

Literaturhinweise

Aus der Fülle der Bücher zur Linearen Algebra nenne ich nur wenige, die in letzter Zeit erschienen sind und besondere Akzente setzen. Literatur, welche speziellere im Text des Skripts angesprochene Fragen betrifft, ist an Ort und Stelle zitiert. Die Namen der Autoren erscheinen im Register.

Brieskorn, E.: Lineare Algebra und analytische Geometrie I, II, III. Mit historischen Anmerkungen von E. Scholz. (Vieweg Braunschweig, Band I 1983, 635 Seiten, Band II 1985, 534 Seiten, Band III erscheint demnächst)

Ausführliche Motivationen von der Geometrie her, gründliche historische Erläuterungen, jedoch mit Schwerpunkt im Bereich strukturell-begrifflicher Darstellung der Theorie. Sehr viele weitreichende Ausblicke im Gebiet der *Algebra* und Geometrie, welche die angesprochenen Themen bis in den Bereich aktueller Forschung fortsetzen. Intensives Studium der klassischen Gruppen.

Klingenberg, W.: Lineare Algebra und Geometrie (Springer, Heidelberg 1984, 313 Seiten)

Zwei deutlich zu unterscheidende Teile: Zuerst eine knapp strukturell-begrifflich dargestellte Lineare Algebra, dann darauf aufbauend affine, euklidische und projektive *Geometrie* sowie auch die nichteuklidischen Geometrien (elliptische und hyperbolische). Insbesondere der geometrische Teil ist sehr vollständig und zum Nachschlagen geeignet.

Koecher, M.: Lineare Algebra und Geometrie (Springer, Heidelberg 1983, 288 Seiten)

Neben dem gängigen Stoff viele interessante Aussagen über *Matrizen*, die in anderen Büchern fehlen. Viele Aussagen zur Elementargeometrie, historische Notizen. Charakteristischer Schwerpunkt ist die Theorie der Algebren.

Strang, G.: Linear Algebra and its Applications (Academic Press, New York² 1980, 414 Seiten)

Der Autor ist Numeriker am MIT, das Buch ein radikaler Neuanatz ganz von der *arithmetischen* Seite und den *Anwendungen* her. Lineare Abbildungen nur

in der Form von Matrizen. Beispiele aus den Anwendungen bis hin zur Faktorenanalyse der Psychologen beim Spektralsatz. Simplex-Algorithmus usw., Programme für die Standardalgorithmen.

Für weitere *Beispiele und durchgerechnete Aufgaben* verweise ich auf:
Artmann, B., W. Peterhänsel und E. Sachs: Beispiele und Aufgaben zur Linearen Algebra. BI Hochschultaschenbuch Nr. 783.

Register

- Abbildung 26
 -, affine 300
 -, bijektive 27
 -, identische 30
 -, injektive 27
 -, inverse 31
 -, lineare 59
 -, orientierungserhaltende 246
 -, orthogonale 228
 -, selbstadjungierte 269
 -, surjektive 27
 -, unitäre 239
 Abel, N.H. 47
 abelsche Gruppe 47
 Abgeschlossenheit 45
 Absolutbetrag in \mathbb{C} 38
 Abstand im \mathbb{R}^2 3
 Addition von lin. Abb. 116
 Addition von Matrizen 103, 118
 Additionstheoreme 40
 adjungierte lin. Abb. 269
 - Matrix 180
 Adjunkte 180
 affiner Teilraum 297
 affin-euklidischer Raum 303
 $\text{Aff}(V)$ 302
 Ähnlichkeit von Matrizen 140
 allgemeine Lage (von Punkten) 308
 Allgemeine lineare Gruppe $\text{GL}(n, K)$
 245
 allgemeine Lösung eines LGS 143
 Apollonius 17, 258
 Äquivalenzrelation 139
 Äquivalenz von Matrizen 154
 Argument 26
 Assoziativgesetz 45
 aufgespannt 58
 Ausartungsraum einer Bilinear-
 form 251
 Ausgleichsrechnung 223 f.
 Austauschatz (v. Steinitz) 77/78
 Automorphismus 69

 Basis 74, 82, 86
 Basisauswahl 86
 Betrag einer kompl. Zahl 38
 bijektiv 27

 Bild einer Abbildung 26
 - einer lin. Abbildung 64
 - einer Matrix 110
 Bilinearform 248
 -, positiv definite 250
 -, symmetrische 250
 Brennpunkte einer Ellipse 18

 \mathbb{C} 36
 \mathbb{C}^n 54, 204
 Cardano 34
 cartesisches Produkt 26
 Cauchy 160, 174, 215, 268
 Cauchy-Schwarzsche Ungleichung
 215, 238, 251
 Cayley 96, 213
 charakteristisches Polynom 201
 Cosinussatz 4
 Coxeter, H.S.M. 318
 Cramer 160
 Cramersche Regel 175, 184

 Dedekind, R. 50
 Definitionsbereich 26
 Determinante 165
 - einer lin. Abb. 176
 - im \mathbb{R}^2 160 f.
 Determinantenfunktion 165
 Determinantenmultiplikationssatz 174
 Diagonalmatrix 136
 dim 79
 Dimension 70, 79
 - eines affinen Teilraums 298
 - eines Polytops 312
 - eines Vektorraums 70, 79
 Dimensionsformel für Teilräume 92
 Dodekaeder 13
 Dodekaedergruppe 248
 Drehachse im \mathbb{R}^3 232
 Drehstreckung 247
 Drehung im \mathbb{R}^3 231
 - im \mathbb{R}^2 98
 Drehwinkel im \mathbb{R}^3 232
 Dreiecksmatrix 136
 Dreiecksungleichung 5, 216
 Dualraum 117

- Ebene, affine 298
- Ecke eines Polytops 313
- Eckenfigur 316
- Eder, G. 198
- Edwards 50
- Eigenraum 191
- Eigenvektor 189
- Eigenwert 189
- eindeutig 27
- Einheitskreis in \mathbb{C} 39
- Einstein 266
- Ellipse 18, 253
- Ellipsoid 280
- Endomorphismus 68
- Epimorphismus 68
- erzeugend 71
- Erzeugendensystem, minimales 74
- erzeugter Teilraum 58
- Euklid 319
- Euler 34, 233, 320
- Eulersche Winkel 233 f.
- EV 189
- EW 189
- Extremalpunkt 313
- Exzentrizität einer Ellipse 19

- Fehlstand einer Permutation 183
- Filippow 324
- Folgenraum 55
- Form 309
 - , quadratische 285
- freie Teilmenge, maximale 78
- freies System, frei 71
- Fundamentalsatz der Algebra 35
- Funktion 26
- Funktionsraum 54
- Funktionsbedingung 26
- Funktionswert 26

- Gärtnerkonstruktion e. Ellipse 19
- Gauß 35
- Gaußscher Algorithmus 146
- Gauß-Jordan-Verfahren 147
- Gerade, affine 298
- Gericke 35
- Gleichheit von Funktionen 27
- gleichorientiert 176
- GL(n,K) 245
- Gram 218
- Graßmannscher Entwicklungssatz 15

- Gruppe 44
 - , abelsche 47
 - , affine 302
 - , allgemeine lineare 245
 - , äquiforme 247
 - , generelle lineare 245
 - , klassische 246
 - , kommutative 47
 - , lineare 244
 - , Lorentz- 261
 - , orthogonale 229
 - , orthogonale bzgl. einer Bilinearform 259
 - , spezielle lineare 246
 - , spezielle orthogonale 229, 246
 - , spezielle unitäre 246
 - , symmetrische 47
 - , unitäre 241, 246
- Gruppe der affinen Abbildung 302
- Gruppenaxiome 44/45

- Halbparameter 19
- Halbraum 310
- Hamilton, R. 213
- Hamilton-Cayley, Satz von 211
- Hauptachsen 275
- Hauptachsentransformation 275
- Hauptdiagonale 136
- Hawkins, Th. 213
- Heisenberg-Relation 129
- Hermite, Ch. 236
- hermitesches Produkt 236, 244
- Hess, R. 159
- Hessesche Normalenform 7
- Hilbert, D. 51
- Hintereinanderausführung von Funktionen 29
- Hippasos 13
- homogenes lineares Gleichungssystem 142
- Homomorphismus von Gruppen 245
 - von Vektorräumen 68
- Hom (V, W) 117
- Hülle, affine 307
 - , konvexe 312
 - , lineare 58
- Hyperboloid, einschaliges 282
 - , zweischaliges 283
- Hyperebene 144
 - , affine 298
- Hyperebenen Spiegelung 296

- identische Abbildung id 30
- Ikosaeder 317
- inhomogenes LGS 142
- injektiv 27
- inverse Abbildung f^{-1} 31
- inverses Element 45
- Isometrie bzgl. einer Bilinearform 252
- isomorph 62
- Isomorphismus von Gruppen 245
 - von Vektorräumen 62

- Jordan, C. 209
- Jordankästchen 209, 324
- Jordan-Kette 325
- Jordanmatrix $J_m(\lambda)$ 324
- Jordan-Normalform 209
- Juschkewitsch 149

- kanonische Basis 74
- Kennlinie einer Bilinearform 253
- Kern einer linearen Abbildung 64
 - einer Matrix 111
- Klein, F. 160
- Klotter, K. 196
- Kommutativgesetz 47
- Komplement, orthogonales 217
- komplexe Konjugation 38
- Komposition von Funktionen 29
- Kongruenzabbildung 304
- Kongruenzgruppe 304
- konjugiert, bei komplexen Zahlen 38
- konjugierte Durchmesser (einer Ellipse) 255, 257
- Kontraposition, logische 25
- konvex 309
- Koordinaten bzgl. einer Basis 82
- Koordinatentransformation 104, 124, 134
- Körper 48, 50
- Kosinussatz 4
- Kreuzpolytop 314
- Kreuzprodukt von Mengen 26
 - von Vektoren 13
- Kronecker 50
- Kubus 314

- Lagrange 271
- Lagrangesche Identität 15
- Lakatos 320
- Länge bzgl. einer Bilinearform 251, 254
- Latus Rectum 19
- Leitkoeffizient 147
- Leitlinie 20
- LGS-lineares Gleichungssystem 142
- Lie, S. 247
- linear abhängig 72
 - unabhängig 71, 72
- lineare Abbildung 59
 - , orthogonale 228
 - , selbstadjungierte 269
 - , unitäre 239
- lineare Hülle = Span 58
- lineare Selbstabbildung 68
- linearer Raum 68
- Linearform 308
- lineares Gleichungssystem, LGS 142
 - , homogenes 142
 - , zugehöriges homogenes 142
- Linearkombination 57
- linksinverse Funktion 32
- Lorentz 266
- Lorentzgruppe 261
 - , eigentliche 262
- Lorentztransformation 260
- Lorenz, F. 213
- Lösung eines LGS 143
 - , allgemeine 143
 - , partikuläre 143

- Mathematik (Etymologie) 141
- Mat $(n \times n, K)$ 109
- Matrix 109
- Matrix, $(m \times n)$ -Matrix 129
 - , adjungierte 249
 - , Diagonal- 136
 - , diagonalisierbare 197
 - , Dreiecks- 136
 - , einer Bilinearform 248
 - , hermitesche 244, 270
 - , orthogonale 221, 244
 - , positiv definite 250
 - , quadratische 109
 - , reguläre 112
 - , singuläre 112
 - , symmetrische 244
 - , unitäre 239/40, 244

- Matrix-Vektorprodukt 97, 109
 Matrizenprodukt 100, 111/112
 maximale freie Teilmenge 75
 McMullen 311
 Menaichmos 17
 Menge 26
 Michelson 266
 minimales Erzeugendensystem 74
 Minkowski 266
 Monomorphismus 68
 Multiplikation von Matrizen 100,
 111/112

 Nebendiagonale 136
 neutrales Element 45
 Norm bzgl. des Skalarprodukts 215
 - bzgl. einer Bilinearform 251
 Normalform einer orthogonalen
 Matrix 295
 Nullraum 57

 $O(n, \mathbb{R})$ 246
 Operator 269
 Orientierung im \mathbb{R}^3 9
 - im \mathbb{R}^n 176
 orthogonal (f. affine Teilräume) 303
 - (f. Vektoren) 217, 238
 - bzgl. einer Bilinearform 251, 254
 orthogonales Komplement 217
 Orthogonalisierungsverfahren 218 f.,
 238, 251
 Orthonormalbasis 218, 239
 Orthonormalsystem 218

 Parabel 20
 Paraboloid 288
 -, hyperbolisches 289
 Parameter p einer Ellipse 22/23
 partikuläre Lösung eines LGS 143
 Peano, G. 51
 Permutation 29, 182
 Permutationsgruppe 185
 Permutationsmatrix 185
 Pickert, G. 17, 256
 Platon 319
 Polarkoordinaten für eine Ellipse
 22/23
 - in \mathbb{C} 41
 Poly 58
 Polyeder 312
 Polygon 312

 Polynom 200
 -, charakteristisches 201
 Polytop 312
 -, reguläres 316
 positiv definit (Bilinearform) 250
 - (Matrix) 250
 - (Skalarprodukt) 214, 237
 Projektion 128, 157
 -, senkrechte 222
 Pythagoreische Tripel 115

 Quantor 25
 Quelle 26
 QR-Zerlegung einer Matrix 221, 230

 Rang einer linearen Abbildung 118
 - einer Matrix 119, 130
 \mathbb{R}^n 51
 \mathbb{R}^∞ 55

 Sattelfläche 289
 Scheitelgleichung 21
 Scherung im \mathbb{R}^2 98
 Schläfli 318
 Schmidt, E. 218
 Schur 277
 Schwarz, H.A. 215
 Schwingungsgleichung 59, 65
 Seite eines Polytops 313
 selbstadjungiert 269
 Semi Latus Rectum 19
 Seneca 25
 senkrecht 217
 Shephard 311
 Signum einer Permutation 184
 Simplex 188, 313
 Skalar 52
 Skalarprodukt im \mathbb{R}^n 214, 244
 SL (n, K) 246
 SO (n, \mathbb{R}) 246
 Spaltenindex 109
 Spaltenrang 119
 Spaltenumfang 154
 Spaltenvektor 109, 110
 Span 58, 70
 Spektralsatz 276
 Spektrum 269, 276
 spezielle Lösung eines LGS 143
 Spiegelung im \mathbb{R}^2 98
 - an einer Hyperebene 296
 Spur einer Matrix 128

- Staffelform eines LGS 148
 Standardbasis des K^n 74
 Startmenge 26
 Steinitz 77
 Strang, G. 152, 324
 Streckung 301
 Strubecker 17
 Summe von Teilräumen 91
 surjektiv 27
 symmetrische Bilinearform 250
 - Gruppe 47
 - Matrix 250, 270
 Sylvester, Trägheitssatz von 286
- Teilmenge 26
 Teilraum 56
 -, affiner 297
 Teilraumkriterium 56
 Theätet 318
 Translation 300
 transponieren 136
 transponierte Matrix tA 136
- Umformungsmatrix beim GA 150/151
 Umkehrabbildung f^{-1} 31
 unitäre Gruppe 241, 246
 -, spezielle 246
 Untergruppe 244
 Untergruppenkriterium 244
 Unterraum (= Teilraum) 56
 Urbild 26
- Vandermonde 160
 Vektorraum 52
 Verbindungsstrecke 309
 Verkettung von Funktionen 29
 Vertauschungsmatrix 150
 Verzerrungsfaktor 163
 Vielfachheit, algebraische 205
 -, geometrische 191
 Vorzeichen einer Permutation 184
- v.d. Waerden, B.L. 17
 Wertevorrat 26
- Zeile, i-te einer Matrix 109
 Zeilenindex 109
 Zeilenrang 119
 Zeilenstufenform eines LGS 148
 - einer Matrix 123, 147
 Zeilenumformung, elementare 147
 Zeilenvektor einer Matrix 109
 Zelle (eines Polytops) 313
 Zielmenge 26
 Zylinder, elliptischer 281