

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Anwendungsfelder	2
1.2	Von der realen Szene zum computergenerierten Bild	4
1.3	Rendering und Rendering-Pipeline	7
1.4	Ziele dieses Buchs und Leseempfehlung für die Abschnitte	10
1.5	Aufbau und Besonderheiten dieses Buchs	12
1.6	Übungsaufgaben	14
	Literatur	14
2	Die Open Graphics Library (OpenGL)	17
2.1	Programmierschnittstellen für Grafikanwendungen	17
2.2	Allgemeines zu der OpenGL	19
2.3	Die OpenGL und Java	21
2.4	Profile	22
2.5	OpenGL-Grafikpipelines	23
2.5.1	Vertex-Verarbeitung	24
2.5.2	Vertex-Post-Processing	26
2.5.3	Primitive-Assembly	26
2.5.4	Rasterung	28
2.5.5	Fragment-Verarbeitung	29
2.5.6	Per-Fragment-Operationen	30
2.5.7	Framebuffer	33
2.6	Shader	33
2.7	OpenGL-Programmierung mit JOGL	37
2.8	Beispiel eines JOGL-Programms ohne Shader	41
2.9	Programmierung von Shadern	45
2.9.1	Datenfluss in der programmierbaren Pipeline	45
2.9.2	Versionen der OpenGL und GLSL	48
2.9.3	Erweiterungen der OpenGL	49

2.9.4	Funktionen der GLSL	50
2.9.5	Erzeugung eines GLSL-Shader-Programms	51
2.10	Beispiel eines JOGL-Programms mit GLSL-Shadern	54
2.11	Effizienz unterschiedlicher Zeichenmethoden	64
2.12	Übungsaufgaben.	65
	Literatur.	67
3	Geometrische Grundobjekte	69
3.1	Oberflächenmodellierung	69
3.2	Geometrische Grundobjekte in der OpenGL	73
3.2.1	Punkte.	75
3.2.2	Linien	77
3.2.3	Dreiecke	79
3.2.4	Orientierung und Füllen von Polygonen	82
3.2.5	Polygone	84
3.2.6	Vierecke	86
3.3	Zeichenbefehle in der OpenGL	88
3.3.1	Indiziertes Zeichnen.	89
3.3.2	Sequenzen zusammenhängender Dreiecke	92
3.3.3	Primitive-Restart	96
3.3.4	Base-Vertex und Zeichnen von Instanzen	97
3.3.5	Indirektes Zeichnen	98
3.3.6	Weitere Zeichenbefehle und Beispielprojekt	100
3.4	Übungsaufgaben.	100
	Literatur.	103
4	Modellierung dreidimensionaler Körper	105
4.1	Von der realen Welt zum Modell	105
4.2	Dreidimensionale Körper und ihre Oberflächen	107
4.3	Modellierungstechniken.	109
4.4	Oberflächenmodellierung eines Würfels in der OpenGL	114
4.5	Flächen als Funktionen in zwei Variablen	121
4.5.1	Darstellung von Landschaften	124
4.6	Parametrische Kurven und Freiformflächen	126
4.6.1	Parametrische Kurven	127
4.6.2	Effiziente Polynomrechnung	132
4.6.3	Freiformflächen	133
4.7	Normalenvektoren an Oberflächen	135
4.8	Übungsaufgaben.	138

5 Geometrieverarbeitung 141

5.1 Geometrische Transformationen in der zweidimensionalen Ebene 141

5.1.1 Homogene Koordinaten 145

5.1.2 Anwendungen von Transformationen 148

5.1.3 Animation und Bewegungen mittels Transformationen 150

5.1.4 Interpolationen für kontinuierliche Veränderungen 153

5.2 Geometrische Transformationen im dreidimensionalen Raum 156

5.2.1 Translationen 156

5.2.2 Skalierungen. 157

5.2.3 Rotationen um die x -, y - und z -Achse. 157

5.2.4 Berechnung Transformationsmatrix mit linearem Gleichungssystem 159

5.3 Wechsel zwischen zwei Koordinatensystemen 159

5.4 Szenengraphen 162

5.4.1 Modellierung 162

5.4.2 Animation und Bewegung 166

5.4.3 Matrizenstapel und ihre Anwendung in der OpenGL 168

5.5 Beliebige Rotationen in 3D: Eulersche Winkel, kardanische Blockade und Quaternionen. 169

5.5.1 Rotation um eine beliebige Achse 170

5.5.2 Eulersche Winkel und kardanische Blockade 171

5.5.3 Quaternionen 176

5.6 Das Clippingvolumen 181

5.7 Orthogonale und perspektivische Projektionen 183

5.8 Perspektivische Projektion und Clippingvolumen in der OpenGL 190

5.9 Viewing-Pipeline: Koordinatensystemwechsel der graphischen Pipeline 196

5.10 Transformationen der Normalenvektoren 202

5.11 Transformationen der Viewing-Pipeline in der OpenGL 203

5.12 Übungsaufgaben. 205

Literatur. 209

6 Grauwert- und Farbdarstellung 211

6.1 Grauwertdarstellung und Intensitäten 211

6.2 Farbmodelle 214

6.3 Farben in der OpenGL 222

6.4 Farbinterpolation 223

6.5 Übungsaufgaben. 227

Literatur. 228

7	Rasterung	229
7.1	Vektorgrafik und Rastergrafik	229
7.2	Rasterung in der Grafikpipeline und Fragmente	232
7.3	Rasterung von Linien	234
7.3.1	Geraden und Rastergrafik	235
7.3.2	Der Mittelpunktalgorithmus für Geraden nach Bresenham	237
7.3.3	Der strukturelle Algorithmus für Linien nach Brons	245
7.3.4	Der Mittelpunktalgorithmus für Kreise	248
7.3.5	Zeichnen beliebiger Kurven	252
7.4	Parameter für das Zeichnen von Linien	253
7.4.1	Fragmentdichte und Linienstile	253
7.4.2	Linienstile in der OpenGL	256
7.4.3	Zeichnen breiter Linien	259
7.4.4	Breite Linien in der OpenGL	261
7.5	Rasterung und Füllen von Flächen	263
7.5.1	Odd-Parity-Regel	263
7.5.2	Scan-Line-Verfahren	264
7.5.3	Der Algorithmus nach Pineda	266
7.5.4	Interpolation assoziierter Daten	271
7.5.5	Rasterung und Füllen von Polygonen in der OpenGL	274
7.6	Aliasing-Effekt und Antialiasing	276
7.6.1	Beispiele für den Aliasing-Effekt	278
7.6.2	Antialiasing	281
7.6.3	Vorfilterung	284
7.6.4	Vorfilterung in der OpenGL	287
7.6.5	Nachfilterung	292
7.6.6	Algorithmen der Nachfilterung	296
7.6.7	Sample-Anordnungen für die Nachfilterung	300
7.6.8	Nachfilterung in der OpenGL	301
7.7	Übungsaufgaben	307
	Literatur	308
8	Visibilitätsbetrachtungen	311
8.1	Geradenclipping in 2D	311
8.1.1	Cohen-Sutherland-Clipping-Algorithmus	314
8.1.2	Cyrus-Beck-Clipping-Algorithmus	316
8.2	Bildraum- und Objektraumverfahren	318
8.2.1	Rückseitenentfernung	319
8.2.2	Partitionierende Verfahren	321
8.2.3	Der Tiefenpuffer-Algorithmus	322

8.2.4	Scan-Linien-Algorithmen	325
8.2.5	Prioritätsalgorithmen	326
8.3	Übungsaufgaben.	329
	Literatur	329
9	Beleuchtungsmodelle	331
9.1	Lichtquellen der lokalen Beleuchtung	332
9.2	Reflexionen nach Phong	336
9.3	Das Beleuchtungsmodell nach Phong in der OpenGL	346
9.4	Shading	360
9.5	Shading in der OpenGL	369
9.6	Schatten	370
9.7	Opazität und Transparenz	373
9.8	Das Radiosity-Modell	375
9.9	Ray-Casting und Ray-Tracing	380
9.10	Übungsaufgaben.	383
	Literatur	385
10	Texturen	387
10.1	Texturierungsverfahren	387
10.2	Mip-Map und Level-of-Detail	396
10.3	Anwendungen der Texturen	398
10.4	Texturen in der OpenGL	407
10.5	Übungsaufgaben.	417
	Literatur	417
11	Spezialthemen und virtuelle Realität	419
11.1	Faktoren für gute Virtual-Reality-Anwendungen	419
11.2	Nebel	421
11.3	Nebel in der OpenGL	424
11.4	Partikelsysteme	429
11.5	Realisierung eines Partikelsystems mit der OpenGL	431
11.6	Dynamische Oberflächen	436
11.7	Interaktion und Objektauswahl	438
11.8	Objektauswahl in der OpenGL	445
11.9	Kollisionsdetektion	451
11.10	Kollisionsdetektion in der OpenGL	454
11.11	Auralisierung akustischer Szenen	457
11.11.1	Akustische Szenen	457
11.11.2	Lokalisierbarkeit	459
11.11.3	Simulation	461
11.11.4	Wiedergabesysteme	462

11.11.5	Ambisonics.	464
11.11.6	Schnittstellen und Standards	465
11.12	Räumliches Sehen und Stereoskopie.	466
11.12.1	Wahrnehmungsaspekte des räumlichen Sehens.	466
11.12.2	Stereoskopie-Ausgabetechniken	470
11.12.3	Projektionen für stereoskopische Darstellungen	475
11.12.4	Stereoskopie in der OpenGL	479
11.13	Übungsaufgaben.	492
	Literatur.	493
Web-Referenzen		497
Stichwortverzeichnis		499