

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Überblick über den Inhalt	2
1.2 Wie können Sie dieses Buch benutzen?	3
1.3 Literatur	4
1.4 Sie sind gefragt ...	5

I 2D-Algorithmen

2. Koordinatensysteme	9
2.1 Koordinatentransformation	10
2.2 Weltkoordinaten und Bildkoordinaten	10
2.3 Skalierung und Fenster	10
2.4 Transformationen	12
2.5 Polarkoordinaten	16
2.6 Homogene Koordinaten	17
2.7 Zusammensetzen von Transformationen	19
3. Algorithmen	21
3.1 Abschneiden (Clipping) und Überdecken	21
3.2 Polygon-Clipping	24
3.3 Flächenfüllen und Schraffieren	24
3.3.1 Flächenfüllen am Bildschirm	25
3.3.2 Schraffieren	26
4. Anwendungen der 2D-Grafik	29
4.1 Darstellen von Funktionen und Wertetabellen	29
4.2 Lineare Approximation	30
4.3 Logarithmische Approximation	32
4.4 Exponentielle Approximation	32
4.5 Gleitender Durchschnitt	32
4.6 Polynom-Interpolation	33
4.7 Spline-Interpolation	34
4.8 Bézier-Kurven	36
4.9 Stereobilder	37

II Grundlagen 3D-Algorithmen und Rendering

5. Mathematische Grundlagen	41
5.1 Punkte und Vektoren	41
5.2 Matrizen	43
5.3 Vektor- und Matrizenalgebra	43
5.4 Transformationen	45
5.4.1 Transformation von Punkten und Vektoren	46
5.4.2 Transformation von Normalenvektoren	47
5.4.3 Transformation von Koordinatensystemen	48
5.4.4 Projektionen	48
6. Beschreibung der Programme	51
6.1 Möglichkeiten der Grafikprogrammierung	51
6.2 Prinzipielles zur Implementierung	52
6.3 Die Bedienung des Hauptprogramms PRIM	53
6.4 Beispiele zu den mathematischen Grundlagen	53
7. Grundlagen der dreidimensionalen Computergrafik	57
7.1 Koordinatensysteme	57
7.2 Modellierung	62
7.3 Entfernung der Rückflächen	65
7.4 Clipping	66
7.5 Verdeckungsrechnung	67
7.5.1 Der Maler-Algorithmus	68
7.5.2 Der Tiefensortier-Algorithmus	68
7.5.3 Der z -Buffer-Algorithmus	68
7.5.4 Scanline-Algorithmen	69
7.6 Beleuchtungs- und Schattierungsverfahren	69
7.7 Scankonvertierung	69
7.8 Antialiasing	71
8. Beispiele zu den Grundlagen der 3D-Grafik	73
8.1 Modellierung und Transformation zwischen Koordinatensystemen	73
8.2 Weitere Koordinatensysteme	76
8.3 Clipping	76
9. Implementierung der grundlegenden Algorithmen	79
9.1 Die von PRIM verwendeten Units	79
9.2 Die Unit PRIMVIEW, Matrizenrechnung zum Anfassen	79
9.3 Die Unit PRIMREND, die Rendering-Pipeline aus Programmsicht	82
10. Modelle für die Beleuchtungsrechnung	89
10.1 Farben	89
10.2 Lichtquellen	90
10.3 Abschwächung der Intensität durch Entfernung	93

10.4	Abschwächung mit Nebелеffekt	94
10.5	Abschwächung der Intensität in Medien	95
10.6	Oberflächen	95
11.	Beispiele zur Beleuchtungsberechnung	99
11.1	Farbmodelle	99
11.2	Lichtquellenmodelle	100
11.3	Oberflächenmodelle	101
12.	Implementierung der Beleuchtungsmodelle	105
12.1	Datenstrukturen	105
12.2	Algorithmen	107
13.	Darstellungsmethoden (Rendering)	113
13.1	Verdeckungsrechnung mit dem z-Buffer-Verfahren	113
13.2	Scankonvertierung von Dreiecken und Polygonen	114
13.3	Linear interpolierende Schattierungsverfahren	115
13.4	Texturen	117
13.4.1	Farbtextur-Mapping	118
13.4.2	Bumpmapping	119
13.4.3	Volumentexturen	120
13.5	Transparenz	121
14.	Beispiele zu den Darstellungsmethoden	123
14.1	Schattierungsverfahren	123
14.2	Texturierung	124
15.	Implementierung der Darstellungsmethoden	127
15.1	Gemeinsamkeiten der Darstellungskonzepte	127
15.2	Interpolationen	129
15.3	Rasterisierung und Schattierung von Dreiecken	131
15.3.1	Rasterisierung von Dreiecken	131
15.3.2	Bestimmung der linken Span-Anfangspunkte	133
15.3.3	Bilineare Interpolation in einem Dreieck	140
15.4	Die Implementierung von Schattierung und Rasterisierung	142
15.4.1	Die Prozedur <code>SetzeSchattierungsParameter</code>	143
15.4.2	Die Prozedur <code>StelleFlaecheDar</code>	144
15.4.3	Die Prozedur <code>ZeichneDreieck</code>	149
15.4.4	Die Prozedur <code>ZeichneHintergrund</code>	149

III Radiosity

16.	Radiosity	153
16.1	Berechnung der Formfaktoren	156
16.2	Lösung des Gleichungssystems	159
16.3	Mehrpasverfahren	160

17. Beispiele zur Radiosity-Berechnung	161
18. Implementierung des Radiosity-Verfahrens	165
18.1 Lösung des Gleichungssystems	165
18.1.1 Iteratives Lösungsverfahren	167
18.2 Berechnung der Formfaktoren	169
18.3 Struktur des implementierten Verfahrens	169
18.3.1 Vor- und Nachteile des iterativen Verfahrens	171
18.4 Die Unit PRIMRAD, Radiosity zum Anfassen	172
18.4.1 Die Prozedur <code>ErzeugePatchesUndElemente</code>	173
18.4.2 Nachbarschaften	175
18.4.3 Die Prozedur <code>BerechneFlaechenGroessenUndAmb</code>	180
18.4.4 Die Prozedur <code>BerechneFFs</code>	181
18.4.5 Die Prozedur <code>SuchePatchMitGroesstemdBA</code>	181
18.4.6 Die Prozedur <code>BestimmeMatrizenFuerSingleplane</code>	182
18.4.7 Die Prozedur <code>ElementeAufSingleplane</code>	183
18.4.8 Die Prozedur <code>BerechneFormfaktoren</code>	184
18.4.9 Die Prozedur <code>WandeleFormfaktorenInEnergieUm</code>	185
18.4.10 Die Prozeduren <code>MittlereBeteiligteFlaechen</code> und <code>BerechnePunktFarbenAusEnergien</code>	187

IV Raytracing

19. Raytracing	191
19.1 Die Strahlverfolgung	191
19.1.1 Einführung	191
19.1.2 Lichtstrahlen	194
19.1.3 Schatten und Spiegelungen	197
19.1.4 Brechungen	199
19.1.5 Der Raytrace-Algorithmus	201
19.2 Grundkörper	207
19.2.1 Kugeln	207
19.2.1.1 Schnitt: Kugel und Strahl	207
19.2.1.2 Texturen und Kugeln	212
19.2.2 Quadriken	213
19.2.2.1 Ellipsoid	214
19.2.2.2 Hyperboloid	215
19.2.2.3 Kegel	216
19.2.2.4 Elliptischer Zylinder	217
19.2.2.5 Implementierung für den symmetrischen Kegelstumpf	219
19.2.3 Ebenen und flächige Objekte	229
19.2.3.1 Schnitt: Ebene und Strahl	229
19.2.3.2 Schnitt: Kreisfläche und Strahl	231
19.2.3.3 Schnitt: konvexes Viereck und Strahl	232

	19.2.3.4 Schnitt: Dreieck und Strahl	235
	19.2.3.5 Schnitt: Polygon und Strahl	236
	19.2.4 Rotationskörper	237
19.3	Konstruktive Geometrie und Raytracing: CSG	239
	19.3.1 Der CSG-Algorithmus	243
19.4	Verbesserte Raytracing-Techniken	246
	19.4.1 Supersampling	246
	19.4.2 Adaptives Supersampling	247
	19.4.3 Stochastic Sampling und Distributed Raytracing	249
	19.4.3.1 Halbschatten	249
	19.4.3.2 Bewegungsunschärfe (Motion Blur)	251
19.5	Beschleunigung von Raytracing-Verfahren	252
	19.5.1 Bounding-Box-Algorithmen	252
	19.5.2 Parallelisierung	255
19.6	Public-Domain-Software	255

V Hardware

20. Grafik-Hardware	259
20.1 Aufbau und Wirkungsweise	259
20.1.1 Der Bildwiederholpeicher	259
20.1.2 Die Farbpalette	261
20.1.2.1 Setzen eines einzelnen Farbreisters	264
20.1.2.2 Setzen eines Blocks von Farbreistern	265
20.1.2.3 Programmbeispiel	266
20.1.3 Animation mit Farbpaletten	266
20.1.4 Nachbildung von True-Color	268
20.1.4.1 Halbtontechnik	268
20.1.4.2 Ordered Dither nach Bayer	270
20.1.4.3 Floyd-Steinberg	275
20.2 PC-Grafikkarten	279
20.2.1 Super-VGA auf dem PC	279
20.2.1.1 Bank Select bei ET4000	283
20.2.1.2 Bank Select bei VESA-Karten	285
20.2.2 HiColor-VGA-Karten	291
20.2.3 True-Color-Karten	293
20.3 3D-Darstellung in Stereo	295
20.3.1 Rot-Grün-Brille	295
20.3.2 LCD-Shutter-Brille	299
20.4 Grafik-Beschleunigerkarten	305
20.4.1 Beschleunigerkarten mit S3	306
20.4.1.1 Hardware-Cursor	306
20.4.1.2 Grafikbefehle	306
20.4.2 Aufbau der DSM860-Beschleunigerkarte	313
20.4.2.1 Aufbau des Intel i860 Prozessors	314

20.4.2.2	Die Einheiten des i860	314
20.4.2.3	Register und Befehle	317
20.4.2.4	Die Befehle für die Grafik-Recheneinheit . . .	320
20.4.2.5	Zugriff auf den i860-Bildspeicher	321

VI Anhang: Programmierung von Rendering und Radiosity

A.	Beschreibung der Eingabesprache GED	325
A.1	Die Eingabesprache GED	325
A.2	Objekte	327
A.3	Teilobjekte	328
A.3.1	Polygonale Teilobjekte	329
A.3.2	Referenzen auf Objekte	329
A.3.3	Vordefinierte Körper	329
A.3.4	CSG-Ausdrücke	330
A.3.5	Transformationen und Oberflächeneigenschaften . . .	330
A.3.6	Teilobjekte im Detail: Polygonobjekte	331
A.3.7	Teilobjekte im Detail: Vordefinierte Körper	334
A.3.7.1	Die Kugel als vordefinierter Körper	334
A.3.7.2	Der Würfel als vordefinierter Körper	334
A.3.7.3	Der Zylinder als vordefinierter Körper	336
A.3.7.4	Der Kegel als vordefinierter Körper	336
A.3.7.5	Der Torus als vordefinierter Körper	336
A.4	Transformationen	338
A.5	Oberflächeneigenschaften	338
A.6	Gültigkeitsbereiche	340
A.7	Angaben direkt vor der Szene	340
A.7.1	Angaben zum Betrachter	341
A.7.2	Angaben zu den Lichtquellen	342
A.8	Hintergrund	342
A.9	Die von <code>LeseGEDDatei</code> erzeugten Datenstrukturen	345
A.9.1	Die Unit <code>PRIMGLOB</code>	345
A.9.1.1	Zeigertypen von <code>PRIMGLOB</code>	345
A.9.1.2	Abspeichern von Objekten	347
A.9.1.3	Abspeichern des Betrachters	348
A.9.1.4	Abspeichern von Lichtquellen	348
A.9.1.5	Abspeichern des Hintergrundes	348
A.9.1.6	Abspeichern von polygonalen Teilobjekten . .	349
A.9.1.7	Abspeichern von CSG-Ausdrücken	351
A.9.1.8	Abspeichern von Oberflächeneigenschaften . .	352
A.9.1.9	Aufzählungstypen und allgemeine Typen . . .	353
A.9.1.10	Der <code>GlobaleFlaecheTYP</code>	354
A.10	Die Units <code>PRIMREAD</code> und <code>PRIMDERE</code>	356
A.10.1	Die Prozedur <code>LeseGEDDatei</code>	356

A.10.2 Die Prozedur DereferenziereSzene	357
A.11 Format der Texturdateien	358
B. Syntax der Grafischen Eingabesprache	361
B.1 Allgemeine Festlegungen	361
B.2 Die Syntax der Beschreibung	361
B.3 Sprachdefinition	362
B.4 Liste der reservierten Worte	365
C. Hardwareabhängige Module von PRIM	367
C.1 Ansprechen des erweiterten Speichers	368
C.2 Die Routinen von PRIMMEM	371
C.2.1 Routinen zum Ansprechen des z-Buffers	371
C.2.2 Routinen zum Ansprechen des item-Buffers	373
C.2.3 Routinen zum gemeinsamen Ansprechen von z- und item-Buffer	374
C.2.4 Routinen zum Ansprechen des Deltaformfaktor-Buffers	375
C.2.5 Routinen zum Ansprechen von Texturen	375
C.2.6 Routinen zum Ansprechen von Speicher für polygonale Teilobjekte	377
C.2.7 Routinen zum Ansprechen der Punkt- und Flächenliste	378
C.2.8 Routinen zum Ansprechen von Formfaktoren und un- verteilter Energie einer Fläche	380
C.3 Die Routinen von PRIMOUT	381
Literaturverzeichnis	385
Index	389