, 189–191  
– affine, 201  
– duale, 108, 109  
– lineare, 55  
– orthogonale, 182  
– projektive, 220  
– selbstadjungierte, 194–200  
– unitäre, 182
- ABEL, Nils Henrik (1802-1829), 1
- abelsch, 1
- Abstandsfunktion, 165
- adjungierte Abbildung, 189–191
- Adjunkte, 124
- ähnlich, 129, 135
- äquivalent  
– affin, 239, 245  
– geometrisch, 239
- Äquivalenz  
– affiner Quadriken, 245  
– Matrizen, 83  
– projektiver Quadriken, 239  
– von Matrizen, 83  
– von Normen, 165
- Äquivalenzrelation, 129
- affin unabhängig, 211
- affine Ebene, 64
- affine Gerade, 64
- affine Hülle, 203
- affiner Anteil, 236
- affiner Raum, 201
- affiner Unterraum, 64
- Affinität, 208
- Affinkombination, 212
- algebraischer Abschluss, 25
- alternierend, 112, 113
- alternierende  $k$ -Form, 112, 114
- alternierende Gruppe, 20, 21
- Annulator, 107
- antisymmetrisch, 112
- Assoziativgesetz, 1
- assoziiert, 34
- Automorphismengruppe, 4
- Automorphismus, 9, 56
- BANACH, Stefan (1892-1945), 164
- Banachraum, 164
- Basis, 47  
– affine, 211  
– duale, 106  
– eines Vektorraums, 47  
– orthonormale, 175  
– projektive, 222
- Basisauswahlsatz, 48
- Basisbildersatz, 60, 70
- Basisergänzungssatz, 49
- Basiswechselformalismus, 90
- Basiswechselmatrix, 89, 90
- Begleitmatrix, 136
- Bild, 59  
– einer linearen Abbildung, 59
- Bilinearform, 155  
– alternierende, 155  
– symmetrische, 155
- Blockmatrix, 122
- BRIANCHON, Charles Julien, 234
- CAUCHY, Augustin (1789-1857), 166
- Cauchy-Schwarz'sche Ungleichung, 166
- CAYLEY, Arthur (1821-1895), 18, 144
- Cayley-Hamilton, Satz von, 144
- Charakteristik eines Körpers, 25
- charakteristisches Polynom, 133–135
- CRAMER, Gabriel (1704-1752), 118
- Cramer'sche Regel, 118, 119
- DESARGUES, Gérard (1591-1661), 230
- DESCARTES, René (1596-1650), 241
- Determinante  
– einer Matrix, 115–118

- eines Endomorphismus, 120
- Rechenregeln, 116–119
- Transpositionsinvarianz, 120–121
- Determinantenform, 112
- Determinantenmultiplikationssatz, 119
- diagonalisierbar, 127, 131–132, 133
- Diagonalmatrix, 116
- Dimension, 50
  - affine, 202
  - eines affinen Unterraums, 64, 203
  - projektive, 215–216
- Dimensionsformel
- für den Verbindungsraum, 206–207
- für lineare Abbildungen, 62
- für projektive Unterräume, 216
- für Untervektorräume, 52
- direktes Produkt von Gruppen, 4
- Distributivgesetze, 24
- Doppelverhältnis, 227
- Drehung, 75, 77
- Drei-Zyklus, 22
- Dreiecksungleichung, 165
- Dualität, 233
- Dualraum, 105
- Durchschnitt
  - affiner Unterräume, 203
  - linearer Unterräume, 42–43
  - projektiver Unterräume, 216
- Ebene, 203
- Eigenraum, 127–130
- Eigenvektor, 127–130
- Eigenwert, 127–130
- Einschränkung, 68
- Einsetzungshomomorphismus, 31, 141, 142
- Elementarabbildungen, 87
- Elementarmatrix, 95
- Ellipse, 249
- Ellipsoid, 249
- elliptisches Paraboloid, 249
- endlich erzeugt, 45
- Endomorphismus, 9, 56–57
  - normaler, 195
  - selbstadjungierter, 194–200
- Entwicklungssatz von Laplace, 124
- Epimorphismus, 9, 56
- Erweiterungskörper, 41
- Erzeugendensystem, 45
- Erzeugnis, 45
- EUKLID, (etwa 365-300 v. Chr.), 157
- euklidischer Ring, 32
- $f$ -invariant, 127
- Faktorisierungssatz, 68
- Faser, 66
- Fehlstand, 19
- FERMAT, Pierre de (1607-1655), 15
- Funktionenraum, 164
- Gauß-Jordan'sche Normalform, 82
- GAUSS, Carl Friedrich (1777-1855), 92
- Gauß'sches Eliminationsverfahren, 93
- Gerade, 203
- größter gemeinsamer Teiler, 36
- Grad eines Polynoms, 30
- GRAM, Jørgen (1850-1916), 176
- Gruppe, 1
  - abelsche, 1, 6
  - allgemeine lineare, 4, 82
  - orthogonale, 185
  - spezielle lineare, 17, 120
  - spezielle orthogonale, 185
  - symmetrische, 4
  - unitäre, 185
  - zyklische, 8
- HAMILTON, Sir William (1805-1865), 144
- HAMILTON, William Rowan (1805-1865), 24
- Hauptachsentransformation, 196, 197, 239
- Hauptraum, 148
- Hauptraumzerlegung, 149
- HERMITE, Charles (1822-1901), 156
- hermitesche Form, 156
- HILBERT, David (1862-1943), 164
- Hilbertraum, 164
- Homomorphiesatz
  - für Gruppen, 17
  - für Ringe, 29
  - für Vektorräume, 68
- Homomorphismus, 9, 56
- Hyperbel, 249
- Hyperboloid
  - einschaliges, 249
  - zweischaliges, 244, 249
- Hyperebene, 65, 207, 236
- Ideal, 27
- identische Abbildung, 57
- Index einer Untergruppe, 14
- Inklusionsabbildung, 57
- Integritätsring, 25, 31
- Invarianzsatz für äquivalente Matrizen, 83
- inverses Element, 1, 2
- invertierbar, 81
- Invertierbarkeitskriterium, 82, 118, 119
- irreduzibel, 34
- Isometrie, 183
- isomorph, 9

- Isomorphismus, 9, 12, 56
- JORDAN, Camille (1838-1922), 127, 152
- Jordan'sche Normalform, 127, 152
- $K$ -Algebra, 78
- Körper, 23
- kanonische Projektion, 10, 16
- Kegel, 249
- Kern
  - einer linearen Abbildung, 59
  - eines Gruppenhomomorphismus, 11
- Kern eines Homomorphismus, 11, 13
- Klassifikationstheorem
  - für affine Quadriken, 246
  - für projektive Quadriken, 243
- kleiner Fermat'scher Satz, 15
- $K$ -linear, 56
- kollinear, 210
- Kollineation, 214
- kommutativ, 1
- Komplement
  - orthogonales, 172
- Komplement eines Unterraums, 54
- komplexe Konjugation, 57
- komplexe Zahlen, 41
- Koordinaten
  - homogene, 216
- Koordinatensystem, 84
  - affines, 212
  - projektives, 223
- Koordinatenvektor, 85
- Kürzungsregel, 5
- Kugel, 244
- Lösungsraum, 98
- LAGRANGE, Joseph-Louis (1736-1813), 14
- LAPLACE, Pierre Simon (1749-1827), 124
- LEGENDRE, Adrien-Marie (1752-1833), 178
- Legendre-Polynome, 178
- LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm (1646-1716), 121
- Leibniz'sche Determinantenformel, 121
- linear abhängig, 45
- linear unabhängig, 45
- lineare Abbildung, 57
- Lineares Gleichungssystem, 97
  - homogenes, 97
  - inhomogenes, 97
- Linearform, 97
- Linearkombination, 43
  - eines unendlichen Systems, 43
- links-, rechtsinvers, 2
- links-, rechtsneutral, 2
- Linksnebenklasse, 13
- Matrix, 71
  - Äquivalenz, 83
  - adjungierte, 124
  - als lineare Abbildung, 72, 73, 85, 86
  - beschreibende, 85, 86
  - der dualen Abbildung, 107
  - einer Bilinearform, 159
  - eines Basiswechsels, 90
  - eines nilpotenten Endomorphismus, 149
  - hermitesche, 160, 194
  - inverse, 81, 96
  - invertierbare, 81, 82
  - linksinverse, 82
  - orthogonale, 184
  - Produkt, 75, 77
  - Rang, 79, 82
  - rechtsinverse, 82
  - skalares Vielfaches, 115
  - Spaltenindex, 71
  - Spaltenrang, 79
  - Spaltenraum, 79
  - Summe, 72
  - symmetrische, 160, 194
  - unitäre, 184
  - Zeilenindex, 71
  - Zeilenrang, 79
  - Zeilenraum, 79
- Maximumsnorm, 170
- Mengenlehre, 1
- Metrik, 164, 165
- metrischer Raum, 164
- Minimalpolynom, 144
- Monomorphismus, 9
- multilinear, 112
- Multilinearform, 112
- natürliche Projektion, 67
- neutrales Element, 1, 2
- nicht-ausgeartet, 163
- nilpotent, 140, 149
- Nilpotenzindex, 149
- Norm, 163
  - euklidische, 164
  - in euklidischen und unitären Vektorräumen, 167
- normal, 192
- Normalform
  - einer Matrix, 86
- Normalformensatz, 86
- Normalgleichung, 181
- Normalteiler, 15, 17
- normiert, 115
- normierter Raum, 164
- Nullform, 113

- Nullstelle eines Polynoms, 37
- Optimallösung, 180
- Ordnung
- einer Gruppe, 7
  - eines Gruppenelements, 7
- orthogonal, 172
- Orthogonalsystem, 175
- Orthonormalbasis, 175
- Orthonormalisierungsverfahren, 176
- Orthonormalsystem, 175
- Ortsvektor, 203
- PAPPUS von Alexandria (um 300 n. Chr.), 231
- Parabel, 249
- Paraboloid
- elliptisches, 249
  - hyperbolisches, 249
- parallel, 65, n 207
- Parallelogramm-Gleichung, 170
- Permutation, 6
- gerade, ungerade, 21
- Permutationsgruppe, 4
- Perspektivität, 225
- Polynom, 29
- homogenes, 234
- Polynomring, 24, 29, 40
- positiv definit, 156
- positiv semidefinit, 156
- Primelement, 34
- Primfaktorzerlegung, 36
- Prinkörper, 26
- Projektion
- eines Unterraums, 171
  - orthogonale, 173
- projektive Dimension, 215
- projektiver Abschluss, 219, 235
- projektiver Raum, 215
- Projektivität, 220
- Proximum, 174
- PYTHAGORAS (etwa 580-500 v. Chr.), 169
- $QR$ -Zerlegung, 181
- quadratische Form, 162
- Quadrik
- affine, 245
  - projektive, 234
- Quaternionenschiefkörper, 24
- Quotientenring, 28
- Quotientenvektorraum, 66
- Radikal, 162
- Rang
- der dualen Abbildung, 110
  - einer linearen Abbildung, 62, 79
  - einer Matrix, 80, 117–118
  - eines endlichen Systems von Vektoren, 50
- Rechtsnebenklasse, 13
- Regelfläche, 244
- Restklassengruppe, 4
- Restklassenring, 28
- RIEMANN, Bernhard (1826-1866), 158
- Ring, 23
- der Polynome, 40
  - euklidischer, 33
  - kommutativer, 23
  - mit Eins, 23
- Satz
- über die Hauptachsentransformation, 196, 197
  - über die Hauptraumzerlegung, 148
  - des Pythagoras, 169
  - von Brianchon, 234
  - von Cayley, 18
  - von Desargues, 230
  - von Lagrange, 14
  - von Pappos, 231
- Schiefkörper, 21–24
- schiefsymmetrisch, 112
- SCHMIDT, Erhard (1876-1959), 176
- SCHWARZ, Hermann Amandus (1843-1921), 166
- selbstadjungiert, 194–200
- Sesquilinearform, 155, 156
- Skalarprodukt, 156
- Spaltenrang, 110
- Spaltenumformung, elementare, 92
- Spektralsatz
- für normale Endomorphismen, 193
  - für selbstadjungierte Endomorphismen, 196, 197
- Spur, 135
- Standardbasis, 75
- Standardraum
- affiner, 202
  - projektiver, 216
- Standardskalarprodukt, 158, 177
- Strukturmatrix, 159
- Summe von Untervektorräumen, 53
- SYLVESTER, James (1814-1897), 199
- symmetrische Bilinearform, 238
- symmetrische Gruppe, 4
- Teilverhältnis, 210
- Trägheitssatz von Sylvester, 199, 242
- Transformationsformel für Strukturmatrizen, 161



- Translation, 202
- Translationsraum, 202
- Transponierte, 73
- Transposition, 21, 22
- trigonalisierbar, 139
  
- Umkehrabbildung, 58
- unabhängig
  - affin, 211
  - linear, 45
  - projektiv, 221
- uneigentlicher Anteil, 246
- unendlich ferne Gerade, 217
- unendlich-dimensional, 50
- Untergruppe, 12
- Unterraum, 39, 41
  - affiner, 203
  - projektiver, 215
- Untervektorraum, 41
- unverkürzbar, 47
- unverlängerbar, 47
- Vektorraum, 39, 40
  - Axiome, 39
  - dualer, 105
  - euklidischer, 157
  - Isomorphie zu  $K^n$ , 85
  - Rechenregeln, 39
  - unendlich-dimensionaler, 106
  - unitärer, 157
- verallgemeinerter Eigenraum, 148
- Verbindungsraum, 204
- Verkettung
  - affiner Abbildungen, 210
  - linearer Abbildungen, 58
- Verknüpfungstafel, 5
- Vielfachheit
  - algebraische, 137
  - geometrische, 131
- vollständig, 164
- Vorzeichen einer Permutation, 19, 20
- Vorzeichenregel von Descartes, 241
  
- WEIERSTRASS, Karl, 112
- windschief, 207
- Winkel, 167
- wohldefiniert, 16, 27, 69, 120
  
- Zeilenrang, 110
- Zeilenstufenform, 92
- Zeilenumformung, elementare, 92
- zyklische Gruppe, 15
- Zylinder
  - elliptischer, 249
  - hyperbolischer, 249
  - parabolischer, 249



# Willkommen zu den Springer Alerts

Jetzt  
anmelden!

- Unser Neuerscheinungs-Service für Sie:  
aktuell \*\*\* kostenlos \*\*\* passgenau \*\*\* flexibel

Springer veröffentlicht mehr als 5.500 wissenschaftliche Bücher jährlich in gedruckter Form. Mehr als 2.200 englischsprachige Zeitschriften und mehr als 120.000 eBooks und Referenzwerke sind auf unserer Online Plattform SpringerLink verfügbar. Seit seiner Gründung 1842 arbeitet Springer weltweit mit den hervorragendsten und anerkanntesten Wissenschaftlern zusammen, eine Partnerschaft, die auf Offenheit und gegenseitigem Vertrauen beruht.

Die SpringerAlerts sind der beste Weg, um über Neuentwicklungen im eigenen Fachgebiet auf dem Laufenden zu sein. Sie sind der/die Erste, der/der über neu erschienene Bücher informiert ist oder das Inhaltsverzeichnis des neuesten Zeitschriftenheftes erhält. Unser Service ist kostenlos, schnell und vor allem flexibel. Passen Sie die SpringerAlerts genau an Ihre Interessen und Ihren Bedarf an, um nur diejenigen Information zu erhalten, die Sie wirklich benötigen.

Mehr Infos unter: [springer.com/alert](http://springer.com/alert)

LEHRBUCH

Rolf Busam  
Thomas Epp

# Prüfungstrainer Analysis

Mehr als 1000 Fragen und Antworten für  
Bachelor Mathematik und Physik, auch  
bestens geeignet für Lehramtsstudierende

*3. Auflage*

 Springer Spektrum

**Jetzt im Springer-Shop bestellen:**

[springer.com/978-3-662-55019-9](https://springer.com/978-3-662-55019-9)

