

Wilhelm Klingenberg

Lineare Algebra und Geometrie

Dritte Auflage

Mit 35 Abbildungen

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York

London Paris Tokyo

Hong Kong Barcelona

Budapest

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeine Grundbegriffe

1.1 Mengen und Abbildungen	1
1.2 Gruppen	3
1.3 Gruppenmorphismen	5
1.4 Äquivalenzrelationen und Quotientengruppen	7
1.5 Ringe und Körper	11

2 Vektorräume

2.1 Moduln und Vektorräume	17
2.2 Lineare Abbildungen	19
2.3 Erzeugendensysteme und freie Systeme	21
2.4 Basissysteme	24
2.5 Endlichdimensionale Vektorräume	26
2.6 Lineare Komplemente	28

3 Matrizen

3.1 Vektorräume linearer Abbildungen	33
3.2 Dualräume	34
3.3 Die transponierte Abbildung	38
3.4 Matrizen	41
3.5 Das Matrizenprodukt	44
3.6 Der Rang	47

4 Lineare Gleichungen und Determinanten

4.1 Lineare Gleichungssysteme	53
4.2 Das Gaußsche Eliminationsverfahren	55
4.3 Die symmetrische Gruppe	58
4.4 Determinanten	60
4.5 Der Determinantenentwicklungssatz	65

5 Eigenwerte und Normalformen

5.1	Eigenwerte	71
5.2	Normalformen. Elementare Theorie	74
5.3	Der Satz von Hamilton-Cayley	77
5.4	Die Jordan-Normalform	79
5.5	Lineare Differentialgleichungssysteme mit konstanten Koeffizienten (komplexer Fall)	85
5.6	Die Jordan-Normalform über \mathbb{R}	87
5.7	Lineare Differentialgleichungssysteme mit konstanten Koeffizienten (reeller Fall)	91

6 Metrische Vektorräume

6.1	Unitäre Vektorräume	97
6.2	Normierte Vektorräume	102
6.3	Hilberträume	108
6.4	Lineare Operatoren. Die unitäre Gruppe	114
6.5	Hermitesche Formen	121

7 Affine Geometrie

7.1	Der affine Raum	129
7.2	Affinitäten und Kollineationen. Der Fundamentalsatz	134
7.3	Lineare Funktionen	139
7.4	Affine Quadriken	145

8 Euklidische Geometrie

8.1	Der affin-unitäre Raum	159
8.2	Lineare und quadratische Funktionen	164
8.3	Der Winkel	170
8.4	Anhang: Quaternionen und $\mathrm{SO}(3), \mathrm{SO}(4)$	177
8.5	Dreieckslehre	181
8.6	Kegelschnitte	189

9 Projektive Geometrie

9.1	Der projektive Raum	207
9.2	Die projektive Erweiterung eines affinen Raumes	210
9.3	Anhang: Allgemeine projektive und affine Ebenen	217
9.4	Das Doppelverhältnis. Der Satz von v. Staudt	223
9.5	Quadriken und Polaritäten	231

10 Nichteuklidische Geometrie

10.1 Der hyperbolische Raum	243
10.2 Das konforme Modell des hyperbolischen Raumes	250
10.3 Elliptische Geometrie	262
10.4 Das konforme Modell des elliptischen Raumes	266
10.5 Cliffordparallelen	272
10.6 Sphärische Geometrie und Dreieckslehre	277
Literaturhinweise	283
Literaturverzeichnis	285
Index	287