

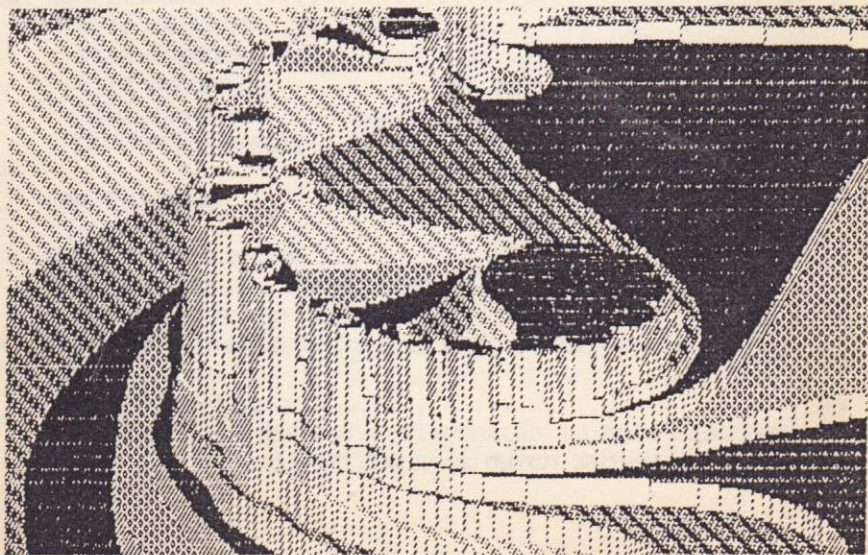
# FRAKTAL GENERATOR 3D

für CPC 464/664/6128

Handbuch

Autor: Matthias Uphoff

(c) 1988 DMV Software



## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	3
2. Programmstart und Sicherheitskopie .....	9
3. Allgemeine Hinweise zur Bedienung .....	13
4. Ein paar schnelle Bilder .....	15
5. Das Dateimenue .....	19
- Bilddatei laden .....	20
- Bild speichern .....	20
- Laden eines Bildes ohne FRAKTAL GENERATOR .....	21
- Bilddatei löschen .....	21
- Programmende .....	21
6. Das Bildmenue .....	23
- Bild zeichnen .....	23
- Bild löschen .....	24
- Bild wechseln .....	24
- Bild drucken .....	25
- Druckeranpassung .....	27
7. Das Typmenue .....	29
8. Das Parametermenue .....	31
- Ausschnitt mit Auswahlrahmen .....	31
- Ausschnitte von 3D-Bildern .....	32
- Eingabe eines Ausschnitts durch Zahlenwerte .....	33
- Der Julia-Fixpunkt .....	34
- Lokalisieren des Julia-Fixpunktes im Apfelmännchen .....	34
- Eingabe des Julia-Fixpunktes durch Zahlenwerte .....	36

- Die Farbtabelle .....	36
- Einstellung der Farben für max. Tiefe und Stufen ..	38
- Die Glättungsfunktion .....	39
- Eingabe der Rechentiefe .....	40
- Die minimale Rechentiefe .....	40
- Die maximale Rechentiefe .....	41
- Die minimale Rechentiefe bei 3D-Bildern .....	41
- Eingabe der Blickwinkel .....	42
- Der horizontale Blickwinkel .....	42
- Der vertikale Blickwinkel .....	43
- Eingabe der Stufenhöhe .....	43
- Das Parameter-Infowindow .....	44
9. Mathematische Grundlagen .....	45
- Mathematische Rückkopplung .....	45
- Das mathematische Chaos .....	46
- Komplexe Zahlen .....	47
- Die Mandelbrot-Menge .....	48
- Maximale Rechentiefe als Notbremse .....	49
- Julia-Mengen .....	50
- Geheimnisvolle Zusammenhänge .....	51
- Die dreidimensionale Darstellung .....	52
- Literaturhinweise .....	53
10. Hinweise für Programmierer .....	55
- Speicheraufteilung .....	55
- Eigene Hardcopy-Routine .....	56
- Anderes Laufwerk .....	56
- Speichererweiterung .....	57



## 1. Einleitung

Fraktale Grafiken gehören sicherlich zu den beliebtesten Themen der Computerszene, und die Fachpresse hat es sich aus diesem Grund nicht nehmen lassen, eine entsprechend große Anzahl Listings zur Erzeugung von 'Apfelmännchen' abzudrucken. Trotzdem war das Thema noch nicht ausgereizt: Im Herbst '87 gelang es dem FRAKTAL GENERATOR für IBM-kompatible PC's, die aufkommende Langeweile mit seiner enormen Rechengeschwindigkeit und der Vielzahl gleichzeitig darstellbarer Farben wieder zu verscheuchen. Die positive Resonanz bei zahlreichen Anwendern trug schließlich dazu bei, daß eine wesentlich erweiterte Version in Angriff genommen wurde: Der FRAKTAL GENERATOR 3D sollte nicht nur die üblichen Fraktal-Grafiken erzeugen, sondern sie auch in dreidimensionaler Projektion als Landschaft darstellen!

Nach langwieriger Entwicklungsarbeit wurde das Projekt im Sommer '88 erfolgreich abgeschlossen. Andere Autoren griffen das Konzept auf und begannen, an Versionen für Rechner mit 68000-Prozessor zu arbeiten (Amiga, Atari), und schließlich blieb nur noch eine Frage offen: Würde es sich lohnen, das Programm auch für einen 'klassischen Heimcomputer' wie den CPC umzusetzen? Die Bedenken bezogen sich weniger auf das Interesse der Anwender, sondern vielmehr auf die Tatsache, daß der Z80-Prozessor als 8-Bit-Oldtimer nicht unbedingt zu den 'Rechengiganten' unter den Mikroprozessoren zählt. Zu Beginn erschien es zumindest sehr fraglich, ob seine Leistungsfähigkeit ausreichen würde, die aufwendige Berechnung der Fraktalbilder und zusätzlich noch die ebenfalls anspruchsvolle 3D-Projektion in erträglicher Rechenzeit zu bewältigen.



ES MUSS NICHT IMMER EIN PC SEIN...

Doch alte Liebe rostet nicht: Wer einmal mit Begeisterung den Z80-Prozessor in Maschinensprache programmiert hat, kommt gerne darauf zurück, selbst wenn sich inzwischen ein dicker AT am Arbeitsplatz breit gemacht hat. Und abgesehen davon, daß es ganz angenehm ist, mal wieder an einem Computer zu sitzen, der sich nicht permanent mit Festplatten- und Ventilatorgeräuschen aufdrängt: Gerade ein Rechner mit eingeschränkten Fähigkeiten kann für einen Programmierer eine besondere Herausforderung darstellen!

Obwohl die sehr leistungsfähigen Algorithmen der PC-Version als Grundlage zur Verfügung standen, wurde deshalb nochmals viel Zeit und Sorgfalt darauf verwendet, mit allen nur denkbaren Tricks aus dem Z80 herauszuholen, was herauszuholen war. Illegale Opcodes, selbstmodifizierender Code, Eingriffe in die Systeminterrupts... kurz gesagt, die Rechenroutinen laufen hart am Rande der Legalität, aber sie laufen, und das nicht einmal schlecht: Selbst für den Autor war es letztendlich überraschend, daß die CPC-Version nur 6 Minuten und 30 Sekunden benötigt, um das berühmte Apfelmännchen als 3D-Landschaft auf den Bildschirm zu zaubern (gemessen bei Rechentiefe 30, Blickwinkel horizontal 45, vertikal 40 Grad). Wer das Geheimnis der Spezial-Arithmetik mit Hilfe eines Disassemblers lüften möchte, sollte sich allerdings etwas mehr Zeit nehmen...

Die Benutzeroberfläche des FRAKTAL GENERATOR 3D wurde dagegen brav in Basic realisiert, um den Entwicklungsaufwand in Grenzen zu halten. Allerdings sorgen auch hierbei diverse Assemblerrouitinen für flotte Grafik und ein schnelles Einblenden der zahlreichen Menuefenster.

### DIE WICHTIGSTEN FEATURES

Neben den 3D-Fähigkeiten und der hohen Rechengeschwindigkeit sorgt die CPC-Version genau wie das PC-Vorbild für eine attraktive Farbgestaltung: Durch eine Mischung der 4 Grundfarben in MODE 1 stehen für die Farbtabelle insgesamt 10 verschiedene Schattierungen zur Verfügung, ohne daß die unbefriedigende Grafikauflösung in MODE 0 in Kauf genommen werden muß. Die Auswahl der Grundfarben aus der Farbpalette des CPC kann jederzeit beliebig geändert werden.

Die Bedienung erfolgt konsequent über komfortable Pull-down-Menuefenster. Zahlreiche Bildparameter lassen sich auf diese Weise einstellen, also z.B. der Bildausschnitt per Auswahlrahmen, die Rechentiefe, der horizontale/vertikale Blickwinkel usw. Als Zugabe ermöglicht der FRAKTAL GENERATOR 3D die Darstellung der aus den 'Apfelmännchen'-Bildern abgeleiteten Julia-Mengen, wodurch eine Vielzahl weiterer Grafikmotive zur Verfügung steht.

Wer die Ergebnisse seiner Fraktal-Entdeckungsreisen gerne auf dem Papier festhalten möchte, findet im Bild-Menue eine Hardcopy-Option, die die Farben auf einem Matrixdrucker in verschiedene Grauraster umsetzt. Natürlich lassen sich die Bilder auch auf Diskette bzw. Cassette speichern und bei Bedarf wieder laden. Weiterhin dürfen sich CPC 6128-Besitzer uneingeschränkt über die zusätzlichen 64 KByte ihres Rechners freuen: Sie werden vom FRAKTAL GENERATOR 3D voll genutzt, um maximal 4 Bilder gleichzeitig im Speicher zu halten.



### ZU DIESEM ANLEITUNGSBUCH

Durch die große Anzahl einstellbarer Parameter ist der FRAKTAL GENERATOR 3D eine sehr vielseitige mathematische Experimentierfläche und erlaubt weitreichende Einflußmöglichkeiten auf die Bildgestaltung. Die wesentlichen mathematischen Grundlagen finden Sie in Kapitel 9; man kann jedoch auch ohne Mathematik-Kenntnisse auf rein 'intuitive' Weise vorgehen und die Wirkung der verschiedenen Einstellungen durch Probieren herausfinden. Insbesondere Kapitel 8, das sich mit den Optionen des Parametermenues beschäftigt, gibt Ihnen dazu wichtige Tips.

Wer den FRAKTAL GENERATOR 3D gerade erworben hat und erst einmal ein paar schöne Bilder sehen möchte, ohne lange Romane lesen zu müssen, findet in Kapitel 4 eine Kurzanleitung zur Erzeugung von 3D-Fraktalen, worauf dann die ausführliche Anleitung folgt. Auf jeden Fall sollten Sie sich aber vorher mit den allgemeinen Hinweisen zur Bedienung des FRAKTAL GENERATOR 3D (ab Kapitel 2) beschäftigen, um unnötige Fehlschläge zu vermeiden.

### EINE PERSÖNLICHE BILDERWELT

Wer seine ersten Experimente mit dem FRAKTAL GENERATOR 3D startet, sollte sich über eines im Klaren sein: Aufgrund der vielen Freiheiten, die das Programm einräumt, ist nicht gewährleistet, daß Sie mit irgendeiner x-beliebigen Einstellung ansehnliche Bilder erhalten. Eine unglückliche Parameterwahl kann z.B. durchaus dazu führen, daß der gesamte Bildschirm mit nur einer Farbe gefüllt wird.

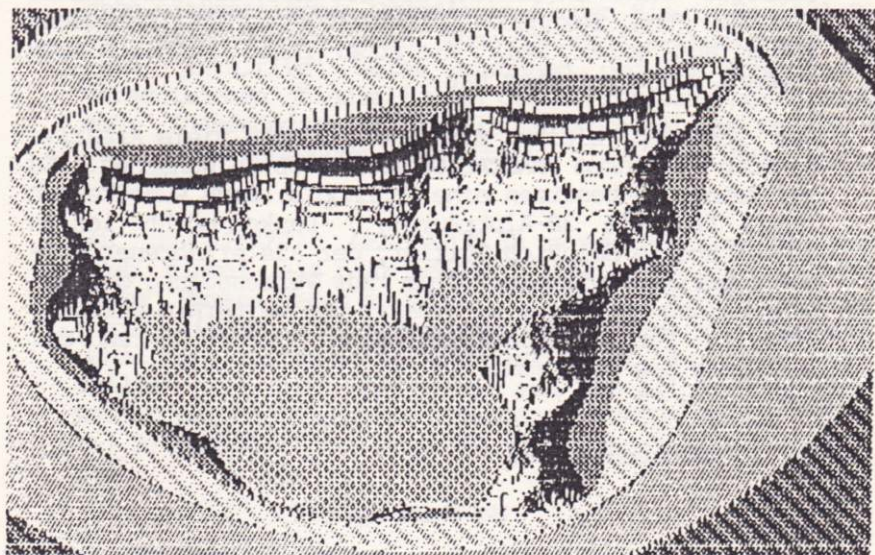
Doch letztendlich erhält der FRAKTAL GENERATOR 3D gerade dadurch seinen Reiz: Die Bilder entstehen nicht von alleine, sondern durch die Interaktion mit dem Anwender. Mit der Zeit werden Sie eine ganz persönliche Vorliebe für bestimmte Bildmotive oder Farben entwickeln und sich Ihre eigene Bildersammlung auf Diskette bzw. Cassette zusammenstellen, die Sie dann bei Gelegenheit Freunden und Bekannten vorführen können: Erinnerungsfotos aus einer Welt, die außer Ihnen womöglich noch niemand zuvor betreten hat...

Zum Abschluß bleibt mir noch, Ihnen viele kreative Stunden mit Ihrem FRAKTAL GENERATOR 3D zu wünschen. (Es sei denn, Sie besitzen eine Raubkopie: Dann wünsche ich Ihnen fraktale 3D-Alpträume...) Danken möchte ich an dieser Stelle Heinrich Stiller, der als erfahrener Computergrafiker wichtige Tips zur Verbesserung der 3D-Darstellung beigesteuert hat, und weiterhin Wolfgang Nimrich für den organisatorischen Support während der Entstehung des Programms.

Im Oktober 1988

Matthias Uphoff





## 2. Programmstart und Sicherheitskopie

In diesem Kapitel erfahren Sie, wie Sie den FRAKTAL GENERATOR 3D laden und starten. Weiterhin wird die Anfertigung einer Sicherheitskopie beschrieben.

### STARTEN DER CASSETTENVERSION

Versetzen Sie den Rechner mit [CTRL] [SHIFT] [ESC] in den Einschaltzustand. Legen Sie die FRAKTAL GENERATOR-Cassette ein und achten Sie darauf, daß sie bis zum Anfang zurückgespult wurde. Drücken Sie dann die [CTRL] und die kleine [ENTER]-Taste und folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm (Press PLAY then any key).

### STARTEN DER DISKETTENVERSION

Versetzen Sie den Rechner mit [CTRL] [SHIFT] [ESC] in den Einschaltzustand. Legen Sie die FRAKTAL GENERATOR-Diskette in das Laufwerk und geben Sie RUN "FRAK3D" ein. Schließen Sie die Eingabe mit der [RETURN]- bzw. [ENTER]-Taste ab.

### ANFERTIGEN EINER SICHERHEITSKOPIE

Der FRAKTAL GENERATOR 3D besteht aus zwei Programmteilen. Der Maschinencode (FRAK3D.BIN) wird vom Basic-Hauptprogramm (FRAK3D.BAS) nach dem Programmstart automatisch nachgeladen. Um ein Duplikat des FRAKTAL GENERATOR 3D zu erzeugen, müssen beide Teile kopiert werden. Gehen Sie zu diesem Zweck auf folgende Weise vor:



- Versetzen Sie den Rechner mit [CTRL] [SHIFT] [ESC] in den Einschaltzustand. Legen Sie die FRAKTAL GENERATOR-Diskette/Cassette ein.

- Geben Sie die Befehlsfolge

```
MEMORY &8FFF:LOAD "FRAK3D.BAS":LOAD "FRAK3D.BIN"
```

ein und schließen Sie sie mit der [RETURN]- bzw. [ENTER]-Taste ab. Folgen Sie bei Cassettenbetrieb den Anweisungen auf dem Bildschirm.

- Nach dem der Ladevorgang abgeschlossen ist, können Sie eine neue Diskette/Cassette einlegen und das Programm mit der Befehlsfolge

```
SAVE "FRAK3D.BAS":SAVE "FRAK3D.BIN",b,&9000,&1200
```

wieder abspeichern.

Die Sicherheitskopie läßt sich auf einfache Weise anfertigen, da der FRAKTAL GENERATOR 3D nicht kopiergeschützt ist. Weiterhin ist es aus diesem Grund möglich, sich den Basic-Teil des Programms anzuschauen und eventuell sogar Änderungen vorzunehmen. Kommentare geben dabei Hinweise auf die Bedeutung der verschiedenen Programmteile. Jedoch sollten Sie solche Experimente nur mit einer Kopie des FRAKTAL GENERATOR 3D durchführen; die vollständige Funktionsfähigkeit ist nur für das unveränderte Original gewährleistet.

## DIE NUTZUNGSRECHTE

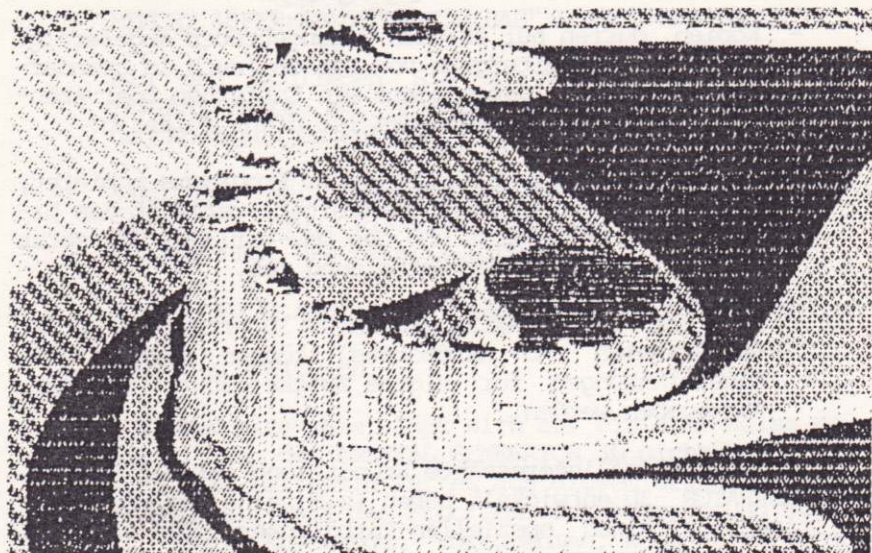
Die anwenderfreundliche 'offene' Konzeption des FRAKTAL GENERATOR 3D bringt für Sie allerdings auch eine erhöhte Verantwortung mit sich. Programme in dieser Form können in Zukunft nur dann angeboten werden, wenn Sie als Anwender die folgenden rechtlichen Voraussetzungen beachten und respektieren:

- Kopien dürfen nur für den Eigengebrauch angefertigt werden. Die Weitergabe von Kopien (auch in geänderter Form) und insbesondere ein Entfernen oder Abändern des Copyright-Vermerks ist nicht zulässig.
- Wer das Programm oder Teile des Programms anbietet, verkauft oder sonstwie verbreitet, verletzt das Urheberrecht des Autors und des DMV-Verlages und setzt sich strafrechtlicher Verfolgung aus.
- Die mit dem FRAKTAL GENERATOR 3D erzeugten Bilder (Bilddateien und Hardcopies) können dagegen ohne Einschränkungen für eigene Zwecke genutzt und weitergegeben werden.

Falls Sie eine interessante Erweiterung für den FRAKTAL GENERATOR 3D entwickelt haben (z.B. eine Hardcopy-Routine für einen speziellen Farbdrucker), die sie auch anderen Anwendern (eventuell gegen Honorar) zur Verfügung stellen wollen, so schreiben Sie an

DMV Daten & Medien  
Postfach 250  
3440 Eschwege





### 3. Allgemeine Hinweise zur Bedienung

Nach dem Start des FRAKTAL GENERATOR 3D und dem Erscheinen des Titelbildes befindet sich am oberen Bildschirmrand eine Menueleiste. Um z.B. das Datei- oder Bildmenue zu aktivieren, steuern Sie zunächst den inversen Balken mit den Cursortasten [Pfeil links] oder [Pfeil rechts] in das gewünschte Feld. [ENTER], [RETURN] oder auch die Taste [Pfeil unten] lassen ein Fenster erscheinen, das Ihnen eine Reihe weiterer Optionen anbietet.

Mit den Cursortasten [Pfeil unten] bzw. [Pfeil oben] wird der inverse Balken zu einem der Menüpunkte gesteuert; [ENTER] oder [RETURN] dienen dazu, die ausgewählte Funktion auszulösen. Sie können ein Menüefenster wieder verlassen, indem Sie [ESC] drücken. Das Fenster wird dann automatisch 'geschlossen' und der Bildhintergrund restauriert.

#### GRUNDLEGENDE BEDIENTUNGSFUNKTIONEN

Im wesentlichen wird der FRAKTAL GENERATOR 3D mit folgenden Tasten bedient:

- [RETURN] oder [ENTER] dienen dazu, einen bestimmten Menüpunkt zu aktivieren oder eine Eingabe abzuschließen. In den folgenden Kapiteln wird nur auf die [ENTER]-Taste hingewiesen; [RETURN] hat grundsätzlich die gleiche Bedeutung.

- Mit [ESC] können Sie jederzeit aus einem Menue- oder Eingabefenster aussteigen (außer bei laufenden Lade- und Speicheroperationen). Falls Sie bereits Änderungen vorgenommen haben, so stellt [ESC] die Situation vor Ihrem Eingriff wieder her.
- Die Cursortasten (Pfeiltasten) bewegen den inversen Balken für die Auswahl der Menueoptionen. Mitunter steuern sie auch einen als Pfeil dargestellten Cursor, um z.B. eine bestimmte Stelle in einem Bild auszuwählen.
- [DEL] dient dazu, die Menueleiste (und weitere Fenster) zeitweilig auszublenden, um ein Bild in Ruhe betrachten zu können. Ein Druck auf eine beliebige Taste läßt die Menueleiste wieder erscheinen. Bei Eingaben können Sie mit [DEL] rückwärts löschen und Fehler korrigieren.

Einige Optionen des Parametermenues (z.B. Festlegung des Blickwinkels) erwarten Zahleneingaben, wobei der aktuell eingestellte Wert als Vorgabe angeboten wird. Hier können Sie

- Die Vorgabe unverändert mit [ENTER] übernehmen
- Die Vorgabe mit [DEL] rückwärts löschen und verändern
- Einen neuen Wert eintippen, wobei der alte automatisch gelöscht wird.
- Mit [ESC] aussteigen.

Die Funktion der verschiedenen Tasten wird in den folgenden Kapiteln noch genau erläutert. Weiterhin enthalten die Menue- und Eingabefenster Hinweise darauf, welche Tasten akzeptiert werden.



## 4. Ein paar schnelle Bilder

In diesem Kapitel erfahren Sie, wie Sie auf die Schnelle ein paar nette Grafiken auf den Bildschirm zaubern können. Trotzdem sollten Sie sich bei nächster Gelegenheit die ausführliche Anleitung in den folgenden Kapiteln durchlesen. Der FRAKTAL GENERATOR 3D stellt sehr viele interessante Möglichkeiten zur Bildgestaltung zur Verfügung, und es wäre schade, wenn Sie davon nur die Hälfte nutzen.

### DIE ERZEUGUNG DES APFELMÄNNCHENS

Wenn Sie nach dem Programmstart gleich den Punkt 'zeichnen' im Bildmenue anwählen, wird der FRAKTAL GENERATOR 3D die berühmte 'Apfelmännchen'-Figur produzieren (zunächst in zweidimensionaler Darstellung), die eine wichtige Grundlage für die Erzeugung weiterer Bilder darstellt. Die Option 'Ausschnitt' im Parametermenue ermöglicht es, sich immer weiter in Detailstrukturen 'hineinzurechnen', wobei oft abenteuerliche Bilder entstehen.

Um zu ergründen, was sich mit dem FRAKTAL GENERATOR 3D noch alles anstellen läßt, können Sie nach der Erzeugung des 'Apfelmännchens' den Menüpunkt 'Blickwinkel' im Parametermenue aufrufen. Er aktiviert ein Eingabefenster, in dem zwei Winkelangaben als Zahlenwerte erwartet werden. Tragen Sie hier zunächst unter 'horizontaler Blickwinkel' den Wert 45 ein und übergehen Sie die nächste Eingabe einfach mit [ENTER]. Nachdem die Menueleiste wieder erschienen ist, können Sie das Bild neu zeichnen lassen. Wie Sie sehen werden, wird die Apfelmännchen-Bildfläche jetzt um 45 Grad gedreht.

### DAS APFELMÄNNCHEN-TAL

Die Änderung des horizontalen Blickwinkels erzeugt allerdings noch keinen dreidimensionalen Eindruck. Zu diesem Zweck muß der vertikale Blickwinkel auf einen Wert verschieden Null gesetzt werden. Rufen Sie deshalb wieder das Eingabefenster für den Blickwinkel auf, lassen Sie den horizontalen Winkel unverändert, indem Sie einfach [ENTER] drücken, und tragen Sie beim vertikalen Winkel z.B. 35 Grad ein. Wenn Sie das Bild danach neu zeichnen lassen, kippt es der FRAKTAL GENERATOR 3D um eine weitere Achse, wodurch die räumliche Struktur der Landschaft sichtbar wird. Die blaue Fläche in der Mitte des Apfelmännchens erscheint jetzt als großer See in einem tiefen Tal.

### DER APFELMÄNNCHEN-BERG

Der FRAKTAL GENERATOR 3D erlaubt es weiterhin, die Landschaft quasi umzustülpen und als Bergstruktur darzustellen. Sie brauchen dazu nur einen negativen vertikalen Blickwinkel einzugeben (also z.B. -35 Grad). Wenn das Bild danach neu gezeichnet wird, tritt die Apfelmännchenfigur nicht mehr als Tal, sondern als Hochebene in Erscheinung.

### DIE JULIA-FRAKTALE

Der FRAKTAL GENERATOR 3D kann neben den bekannten Apfelmännchen-Bildern noch eine weitere Sorte Fraktale erzeugen: Die sogenannten Julia-Mengen. Rufen Sie zu diesem Zweck das Typ-Menuefenster auf, wählen Sie dort mit [ENTER] die Option 'Julia-Set' und lassen Sie dann das Bild zeichnen.

Der FRAKTAL GENERATOR 3D erzeugt daraufhin eine recht interessante Grafik, die allerdings nur ein Beispiel für die außerordentlich große Familie der Julia-Fraktale darstellt. Wie sich weitere Julia-Bilder erzeugen lassen, erfahren Sie in Kapitel 8.

Die Julia-Grafik können Sie natürlich genau wie das Apfelmännchen auf dem Bildschirm drehen und wenden, indem Sie wie beschrieben andere Blickwinkel eingeben und damit die Tal- bzw. Bergstruktur sichtbar machen.

#### LADEN DER DEMO-BILDER

Auf Ihrer FRAKTAL GENERATOR-Diskette befinden sich weitere 3D-Fraktalbilder, die Sie laden können, indem Sie im Dateimenue den Punkt 'laden' anwählen, worauf ein Fenster mit den Dateinamen erscheint. Suchen Sie sich mit Hilfe des Auswahlbalkens die gewünschte Datei heraus und drücken Sie dann [ENTER], worauf das Bild auf dem Monitor erscheint.

In der Cassettenversion folgend die Bilder direkt auf die Programmdateien. Wenn Sie das Zählwerk zu Beginn der Cassette auf Null stellen, finden Sie die Demobilder an folgender Stelle:

DEMO1.PIC - 108

DEMO2.PIC - 144

DEMO3.PIC - 182

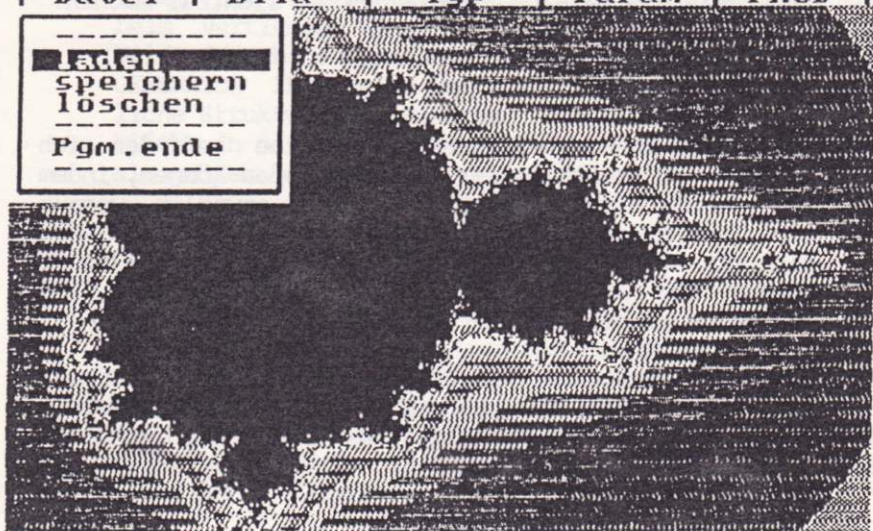
Um eines der Bilder zu laden, brauchen Sie das Band nur bis zu der richtigen Stelle vorzuspulen. Wählen Sie dann den Menüpunkt 'laden' im Dateimenue, drücken Sie die PLAY-Taste und danach [ENTER].



| Datei | Bild | Typ | Param | FR3D |

-----  
**Laden**  
**speichern**  
**löschen**  
 -----

**Pgm . ende**  
 -----



## 5. Das Dateimenue

Im Dateimenue sind alle Funktionen versammelt, die Sie benötigen, um die mit dem FRAKTAL GENERATOR 3D erzeugten Bilder auf Diskette/Cassette zu speichern oder wieder zu laden. Weiterhin können Sie hier mit der Option 'Programmende' den Rechner zurücksetzen und ins Basic zurückkehren.

### ALLGEMEINE INFORMATIONEN ZUM LADEN/SPEICHERN

Eine FRAKTAL GENERATOR-Bilddatei benötigt 17 KByte Speicherplatz, womit eine Diskette recht schnell gefüllt ist. Halten Sie also am besten immer eine formatierte Leerdiskette bereit, um Ihre Bilder auf jeden Fall speichern zu können.

Bei Cassettenbetrieb benutzt der FRAKTAL GENERATOR 3D wegen der Länge der Dateien die höhere Aufzeichnungsgeschwindigkeit (SPEED WRITE 1). Es sollte also nach Möglichkeit Bandmaterial mit guter Qualität benutzt werden.

Alle Bilddateien werden vom FRAKTAL GENERATOR 3D automatisch mit der Endung .PIC (für Picture) versehen. Bei der Eingabe von Dateinamen wird aus diesem Grund keine (andere) Namenserverweiterung akzeptiert.

Die zu einem Bild gehörenden Parameter (also Rechentiefe, Blickwinkel usw.) und Farbeinstellungen werden beim Speichern automatisch mit aufgezeichnet, da sie in einem unbenutzten Bereich des Bildschirmspeichers stehen. Nach dem Laden eines Bildes kann der FRAKTAL GENERATOR 3D deshalb alle Werte wieder korrekt anzeigen bzw. einstellen.

## DATEI LADEN

Nach Anwahl dieses Menüpunktes erscheint bei Diskettenbetrieb ein Auswahlfenster mit den vorhandenen Bilddateien. Steuern Sie den Balken zu dem gewünschten Dateinamen, und drücken Sie die [ENTER]. Falls sich auf einer Diskette keine Bilder befinden, so wird eine entsprechende Meldung eingeblendet.

Bei Cassettenbetrieb werden Sie nur aufgefordert, die PLAY-Taste und dan [ENTER] zu drücken. Die Eingabe eines Dateinamens ist nicht erforderlich, da der FRAKTAL GENERATOR 3D einfach die nächste auffindbare Datei von Cassette lädt. Sie müssen also zu der entsprechenden Stelle vor- oder zurückspulen.

Da beim Laden eines Bildes ein bereits vorhandenes Bild überschrieben wird, warnt Sie der FRAKTAL GENERATOR 3D, falls es noch nicht gespeichert wurde. Hier haben Sie also noch Gelegenheit, mit [ESC] abubrechen.

## DATEI SPEICHERN

Dieser Menüpunkt steht nur zur Verfügung, wenn sich bereits eine Grafik auf dem Bildschirm befindet. Sie werden dann zur Eingabe eines Dateinamens aufgefordert (ohne Namenserverweiterung!), der maximal 8 Buchstaben umfaßt. Schließen Sie die Eingabe mit [ENTER] ab.

Bei Cassettenbetrieb werden Sie danach aufgefordert, REC/PLAY und dann [ENTER] zu drücken; bei Diskettenbetrieb beginnt sofort der Speichervorgang.



Wenn auf einer Diskette nicht mehr genug Platz ist, blendet der FRAKTAL GENERATOR 3D ein Fenster mit einer entsprechenden Meldung ein. Das gleiche passiert, wenn eine Diskette nicht richtig eingelegt wurde, fehlt oder schreibgeschützt ist. Dadurch wird verhindert, daß die Standard-Fehlermeldungen des CPC ein Bild zerstören.

## LADEN EINES BILDES OHNE FRAKTAL GENERATOR

Die vom FRAKTAL GENERATOR 3D erzeugten Bilder können Sie problemlos in eigen Programme einbinden. Benutzen Sie die folgenden Befehle:

```
MODE 1:LOAD "Name.PIC"
```

Bei Bedarf können auch noch die originalen INK-Farben eingestellt werden:

```
FOR i=0 TO 3:INK i,PEEK(&C7D5+i):NEXT
```

## DATEI LÖSCHEN

Dieser Menuepunkt steht nur bei Diskettenbetrieb zur Verfügung und ermöglicht es, eine Bilddatei zu löschen. Die Auswahl erfolgt auf die gleiche Weise wie bei 'Datei laden'; danach erscheint ein Fenster mit einer Sicherheitsabfrage. Hier können Sie mit [ENTER] bestätigen oder mit [ESC] abbrechen.

## PROGRAMMENDE

Diese Menueoption führt nach einer Sicherheitsabfrage zurück ins Basic, wobei der Rechner in den Einschaltzustand versetzt wird.



## 6. Das Bildmenue

Im Bildmenue finden Sie Funktionen, um ein Bild zu zeichnen, zu löschen oder zu drucken. Wenn Sie einen CPC 6128 besitzen, können Sie weiterhin Bilder zwecks späterer Verwendung im Speicher ablegen.

### BILD ZEICHNEN

Nach Anwahl dieses Menüepunktes wird ein Bild mit den aktuellen Parametern (Farben, Ausschnitt, Tiefe, Blickwinkel usw.) gezeichnet, so wie sie im Info-Fenster angezeigt werden (siehe Parametermenue). Ein bereits vorhandenes Bild wird dabei gelöscht und geht verloren, wenn Sie es nicht vorher abspeichern. Der FRAKTAL GENERATOR 3D blendet in diesem Fall eine Warnung ein.

Abbrechen können Sie den Zeichenvorgang mit [ESC], worauf wieder die Menueleiste erscheint. Das Programm reagiert allerdings erst, nachdem es eine Zeile zu Ende gezeichnet hat. Ein unvollständiges Bild wird genau wie ein vollständiges Bild behandelt, kann also gespeichert und geladen werden. Falls sich eine unvollständige Grafik auf dem Bildschirm befindet, so erkennt das der FRAKTAL GENERATOR 3D nach Anwahl von 'zeichnen' automatisch und setzt sein Werk fort. Hindern kann man ihn daran nur, indem man das angefangene Bild mit der folgenden Option löscht.

Anmerkung: Beim Zeichnen dreidimensionaler Bilder dauert es in Abhängigkeit von der Rechentiefe eine Weile, bis der Zeichenvorgang sichtbar wird. Der FRAKTAL GENERATOR 3D sucht derweilen oberhalb des Bildschirmrandes nach Strukturen, die von dort aus in den sichtbaren Bereich hineinragen.



### BILD LÖSCHEN

Dieser Menüpunkt steht nur zur Verfügung, wenn bereits ein Bild vorhanden ist. Falls das Bild noch nicht gespeichert wurde, gibt der FRAKTAL GENERATOR 3D eine Warnung aus, so daß Sie noch mit [ESC] abbrechen können. Die aktuelle Parametereinstellung (Farben, Ausschnitt, Rechentiefe, Blickwinkel usw.) bleibt beim Löschen erhalten und kann weiterverwendet werden.

### BILD WECHSELN

Diese Option steht nur auf dem CPC 6128 zur Verfügung. Sie ermöglicht es, bis zu 4 Bilder gleichzeitig im Speicher zu halten und nach Bedarf aufzurufen.

Nach Anwahl des Menüpunktes 'wechseln' erscheint ein Fenster mit den Nummern von 1 bis 4. Sie werden invers dargestellt, falls unter einer Nummer bereits ein Bild abgelegt wurde. Ein Pfeil markiert die Nummer des gerade sichtbaren Bildes. Mit den Cursortasten [Pfeil links] und [Pfeil rechts] können Sie eine andere Bildnummer ansteuern und sie mit [ENTER] aufrufen, wodurch das aktuelle Bild automatisch in den Speicher gerettet und dann das neue Bild dargestellt wird. Falls unter der gewählten Nummer noch kein Bild abgelegt wurde, wird natürlich nur der Bildschirm gelöscht.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, das aktuelle Bild in den Speicher zu kopieren, indem Sie den Pfeil auf eines der Nummernfelder richten und dann die [COPY]-Taste drücken. Danach befindet sich also unter der gewählten Nummer ein Duplikat Ihres Bildes, so daß Sie es bei Gelegenheit als Ausgangspunkt für eine weitere Serie fraktaler Grafiken benutzen können.

Beachten Sie dabei bitte, daß das im Speicher abgelegte Bild verlorengeht, wenn Sie in eine invers dargestellte Nummer kopieren.

Wenn Sie eines der Bilder in Ruhe betrachten wollen, können Sie das Fenster mit [DEL] verschwinden lassen. Ein beliebiger weiterer Tastedruck bringt es wieder zum Vorschein. Mit [ESC] wird der Menüpunkt 'wechseln' abgeschlossen, und am oberen Bildschirmrand erscheint wieder die Menueleiste.

#### BILD DRUCKEN

Diese Menüpunkt steht nur zur Verfügung, wenn bereits ein Bild vorhanden ist. Er ermöglicht den Ausdruck eines Bildes auf einem Epson-kompatiblen Matrixdrucker. Die Farben werden dabei durch verschiedene Graustufen dargestellt.

Falls bei Anwahl von 'drucken' der Drucker nicht betriebsbereit ist, wird eine Meldung eingeblendet. Andernfalls erscheint ein Fenster, in dem Sie das Druckformat (DIN A5 oder DIN A4) festlegen können. Weiterhin läßt sich einstellen, ob der Ausdruck normal oder invers erfolgen soll. Bei normalem Ausdruck wird die Farbe, die in den Menuefenstern als Schreibfarbe Verwendung findet, schwarz und die Hintergrundfarbe weiß dargestellt; bei inversem Ausdruck verhält es sich genau umgekehrt.

Mit den Cursortasten [Pfeil oben] und [Pfeil unten] legen Sie fest, welche Einstellmöglichkeit Sie beeinflussen wollen, was durch die Position des Pfeils im Fenster angezeigt wird. Mit den Tasten [Pfeil links] bzw. [Pfeil rechts] können Sie zwischen den Alternativen umschalten. Die aktuelle Einstellung wird durch die inverse Darstellung der Option (also z.B. DIN A4 oder DIN A5) angezeigt.

Mit [ENTER] wird der Ausdruck gestartet; mit [ESC] kann jederzeit (also auch während des Druckens) abgebrochen werden.

Sehr komfortable Möglichkeiten zur Nachbearbeitung und zum Ausdruck von Fraktal-Bildern bietet das ebenfalls bei DMV erhältliche Programm COPYSHOP. Die Dateien des FRAKTAL GENERATOR 3D sind bereits für die Zusammenarbeit mit COPYSHOP vorbereitet, so daß der MODE und die INK-Farben des Fraktal-Bildes automatisch richtig erkannt werden. Eine für Ihren Drucker angepaßte COPYSHOP-Version kann insbesondere helfen, Probleme mit Epson-inkompatiblen SteuerCodes zu umgehen. Für zwei Standardprobleme enthält jedoch auch der FRAKTAL GENERATOR 3D bereits Anpassungsmöglichkeiten:



## DRUCKERANPASSUNG

Auch wenn Ihr Drucker Epson-kompatible SteuerCodes für den Grafikausdruck versteht, können sich beim Ausdruck Verzerrungen ergeben. Bei 24-Nadel-Matrixdruckern wird z.B. in der 8-Nadel-Simulation nur jede dritte Nadel benutzt. Daraus ergibt sich jedoch ein etwas größerer Pixelabstand als bei 'echten' 8-Nadel-Druckern. Das Resultat: Die Hardcopy wird zu lang.

Der FRAKTAL GENERATOR 3D enthält für diesen Fall eine vorbereitete Anpassungssequenz. Sie können sie auf folgende Weise aktivieren:

- Setzen Sie den Rechner zurück und laden Sie den Basicteil des FRAKTAL GENERATOR 3D mit LOAD "FRAK3D"
- Geben Sie das Kommando EDIT 80 ein, worauf eine Zeile mit mehreren POKE-Befehlen angezeigt wird, die jedoch durch ein Kommentar-Hochkomma zu Beginn unwirksam bleibt.
- Steuern Sie den Cursor zu dem Kommentar-Strich und drücken Sie [CLR], um ihn zu löschen. Geben Sie dann die geänderte Zeile mit [ENTER] wieder ein.
- Speichern Sie das Programm mit SAVE "FRAK3D.BAS" neu ab.

Eine vollständige Ausnutzung der 24-Nadel-Grafikmöglichkeiten ist wegen des 7-Bit-Druckeranschlusses des CPC leider nicht ohne weiteres realisierbar.

Wenn Ihr Drucker Epson-kompatibel ist, die Nadeln jedoch in umgekehrter Reihenfolge ansteuert, so erscheint jede Druckzeile für sich auf den Kopf gestellt. Auch in diesem Fall können Sie für Abhilfe sorgen, indem Sie wie oben beschrieben die Programmzeile 90 aktivieren.

UNTERSCHIEDLICHE

Die Fraktal 3D CPC ist eine Software, die es ermöglicht, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren.

Die Fraktal 3D CPC ist eine Software, die es ermöglicht, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren.

Die Fraktal 3D CPC ist eine Software, die es ermöglicht, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren.

Die Fraktal 3D CPC ist eine Software, die es ermöglicht, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren. Die Software ist in der Lage, die Fraktalstruktur von Bildern zu analysieren und zu visualisieren.

## 7. Das Typmenue

Das Typmenue enthält nur zwei Optionen, mit denen eingestellt wird, welche Art von Fraktalbildern der FRAKTAL GENERATOR 3D zeichnen soll:

- Die Einstellung 'Mandelbrot-Set' erzeugt die üblichen Fraktalbilder (Apfelmännchen und Konsorten)
- Die Einstellung 'Julia-Set' erzeugt fraktale Grafiken, die ähnlich wie die Apfelmännchen-Bilder berechnet werden, aber zum Teil mit ganz eigenen Strukturen aufwarten.

Die aktuelle Einstellung wird durch ein Häkchen im Menuefenster angezeigt. Sie können Sie ändern, indem Sie den Balken zu dem gewünschten Typ steuern und dann [ENTER] drücken.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Bildtypen besteht darin, daß ein Julia-Bild noch zusätzlich ein Zahlenpaar zu seiner Charakterisierung braucht, das im Parametermenue als 'Julia-Fixpunkt' eingegeben wird. Weitergehende Informationen zu den Bildtypen finden Sie in Kapitel 8 und 9.

### TYP WECHSELN

Ein Wechsel im Typmenue hat zur Folge, daß bis auf die aktuelle Farbtabelle alle Bildparameter auf die Standardeinstellung für den jeweiligen Typ (also Mandelbrot-Set oder Julia-Set) zurückgesetzt werden, die auch nach dem Programmstart zur Verfügung steht - es sei denn, das aktuelle auf dem Monitor sichtbare Bild gehört zu dem angewählten Typ: In diesem Fall werden die entsprechenden Bildparameter eingestellt.



Dazu ein Beispiel: Angenommen, ein Ausschnitt des Apfelmännchens wurde gezeichnet. Der aktuelle Bildtyp ist also 'Mandelbrot-Set'. Wenn Sie jetzt im Typmenue 'Julia-Set' anwählen und danach das Info-Fenster im Parametermenue aufrufen, können Sie sehen, daß nicht mehr die Daten des Apfelmännchen-Ausschnitts angezeigt werden, sondern die Grundeinstellung für den Typ 'Julia-Set'. Nach Anwahl von 'zeichnen' im Bildmenue wird der FRAKTAL GENERATOR 3D also die entsprechende Julia-Figur erzeugen. Wenn Sie es sich jedoch anstattdessen anders überlegen und zur Einstellung 'Mandelbrot-Set' zurückkehren, werden wieder die zum Apfelmännchen-Ausschnitt gehörenden Werte im Info-Fenster erscheinen.

## 8. Das Parametermenue

Im Parametermenue werden die Werte für das nächste zu zeichnende Bild eingestellt, also z.B. die Farben, der Bildausschnitt, die Rechentiefe, der Blickwinkel usw. Zu beachten ist, daß eine Neueinstellung verloren geht, wenn Sie ein anderes Bild laden oder mit 'Bild wechseln' eine andere Bildnummer aktivieren. Beim Löschen eines Bildes (siehe Bildmenue) bleiben die eingestellten Werte dagegen erhalten.



### AUSSCHNITT MIT AUSWAHLRAHMEN

Mit diesem Menüpunkt bestimmen Sie den Ausschnitt eines Bildes, der vergrößert gezeichnet werden soll. Wenn bereits eine Grafik auf dem Bildschirm befindet, ist das denkbar einfach: Es erscheint ein Pfeil, den Sie mit den Cursortasten steuern können. SHIFT zusammen mit den Cursortasten sorgt für die Feinabstimmung und bewegt den Pfeil bildpunktweise.

Steuern Sie den Pfeilcursor zunächst zu einer Ecke des gewünschten Bildbereichs und drücken Sie [ENTER]. Wenn Sie danach den Pfeil weiterbewegen, erscheint ein Rechteck auf dem Bildschirm, das Sie in Form und Größe beliebig verändern können; der Pfeilcursor markiert dabei jetzt die andere diagonal gegenüberliegende Ecke.

Fixiert wird der Ausschnitt ebenfalls durch [ENTER]. Falls Ihnen der zuerst gewählte Eckpunkt nicht mehr gefällt, können Sie alternativ durch [ESC] den Ausschnitt löschen und von neuem beginnen. Nachdem Sie den Ausschnitt fixiert haben, erscheint ein Fenster, das die Zahlenwerte der Ausschnittkoordinaten anzeigt. Hier können Sie mit [ENTER] bestätigen oder mit [ESC] abbrechen.

## AUSSCHNITTE VON 3D-BILDERN

Wenn der FRAKTAL GENERATOR 3D den gewünschten Ausschnitt gezeichnet hat (nach Anwahl von 'zeichnen' im Bildmenue), können Sie natürlich von diesem Bild wieder einen Ausschnitt berechnen lassen, und auf diese Weise beliebig weit in interessante Strukturen 'hineinzoomen'. Nur bei 3D-Bildern läßt sich das nicht unbegrenzt fortsetzen, da in einem vergrößerten Ausschnitt natürlich auch die Höhenunterschiede größer werden. Spätestens nach der vierten Vergrößerung sehen Sie also nur noch eine oder zwei gigantische Terrassenstufen auf dem Bildschirm!



Die Stufenhöhe bei 3D-Bildern wird also beim Anfertigen vergrößerter Ausschnitte vom FRAKTAL GENERATOR 3D automatisch angepaßt, was Sie überprüfen können, wenn Sie das Info-Fenster im Parametermenue aufrufen. Nach der Festlegung eines Ausschnitts aus einem 3D-Bild steht dort ein größerer Wert als vorher! Den können Sie zwar manuell wieder verkleinern, erhalten dann jedoch beim Zeichnen nicht exakt den eingestellten Ausschnitt.

Wenn Sie sehr weit in eine interessante Bildstruktur eindringen wollen, empfiehlt es sich also, die Ausschnitte anhand von 2D-Bildern anzufertigen und erst die Endprodukte durch Änderung des vertikalen Blickwinkels in eine 3D-Darstellung umzuwandeln.

### EINGABE EINES AUSSCHNITTS DURCH ZAHLENWERTE

Falls sich noch keine Grafik auf dem Bildschirm befindet oder das Bild nicht zu dem eingestellten Fraktaltyp gehört, ist das Auswahl-Rechteck natürlich sinnlos. In diesem Fall erwartet der FRAKTAL GENERATOR 3D in einem Fenster die Eingabe der Koordinaten als Zahlenwerte, nacheinander für den linken, rechten, unteren und oberen Rand. Die Vorgaben informieren über die aktuelle Einstellung. Sie werden automatisch gelöscht, wenn Sie einen neuen Wert eintippen; erlaubt sind dabei Werte zwischen -10 und +10. [ENTER] ohne vorherige Eingabe übernimmt den alten Wert.

Die Festlegung durch Zahlenwerte ist erforderlich, wenn Sie in Zeitschriften oder Büchern angegebene Bildausschnitte übernehmen wollen (Literaturhinweise finden Sie in Kapitel 9). Eventuell müssen Sie ein bereits vorhandenes Bild löschen (siehe Bildmenue), um diese Eingabemöglichkeit nutzen zu können.

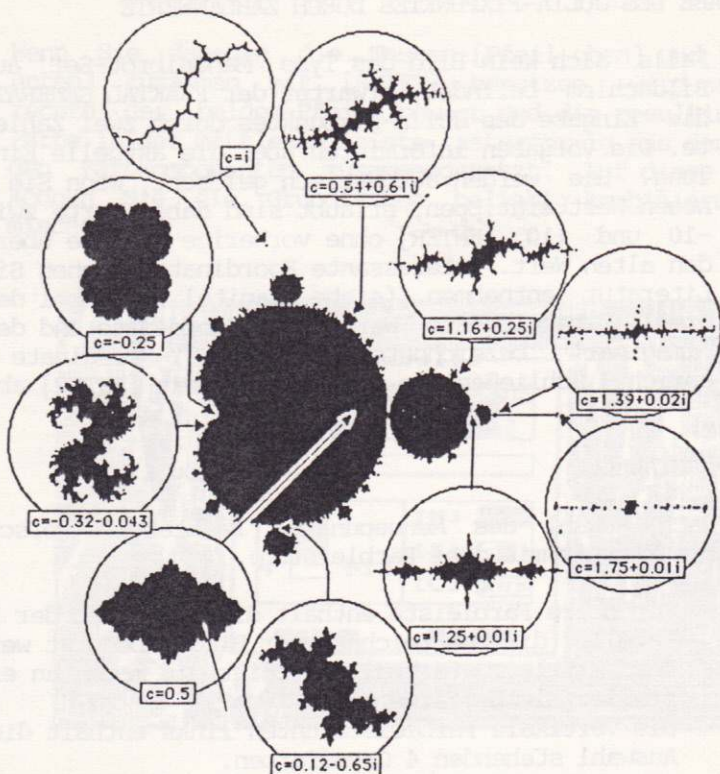
## DER JULIA-FIXPUNKT

Die Option 'Julia-Fixpunkt' steht im Parametermenue nur zur Verfügung, wenn Sie im Typmenue 'Julia-Set' ausgewählt haben. Sie dient zur Eingabe eines Zahlenpaares, das weitgehend den Charakter eines Julia-Fraktalbildes prägt. Die einfachste Methode, interessante Julia-Fixpunkte zu finden, besteht darin, sie aus dem Apfelmännchen-Bild herauszugreifen.

## LOKALISIEREN DES JULIA-FIXPUNKTES IM APFELMÄNNCHEN

Sorgen Sie zunächst dafür, daß sich die Apfelmännchen-Grundfigur auf dem Bildschirm befindet, indem Sie sie zeichnen lassen oder von Diskette laden. Im Typmenue wird daraufhin 'Mandelbrot-Set' als aktueller Bildtyp angezeigt. Wechseln Sie wie in Kapitel 7 beschrieben zur Einstellung 'Julia-Set' und wählen Sie dann im Parametermenue die Option 'Julia-Fixpunkt'. Daraufhin erscheint ein Pfeil auf dem Bildschirm, den Sie mit den Cursortasten steuern können. [SHIFT] zusammen mit den Cursortasten sorgt für die Feinabstimmung und bewegt den Pfeil bildpunktweise. Mit [ENTER] wird der Punkt fixiert, worauf ein Fenster erscheint, das über die Koordinaten informiert. Hier können Sie mit [ENTER] bestätigen oder mit [ESC] abbrechen.

Das Aussehen der Julia-Fraktale hängt stark davon ab, welchem Bereich des Apfelmännchens Sie den Fixpunkt entnehmen. Besonders interessante Ergebnisse erzeugen Fixpunkte, die in der Nähe des inneren Randes liegen. Weitere Hinweise dazu finden Sie in Kapitel 9 (mathematische Grundlagen). Einen Julia-Fixpunkt können Sie auf diese Weise jedem beliebigen Bild entnehmen, das zum Mandelbrot-Typ gehört. Das Apfelmännchen höchstpersönlich ist allerdings besonders gut dazu geeignet.



Struktur der Julia-Fraktale in Abhängigkeit von der Lage des Fixpunktes im Apfelmännchen (Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Vieweg-Verlages)



## EINGABE DES JULIA-FIXPUNKTES DURCH ZAHLENWERTE

Falls sich kein Bild des Typs 'Mandelbrot-Set' auf dem Bildschirm befindet, erwartet der FRAKTAL GENERATOR 3D die Eingabe des Julia-Fixpunktes durch zwei Zahlenwerte. Die Vorgaben informieren über die aktuelle Einstellung. Sie werden automatisch gelöscht, wenn Sie einen neuen Wert eintippen; erlaubt sind dabei Werte zwischen -10 und +10. [ENTER] ohne vorherige Eingabe übernimmt den alten Wert. Interessante Koordinaten können Sie der Literatur entnehmen (siehe Kapitel 9), wobei der mit 'reell' bezeichnete Wert der X-Koordinate und der mit 'imaginär' bezeichnete Wert der Y-Koordinate entspricht. Schließen Sie die Eingaben mit [ENTER] ab.

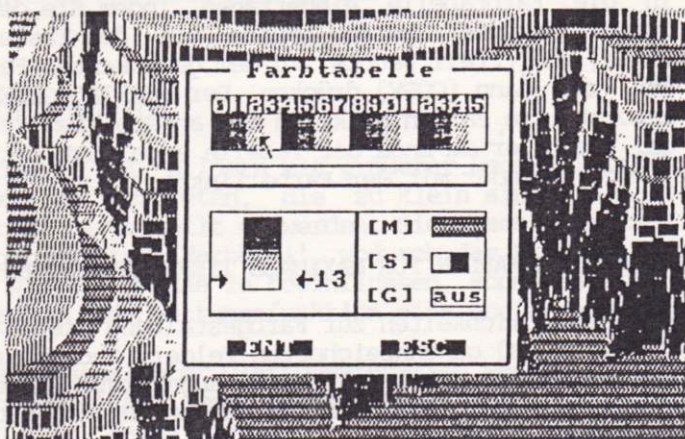
## DIE FARBABELLE

Nach Anwahl des Menüpunktes 'Farbtabelle' erscheint ein Fenster mit drei Farbleisten:

- Die obere Farbleiste enthält die 16 Farben der Farbtabelle, die zum Zeichnen der Bilder benutzt werden.
- Der mittlere Farbbalken zeigt die momentan eingestellte (Misch-)Farbe.
- Die vertikale Farbleiste unten links enthält die zur Auswahl stehenden 4 Grundfarben.

Die Farbenvielfalt des FRAKTAL GENERATOR 3D entsteht dadurch, daß sich jeweils zwei Grundfarben zu einer Mischfarbe kombinieren lassen. Die aktuellen Grundfarben werden in der unteren Leiste durch zwei Pfeile markiert. Sie können die Pfeile mit den Cursortasten [Pfeil oben] und [Pfeil unten] neu setzen, worauf sich auch die in der mittleren Leiste angezeigte aktuelle (Grund-)Farbe ändert.

Wenn Sie dagegen die Tasten [Pfeil oben] und [Pfeil unten] zusammen mit [SHIFT] benutzen, wird nur der rechte der beiden Pfeile bewegt und die resultierende Farbe in der mittleren Leiste rasterförmig aus den beiden Farbkomponenten zusammengesetzt. Auf diese Weise können Sie die Grundfarben beliebig kombinieren und mischen.



Der Zahlenwert neben dem rechten Pfeil gibt die Farbnummer aus der insgesamt 27 Farben umfassenden Palette des CPC an; die Nummern der verschiedenen Farbtöne finden Sie in Ihrem CPC-Handbuch. Die Einstellung der Farbpalette können Sie mit den Cursortasten ändern:

- [SHIFT] [Pfeil links] vermindert die Farbnummer um 1
- [SHIFT] [Pfeil rechts] erhöht die Farbnummer um 1

Auf diese Weise läßt sich das Aussehen eines Bildes auch nachträglich noch beeinflussen. Zu beachten ist nur, daß ein deutlicher Kontrast zwischen der ersten und letzten Grundfarbe in der Leiste unten links erhalten bleibt, da sonst die Darstellung der Menüfenster darunter leidet. Falls Sie zusätzlich noch die Randfarbe (BORDER) ändern wollen, können Sie die Taste [R] benutzen.

Die im mittleren Balken angezeigte (Misch-)Farbe wird in die Farbtabelle eingetragen, indem Sie den Pfeilcursor in der oberen Leiste mit den Tasten [Pfeil links] und [Pfeil rechts] zu dem gewünschten Feld bewegen und dann [COPY] drücken. Der FRAKTAL GENERATOR 3D benutzt die Farben exakt in der angezeigten Reihenfolge. Wenn er am Ende der Tabelle angelangt ist, so beginnt er wieder mit der Farbe links.

#### EINSTELLUNG DER FARBEN FÜR MAXIMALE TIEFE UND STUFEN

Weitere Möglichkeiten zur Farbgestaltung bieten die mit [M] und [S] gekennzeichneten Felder. Auch hier können Sie die in der mittleren Leiste angezeigte (Misch-)Farbe eintragen, indem Sie den entsprechenden Buchstaben eingeben:

- Das Feld [M] bestimmt die Farbe, mit der die Bildbereiche maximaler Rechartiefe (siehe nächsten Menüpunkt) gezeichnet werden.
- Das Feld [S] bestimmt die beiden Farben, aus denen das Strichmuster der Terrassenstufen bei der 3D-Darstellung besteht. Hier werden die beiden Grundfarben ausnahmsweise nicht zu einer gerasterten Mischfarbe kombiniert.



Einen Spezialeffekt können Sie erzeugen, wenn Sie im Stufen-Farbfeld [S] die oberste Grundfarbe (in der Einstellung nach Programmstart Schwarz) eintragen, und zwar als 1. und 2. Farbkomponente. Der FRAKTAL GENERATOR 3D zeichnet in diesem Fall keine schwarzen Terrassenstufen, sondern läßt sie einfach weg. Dadurch bekommt das Bild einen transparenten Charakter; die 3D-Strukturen schweben frei in der Luft.

### DIE GLÄTTUNGSFUNKTION

Besonders bei Bildern mit größerer Rechentiefe können Strukturen auftreten, die zu klein sind, um noch erkennbar dargestellt zu werden. Sie erscheinen dann als buntegepunkteter 'Farbbrei', wodurch das Bild sehr unruhig wirkt. Um das zu beeinflussen, können Sie mit der Taste [G] die Glättungsfunktion ein- und ausschalten.

Bei eingeschalteter Glättungsfunktion werden die 'unruhigen Bereiche' vom FRAKTAL GENERATOR 3D kategorisch durch die Farbe dargestellt, die Sie in das Feld für die maximale Rechentiefe eingetragen haben (siehe oben). Auch bei der 3D-Darstellung wird eine sehr 'zerklüftete' Landschaft auf diese Weise etwas geglättet. Wie sich die Glättungsfunktion auswirkt, kann jedoch sehr verschieden ausfallen. Manche Bilder werden dadurch erst 'ansehnlich', bei anderen zeigen sich vielleicht eher unerwünschte Auswirkungen. Letztendlich kommt es hier auf einen Versuch an.

## EINGABE DER RECHENTIEFE

Nach Anwahl des Menüpunktes 'Rechentiefe' erscheint ein Fenster, in dem Sie zwei Zahlenwerte für die minimale und maximale Rechentiefe eingeben können. Die Eingaben werden durch [ENTER] abgeschlossen. Die Vorgaben informieren über die aktuelle Einstellung. Sie werden automatisch gelöscht, wenn Sie einen neuen Wert eintippen; [ENTER] ohne vorherige Eingabe übernimmt den alten Wert.

## DIE MINIMALE RECHENTIEFE

Rechentiefe bedeutet, wieviele Rechenschritte ('Iterationen') der FRAKTAL GENERATOR 3D ausführt, bis er die Farbe eines Bildpunktes bestimmt hat. Da die Rechentiefe bei der 3D-Darstellung auch die Höhe der Landschaft an diesem Punkt bestimmt, merkt sich der FRAKTAL GENERATOR 3D die beim Zeichnen eines zweidimensionalen Bildes auftretende minimale Rechentiefe. Dieser Wert, den Sie als eingeklammerte Vorgabe in dem Fenster vorfinden, hilft dem Programm, das Bild besser auf dem Monitor 'einzupassen', wenn Sie es durch Eingabe eines entsprechenden Blickwinkels (siehe nächster Menüpunkt) dreidimensional zeichnen lassen.

Eine Änderung der minimalen Rechentiefe bei zweidimensionaler Darstellung erübrigt sich also, da der FRAKTAL GENERATOR 3D den Wert bei dieser Gelegenheit ohnehin neu ermittelt, und hat in diesem Fall auch keine Auswirkung. Sie können die Eingabe einfach übergehen, indem Sie [ENTER] drücken. Die dreidimensionale Darstellung wird dagegen durch ein Erhöhen der minimalen Rechentiefe stark beeinflusst, doch dazu gleich mehr.

### DIE MAXIMALE RECHENTIEFE

Die maximale Rechentiefe bestimmt, wieviele Rechenschritte das Programm maximal zur Berechnung der Farbe (bzw. Höhe) eines Bildpunktes ausführt. Wenn sich die Farbe bis zu dieser Anzahl von Rechenschritten noch nicht herausgestellt hat, benutzt der FRAKTAL GENERATOR 3D kategorisch die Farbe, die Sie in der Farbtabelle in das Farbfeld [M] eingetragen haben. Auf diese Weise entsteht die große Fläche in der Mitte des Apfelmännchens. Wenn Sie die maximale Rechentiefe erhöhen, werden noch weitere Strukturen am inneren Rand der Figur sichtbar (besonders in vergrößerten Ausschnitten). Allerdings steigt damit auch die Rechenzeit für ein Bild an. Bei der dreidimensionalen Darstellung als Talstruktur (also bei positivem vertikalen Blickwinkel) erhält die maximale Rechentiefe eine besonders anschauliche Bedeutung: Sie bestimmt den 'Wasserstand' des blauen 'Fraktalsees' in der Mitte des Apfelmännchens. Bei größerer Rechentiefe sinkt der Wasserspiegel, wodurch weitere Landschaftstrukturen zum Vorschein kommen.

### DIE MINIMALE RECHENTIEFE BEI 3D-BILDERN

Die minimale Rechentiefe wirkt dagegen auf die Landschaft, die den See umgibt. Wenn Sie die minimale Rechentiefe erhöhen, so kappt der FRAKTAL GENERATOR 3D alle Landschaftsteile, deren Rechentiefe kleiner als der von Ihnen eingegebene Wert ist, und stellt sie nur noch als Ebene dar. Das ist z.B. dann günstig, wenn durch eine sehr große Differenz zwischen minimaler und maximaler Rechentiefe so starke Höhenunterschiede im Bild auftreten, daß eine befriedigende 3D-Darstellung nicht mehr möglich ist. Eventuell kann man auf diese Weise auch Berge abschneiden, die einem die Sicht auf interessante Strukturen versperren.



## EINGABE DER BLICKWINKEL

Nach Anwahl des Menüpunktes 'Blickwinkel' erscheint ein Fenster, in dem Sie zwei Zahlenwerte für den horizontalen und vertikalen Blickwinkel eingeben können. Die Eingaben werden durch [ENTER] abgeschlossen. Die Vorgaben informieren über die aktuelle Einstellung. Sie werden automatisch gelöscht, wenn Sie einen neuen Wert eintippen; [ENTER] ohne vorherige Eingabe übernimmt den alten Wert.

## DER HORIZONTALE BLICKWINKEL

Dieser Winkel (in Grad) bestimmt die Drehung des Bildes um eine Achse, die in der Mitte des Bildes senkrecht auf der fraktalen Landschaft steht. Ein positiver Winkel bewirkt eine Drehung gegen den Uhrzeigersinn, ein negativer Winkel dagegen eine Drehung im Uhrzeigersinn.

Wenn Sie den horizontalen Winkel bei einem zweidimensionalen Bild ändern, erhalten Sie also noch keine 3D-Darstellung, sondern eben nur ein um die Bildschirmmitte gedrehtes Bild (z.B. ein Apfelmännchen im Sturzflug). Bei einer dreidimensionalen Darstellung bestimmt der horizontale Blickwinkel, von welcher Seite Sie die Landschaft betrachten. Wenn Sie ihn z.B. um 180 Grad ändern, verlegen Sie Ihren Standpunkt genau auf die gegenüberliegende Seite.

## DER VERTIKALE BLICKWINKEL

Eine Fraktallandschaft in zweidimensionaler Darstellung sehen Sie wie ein Adler, der sehr hoch über der Landschaft schwebt und direkt nach unten schaut. Wenn er dagegen in einen Sturzflug übergeht und aus schräger Richtung blickt, werden die Berge und Täler sichtbar. Der vertikale Blickwinkel gibt also an, wie stark der Blickwinkel von der Senkrechten abweicht und kann im Bereich von -80 bis +80 Grad variiert werden. Je größer der Betrag des Winkels, um so stärker tritt die räumliche Dimension in Erscheinung.

Bei einem positiven vertikalen Blickwinkel wird die Landschaft als Talstruktur dargestellt, d.h. die Bereiche maximaler Rechartiefe liegen ganz unten und erscheinen als 'See', wenn Sie in der Farbtabelle in das Feld [M] für die maximale Rechartiefe eine blaue Farbe eintragen. Bei einem negativen vertikalen Blickwinkel erhalten Sie dagegen eine Bergstruktur. Die Landschaft wird also quasi 'umgestülpt', oder in anderer Interpretation von unten betrachtet. Genaugenommen sind nämlich die vom FRAKTAL GENERATOR 3D erzeugten Landschaften innen hohl!

## EINGABE DER STUFENHÖHE

Nach Anwahl des Menüpunktes 'Stufenhöhe' erscheint ein Fenster, in dem Sie einen Zahlenwert im Bereich von 1..99 für die Höhe der Stufen in der dreidimensionalen Darstellung eingeben können. Die Eingabe wird durch [ENTER] abgeschlossen. Die Vorgabe informiert über die aktuelle Einstellung. Sie wird automatisch gelöscht, wenn Sie einen neuen Wert eintippen; [ENTER] ohne vorherige Eingabe übernimmt den alten Wert.

Je größer die Stufenhöhe, um so mehr werden die Höhenunterschiede in einer fraktalen Landschaft betont. Bei einer großen Differenz zwischen minimaler und maximaler Rechentiefe empfiehlt es sich, hier einen relativ kleinen Wert einzutragen, um eine befriedigende Darstellung zu erhalten. Der FRAKTAL GENERATOR 3D ändert die eingestellte Stufenhöhe von sich aus, wenn man einen vergrößerten Ausschnitt aus einem 3D-Bild berechnen läßt.

Die effektiv dargestellte Stufenhöhe ist natürlich vom vertikalen Blickwinkel abhängig: Je größer sein Betrag, um so mehr werden die Terrassenstufen sichtbar. Weiterhin variiert der FRAKTAL GENERATOR 3D die Stufenhöhe auch innerhalb eines Bildes (sie wird zu den Bereichen maximaler Rechentiefe hin kleiner), wodurch die sehr schroffen Höhendifferenzen etwas gedämpft werden, die in fraktalen Landschaften häufig auftreten. Die genauen Auswirkungen verschiedener Werte für die Stufenhöhe findet man deshalb am besten durch einige Versuche heraus.

### DAS PARAMETER-INFOFENSTER

Wenn Sie die Menueoption 'Param.-Info' anwählen, erscheint ein Bildschirmfenster, in dem alle Bildparameter (außer der Farbtabelle) aufgelistet sind. Soweit Sie noch keine Änderungen vorgenommen haben, sind das also die Werte für das aktuelle (gerade sichtbare) Bild oder für die Grundeinstellung nach dem Programmstart. Über [ESC] oder [ENTER] wird das Infowindow wieder ausgeblendet.



## 9. Mathematische Grundlagen

Die folgenden Abschnitte beschreiben die mathematischen Grundlagen der Fraktal-Bilder. Diese Informationen sind hilfreich (wenn auch nicht unbedingt notwendig), um die Bedeutung der verschiedenen Einstellmöglichkeiten im Parametermenue zu verstehen. Am Ende des Kapitels finden Sie noch Literaturhinweise.

### MATHEMATISCHE RÜCKKOPPLUNG

Die mit dem FRAKTAL GENERATOR 3D erzeugten Grafiken entstehen allesamt durch einen mathematischen Rückkopplungsprozess ('Iteration'), bei dem das Ergebnis einer Formel wieder als Ausgangswert für die nächste Berechnung verwendet wird. Betrachten wir zum Beispiel das Bildungsgesetz

$$X_{n+1} = X_n^2$$

das besagt, daß wir den jeweils nächsten X-Wert erhalten, indem wir den alten X-Wert quadrieren. Wenn wir mit  $X_0=2$  beginnen, so entsteht auf diese Weise die Zahlenfolge

$$2, 4, 16, 256, 65536, \dots$$

die also ziemlich schnell anwächst. Liegt der Startwert dagegen zwischen 0 und 1, so werden die Resultate durch das fortgesetzte Quadrieren immer kleiner:

$$0.5, 0.25, 0.0625, 0.00390625, \dots$$

Je nach Startwert wird die Folge also gegen 0 oder gegen Unendlich streben. Die Grenze zwischen den Extremen liegt offenbar bei 1; bei diesem Startwert bleibt die Folge konstant.

## DAS MATHEMATISCHE CHAOS

Die durch das Bildungsgesetz  $X_{n+1} = X_n^2$  erzeugten Zahlenfolgen machen einen sehr geordneten Eindruck, da sie entweder stetig anwachsen oder fallen. Interessant wird die Angelegenheit jedoch, wenn wir nach jedem Quadrieren noch einen konstanten Wert  $C$  subtrahieren:

$$X_{n+1} = X_n^2 - C$$

Mit einem kurzen Basic-Programm können Sie sich schnell vor Augen führen, welches Durcheinander in diesem Fall mit geeigneten Anfangswerten angestiftet wird:

```
10 x = 0: c = 1.5
20 x = x*x - c: PRINT x
30 GOTO 20
```

Wir erhalten eine Folge, die offenbar vollkommen willkürlich zwischen allen möglichen Zahlen hin- und her springt. Allerdings produziert dieses Bildungsgesetz nicht in jedem Fall solch ein mathematisches Chaos. Wählt man z.B.  $c=3$ , so streben die Ergebnisse wieder sehr konsequent gegen Unendlich. Interessant ist für den Mathematiker in diesem Zusammenhang, bei welchen Ausgangswerten die Folgen ein bestimmtes Ziel anstreben (einen sogenannten 'Attraktor') oder dies vermeiden, indem sie sich in eine andere Richtung wenden bzw. ziellos in der Gegend herumticken.

## KOMPLEXE ZAHLEN

Das Apfelmännchen entsteht ebenfalls durch solch ein chaoträchtiges Bildungsgesetz, das allerdings nicht einzelne Zahlen als Ergebnis produziert, sondern Zahlenpaare  $(x,y)$ , die auch als 'komplexe Zahlen' bezeichnet werden. Die X-Koordinate stellt in diesem Zusammenhang den 'Realteil' und die Y-Koordinate den 'Imaginärteil' der komplexen Zahl dar.

Alle Bilder werden vom FRAKTAL GENERATOR 3D mit folgenden Formeln berechnet:

$$\begin{aligned} X_{n+1} &= X_n^2 - Y_n^2 - C_x \\ Y_{n+1} &= 2X_nY_n - C_y \end{aligned}$$

Auch der konstante Wert C ist hier also ein Zahlenpaar  $(C_x, C_y)$ . Das folgende Basic-Programm gibt als Beispiel eine Folge von Zahlenpaaren auf dem Bildschirm aus:

```

10 x = 0: y = 0
20 cx = 0.24: cy = -0.64
30 '
40 xneu = x*x - y*y - cx
50 yneu = 2*x*y - cy
60 x = xneu: y = yneu
70 PRINT x;y
80 GOTO 40

```

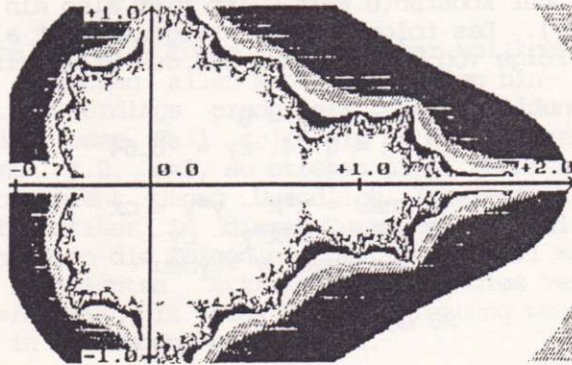
Wie Sie sehen werden, schwanken die X- und Y-Werte einige Zeit unentschlossen zwischen allen möglichen Ergebnissen, bis sie dann schließlich doch in Richtung Unendlich streben und einen Overflow produzieren. Wenn Sie für  $c_x$  und  $c_y$  verschiedene Werte einsetzen, zeigt sich schnell, daß sich die Zahlenfolgen sehr unterschiedlich verhalten.



Bei größeren Werten für  $(C_x, C_y)$  kann das Anwachsen der Folge sehr schnell geschehen; bei kleineren Werten bleibt die ganze Angelegenheit meistens stecken, d.h. die Ergebnisse bleiben gleich, drehen sich im Kreis oder produzieren nur Chaos.

#### DIE MANDELBROT-MENGE

Die Menge aller Zahlenpaare  $(C_x, C_y)$ , deren Folgen steckenbleiben (also den Attraktor Unendlich nicht erreichen), bezeichnet man auch als 'Mandelbrot-Menge', die nach ihrem Entdecker, dem Mathematiker Benoit Mandelbrot benannt wurde. Um Sie grafisch darzustellen, kann man über den Bildschirm ein Koordinatenkreuz legen, so daß jedem Bildpunkt genau ein Zahlenpaar entspricht.



Alle Paare  $(C_x, C_y)$ , die keine gegen Unendlich wachsenden Folgen produzieren, werden mit einer bestimmten Farbe gekennzeichnet, und auf diese Weise erhält man exakt das Apfelmännchen-Bild.

Beim FRAKTAL GENERATOR 3D wird die Mandelbrot-Menge durch die große blaue Fläche in der Mitte der Figur markiert. Insgesamt läuft der Wert Cx auf dem Bildschirm von -0.7 (links) bis 2.1 (rechts), und Cy von -1.0 (unten) bis +1.0 (oben).

Die anderen Farben drumherum entstehen auf folgende Weise: Es wird einfach mitgezählt, wieviele Rückkopplungen notwendig sind, bis die Ergebnisse gegen Unendlich entschwinden, oder genauer gesagt, bis sie die Bedingung

$$X^2 + Y^2 > 8$$

erfüllen, weil sie dann ohnehin schon auf dem Weg ins Nirwana sind. Die Anzahl der Schleifendurchläufe wird anschließend durch 16 dividiert, und der Rest bestimmt, welche der Farben 0...15 aus der Farbtabelle des FRAKTAL GENERATOR 3D dem Punkt zugewiesen wird. Die Farbe gibt also an, wie lange die Folge braucht, bis sie es sich endlich überlegt hat und das Abbruchkriterium erfüllt.

### MAXIMALE RECHENTIEFE ALS NOTBREMSE

Da die Folgen, deren Konstante (Cx,Cy) innerhalb der Mandelbrotmenge liegt, die Abbruchbedingung nie erreichen, muß man dem Computer natürlich eine maximale Anzahl von Schleifendurchläufen vorgeben, nach denen er die Berechnung von sich aus abbricht (ansonsten würde nur noch ein Reset helfen). Dieser Wert taucht im FRAKTAL GENERATOR 3D unter dem Namen 'maximale Rechentiefe' auf und wird mit der Option 'Rechentiefe' im Parametermenue eingestellt.

Das nach dem Programmstart erzeugte Apfelmännchen wird mit einer maximalen Iterationstiefe von 30 berechnet. Es zeigt die Mandelbrotmenge also noch nicht exakt an, da es mit Sicherheit Punkte gibt, an denen die Folge zwar irgendwann gegen Unendlich strebt, aber dafür womöglich wesentlich mehr als 30 Durchläufe braucht. Diese werden jedoch wegen der beschränkten Rechentiefe fälschlicherweise der Mandelbrotmenge zugerechnet.

Je größer die Rechentiefe ist, um so exakter wird die Mandelbrotmenge eingegrenzt, oder mit anderen Worten, um so genauer kann man die grafischen Strukturen am inneren Rand der Apfelmännchen-Figur darstellen. Die Option 'Ausschnitt' im Parametermenue dient dazu, von diesen Bildteilen Vergrößerungen herzustellen, um sie in voller Schönheit bewundern zu können. Leider hat die Angelegenheit auch einen Nachteil: Eine größere Rechentiefe führt unausweichlich zu einer längeren Rechenzeit.

## JULIA-MENGEN

Bei der Erzeugung der Mandelbrotmenge wird wie in dem Basic-Listing grundsätzlich mit dem Startwert  $(0,0)$  für das Zahlenpaar  $(X,Y)$  gearbeitet, während die Konstante  $(C_x,C_y)$  je nach betrachtetem Bildpunkt einen anderen Wert annimmt. Doch das kann man auch umdrehen: Wir suchen uns einen festen Wert  $(C_x,C_y)$  aus, der auf dem gesamten Bildschirm gleich bleibt, und variieren dafür den Anfangswert für  $(X,Y)$  je nach Bildpunkt. Wenn die Zahlenfolgen dabei nicht Unendlich erreichen, gehören die Startwerte  $(X,Y)$  den sogenannten 'Julia-Mengen' an (nach Gaston Julia, einem französischen Mathematiker).



Um das noch einmal zusammenzufassen: Die Mandelbrot-Menge stellt das Verhalten der Zahlenfolgen dar, wenn man immer vom Startwert  $(X,Y) = (0,0)$  ausgeht und das konstante Paar  $(C_x,C_y)$  verschiedene Koordinaten durchlaufen läßt. Bei den Julia-Mengen hält man dagegen einen (im Prinzip beliebigen) konstanten Wert fest, und der Startwert  $(X,Y)$  ergibt sich aus der jeweiligen Bildschirmposition.

Auch bei den Julia-Mengen stellt der FRAKTAL GENERATOR 3D den Bereich, dessen Zahlenfolgen nach einer vorgegebenen Anzahl von Iterationen nicht die Abbruchbedingung erfüllen, durch eine blaue Fläche dar (jedenfalls, solange Sie die nach dem Programmstart aktive Standard-Farbtabelle benutzen). Natürlich kann man auch bei diesen Bildern Ausschnitte erzeugen und die Rechentiefe variieren.

### GEHEIMNISVOLLE ZUSAMMENHÄNGE

Für die Darstellung einer bestimmten Julia-Menge muß dem Programm also ein festes Zahlenpaar  $(C_x,C_y)$  vorgegeben werden, daß Sie mit der Option 'Julia-Fixpunkt' im Parameter-Menue einstellen. Dabei ergeben sich interessante Zusammenhänge mit der Apfelmännchen-Figur: Wählt man ein Zahlenpaar  $(C_x,C_y)$  als Fixpunkt aus, das Bestandteil der Mandelbrot-Menge ist (also im inneren Bereich des Apfelmännchens liegt), so stellt die dazugehörige Julia-Menge eine zusammenhängende Fläche dar. Liegt der Fixpunkt dagegen außerhalb, so zerfällt die Julia-Menge in mehrere voneinander getrennte Teilbereiche.

Weiterhin kann man beobachten, daß die Struktur einer Julia-Menge oft Ähnlichkeit mit Teilstrukturen aus den Mandelbrot-Bildern aufweist, je nach dem, wo der Fixpunkt im Apfelmännchen lokalisiert ist. Um diesen Zusammenhang experimentell nachgehen zu können, erlaubt es der FRAKTAL GENERATOR 3D, den Julia-Fixpunkt mit einem Pfeilcursor aus einem Mandelbrot-Bild 'herauszupicken'. Voraussetzung dafür ist natürlich, daß das aktuelle Bild das Apfelmännchen (oder einen Ausschnitt) darstellt und im Typ-Menue die Einstellung 'Julia-Set' gewählt wurde.

### DIE DREIDIMENSIONALE DARSTELLUNG

Mit der Einfärbung der Bildbereiche in Abhängigkeit von der Anzahl der Iterationen bis zum Abbruch erhält man zunächst einmal eine flächenhafte Darstellung der Mandelbrot- und Julia-Mengen. Diese Bilder kann man jedoch auch als 'Landkarten' ansehen, in denen die Höhe der Landschaft über dem Meeresspiegel durch die Farben dargestellt wird.

Die Darstellung der räumlichen Dimension durch geeignete geometrische Projektionsverfahren stellt im Prinzip kein Problem dar (oder eben doch, siehe Einleitung). Der FRAKTAL GENERATOR 3D verwendet eine in verschiedener Hinsicht modifizierte Parallelprojektion, bei der perspektivische Verkürzungen unberücksichtigt bleiben. Die aufwendigere Zentralprojektion kommt den menschlichen Sehgewohnheiten zwar mehr entgegen, führt aber speziell bei Fraktalen oft zu Bildern, die subjektiv als verzerrt empfunden werden. Die vertraute Apfelmännchenform ist z.B. kaum noch wiederzuerkennen, wenn man sie bei der Zentralprojektion aus einem flachen Blickwinkel betrachtet.



Durch die Interpretation der errechneten Iterationstiefe als 'Landschaftshöhe' an den verschiedenen Punkten entsteht die Terrassenstruktur in den 3D-Fraktalbildern. Der Höhenunterschied pro Iteration wird mit der Option 'Stufenhöhe' im Parametermenue eingestellt. Allerdings variiert das Programm die Stufenhöhe auch selbständig innerhalb eines Bildes; sie wird zu den Bereichen maximaler Rechentiefe hin linear kleiner. Das dämpft einerseits die enormen Höhenunterschiede, die in fraktalen Landschaften auftreten können; andererseits entsteht dadurch trotz Parallelprojektion ein gewisser perspektivischer Effekt.

### LITERATURHINWEISE

Wenn Sie noch weiter in die Theorie der Fraktale einsteigen wollen und auf eine ausführlichere Darstellung Wert legen, als sie in diesem Kapitel möglich ist, sind die folgenden beiden Bücher hilfreich:

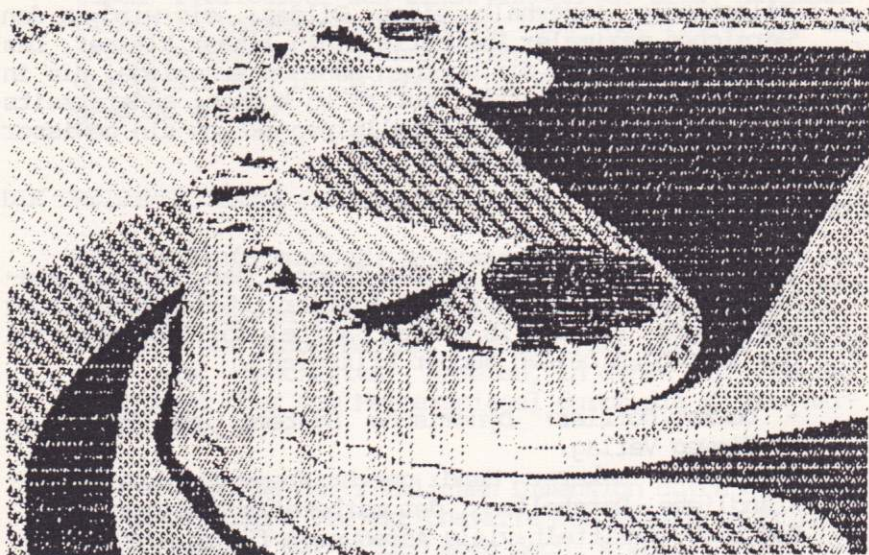
- Becker/Dörfler: Dynamische Systeme und Fraktale, Vieweg Verlag.

Eine mit lockerer Hand geschriebene und leicht verständliche Darstellung der mathematischen Grundlagen. Das Buch vermittelt viele Anregungen für eigene Experimente, die mit dem FRAKTAL GENERATOR 3D zum Teil gut nachzuvollziehen sind.

- Peitgen/Richter: The Beauty of Fractals, Springer Verlag

Eine sehr anspruchsvolle Darstellung des mathematischen Hintergrundes in englisch, aber dafür mit fantastischen Farbbildern ausgestattet. Achtung: Wenn Sie die im Anhang angegebenen Bildkoordinaten in den FRAKTAL GENERATOR 3D übernehmen wollen, müssen Sie die Vorzeichen der (reellen) X-Werte umdrehen!





## 10. Hinweise für Programmierer

In diesem Kapitel finden Sie Hinweise, welche Stellen des Programms geändert werden müssen, wenn spezielle Peripheriegeräte oder Hardware-Erweiterungen des CPC berücksichtigt werden sollen.

### DIE SPEICHERAUFTeilUNG

Der Speicher des CPC wird vom FRAKTAL GENERATOR 3D auf folgende Weise genutzt:

- &6FFF: Basic
- &7000 - &8FFF: Pufferbereich für temporäre Daten  
(Bildhintergrund, Arithmetik-Tabellen  
während des Zeichnens, Dateinamen...)
- &9000 - &A1FF: Maschinencode
- &A200 - Beginn RAM-Zeichensatz: frei
- &C000 - &FFFF: Bildschirmspeicher

Für zusätzliche Maschinenroutinen kann also der Bereich ab &A200 benutzt werden. Die Aufrufadressen der vom FRAKTAL GENERATOR 3D verwendeten CALLs sind ab Basiczeile 140 zu finden.

Zu beachten ist eventuell, daß während des Zeichnens der Systeminterrupt des CPC (RST 7) auf eine eigene Routine umgelenkt wird, die nur noch die ESC-Taste abfragt.

## EIGENE HARDCOPY-ROUTINE

Die Hardcopy-Routine des FRAKTAL GENERATOR 3D liegt im Bereich von &A000 bis &A1FF und kann bei Bedarf durch eine eigene Routine ersetzt werden. Sie ist mit der Routine des Programms COPYSHOP identisch. Falls Sie eine für einen speziellen Drucker angepasste Version dieses Programms besitzen, können Sie diesen Programmteil mit der Relocate-Option im Anpassungsmenue abspeichern (Startadresse &A000 angeben) und in den FRAKTAL GENERATOR 3D einbauen.

Aufgerufen wird die Hardcopy in der Basiczeile 3750:

```
CALL hcopy,Format,Maske PEN 0, Maske PEN 1,...
```

Die Masken sind Bytewerte, die das Grauraster der jeweiligen PEN-Farbe bestimmen.

## ANDERES LAUFWERK

Der FRAKTAL GENERATOR 3D ist auf den Betrieb mit Standard-3"-Laufwerken ausgerichtet. Falls Sie Ihren CPC mit einem Fremdlaufwerk betreiben, können sich Probleme mit der Abfrage des Diskettenstatus zur Unterdrückung von Fehlermeldungen ergeben. Ersetzen Sie in diesem Fall die Zeile 2730 durch

```
2730 d=0:RETURN
```

Danach müssen Sie allerdings selbst darauf achten, daß sich beim Speichern eines Bildes eine Diskette im Laufwerk befindet.





© DMV-Verlag 1989  
Daten u. Medien Verlag  
Widuch GmbH & Co. KG  
Postfach 250  
3440 Eschwege