

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zusammenhang Computergrafik – Bildverarbeitung	6
2.1	Bildverarbeitung auf programmierbarer Grafikkhardware	7
2.2	Simulation von kameragesteuerten Geräten	10
2.3	Bilddatencodierung	14
2.4	Bildbasiertes Rendering	19
3	Interaktive 3D-Computergrafik	24
3.1	Harte Echtzeit	25
3.2	Weiche Echtzeit	28
4	Anwendungen interaktiver 3D-Computergrafik	29
4.1	Ausbildungs-Simulation	29
4.2	Entwicklungs-Simulation	31
4.3	Unterhaltung	33
4.4	Telepräsenz	33
4.5	Daten-Visualisierung	34
4.6	Augmented Reality	35
4.7	Datenübertragung	36
5	Einführung in die 3D-Computergrafik mit OpenGL	38
5.1	OpenGL Kurzbeschreibung	43
5.2	Die OpenGL Kommando Syntax	45
5.3	Die OpenGL Rendering Pipeline	46
5.3.1	Die Fixed Function Rendering Pipeline	46
5.3.2	Die Programmierbare Rendering Pipeline	50
5.3.3	Shading Programmiersprachen	54
5.4	OpenGL Shading Language (GLSL)	55
5.4.1	Datentransfer in der GLSL Rendering Pipeline	55
5.4.2	Datentypen, Variablen und Konstanten in GLSL	58
5.4.3	Eingebaute Funktionen in GLSL	63
5.4.4	Beispiel für ein einfaches Shader-Paar	64

5.4.5	Compilieren und Binden von Shadern	66
5.5	Ergänzende Literaturhinweise	70
6	Geometrische Grundobjekte	72
6.1	3D-Modellierungsmethoden	72
6.1.1	Planare Polygone	72
6.1.2	Gekrümmte Polygone	73
6.1.3	Volumendarstellung	74
6.1.4	Konstruktive Körpergeometrie	75
6.2	Geometrische Grundobjekte in OpenGL	76
6.2.1	Vertex-Definition in OpenGL	78
6.2.2	Grafik-Primitive in OpenGL	79
6.2.3	Programmierbeispiele	82
6.3	Tipps zur Verwendung der Grafik-Primitive	99
6.3.1	Rendering-Geschwindigkeit	99
6.3.2	Konsistente Polygon-Orientierung	100
6.3.3	Koordinaten-Berechnungen offline	100
6.3.4	Lücken	100
6.4	OpenGL Zeichentechniken	102
6.4.1	glBegin/glEnd-Paradigma	102
6.4.2	Display Listen	103
6.4.3	Vertex Arrays	105
6.4.4	Buffer Objects	108
6.5	Modellierung komplexer 3D-Szenarien	120
7	Koordinatensysteme und Transformationen	121
7.1	Definition des Koordinatensystems	121
7.2	Transformationen im Überblick	122
7.3	Mathematische Grundlagen	124
7.3.1	Homogene Koordinaten	124
7.3.2	Transformations-Matrizen	125
7.4	Modell-Transformationen	128
7.4.1	Translation	128
7.4.2	Rotation	130
7.4.3	Skalierung	132
7.4.4	Reihenfolge der Transformationen	133
7.5	Augenpunkt-Transformationen	135
7.6	Projektions-Transformationen	142
7.6.1	Orthografische Projektion (Parallel-Projektion)	142
7.6.2	Perspektivische Projektion	144
7.6.3	Normierung	149
7.7	Viewport-Transformation	150
7.8	Matrizen-Stapel	152

8	Verdeckung	158
8.1	Der z -Buffer Algorithmus	159
8.2	Die Implementierung des z -Buffer Algorithmus	162
8.3	Einsatzmöglichkeiten des z -Buffer Algorithmus	163
8.3.1	Entfernen aller Vorderteile	164
8.3.2	Höhenkarten generieren	164
8.3.3	Volumenmessung	166
8.3.4	Oberflächenmessung	167
8.3.5	Entfernungsmessung	168
8.3.6	Weitere Einsatzmöglichkeiten	168
9	Farbe, Transparenz und Farbmischung	169
9.1	Das Farbmodell in OpenGL	169
9.2	Modelle der Farbdarstellung	172
9.2.1	Der RGBA-Modus	172
9.2.2	Der Farb-Index-Modus	172
9.2.3	Wahl zwischen RGBA- und Farb-Index-Modus	173
9.2.4	Farbspezifikation im RGBA-Modus	173
9.2.5	Farbspezifikation im Farb-Index-Modus	176
9.3	Transparenz und Farbmischung	177
9.3.1	Farbmischung in OpenGL	177
9.3.2	Beispiele für Farbmischungen	181
9.3.3	Transparente Texturen	187
9.3.4	3D-Probleme bei der Farbmischung	188
10	Anti-Aliasing	192
10.1	Aliasing-Effekte	192
10.2	Gegenmaßnahmen – Anti-Aliasing	196
10.2.1	Pre-Filterungs-Methode: Flächenabtastung	196
10.2.2	Post-Filterungs-Methoden	198
11	Nebel und atmosphärische Effekte	204
11.1	Anwendungen	204
11.2	Nebel in OpenGL	206
12	Beleuchtung und Schattierung	214
12.1	Beleuchtungsmodelle	215
12.1.1	Physikalische Optik und Näherungen der Computergrafik	215
12.1.2	Lokale und globale Beleuchtungsmodelle	224
12.1.3	Das Standard-Beleuchtungsmodell in OpenGL	226
12.2	Schattierungsverfahren	249
12.2.1	Flat-Shading	250
12.2.2	Smooth-/Gouraud-Shading	252

12.2.3	Phong-Shading	257
12.2.4	Realisierung eines Phong-Shaders in GLSL	259
13	Texturen	266
13.1	Foto-Texturen (Image Texturing)	268
13.1.1	Spezifikation der Textur	270
13.1.2	Textur-Filter	280
13.1.3	Gauß-Pyramiden-Texturen (MipMaps)	283
13.1.4	Programmierbare Textur-Filter	288
13.1.5	Textur-Fortsetzungsmodus (Texture Wraps)	293
13.1.6	Mischung von Textur- und Beleuchtungsfarbe (Texture Environment)	295
13.1.7	Zuordnung von Texturkoordinaten	298
13.1.8	Einschalten des Texture Mappings	312
13.1.9	Textur-Objekte	314
13.1.10	Pixel Buffer Objects (PBO)	316
13.1.11	Texture Buffer Objects (TBO)	317
13.2	Mehrfach-Texturierung (Multitexturing)	319
13.3	Projektive Texturen (Projective Texture)	325
13.4	Umgebungs-Texturen (Environment Maps)	328
13.4.1	Sphärische Texturierung (Sphere Mapping)	329
13.4.2	Kubische Texturierung (Cube Mapping)	333
13.5	Relief-Texturierung (Bump Mapping)	339
13.6	Bildverarbeitung auf Grafikkarten	348
13.6.1	Punktoperatoren	348
13.6.2	Faltungsoperatoren	351
13.6.3	Rangordnungsoperatoren	356
14	Schatten	362
14.1	Harte Schatten (Hard Shadows)	366
14.1.1	Schatten-Texturierung (Shadow Mapping)	367
14.1.2	Probleme und Abhilfen bei der Schatten-Texturierung	376
14.1.3	Ray Tracing	389
14.2	Weiche Schatten (Soft Shadows)	390
14.2.1	Konstante Halbschattenbreite (Fixed-Size Penumbra)	392
14.2.2	Variable Halbschattenbreite (Variable-Size Penumbra)	404
14.3	Ambient Occlusion	414
14.4	Transparenz	418
14.4.1	Transparente Objekte mit binären Alpha-Werten	418
14.4.2	Volumen-Schatten	422

15 Animationen	426
15.1 Animation und Double Buffering	426
15.2 Animationstechniken	430
15.2.1 Bewegung eines starren Objektes – Pfadanimation	431
15.2.2 Bewegung von Gelenken eines Objektes – Artikulation	433
15.2.3 Verformung von Oberflächen – Morphing	435
15.2.4 Bewegung von Objektgruppen: Schwärme und Partikelsysteme	437
16 Beschleunigungsverfahren	440
16.1 Szenen Graphen	443
16.2 Cull Algorithmen	446
16.2.1 Viewing Frustum Culling	448
16.2.2 Occlusion Culling	451
16.2.3 Backface Culling	454
16.2.4 Portal Culling	455
16.2.5 Detail Culling	457
16.3 Level Of Detail (LOD)	458
16.3.1 Switch LOD	459
16.3.2 Fade LOD	460
16.3.3 Morph LOD	461
16.4 Billboards	463
16.5 Multiprozessor- und Mehrkernsysteme	467
16.6 Geschwindigkeits-Optimierung	471
16.6.1 Leistungsmessung	472
16.6.2 Optimierungsmaßnahmen	477
17 GPU Programmierung mit CUDA und OpenCL	481
17.1 Einführung	481
17.2 Historie	481
17.3 GPGPU-Hardware	482
17.4 Das SIMT Berechnungsmodell	483
17.5 GPGPU-Anwendungsbereiche	484
17.6 Die CUDA und OpenCL Terminologie	485
17.7 Allgemeine Struktur von GPGPU-Programmen	486
17.8 Ein GPGPU-Programmbeispiel	487
17.9 Beschreibung der Problemdimension	495
17.10 Die GPGPU-Speicherhierarchie	499
17.11 Vereinigte Speicherzugriffe	501
17.12 Datentypen	502
17.13 Integration CUDA-OpenGL	503
Literaturverzeichnis	506

Sachwortverzeichnis	514
Inhaltsverzeichnis von Band II Bildverarbeitung	525