

Das Programm: _____

Es beruht auf der Formel:

$$Z_{n+1} = Z_n^2 + C$$

Alle Darstellungen verwenden ausschließlich diese eine Formel. DeepChaos ist somit kein Programm für jene, die immer neue Fraktale (er)finden möchten. Der Ansatz ist vielmehr die Eigenschaften der obigen Formel zu ergründen. Die erste Idee war, dass Mr.Mandelbrot nur eine Möglichkeit der Darstellung publiziert hat. Und selbst bei dieser kann noch durch Veränderungen der Betrachtungsparameter, wie maximale Iterationen oder Rechengenauigkeit eine deutliche Veränderung in der Darstellung beobachtet werden. Besonders durch die hohe Rechengenauigkeit von bis zu 320 Bits können Gebiete in der Mandelbrotmenge besucht werden, die bisher kaum jemand sah. Trotz des Gesetzes der Selbstähnlichkeit verändert sich die Darstellung in den Tiefen des MBM-Universums doch sehr. Grundlegend neue Erkenntnisse sind jedoch nicht zu erwarten. Bisher wurde nur beobachtet, daß neue Sub-Apfelmännchen (Sateliten) immer mehr Iterationen brauchen, je kleiner sie sind. Während am Anfang schon mit ein paar dutzend Iterationen das nächste Sub-Apfelmännchen erreicht wird, muß man am Schluss schon mal 10.000 Iterationen zulegen.

Die wählbaren Darstellungen in DeepChaos zeigen jeweils eine andere Eigenschaft der obigen Formel an, so wie man bei der Elektrizität jeweils Spannung, Stromstärke, Polarität, Frequenz, Amplitude, Phasenlage, Flankensteilheit, Oberwellen, Spikes und vieles andere messen kann. So wie man bei einem Messgerät die nötige Messart und den geeigneten Messbereich einstellen muß, so sind die Erstellungs-Parameter in DeepChaos sorgfältig zu wählen, um eine "scharfe" Darstellung zu erhalten.

Center-Window

Das Centerwindow gibt es nur einmal, und wird zwischen allen 7 Analysefenstern umgeschaltet.

Die Panels mit [DX] in der Kopfleiste können ein und ausgeklappt, sowie verschoben werden.

The screenshot shows the 'DeepChaosV2 - Center' window with a menu bar (Datei, Bearbeiten, Parameter, Punkte, Wo, Optionen, Fenster, Hilfe) and a toolbar. The main area contains several panels, each with a title bar and a 'DX' button in the top right corner:

- Erstellungsdaten**: Contains fields for 'Bildcenter', 'Bildgröße: (Breite o. Real o. X)', 'Real X', 'Imag Y', 'Menge', 'Anzeige', 'Auswertung', 'Rechenart (Länge in Bits)', 'Vorlauf-Iter', 'Referenzmenge', 'Option', 'Var. Nachkommabits', 'Max-Iter', 'Bereich', 'Auflösung', 'Grenzwert', 'Max-|Z|', 'z-Relativ', 'Toleranzbreite', 'Toleranz Winkel', 'Oversample', and 'Test Iter Debug'.
- Referenz_Bild**: Contains 'Bildgröße: (Breite)'.
- Linien-Startpunkt**: Empty panel.
- Juliapunkt**: Empty panel.
- Imaginärpunkt (Nur bei grafischer Rechenart)**: Contains a warning message 'Achtung: Wert ist mathematisch nicht korrekt !!!'.
- Analyse**: Contains 'Test X', 'Test Y', 'Distanz in FloatingPoint', 'Winkel Real-Linie (Argument)', 'Distanz', 'Ref X', and 'Ref Y'.
- Belichtung**: Contains 'Blende Min', 'Blende Max', 'Mode', and 'Blendenautomatik'.
- Cursor**: Contains 'Real X', 'ImagY', '|Z| R', 'Arg(Z) β', 'Fenster', 'Ergebnis', 'HistogrammCount', and 'Colornummer'.
- Statistik**: Contains 'Kürzester Iterverlauf', 'Kleinstes Ergebnis', 'Rechendauer', 'Längster Iterverlauf', 'Größtes Ergebnis', and 'relative Größe der gesamten MBM bezogen auf die Größe des Ausschnittes im Bild'.
- Optionen**: Contains checkboxes for 'Anzeige mit', 'Koordinaten (grün)', 'Bildcenter markieren', 'Testpunkt (gelb)', 'Imaginärpunkt (olive)', 'Juliapunkt (purple)', 'Referenzpunkt (sw)', 'Zoomrahmen', 'Linie', and 'Sternenhimmel'. It also has a 'Wieviel Cores belegen?' dropdown.
- Animation**: Empty panel.
- DatenPfade**: Contains 'Datenbank', 'Bilder', 'FarbPaletten', and 'Film-Filename'.
- Spezial**: Empty panel.

Panels :

Mathematische Parameter und Argumente

Wird nur gezeigt wenn ein Bild



geöffnet wurde.

Diese 4 Panels werden automatisch angezeigt, wenn sie benötigt werden.

Zusatzparameter zur Vermessung und Test

Belichtungs-Einstellungen und Art

Infos wo Cursor ist und welche Daten dort sind.

Infos über den gesamten Bildbereich

Zusätzliche Anzeigen

Angaben zur Dateiporten

In der Statusleiste wird angezeigt auf welches Bildfenster sich die angezeigten Daten beziehen. Wird automatisch beim anklicken eines Bildfensters umgeschaltet.

Panel: Erstellungsdaten (Überblick)

1: Wahl der Bildgröße. (nicht der Pixelanzahl!!) Angabe der Bildbreite der Realachse (Ganze MBM = 4,0 >> -2 bis +2) . Wird beim Zoomen automatisch gesetzt. Kann aber immer auch manuell geändert werden. (Float)

2: und

3: Mandelbrot Koordinaten des Bildmittelpunktes. Festkommazahl mit bis zu ~90 Kommastellen. Wird beim Zoomen automatisch gesetzt. Kann aber immer auch manuell geändert werden.

4: Auswahl Zahlenformat und Rechenart. a) Mathematisch mit Festkomma oder b) Float. c) Grafisch mit Festkomma oder d) Float. Bei c) u. d) erscheint ein 2.Panel, in dem der Ort des Imaginärpunktes (0,0|1,0) geändert werden kann. Lass Dich überraschen was dann gezeichnet wird. Dieser Punkt kann auch mit der Cursor im Bildfenster gewählt werden.

5: unbenutzt

6: reserviert

7:

8: Menge: Mandelbrot oder Julia, oder Mandelbrot mit Startwert. In einem weiteren Panel kann der Startwert (normal = 0,0|0,0) geändert werden. Dieser Punkt kann auch mit der Cursor im Bildfenster gewählt werden. Lass Dich überraschen was dann gezeichnet wird.

9: Wird selten gebraucht. Nur wenn die ersten Iterationen nicht in eine Auswertung eingehen sollen.*

10:MaxIter. Grenze bei der die Folge spätestens abgebrochen wird. Wurde Feld 16 entsprechend gesetzt können sehr viel höhere Werte eingetragen werden.

11: Max|Z|. Grenze der Mandelbrotmenge im komplexen Zahlenraum.

12:Auswahl der möglichen Auswertungen, die in Feld 20 gewählt wurde.*

13:Für manche Auswertungen wird ein Referenzbild benötigt. Als Fenster oder virtuell.*

14:

15:Anzeige nur der inneren M, nur des Randbereichs oder beide.

16:Abbruchart von konvertierenden Folgen.*

17:Siehe *

18:Toleranzangabe (Epsilon) für Abbruch der gewählten Auswertung.*

19:Siehe *

20:Wähle Auswertungsfunktion. Nach jeder einzelnen Iteration kann eine Analyse der bisherigen Folge stattfinden. Dadurch kann die Folge beendet werden, oder die Daten können in einer anderen Darstellung gezeigt werden. Siehe unter Auswertungsarten.* Änderung kann Feld 12 beeinflussen.

Nicht alle Felder sind für alle Auswertungsarten sichtbar.

Wichtig: Nach allen, oder einer Änderungen muß das Bildfenster neu gerechnet werden.(Menue oder Taste ,r')

* Wird da genauer beschrieben, wo es eine sinnvolle Anwendung gibt.

Die Mengen:

Mandelbrot:

Juliamenge:

Die Anzeige:

Iterationsnummer:	Es wird die Anzahl von Iterationen angezeigt, bei der das entsprechende Ergebnis der jeweiligen Messung feststeht.
Z-Absolutwert:	Es wird der Wert von Z_n angezeigt. Es kann je nach Messart auch eine andere Messgröße, wie zB. eine Winkelangabe gemeint sein.
Ergebnisort:	Es wird der Ort von I_n, R_n angezeigt, also die Stelle im imaginären Koordinatensystem, an der der Iterationsverlauf endet. Enden mehrere Iterationsverläufe am selben Ort, so wird die Anzahl der Treffer angezeigt.
Ergebniswinkel:	Es wird der Winkel bezüglich des Koordinatennullpunktes angezeigt, den der Iterationspunkt beim Eintreten der Messung in der MBM einnimmt.
Aufsummierung der Orte:	Jedes Iterationsergebnis (auch jedes Zwischenergebnis) kann statt dem Z-Wert auch mit seinen Real- und Imaginäranteilen beschrieben werden. Das Ergebnis wird dann mit einem Punkt im Koordinatensystem markiert. Die Aufsummierung erfolgt durch die Zählung wie oft ein Punkt von einem Iterationsergebnis getroffen wird.
Orbitanalyse:	Wie Aufsummierung der Orte , nur dass die Anzeige auf die Auswertung eines einzelnen Iterationsverlaufes beschränkt ist. Dazu ist ein Testpunkt zu wählen, der dann berechnet wird.

Die Auswertung: _____

Folgende "Messarten" sind in DeepChaos implementiert:

Mandelbrotmenge: Alle Punkte deren Iterationsergebnisse konvergieren und nicht ins Unendliche anwachsen.

Apfelmännchen: Wie die MBM, nur daß der Übergangsbereich auch dargestellt wird, in dem wenige bis viele Iterationen nötig sind, bis sich entscheidet ob die Iterationsergebnisse ins Unendliche übergehen.

Bubblebrot: Es wird die Anzahl der Iterationen angezeigt, die es braucht bis das Ergebnis Z einer Iteration das erste oder das einzige absolute Minimum erreicht.

Lotusbrot: Wenn man alle Ergebnisradien einer Iteration quantifiziert, so ergibt sich eine um so größere Zahl, je mehr Radien während einer Iteration berührt werden. Diese Darstellung ist hervorragend geeignet die "Einschwingvorgänge" sichtbar zum machen, die die MBM braucht bis sie stabil wird.

Runout Es wird diejenige Iteration ermittelt, ab der der Verlauf konvergiert und die MBM verlässt.

SizeOfTrack: Es wird die Anzahl der Iterationen angezeigt bis die Fläche der Iterations-Spur die maximale Größe erreicht hat, aber auch die Größe selbst.

Orbit: Ein einzelner Punkt wird iteriert und die Zwischenergebnisse als eine Spur aus Punkten in der Ebene angezeigt.

Buddhabrot: Zunächst wie Trace, nur das dies für alle Punkte einer Referenzmenge durchgerechnet wird. Somit wird für alle Koordinaten ausserhalb der MBM angezeigt, welche Punkte durch die einzelnen Iterationsergebnisse wie oft berührt werden.

Buddhabrot max: Funktion wie Buddhabrot, jedoch nur für Koordinaten innerhalb der MBM

Perioden: Immer wenn ein Minima des Radiuses im Iterationsverlauf auftritt wird dieses gezählt.

NextAngle: Für jeden Punkt des Ausschnittes wird der Winkel im errechnet, den ein Punkt bei der jeweiligen End-Iteration bezüglich des letzten Punktes der vorherigen Iteration einnimmt. Für Punkte, die die MBM vorher verlassen ist das ihr letzter Wert.

IterationsWin: In einem eigenen Fenster kann der Iterationsverlauf eines einzelnen Punktes analysiert werden.

Periodenabw: Es werden im Iterationsverlauf 3 Minima ermittelt. Die Iterationsanzahl zwischen A und B werden von der zwischen B und C abgezogen. So kann festgestellt werden ob die Periodizität konstant ist.

Die Erstellungsart: _____

Mathematisch: Die Iterationsformel wird wie mit einem Taschenrechner berechnet. Dabei wird ein Festkommaformat verwendet, das die Rechengenauigkeit mit ca. 80 Nachkommastellen erlaubt. Damit könnte eine Darstellung erzeugt werden, die in einem millionenfach größeren Universum, als dem unseren, um ein vielfaches kleiner ist als ein Atom.

Grafisch: DeepChaos simuliert die Ergebnisermittlung, als würde sie mit Lineal und Zirkel erfolgen. In der Vor-Taschenrechnerzeit war man u.U. bei Addition und Multiplikation von imaginären Werten auf solche Verfahren angewiesen. Im Gegensatz zur mathematischen Methode kann auch ein anderer als der mathematisch richtige Imaginärpunkt gewählt werden. Dadurch wird das Iterationsergebnis-Bild vergrößert, verkleinert und/oder gedreht. Die Rechengenauigkeit ist dabei auf ca. 16 Nachkommastellen begrenzt.

Erzeugungskonzept

- | | |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Step 1 | Menge wählen:
zur Auswahl stehen die Mandelbrotmenge, Juliamenge
Bei der Juliamenge muß zusätzlich in einem Fenster mit MBM der Juliapunkt gewählt werden. |
| Step 2 | Anzeige wählen: |
| Step 3 | Auswertungsart wählen: |
| Step 4 | evtl. grafische Rechnart wählen. |
| Step 5 | Berechnungsparameter wählen. |
| Step 6 | Berechnen lassen.
<div><div>Neu berechnen:</div><div>Vergrößerung:</div></div> <div>Aktuelle Darstellung mit anderen Parametern.
Die neue Darstellung bezieht sich auf den Zoomrahmen.</div> |
| Step 7 | Farben wählen:
Siehe Farbverwaltung. |
| Step 8 | Messbereich wählen und Neu zeichnen lassen. |

Die Namen:

DeepChaos:	Name und Entwurf von Rudolf L. Schörger, 2004
Mandelbrot:	Benoit Mandelbrot, Entdecker der so genannten Mandelbrotmenge 1982
Buddhabrot:	Entwurf von Melinda Green Name von Lori Gardi. Da die Darstellungen etwas mystisches haben, wurde Buddha als Pate gewählt. Max-Mode Variation von Rudolf L. Schörger Bubblebrot-Mode Variation von Rudolf L. Schörger Eine weitere Variation wurde Mandelcloud von den Erschaffern des legendären FractalIt genannt.
Bubblebrot:	Name und Entwurf von Rudolf L. Schörger, 2005 Die Darstellung im Randbereich wird von vielen bunten Kreisen charakterisiert, daher die "Blasen". Dort wo sich die Blasen berühren zeigen sie die gleichen Eigenschaften wie reale Seifenblasen, die sich gruppieren und Trennflächen zwischen sich haben.
SizeOfTrack:	Name und Entwurf von Rudolf L. Schörger, 2005 Die Größe der Iterationsspuren kann evaluiert werden.
Lotusbrot:	Name und Entwurf von Rudolf L. Schörger, 2005 Der Name erschließt sich nur in einer Darstellung mit 3 Iterationen mit einer groben Quantisierung (20). Die entstehenden Linien könnten den Energiefluss im Körper eines im Lotussitz meditierenden Mönches darstellen.
NextAngle:	Name und Entwurf von Rudolf L. Schörger, 2005 Es wird der Winkel angezeigt, der sich ergibt, wenn man vom Ort der letzten Iteration als Nullpunkt, zum Ort der aktuellen Iteration eine Linie zieht. Ein Teil der Arbeit von Linas Vepstas geht in die gleiche Richtung. ("Divergent Phase")

Die Bilder:

- Das Hauptbild:** Es kann verschiedene Aufgaben ausführen. Durch seine Größe können die Grafiken detailliert dargestellt werden, aber das braucht dann auch mehr Rechenzeit.
Anzeige im Format 600 x 900 Pixel.
- Die Vorschau:** Zum schnelleren Hineinzoomen gut geeignet. .Anzeige im Format 100 x 150 Pixel.
- Druckbild:** Format 2400 x 3600 Pixel für hochauflösende Drucke bis Din A4.
- Für alle Anzeigen gilt das selbe Koordinatensystem.
Im Gegensatz zum mathematischen System wurde es hier aus layout-technischen Gründen um 90 Grad nach rechts gedreht. Durch das Hochformat konnten die Controlpanels besser angeordnet werden.
- Achtung:** Die Bezeichnung der x, y Achsen wurde beibehalten.
(x -> waagrecht[real], y -> senkrecht[imaginär])
- Das **DEEPCHAOS** Fenster kann nur mit einer Größe betrieben werden. Es sind 1280 x 1024 Pixel nötig

Kontextmenü im Bild

Die Funktionen im Hauptbild:

- Daten aus Vorschau:** Wenn man in der Vorschau ein Bild erzeugt hat, das man detaillierter Anzeigen möchte, kann man sich die Erstellungsparameter herüberholen. Allerdings muß man neu rechnen lassen.
- File speichern:** Das aktuelle Bild kann als .jpg File gespeichert werden.
- File laden:** Ein .jpg File kann angezeigt werden. Es werden jedoch keine Bildparameter geladen. Somit sind weitere Bearbeitungen nicht möglich, auch keine Colorveränderungen, oder Ausschnittsvergrößerungen.
- Clipboard:** Das Bild kann in den Zwischenspeicher kopiert werden, um es zB. in eine Bildbearbung zu laden.

Mausfunktionen im Bild

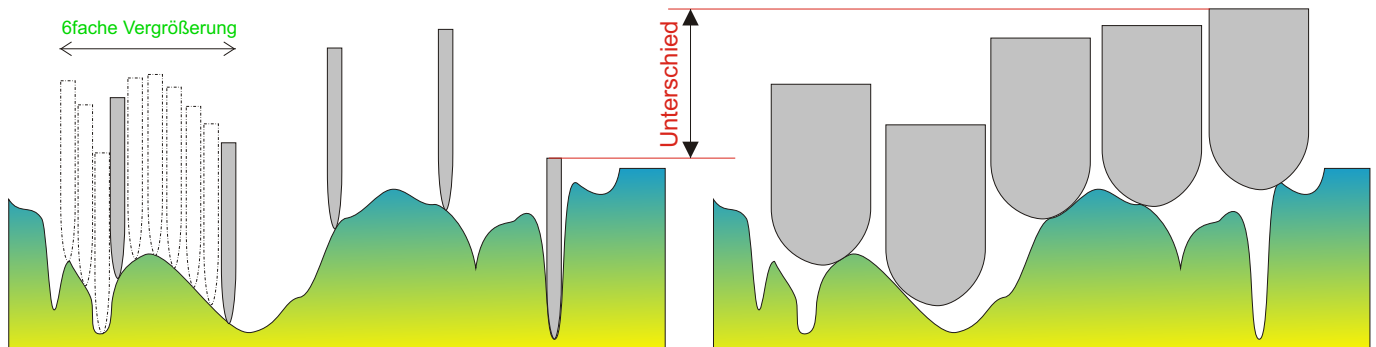
- Die Maus:** (Beim Klick ins Hauptbild oder in die Vorschau)
- Left Klick:** Setzt Mittelpunkt eines Markierungsrahmens für Vergrößerung. Ziehen bestimmt die Größe. Die Größe kann auch über die Zeichnfläche hinaus gehen.
- Ist schon ein Markierungsrahmen vorhanden dann gilt:
Left Klick innerhalb:Ziehen verschiebt den Rahmen.
Left Klick ausserhalb:Ziehen verändert die Größe.
- Right Klick:** Ruft das Kontextmenü.
- Left + Alt:**
- Left + Strg**
- Left + Strg + Alt**

Steuerung: _____

Neu Berechnen	Auf Grund der eingestellten aktuellen Parameter wird eine neue Grafik berechnet. Sie wird dort angezeigt welche Zeichenfläche aktiviert wurde, Hauptbild oder Vorschau.
Vergrößerung	Sie ist möglich, wenn vorher im Hauptbild oder in der Vorschau ein Bereich mit der Maus markiert wurde.
Stop	Der aktuelle Rechenprozess kann abgebrochen werden. (nicht fortsetzbar!)
Zoom out	Das aktuelle Bild wird um den gewählten Faktor verkleinert und liegt dann im Zentrum des Neuen. Bei einem Faktor <1 wird das Bild vergrößert.
Film	Bei manchen Anzeigemodi ist es möglich für jede Iteration ein Bild anzuzeigen. Man kann dann zusehen, wie sich die MBM mit fortlaufender Iteration entwickelt.
ColorRotate	Ist ein Bild fertig berechnet, kann man die aktuelle Farbpalette durchrotieren lassen. (For Fun only)

ErstellungsDaten

- Rechengenauigkeit:** DEEPCHAOS stellt diese mit einer 320 Bit Integerarithmetik zur Verfügung. Von den 32 Bits der Vorkommstellen werden im allgemeinen ja nur 4 Bit benötigt, so daß 288 Bit für den Nachkommabereich verwendbar sind. Das sind in etwa dezimal etwa 90 Nachkommastellen. Dies ermöglicht einen sehr großen Vergrößerungsbereich. Wenn der kleinste Ausschnitt am Bildschirm 30cm groß ist, dann bräuchte das gesamte Apfelmännchen ein Blatt Papier von der Größe 10^{57} mal des bekannten Universums, das nur etwa $1,4^{28}$ cm groß ist! Das hat aber auch einen Nachteil. Die erzeugten Bilder auf den oberen Ebenen werden eher "grieslich" und die sonst eher schöneren Farbübergänge fehlen. Dieser Abtasteffekt ist nachfolgend bildlich dargestellt.
- Damit man wieder schönere Farbübergänge erreicht, kann man die Rechengenauigkeit künstlich begrenzen. Zum berechnen eines Ausschnittes sollten immer so viele Bits benutzt werden, um 1. die Bildkoordinaten unterzubringen, und 2. mindestens 16 Bits für den Bildinhalt.
- Zur Information:** Das FloatingPoint Format bringt hier keinen Vorteil, da die meisten Koordinaten, die den MBM-Forscher interessieren, um die 1.0 herum liegen. Damit ist der Exponent auf 10^1 festgelegt und kann nicht mehr "floaten". Somit kann dieses Format nur mit maximal 54 Bits für die Koordinaten + 16 Bits für Bildinhalt rechnen.
- Tip:** Mit der kleinsten Rechengenauigkeit anfangen, das ergibt schönere Bilder und kürzere Erstellungszeiten. Wenn nach einigen Vergrößerungen Blockartefakte, Linien oder gar nichts mehr zu sehen ist, dann sollte diese Bildberechnung mit der nächsthöheren Rechengenauigkeit wiederholt werden.
- Achtung:** Die Rechengenauigkeit wirkt sich nur auf die Bilderstellung aus. Alle anderen Funktionen verwenden die volle 320 Bit Rechengenauigkeit. Ausnahme ist die graphische Methode, sie arbeitet nur 80 Bit Float.



- Abtasteffekt:** Wenn man sich die Rechengenauigkeit als Abtaststift vorstellt, mit dem die geometrischen Höhen und Tiefen des MBM-Universums gemessen werden sollen, dann wird dieser Stift umso dünner je genauer wir rechnen können. Je dünner der Stift, desto näher können wir die Abtastpunkte aneinander setzen und es sind weitere Vergrößerungen möglich (linkes Bild links). Bei den größeren Darstellungen, wo die Abtastpunkte immer weiter voneinander entfernt liegen, kommt es jedoch dann zu dem Effekt, dass der Abtaststift zB. in ein "Loch" fällt, das bei grober Abtastung nicht auffallen würde (vergleiche jeweils rechten Stift.)
- Koordinaten:** Eine manuelle Eingabe der Koordinaten ist nicht vorgesehen. Von der gesamten MBM aus kann man sich an die gewünschte Stelle hineinzoomen. Da die erreichten Koordinaten in der Datenbank gespeichert werden können, sind sie zur Weiterarbeit auch wieder abrufbar.

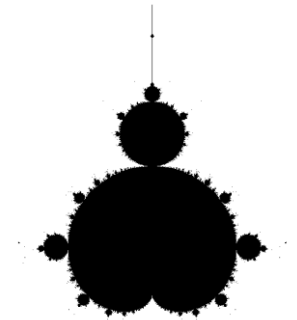
Berechnungsmodi:

Mandelbrotmenge

Alle Punkte die nicht diffvergieren

Anzeige Iterationen:

Als Ergebnis der Berechnung werden die Flächen angezeigt, in der die Ergebnisse der Formel nicht ins unendliche anwachsen. Diese Fläche wird standardmäßig schwarz angezeigt. Die exakte Flächenberechnung ist vermutlich nur möglich wenn man eine unendliche Anzahl von Iterationsgängen ausführt, bei maximaler Rechengenauigkeit. Da dies wahrscheinlich auch solange dauern wird, kann als Näherung eine maximale Anzahl gewählt werden. Zu beachten ist auch die Auflösung des Bildes. Da die Pixelanzahl begrenzt ist, bringt eine höhere Iterationsanzahl ab einem bestimmten Wert keine weiteren Details zu Anzeige. Allgemein gilt: je kleiner der Ausschnitt, desto mehr Iterationen sind möglich, oder nötig. Dies ist der klassische Mandelbrot-Ansatz.

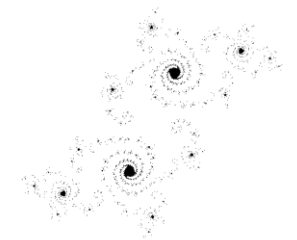


Anzeige Radius:

Radius beim Verlassen der MBM (>2.0), oder beim Erreichen von *Max-Iter* (<2.0), also der Radius der letzten Iteration.

Anzeige Julia:

Zu jedem Punkt der MBM gehört auch eine Juliamenge. In diesem Berechnungsmodus werden auch hier, nur die Flächen angezeigt deren Punkte nicht diffvergieren.



Apfelmännchen

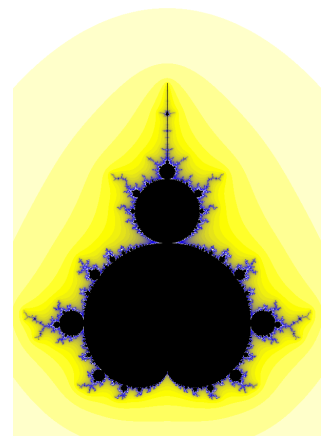
Anzahl Iterationen

Anzeige Iterationen:

Als Ergebnis der Berechnung wird die maximale Anzahl der möglichen Iterationen für jeden Bildpunkt ermittelt, soweit die Berechnung nicht vorzeitig durch die Angabe in *Max-Iter* oder *Max-Radius* beendet wird. Dadurch ist auch die Darstellung von Bereichen möglich, in denen es sich nur spät entscheidet ob sie diffvergieren oder nicht. Diese Bereiche können sehr schöne "Gegenden" enthalten.

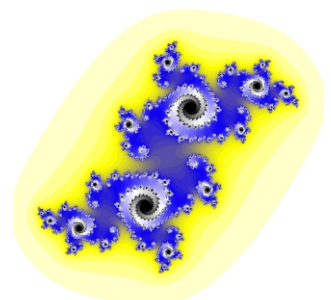
Anzeige Radius:

Radius beim Verlassen der MBM (>2.0), oder beim Erreichen von *Max-Iter* (<2.0), also der Radius der letzten Iteration.



Anzeige Julia:

Zu jedem Punkt der MBM gehört auch eine Juliamenge. In diesem Berechnungsmodus werden auch hier, die Flächen angezeigt deren Punkte nicht diffvergieren, oder sehr lange brauchen bis diese Entscheidung eintritt.



Berechnungsmodi:

SizeOfTrack

Größe der Iterationsspuren

Anzeige Iterationen:

- Das Ergebnis der Berechnung ist abhängig von der Einstellung des Modifikators:
- M = 0: Es wird die Anzahl von Iterationen angezeigt, die nötig waren die Fläche des Iterations-Tracks die maximale Größe erreichen zu lassen.
 - M = 15: Es wird Angezeigt, in wievielen Schritten diese Fläche vergrößert wurde, bis das aktuelle Maximum erreicht wurde.
 - M = 1: Wie 15, jedoch wird nur die Vergrößerung der Fläche nach oben (imag --> -2) betrachtet.
 - M = 2: Wie 15, jedoch wird nur die Vergrößerung der Fläche nach unten (imag --> +2) betrachtet.
 - M = 4: Wie 15, jedoch wird nur die Vergrößerung der Fläche nach links (real --> -2) betrachtet.
 - M = 8: Wie 15, jedoch wird nur die Vergrößerung der Fläche nach rechts (real --> +2) betrachtet.
 - M = 2...14: Binäre Kombination der Funktionen aus 1,2,4,8.

Anzeige Radius:

Fläche des einschließenden Quatrates beim Verlassen der MBM (>2.0), oder beim Erreichen von *Max-Iter* (<2.0).

Anzeige Julia:

wie oben. (Bild unten links)

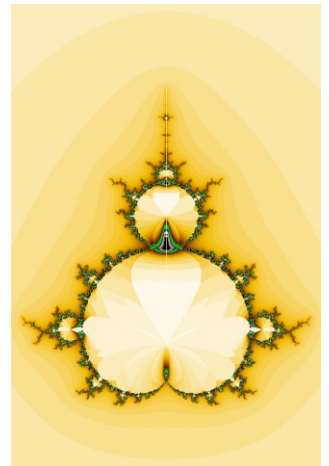
Vorgehen:

Eine Iterationsspur kann auf mehrfache Weise beobachtet werden. Zunächst mit der Funktion "TraceVerlauf". Hier kann aber immer nur ein Iterationspunkt gemessen werden. Ausserdem kann nicht festgestellt werden in welcher Reihenfolge die Punkte gesetzt wurden. Im Iterations-Analyse-Fenster kann zwar abgeschätzt werden, ob der Verlauf von innen nach außen, oder umgekehrt abläuft, aber keine Abschätzung der Größe erfolgen.

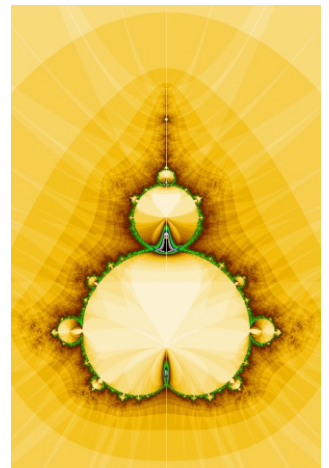
Mit dieser Funktion können jedoch alle Punkte gefunden werden, deren Verlauf von innen nach außen, also größer werdend, ist. Je dunkler die Farbe, desto länger braucht der Iterationsverlauf bis die maximale Größe erreicht ist. Die Dauer sagt nichts über die absolute Größe aus, die Vergrößerungsschritte werden auch gezählt wenn sie nur jeweils $10E-80$ groß sind.

Bild 3 zeigt die Größen ausserhalb der MBM an, sie sind sehr groß da der Iterationsverlauf am Ende nur durch Max-Radius begrenzt wird.

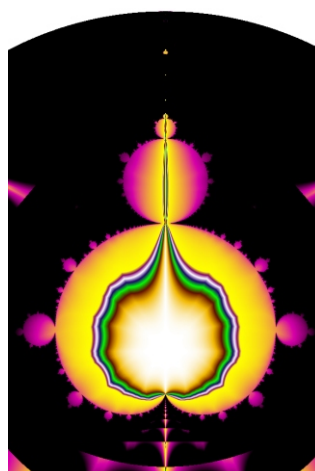
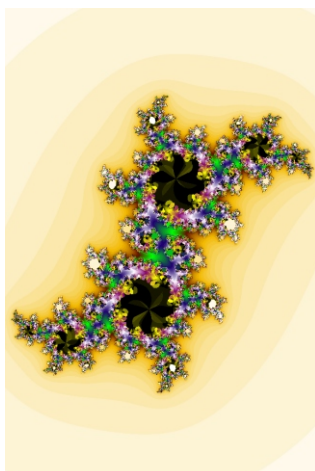
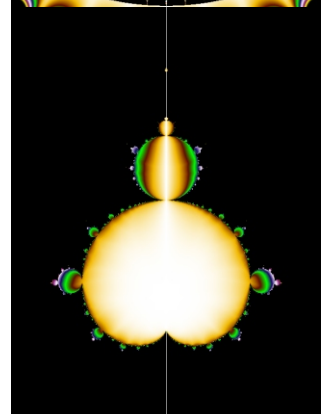
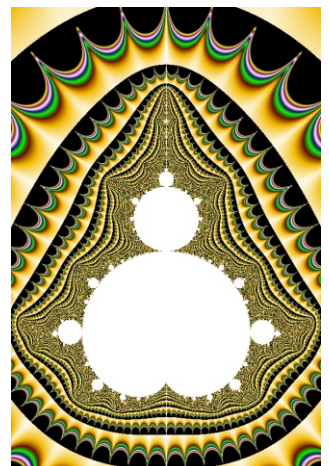
Bild 4 zeigt das selbe Bild mit einer Farbverstärkung von ca.5000 damit die Anzeige der inneren Bereich der MBM erfasst. Um den hellen Bereich auch noch besser zu sehen bräuchte man eine logarithmische Anzeige. (in Bild 5 wurde versucht, das durch Farbtab verschiebung zu erreichen)



M = 0



M = 15



Anzahl Perioden(....), Parameter = Periodennummer

Anzeige Iterationen:

Anzahl Perioden

Wenn man den Radius analysiert, ohne seinen Winkel zu berücksichtigen (Siehe Iter-Analyse), dann ergibt sich ein Schwingungsverlauf. Aus diesem kann man einzelne Frequenzen ausfiltern, wenn man das Auftreten des kleinsten Radius der jeweiligen Welle zählt. Die Anzeige zeigt nur die Anzahl der Perioden an, die innerhalb des Iterationsverlaufes durch die Parameterangabe gefunden werden.

zB.: P=1 entspricht der kürzesten Periode und tritt meist 500 mal bei *Max-Iter*=1000 auf. Die Periode ist damit 2.

zB.: P=2 entspricht der 2.kürzesten Periode und tritt 250 mal bei *Max-Iter*=1000 auf. Die Periode ist damit 4.

zB.: P=4 entspricht der 4.längsten Periode und tritt 60 mal bei *Max-Iter*=2000 auf. Die Periode ist damit ca.33 Iterationen lang.

Bild 1,2,3 zeigen Berechnungen mit P1,P2,P3.

Das zu errechnende Bild zeigt also an, wieviele Perioden einer bestimmten Oberwelle für jeden Punkt der MBM gezählt wurden. Tip: Für große *Max-Iter* wird die Auflösung besser, da sich im Gegensatz zum Apfelmännchen die interessanten Bereiche im inneren der MBM zeigen.

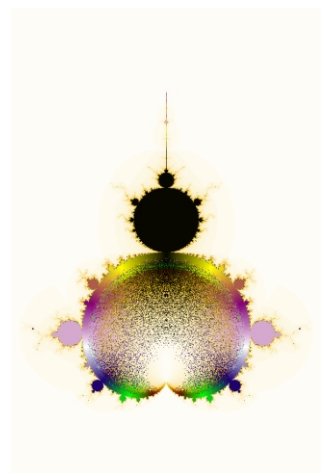
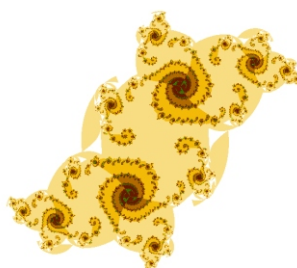
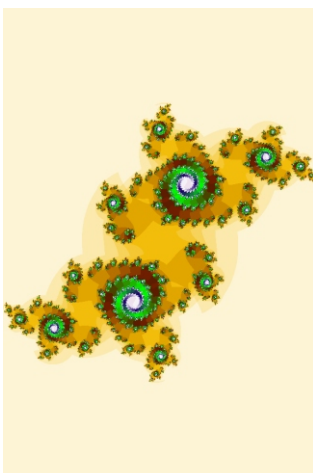
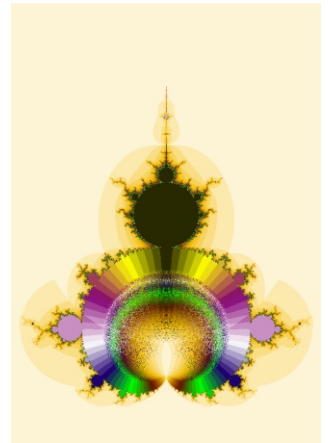
Bild 4 zeigt P1 wie Bild 1 aber mit 500 Iteration statt 100. Diese Anzeigeart ist somit gut geeignet die Einschwingvorgänge in der Fläche sichtbar zu machen.

Anzeige Radius:

Durchschnitt der kleinsten Radien dieser Periode

Anzeige Julia:

Wie Anzahl Perioden.



Lotusbrot:

Radius Verteilung (...),

Parameter = Auflösung

Anzeige Iterationen:

Anzahl verschiedene Radien

Der Radius für jede Iteration hat einen Wert von 0 bis >2. Für jeden Punkt der MBM innerhalb von *Min-Iter* und *Max-Iter* gibt es aber nur eine begrenzte Anzahl verschiedener Radien. DEEPCHAOS kann bis zu 16000 verschiedene Radien pro Punkt anzeigen. Das heißt, der Messbereich von 0.0 bis *MAX-Radius* wird in 16000 Gruppen oder weniger aufgeteilt. Sind mehr vorhanden gehen sie verloren. Wenn man der Auflösungs-Parameter vergrößert wird nicht mehr jeder Radius für sich alleine gezählt, sondern Radien, die nahe beieinander liegen, werden in Gruppen zusammengefasst und als einer gezählt.

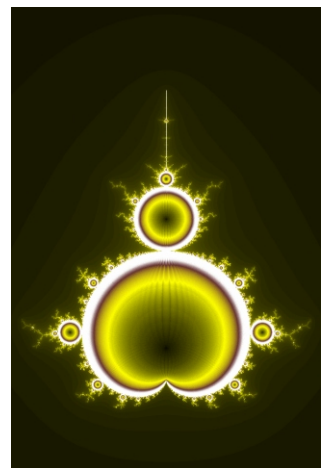
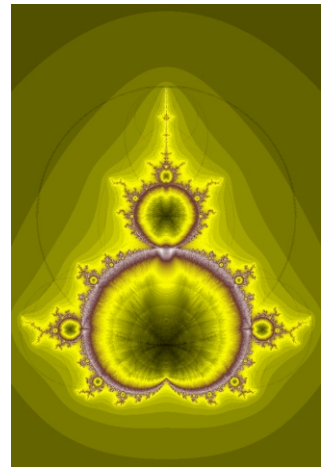
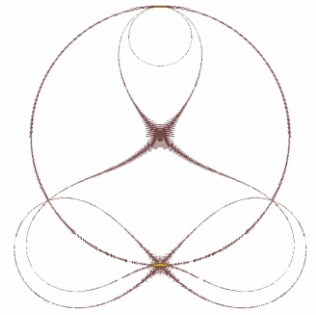
Tip: Probieren Sie 3-8 Iterationen in der gesamten MBM bei Auflösung 20. (Geht zur Abwechslung mal schnell ! Bild 1)

Durch die Anwendung von *Min-Iter* können Sie "Einschwingvorgänge" des Iterationsverlaufes ausblenden. Durch kleine *Max-Iter* können Sie aber gerade diese analysieren.

(Bedingung ist immer: *Min-Iter* < *Max-Iter*)

Anzeige Radius:

Der Wert für Z, der am häufigsten auftritt.



3.) *Bubblebrot* -Radius Durchschnitt .

Anzeige Iterationen: Es wird die Nummer derjenigen Iteration angezeigt, die den kleinsten Radius hat.

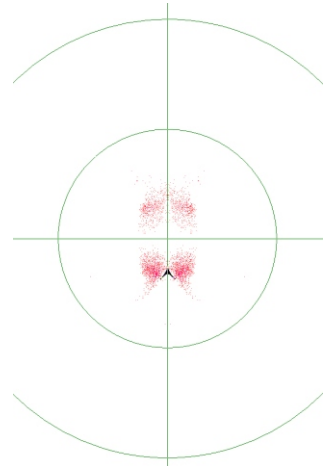
Anzeige Radius: Radius dieser Iteration.

4.) *Runout*

Anzeige Iterationen: Es wird die Nummer derjenigen Iteration angezeigt, die die letzte vor dem Verlassen der MBM ist.

Anzeige Radius: Radius dieser Iteration.

Anzeige Ergebnisort: Koordinaten dieses Iterationsergebnisses. Damit keine Iterationen, die von Anfang an ausserhalb der MBM liegen mitgerechnet werden, sollten die durch ein Anfangs-Iter von >1 ausgeblendet werden. Auch ist ein möglichst kleines MaxZ von Vorteil



MinI: 10
MaxI: 1000
MaxZ: 2
Bereich: MBM x 8

4.) *Radius DifferenzenDurchschnitt* .

Der Unterschied der Radien jeder Iteration mit der vorherigen wird addiert und am Ende durch die Anzahl der Iterationen dividiert. Je größer die Formen sind, die mit dem Trace-Mode anzeigbar sind, desto höher wird dieser Wert.

Anzeige Iterationen:

Anzeige Radius: Größe der Trace-Darstellung

5.) *Buddabrot* -Radius Durchschnitt .

Anzeige Iterationen:

Anzeige Radius:

Berechnungsmodi:

11.) Nextangle - Winkel zwischen den beiden letzten Iterationen

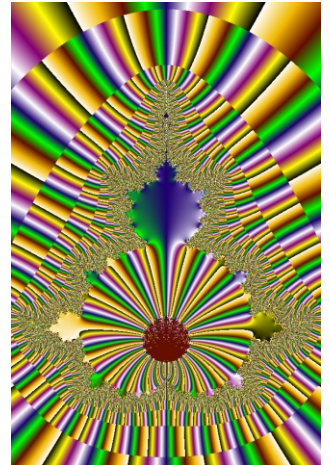
Anzeige Iterationen:

Als Ergebnis der Berechnung wird der Winkel angegeben, der zwischen der letzten und vorletzten Iteration errechnet wird. Dies könnte annäherungsweise als der aktuelle Drehwinkel bezeichnet werden.

Die errechneten Werte innerhalb der MBM sind sehr chaotisch, so daß von Anfang an die maximale Rechengenauigkeit zu empfehlen ist. Auf keiner Ebene der Vergrößerung sind verlässliche Werte zu erwarten, alle Bilder sind vollkommen von "Abtasttheorem" beeinflusst. Dies ist wahrscheinlich auch bei unendlicher Auflösung noch so. Zwar wäre für jeden Punkt, der Drehwinkel bei der jeweiligen Iteration exakt berechenbar, die Darstellung aller Punkte der MBM unterliegt aber massiven Interferenzen. (Kann aber schön anzusehen sein)

Anzeige Radius:

Entfernung zwischen den Orten der beiden letzten Iterationen für jeden Punkt.



TraceVerlauf

Die beste Vorgehensweise ist wie folgt:

1. In der Vorschau ein Bild erzeugen, für das man sich interessiert.
2. Umschalten auf Hauptbild. Dort die ganze MBM anzeigen lassen. Am besten mit einer Inversen Farbdarstellung, so daß 0 Iterationen schwarz, und die höchste weiß ist.
3. Den Sp-Select-Button drücken und in der Vorschau einen Punkt auswählen.
4. Den Neu-Rechnen-Button drücken, damit der Trace brechnet wird.
5. Evtl. Set-Scala und Neu-Zeichen ausführen.

Nun sind im Bild alle Punkte (Orte) zu sehen, die im Verlauf der Iteration dieser Koordinaten in Spx, Spy errechnet werden. Punkte die mehrmals im Iterationsverlauf auftreten, werden jeweils um den Wert 1 erhöht, so daß über die Endfarbe die Häufigkeit abgeschätzt werden kann.

Leider kann man in dieser Darstellung nicht sehen, in welcher Reihenfolge die Punkte auftreten. Um dies abzuschätzen kann das Iteration-Analyse-Tool benutzt werden.

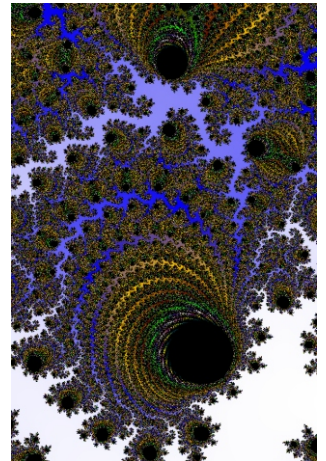
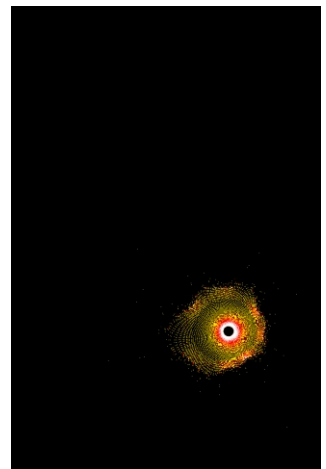


Bild mit IMax = 5000



Iterationsanalyse

Die beste Vorgehensweise ist wie folgt:

1. Zunächst wie oben im TraceVerlauf beschrieben.
2. Durch den Iter-Button oberhalb der Spx, Spy Anzeige wird das Iteration-Analyse-Fenster geöffnet. Es zeigt sogleich eine erste Auswertung an.
3. Am besten optimiert man dann die Darstellungsparameter und lässt Neu-Zeichen.

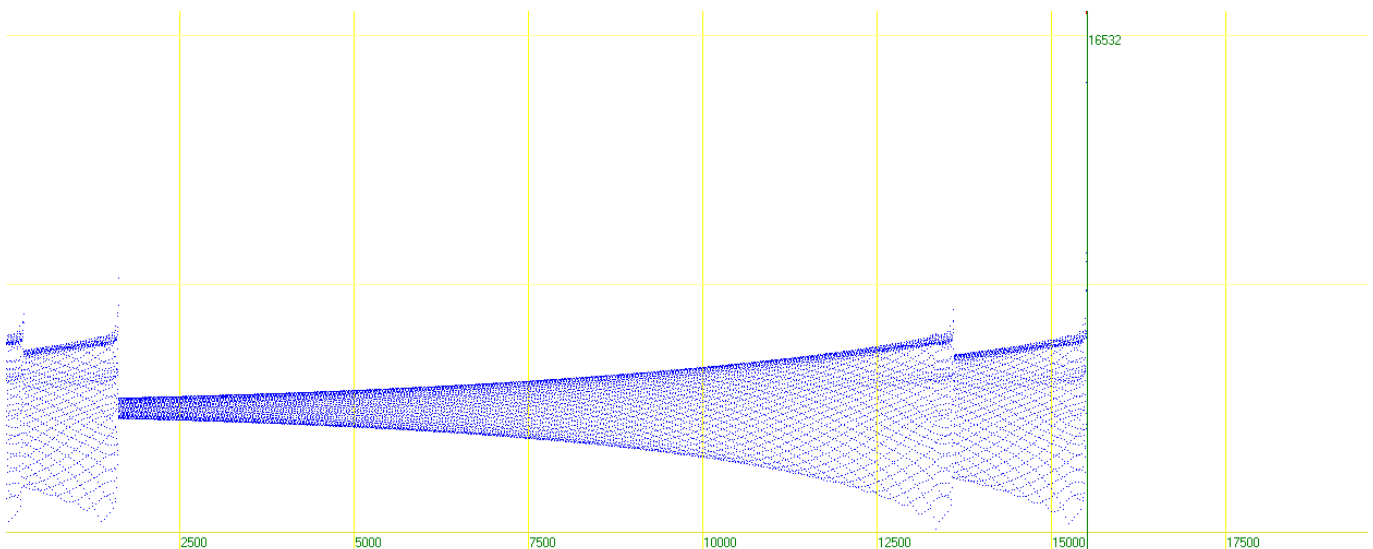
In dieser Darstellung ist der Iterationsverlauf linear-sequenziell von links nach rechts dargestellt. Jedes Ergebnis eines einzelnen Iterationsschrittes wird als Radius in der y-Achse aufgetragen. Dieser Wert entspricht also der Entfernung eines Punktes vom Nullpunkt des imaginären Koordinatensystems. Somit kann man leicht sehen ob und wann eine Iteration differgiert.

Beispiel:

Es wurde ein Punkt im Zentrum des schwarzen Kreises gewählt.

Das Mittlere Bild zeigt die Trackanalyse dazu bei max.30000 Iterationen

Unten die Iterationsanalyse, zeigt einen Wert von exakt 16532 Iteration bis zur differgenz. Die Trackstruktur entwickelt sich mehrmahls vom inneren Zentrum nach außen.

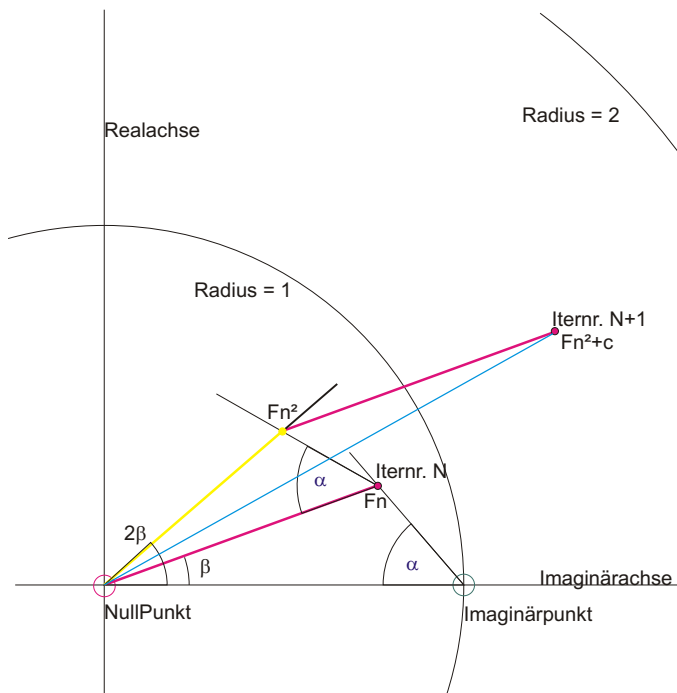


8.) Grafische Iterationen

Wie in Berechnungsmode 0 beschrieben, jedoch wird nicht mit der MB-Formel gerechnet, sondern graphisch ermittelt, also mit zeichnerischen Methoden, die vom Computer nachvollzogen werden. Wichtig ist hierbei der "Imaginärpunkt" der bei 1.0 auf der Imaginärachse liegt. Von ihm und dem Null-Punkt geht die zeichnerische Berechnung aus (siehe unten). Soweit kommt man bei der Erstellung der MBM auf das gleiche Ergebnis. Was aber passiert wenn ich aus purer Lust den Imaginärpunkt woanders hinlege?Probieren Sie es.

Betätigen Sie den Button [Next Click into MBM sets Imaginär-Point](#), dann klicken Sie in die MBM an dem Ort, wo der neue Imaginärpunkt liegen soll.

Grafische Berechnungsmethode



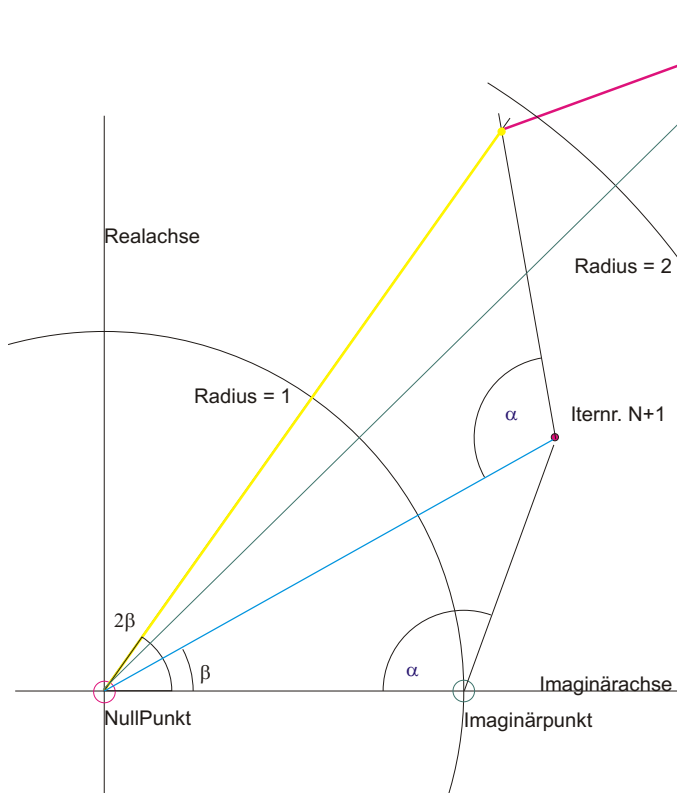
Es gibt auch eine grafische Methode um die imaginäre Formel

$$F_{n+1} = F_n^2 + c$$

zu ermitteln.

1. Man verdoppelt den Winkel β und trägt eine Hilfslinie an.
2. Man überträgt den Winkel α auf den Vektor der Iteration N und zeichnet wiederum eine Hilfslinie.
3. Dort wo sich die Hilfslinien schneiden, da liegt das Ergebnis des Formelteils F_n^2 (gelb).
4. Nun muß noch der Vektor N angetragen werden um c zu addieren und den Vektor N+1 zu erhalten (blau).

In diesem Beispiel hat das Ergebnis noch nicht den Radius von 2 überschritten, deshalb kann mit dem blauen Vektor eine weitere Iteration durchgeführt werden. u.s.w.



In diesem Beispiel hat das Ergebnis in der 2. Iteration den Radius von 2 überschritten, deshalb braucht mit dem grünen Vektor keine weitere Iteration durchgeführt werden.

9.) Grafischer Trace-Test

Dieser Anzeigemodus zeigt den Iterationsverlauf mit Vektoren im Koordinatensystem an.
Er ist eine anschauliche Variation des Trackverlaufes, in dem nur die Punkte angezeigt werden.

Zunächst wählt man alle Erstellungsparameter und klickt auf Erstellen um die Parameter zu übernehmen.
Die Parameter können jederzeit geändert werden, wenn sie durch Erstellen bestätigt werden.
Dann kann man durch Linksclick ins Anzeigefenster einen Punkt zur Iteration veranlassen.

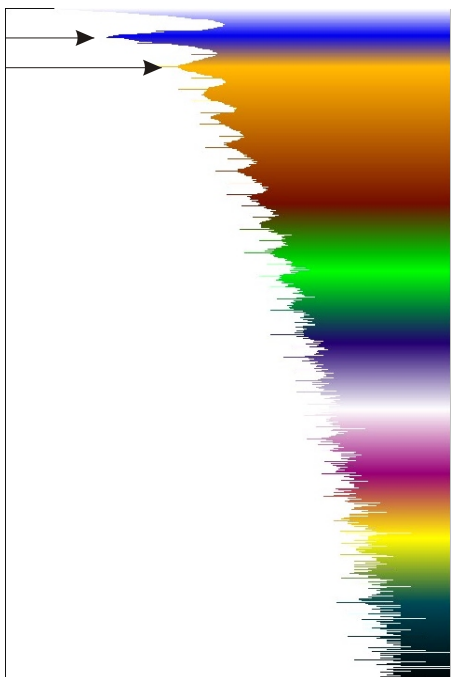
Die rote Linie ist immer der Vector vom Nullpunkt bis zum angeklickten Punkt.
Die gelbe Linie ist die Potenzierung der Eingangsvektoren (F_n^2).
Die blaue Linie ist die Addition von C.
Alle möglichen schwarzen Linien sind die Endergebnisse der folgenden Iterationen.

Farben & Farbscala

Der Bereich zwischen dem linken Hauptbild und den auf der rechten Seite angeordneten Control-Panels ist folgend ColorBar genannt und zeigt die Farbenorganisation der Bilder. Die linke Spalte zeigt die Farben, die Mittlere zeigt die programmierbaren Farbtabs, die rechte Seite zeigt eine Bildlaufleiste, die den zu bearbeiteten Ausschnitt anzeigt und steuert. Die Farbscala der Colorbar wird vom Steuerfeld gesteuert. Jede der 4 möglichen Darstellungen haben eine eigene Farbpalette, die durch die folgenden Funktionen verwaltet werden kann.

Im Control-Panel Farben & Farbscala haben die Buttons folgende Funktion:

Load Palette	Eine andere Farbpalette kann aus einer Datei geladen werden. Achtung: wird ein Datensatz aus der Datenbank ausgewählt, so wird auch dessen Farbpalette geladen und die bisherige ist verloren, falls sie nicht gespeichert wurde. Wird ein Bild in der Datenbank gespeichert, so werden mit ihm auch die aktuellen Farben gespeichert.
Save Palette	Die aktuelle Farbpalette kann unter neuem oder alten Namen gespeichert werden.
SetScala	Er errechnet den Maßstab zwischen den Ergebnissen der Mandelbrotmenge und den zur Verfügung stehenden Farben. Er kann die best-mögliche Farbraummenge errechnen, aber nicht die ästhetisch beste Farbgebung ermitteln. Diese sind für die jeweilige Berechnung manuell und experimentell zu verbessern. SetScala ist nur einmal für jeden der AnzeigeModi nötig, bis wieder eine neue Berechnung durchgeführt wird. SetScala versucht den Farbraum dem gesamten Zahlenraum anzupassen. Sollen Teilmengen angezeigt werden, so ist eine manuelle Bestimmung der Werte nötig, besonders oft ist das für die Anzeigemodi der Radian nötig.
Neu Zeichnen	Falls die Parameter in Z-Level oder Z-Scala verändert wurden, oder ein ander Anzeige-Mode gewählt wurde, dann kann die MBM mit den neuen Parametern angezeigt werden. Die MBM muß deshalb nicht neu berechnet werden. Ein Neuzeichnen ist auch nötig, falls eine der nachfolgenden Veränderungen in der ColorBar vorgenommen wird.
Iter-Level zeichnen	Ein nützliches Tool um Ebenen mit einer bestimmten Iteranzahl zu finden, besonders kleine unauffällige Apfelmännchen. Dazu im rechten Eingabefeld die Iternummer eingeben, für Apfelmännchen ist das der Wert von IMAX . Um das Gesamtbild wieder anzuzeigen <i>Neu Zeichnen</i> klicken.
Histogramm	Für das Hauptbild kann ein Histogramm zur Auswertung der Farbverteilung aufgerufen werden. Für jede in der MBM vorhandene Farbe (Iterationsanzahl) wird die Größe der Anzeigefläche als linksgerichteter Vektor angezeigt. Je länger der Vektor, desto mehr Pixel dieser Farbe sind vorhanden. Den Anzeigemassstab kann man mit dem Eingabefeld Massstab einstellen. Nach jeder Änderung in der ColorBar, den Parametern in Z-Level oder Z-Scala , und Massstab muß der Button Histogramm erneut angeklickt werden, um die Anzeige zu aktualisieren. Zurück zur MBM geht es mit Neu Zeichnen .



Beispiel eines Histogramms:

Tip: Wenn man die Farbtabs auf die Maxima einzelner Iterationsmengen setzt, dann ergeben sich besonders schöne Farbübergänge.

Farben & Farbscala

In Bereich ColorBar hat die Maus folgende Funktionen:

Mouse left:	Selectiert einen Farbtabs um ihn zu verschieben. Ist kein Farbtabs selectiert, werden alle Farbtabs proportional verschoben. Wird die Maus nach links, ausserhalb der ColorBar bewegt, werden nur noch die unteren Farbtabs verschoben. Bei nach rechts gilt dasselbe für die oberen Tabs.
Mouse left + control:	Selectiert einen Farbtabs um die Farbe neu zu bestimmen. Ist kein Farbtabs in der Nähe, wird ein neuer angelegt. Es öffnet sich ein Farbdialogfenster, siehe "ColorEdit".
Mouse right + control:	Ein selectierter Farbtabs wird gelöscht.
Mouse left + alt:	Die Farbanzeige wird logarithmisch aufgebaut. Je weiter unten, umso stärker wird der untere Teil der Farbscala komprimiert. Wird ganz oben geklickt, ist der Verlauf fast linear.
Mouse left + shift:	Die Farbanzeige wird vergrößert, und die angeklickte Position in die Mitte positioniert.
Mouse middle + shift:	Die Anzeige wird auf die angeklickte Stelle in der Mitte positioniert.
Mouse right + shift:	Die Farbanzeige wird verkleinert, und die angeklickte Position in die Mitte positioniert.
Colorbar Button up:	Die Farbanzeige wird um 50% komprimiert.
Colorbar Button down:	Die Farbanzeige wird um das doppelte feiner angezeigt.

Farbtabs können nur zwischen den Grenzen des oberen und unteren Nachbarn verschoben werden. Farbtabs-Isobaren können über den ganzen Bereich verschoben werden. Der erste und der letzte Farbtabs können nicht verschoben werden, nur die Farbe kann geändert werden. Ist Scala zu groß gewählt, wird alles darüber wie Max-Farbtabs unterhalb Null wird alles wie Min-Farbtabs.

Farbdialog

Der Farbdialog hat als Hauptelement eine Farbfläche, die zunächst aus zwei wählbaren Farben besteht. Aus dieser Fläche kann man durch anklicken eine Farbe auswählen. Durch zumischen einer dritten Farbe die sich auf alle Punkte der Fläche auswirkt, sozusagen in der dritten Dimension, können alle Farbtöne erzeugt werden.

Die ausgewählte Farbe wird dann einem Farbtabs zugeordnet.

Bei einem normalen Farbtabs wird diese Farbe dann zu den 2 benachbarten Farbtabs interpoliert, so daß sich ein kontinuierlicher Farbübergang ergibt.

Man kann im Farbdialog jedoch auch einen Isobaren-Farbtabs auswählen. Dieser erzeugt in der Colorbar einen scharf abgegrenzten Streifen mit der gewählten Farbe. Die Breite ist wählbar.

Speichern

Nach der Auswahl von Speichern in den Menues erscheint der Speichern-Dialog.

Hier kann eine Datei ausgewählt werden, die überschrieben werden soll.

Soll eine neue Datei angelegt werden, muß der Dateiname eingegeben werden, und die gewünschte Extension gewählt werden.

Achtung! Die Extension bestimmt das zu speichernde Dateiformat.

Wird als Extension „.all“ eingegeben tritt ein Sonderfall ein:

1. Es wird ein Verzeichnis mit dem selben Namen angelegt.
2. Dorthinein werden alle verfügbaren Dateiformate gespeichert.

.bmp	Bild wird als Windows-Bitmap gespeichert. Exakte Auflösung, große Dateigröße.
.jpg	Bild wird als komprimiertes Foto gespeichert
.prm	Bilddaten, die zur Wiederherstellung nötig sind.
.dcp	Bilddaten wie in .prm und die gerechneten Bildpunkte (nicht die gezeichneten Pixel!) werden gespeichert. Dadurch wird es möglich bei Wiederverwendung weitere Messungen vorzunehmen. Und auch modifizierte Bilder zu generieren ohne neu rechnen zu müssen.
.txt	Wichtige Bildparameter werden im Klartext für Dokumentationszwecke bereitgestellt.

Farben & Farbscala

Der Bereich zwischen dem linken Hauptbild und den auf der rechten Seite angeordneten Controll-Panells ist folgen ColorBar genannt und zeigt die Farbenorganisation der Bilder dar. Die linke Spalte zeigt die Farben, die Mittlere zeigt die programmierbaren Farbtabs, die rechte Seite zeigt ein Bildlaufleiste, die den zu bearbeiteten Ausschnitt anzeigt und steuert. Die Farbscala der Colorbar wird vom Steuerfeld verarbeitet.

Button: SetScala Er errechnet den Maßstab zwischen den Ergebnissen der Mandelbrotmenge und den zur Verfügung stehenden Farben. Er kann die best-mögliche Farbraummenge errechnen, aber nicht die ästhetisch beste Farbgebung ermitteln. Diese sind für die jeweilige Berechnung manuell und experimentell zu verbessern.

In Bereich ColorBar hat die Maus folgende Funktionen:

Mouse left: Selectiert einen Farbtabs um ihn zu verschieben.
Ist kein Farbtabs selectiert, werden alle Farbtabs proportional verschoben. Wird die Mouse ausserhalb nach links gezogen werden nur noch die unteren Farbtabs verschoben. Bei Rechts dasselbe für die oberen Tabs.

Mouse left +control: Selectiert einen Farbtabs um die Farbe neu zu bestimmen.
Ist kein Farbtabs in der Nähe, wird ein neuer angelegt.

Mouse left +shift: Die Farbanzeige wird vergrößert, und die angeklickte Position in die Mitte positioniert.

Mouse middle +shift: Die Anzeige wird auf die angeklickte Stelle in der Mitte positioniert.

Mouse right +shift: Die Farbanzeige wird verkleinert, und die angeklickte Position in die Mitte positioniert.

Mouse right +control: Ein selectierter Farntabs wird gelöscht.

Colorbar Button up: Die Farbanzeige wird um 50% komprimiert.

Colorbar Button down: Die Farbanzeige wird um das doppelte feiner angezeigt.

Farbtabs können nur zwischen den Grenzen des oberen und unteren Nachbarn verschoben werden. Farbtabs-Isobaren können über den ganzen Bereich verschoben werden. Der erste und der letzte Farbtabs können nicht verschoben werden, nur die Farbe kann geändert werden. Ist Scala zu groß gewählt, wird alles darüber Schwarz, unterhalb Null wird alles Weiß.