

Andreas Bartel

**Grafik und Animation  
mit Borland Pascal 7.0**

**Aus dem Bereich  
Computerliteratur**

**Effektiv Starten mit Turbo C++**

von Axel Kotulla

**Programmieren mit Turbo C++ 3.1 für Windows**

von Gerd Kepschull

**Arbeiten mit MS-DOS QBasic**

von Michael Halvorson und David Rygmyr  
(Ein Microsoft Press/Vieweg-Buch)

**Microsoft BASIC PDS 7.1**

von Frederik Ramm

**Effektiv Starten mit Visual Basic**

von Dagmar Sieberichs und Hans-Joachim Krüger

**Das Vieweg Buch zu Visual Basic 2.0  
für Windows**

von Andreas Maslo

**Das Vieweg Buch zu Borland Pascal 7.0**

von Andreas Maslo

**Das Vieweg Buch zu Borland C++ 3.0**

von Axel Kotulla

**Grafik und Animation mit Borland Pascal 7.0**

von Andreas Bartel

**Windows Power-Programmierung**

von Michael Schumann

**100 Rezepte für Turbo Pascal**

von Erik Wischnewski

**Die Turbo Vision zu Turbo Pascal 7.0**

von Arnulf Wallrabe

**Vieweg**

Andreas Bartel

# **Grafik und Animation mit Borland Pascal 7.0**

3D-Grafik, Animation  
und Simulation



Das in diesem Buch enthaltene Programm-Material ist mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Der Autor und der Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieses Programm-Materials oder Teilen davon entsteht.

Alle Rechte vorbehalten

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1993

Ursprünglich erschienen bei Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH,  
Braunschweig/Wiesbaden, 1993

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1993



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 978-3-528-05333-8

ISBN 978-3-663-06849-5 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-06849-5

# Inhaltsverzeichnis

I Inhaltsverzeichnis .....	V
II Abbildungsverzeichnis .....	XI
III Vorwort .....	XV
1 Einleitung .....	1
2 Grundlagen der Bilddaten-Verarbeitung .....	3
Einführung in Koordinatensysteme .....	3
Einführung in Vektoren .....	5
3 Vektorisierung einfacher 2D-Objekte .....	7
Vektorisierung eines Punktes .....	8
Vektorisierung einer Linie .....	8
Vektorisierung eines Kreises .....	9
Vektorisierung eines Rechtecks .....	9
4 Die Umsetzung in die Praxis .....	11
Die Definition der grafischen Elemente .....	11
Notwendige Organisationsoperationen .....	12
5 Einfache Manipulationsroutinen .....	21
Verschiebung (einfache Transformation) .....	21
Spiegelung an der y-Achse .....	28
Spiegelung an der x-Achse .....	29

---

Spiegelung an einer beliebigen Achse . . . . .	29
Dehnung an einer Achse . . . . .	38
Dehnung an einer beliebigen Achse . . . . .	39
Kombination von Dehnungsmanipulationen . . . . .	39
Drehung um den Nullpunkt . . . . .	46
Drehung um einen beliebigen Punkt: . . . . .	58
6 Aufbau einer 2D-Animation. . . . .	59
Ein neuer Datentyp. . . . .	59
Leere Liste anlegen . . . . .	63
Element einfügen . . . . .	64
Element löschen . . . . .	64
Lesezeiger bewegen . . . . .	65
Lesezeiger zurücksetzen. . . . .	65
Prüfung auf Listenende . . . . .	65
Listenelement lesen/schreiben/verändern . . . . .	65
Jetzt kommt Bewegung ins Spiel: Die Manipulationsroutinen. . . . .	68
Verschiebung (einfache Transformation) . . . . .	68
Skalierungen (Streckungen und Stauchungen) . . . . .	68
Drehungen um beliebige Punkte . . . . .	68
Die Methode der Illusion . . . . .	74
Die Paletten-Schaltung . . . . .	75
Die Speicherseiten . . . . .	75
Methode der Grafikmuster . . . . .	76

---

Jetzt wird animiert . . . . .	76
PROCEDURE start_grafik(Pfadname : STRING); . . . . .	77
PROCEDURE ende_grafik; . . . . .	77
7 Warum eine dritte Dimension? . . . . .	89
Theorie der räumlichen Tiefe . . . . .	89
Tiefeneffekte in 2D-Grafiken . . . . .	91
8 Vektoren - Die Zweite . . . . .	93
Eine weitere Achse . . . . .	93
Der 3D-Vektor - ein neuer Vektortyp? . . . . .	96
Darstellung einfacher Figuren im dreidimensionalen Raum . . . . .	97
Der Punkt . . . . .	97
Die Linie . . . . .	97
Der Kreis. . . . .	97
Das Rechteck . . . . .	100
Die künstliche Erzeugung von Tiefe aus 2D-Objekten. . . . .	100
9 Darstellung der räumlichen Tiefe. . . . .	103
Luftperspektive . . . . .	103
Farbperspektive . . . . .	104
Parallelperspektive (Zentralperspektive). . . . .	104
Fluchtpunktperspektive . . . . .	106
Die Vogelperspektive. . . . .	107
Die Froschperspektive . . . . .	108
Die Wahl des Fluchtpunktes . . . . .	109

Die Realisierung der Fluchtpunktperspektive . . . . .	110
10 Manipulationen in 3 Dimensionen . . . . .	113
Die Verschiebung (Die einfache Transformation) . . . . .	113
Die Dehnung/Skalierung . . . . .	114
Die Drehung . . . . .	114
Drehung um die z-Achse . . . . .	114
Drehung um die x-Achse . . . . .	115
Drehung um die y-Achse . . . . .	117
Verknüpfung verschiedener Drehungen . . . . .	118
11 3D-Perfekt? - Die "Fernseh"-Brillen . . . . .	121
Die Theorie der 3D-Brillen . . . . .	121
Die Übertragung auf den Computer . . . . .	123
12 Die komplette 3D-Animation . . . . .	127
13 Die unsichtbaren Linien . . . . .	139
14 Programmierung der Hiddenline-Grafik . . . . .	143
Ein praktischer Datentyp . . . . .	143
Die Tiefensortierung . . . . .	146
15 Das Raytracing . . . . .	159
Physikalische Grundlagen . . . . .	159
Einige allgemeine Bemerkungen . . . . .	159
Der geradlinie Verlauf eines Lichtstrahls . . . . .	159
Die Reflexion . . . . .	160
Die Theorie der Farben . . . . .	163



---

Die mathematischen Grundlagen . . . . .	164
Die Beschreibung einiger Objekte . . . . .	164
Der "Lichtstrahl", eine Gerade . . . . .	164
Eine Objektfläche . . . . .	166
Einige Rechenexempel . . . . .	167
Ein Anwendungsbeispiel . . . . .	170
16 Radiosity - Das Raytracing der Zukunft . . . . .	177
Die Grundidee . . . . .	177
Und so wurde es realisiert . . . . .	178
Die Realisierung in einer Programmiersprache . . . . .	178
A Grafik-Operationen unter Borland-Pascal - Eine Referenz . . . . .	179
initgraph . . . . .	179
closegraph . . . . .	180
cleardevice . . . . .	180
setviewport . . . . .	180
clearviewport . . . . .	180
setactivepage . . . . .	181
setvisualpage . . . . .	181
putpixel . . . . .	181
line . . . . .	181
rectangle . . . . .	182
arc . . . . .	182
circle . . . . .	182

ellipse .....	183
getmaxx .....	183
getmaxy .....	183
setcolor .....	184
getcolor .....	184
getbkcolor .....	184
B Grundstrukturen von Borland-Pascal .....	185
Allgemeine Form eines Borland-Pascal-Programms .....	185
Allgemeine Form einer Borland-Pascal-Unit .....	187
C Der Inhalt der Programmdiskette .....	191
D Literaturempfehlungen .....	193
Bereich Informatik .....	193
Bereich Physik .....	193
Bereich Mathematik .....	193
E Index .....	195

# Abbildungsverzeichnis

Bild 2-1	Aufbau des Koordinatensystems . . . . .	4
Bild 2-2	So werden Bildkoordinaten bestimmt . . . . .	4
Bild 3-1	Vektorielle Beschreibung einer Linie . . . . .	8
Bild 3-2	Vektorisierung eines Kreises . . . . .	9
Bild 3-3	Ein Rechteck nach Turbo-Pascal . . . . .	10
Bild 3-4	... ein Weg mit größerer Sicherheit . . . . .	10
Bild 4-1	Hierarchie zwischen Objekten . . . . .	20
Bild 5-1	So wird ein Vektor verschoben . . . . .	22
Bild 5-2	Spiegelung an der y-Achse . . . . .	28
Bild 5-3	Analog: Die x-Achsen-Spiegelung . . . . .	29
Bild 5-4	So wird gespiegelt: der 1. Schritt. . . . .	30
Bild 5-5	Spiegelung - Teil 2. . . . .	31
Bild 5-6	Der letzte Schritt zur Spiegelung . . . . .	31
Bild 5-7	Der Dehnungs-Effekt . . . . .	38
Bild 5-8	Grundlagen der Punkt-Drehung . . . . .	47
Bild 5-9	Das Ergebnis - Das gedrehte Haus. . . . .	50
Bild 6-1	Die Listenstruktur anschaulich . . . . .	60
Bild 6-2	Ein T besteht nur aus Linien & Bögen . . . . .	61
Bild 6-3	Der Kreis ist auch so definierbar . . . . .	63

---

Bild 6-4	So werden die Zeiger umgebogen . . . . .	64
Bild 7-1	So sieht der Mensch . . . . .	90
Bild 7-2	Die Tiefe - eine optische Täuschung? . . . . .	92
Bild 8-1	Proportionen der Achsen . . . . .	94
Bild 8-2	Das virtuelle Koordinatensystem. . . . .	95
Bild 8-3	Das gleiche noch einmal mathematisch. . . . .	95
Bild 8-4	Die Veranschaulichung . . . . .	98
Bild 8-5	Der erste Schritt: eine Kopie ... . . . .	101
Bild 8-6	2.Schritt: Die Verbindung der Ebenen. . . . .	101
Bild 9-1	Beispiel für die Parallelperspektive . . . . .	105
Bild 9-2	Der Würfel: verschiedene Effekte . . . . .	105
Bild 9-3	Der Würfel: nur sichtbare Flächen. . . . .	106
Bild 9-4	Beispiel der Fluchtpunkt-Perspektive . . . . .	107
Bild 9-5	Die "Vogelperspektive" . . . . .	108
Bild 9-6	Die "Froschperspektive" . . . . .	108
Bild 9-7	So verläuft die Kurve von "V" . . . . .	111
Bild 9-8	Das macht Turbo Pascal aus der Formel . . . . .	111
Bild 10-1	So wird um die z-Achse gedreht . . . . .	115
Bild 10-2	Die Drehung um die x-Achse . . . . .	116
Bild 10-3	Die Drehung um die y-Achse . . . . .	117
Bild 10-4	Sinnvoll:Die Betrachtung von oben . . . . .	117
Bild 11-1	Das Prinzip des "Stereo"-Kinos . . . . .	122
Bild 11-2	Hatten keinen Erfolg: Die 3D-Brillen. . . . .	123

---

Bild 11-3	Die Situation vor dem Monitor . . . . .	124
Bild 13-1	Würfel in konventioneller Darstellung . . . . .	139
Bild 13-2	Hidden-Line-Darstellung . . . . .	140
Bild 13-3	Prinzip der versteckten Linien . . . . .	141
Bild 14-1	Ein verzerrtes "Quadrat" . . . . .	144
Bild 14-2	Der Würfel in Dreiecke zerlegt. . . . .	144
Bild 15-1	Der physikalische Versuchsaufbau. . . . .	160
Bild 15-2	Die Reflexion anschaulich . . . . .	161
Bild 15-3	Die Winkel bei einer Vollreflexion . . . . .	161
Bild 15-4	Eine reale Oberflächenstruktur . . . . .	162
Bild 15-5	Modell der additiven Farbmischung . . . . .	163
Bild 15-6	Ein "Null-Lichtstrahl" . . . . .	165
Bild 15-7	Darstellung mit zwei Vektoren . . . . .	165
Bild 15-8	Die "mathematische Ebene" . . . . .	166
Bild 15-9	Die erreichbaren Punkte der Def. . . . .	167



# Vorwort

## Zukunftsmusik

Es ist nicht lang her, daß man sich freuen mußte, einen "großen" Computer mit 640 K RAM sein Eigen nennen zu dürfen. Im Laufe der Jahre jedoch hat sich das Erscheinungsbild den PCs entscheidend gewandelt. "*Schneller*" und "*mehr Speicher*" heißt heute die Devise.

Daran scheinen sich nicht nur die Hardwarehersteller zu halten, sondern auch die Anbieter der verbreiteten Programmiersprachen, allen voran die Firma Borland. Der Bereich der Grafik und Animation unter Pascal auf einem PC bietet sich aus verschiedenen Gründen an, bislang aber weniger unter Pascal als unter den "schnellen" Sprachen, wie C oder C++.

Zu Beginn dieses Buchprojekte galt es, mit einer verbreiteten und beliebten Programmiersprache und einem kleinen AT gegen Computer anzutreten, die bereits vom Hersteller scheinbar nur für die Animation entwickelt worden sind. Zur Verfügung standen der PC mit seiner sprichwörtlich schwachen Grafikleistung und der als "Lehrsprache" im guten Namen beschnittene Programmiersprache Pascal in seiner neuesten Version 7.0.

Allen Problemen und kleinen Alltagsrückschlägen zum Trotz wurde das Projekt verwirklicht. Und es hat mir großen Spaß gemacht, das scheinbar unmögliche wahr werden zu lassen. Ob das auch gelungen ist, sollten jedoch Sie entscheiden. Ich wünsche Ihnen abschließend viel Erfolg beim Durcharbeiten!

Andreas Bartel