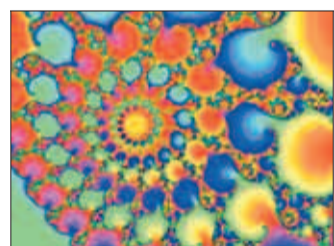
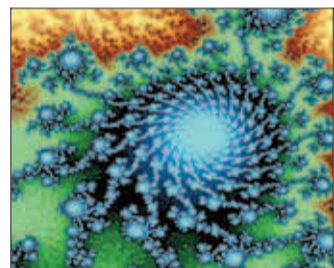
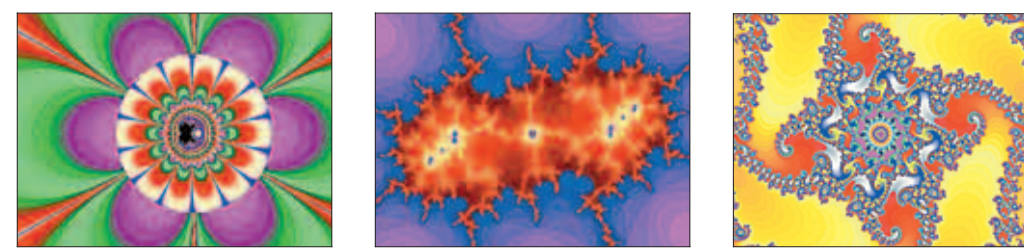


# Das Genie,



## der Blumenkohl, das Chaos

Wie Plattencover aus den siebziger Jahren: Aus ganz einfachen Formeln kann ein Computer schöne bunte Fraktale errechnen. In jedem Bildausschnitt (auch wenn es auf den ersten Blick nicht so aussieht) ist wieder das gesamte Objekt enthalten, das Bild ist damit selbstähnlich  
FOTOS: IMAGO, INTERNET

Seine Theorie erklärt fast alles: Warum die Cola in der Plastikflasche bleibt, Aktienmärkte zusammenbrechen oder ein fehlendes Hufeisen Kriege entscheiden konnte – Interview mit dem Mathematiker Benoit Mandelbrot

Der Mathematiker Benoit Mandelbrot (79) hat mit seiner Fraktal-Theorie das Weltbild revolutioniert. Er hat uns die Augen für Dinge und Strukturen geöffnet, die überall in der Natur existieren und doch übersehen wurden – raue Strukturen, die ihr Aussehen nicht verändern, wenn man sie durch eine Lupe oder gar ein Mikroskop betrachtet. Mandelbrot hat mit den fraktalen Mustern ein universelles Prinzip entdeckt, das nicht nur in der Natur und Mathematik gültig ist, sondern sich auch in der Technik und der Sozialwissenschaft nutzen lässt. Die neue fraktale Sicht der Welt ermöglicht einen neuen Umgang mit Risiken – von politischen Turbulenzen über Terrorereignisse bis hin zu Börsencrashes. Mit Benoit Mandelbrot sprachen Norbert Lossau und Holger Zschäpitz.

**DIE WELT:** Ihr Leben war durch viele Risiken geprägt. Wie hat dies Ihren Werdegang als Wissenschaftler beeinflusst?

**Benoit Mandelbrot:** Tatsächlich war mein ganzes Leben voll von Risiken. Als ich 1924 in Polen geboren wurde, war dies kein komfortabler Platz: die gesamte Wirtschaft lag am Boden, und vor der Tür stand der Krieg mit Deutschland. Mein Vater hatte damals Polen bereits verlassen und war nach Paris gegangen. Meine Mutter, mein Bruder und ich folgten ihm 1936. In Frankreich konnte meine Mutter nicht mehr als Ärztin arbeiten, aber sie hatte unser aller Leben durch den Weggang gerettet. So habe ich von Anfang an in meinem Leben erfahren, daß Entscheidungen mit Chancen und Risiken verbunden sind. Im Zweiten Weltkrieg stand ich selbst vor der Entscheidung, Frankreich zu verlassen. Ich blieb und versteckte mich.

**DIE WELT:** Wann entdeckten Sie die Mathematik für sich?  
Im Alter von 20, inzwischen war ich durch viel Glück auf einer Eliteschule gelandet, entdeckte ich an mir die Fähigkeit, extrem gut in geometrischen Bildern zu denken.



Benoit Mandelbrot wird morgen auf der Frankfurter Buchmesse ausgezeichnet

Diese unkonventionelle Herangehensweise wurde von meinen Lehrern und Kommilitonen nicht akzeptiert. Ich hätte mich ihnen entweder anpassen müssen oder die Schule verlassen – genau dies tat ich dann bereits am ersten Tag des Semesters. Ich bin damals eine hohe Wette eingegangen und habe die Aussicht auf ein gesichertes Auskommen aufs Spiel gesetzt.

**DIE WELT:** Sind Sie also eine Spielernatur?

**Mandelbrot:** Ich habe mein ganzes Leben lang gespielt. Zum Beispiel entschied ich mich bewußt Ende der fünfziger Jahre für eine Karriere in Übersee, obwohl man in Europa eigentlich besser leben kann. Aber nur so konnte ich meine Forschungsarbeit vorantreiben und letzten Endes die Fraktal-Theorie aufstellen.

**DIE WELT:** Was sind Fraktale?

**Mandelbrot:** Fraktale Formen kommen in der Natur häufig vor – etwa beim Romanesco-Brokkoli. Er besteht aus zahlreichen Röschen, die ihrerseits aussehen wie der gesamte Kopf. Der Aufbau folgt einem grundlegenden Bauprinzip; unterschiedlich ist nur der Maßstab. Dieses Prinzip hat für alles Lebendige einen großen Vorteil: Die für den Austausch so wichtige Oberfläche wird enorm vergrößert

**DIE WELT:** Jeder kennt Fraktale als reizvolle Computergrafik. Aber hat die Theorie von den Fraktalen auch eine praktische Relevanz?

**Mandelbrot:** Ja, etwa in der Oberflächenforschung. So gibt es die

Coca-Cola-Plastikflasche nur dank meiner Theorie. Ohne die Erforschung der Plastikstrukturen würde der Druck des kohlesäurehaltigen Getränks die Flasche sprengen. Auch Autoantennen brechen nur dank Fraktalforschung nicht ab. Aber auch das Internet kann durch diese Theorie verbessert werden. Viele E-Mails kommen nicht an, weil die Server schlecht überlastet sind. Mittels Fraktalanalyse können Spitzen im E-Mail-Aufkommen besser erkannt und der elektronische Verkehr gelenkt werden. Und auch die Medizin kann profitieren. Denken sie an epileptische Anfälle. Bei diesen herrscht im Gehirn eine zu große Ordnung: Viele Zellen werden als Reaktion auf ein winziges Ereignis gleichzeitig aktiv. Mit einer Art Schrittmacher kann man etwas Chaos in das Zentrum der Zellen injizieren und damit den Anfall stoppen.

**DIE WELT:** Was haben Fraktale mit Chaos und Zufall zu tun?

**Mandelbrot:** Chaos ist ein Zwischending zwischen Unordnung und Ordnung. Früher unterschied die Forschung zwischen Zufall und Gesetz, ich untersuche den Graubereich dazwischen. Das beste Beispiel für Chaos ist das Wetter auf See. Da scheint tagelang die Sonne, und urplötzlich kommt ein Unwetter auf. Bereits winzige Änderungen am Anfang verursachen schließlich große Schwankungen. Ein anderes Beispiel ist der fehlende Nagel, der angeblich eine neue Weltordnung hervorbrachte. Weil ein Nagel fehlte, gab es kein Hufeisen für ein Pferd. Deswegen fiel das Pferd im Kampf, und dies führte wiederum dazu, daß die gesamte Schlacht verloren ging. Die verlorene Schlacht war Ursache für einen verlorenen Krieg, und damit war das gesamte Königreich verloren und die Weltordnung eine andere. Solche Ereignisse können die Theorie der Fraktale abbilden und die Risiken aufzeigen.

**DIE WELT:** Ihr jüngstes Buch befaßt sich indes mit Fraktalen und Finanzmärkten ...

**Mandelbrot:** Eines ist doch klar, die klassische Portfolio-Theorie, die davon ausgeht, daß sich die Börsen langsam, aber stetig nach oben oder unten entwickeln, ist von der Realität längst überholt worden. Denn Aktienmarktcrashes wie 2000 oder plötzliche Kurseinbrüche, wie der 25-Prozent-Rückgang beim Pharmariesen Merck, kann man damit nicht erklären. Besser funktioniert da die Kursanalyse mit den Fraktalen. In quasi jedem einzelnen Aktienchart läßt sich ein immer wiederkehrendes Muster erkennen. So kann man auch chaotische Börsenturbulenzen abbilden.

**DIE WELT:** Mit den Fraktaltheorie wissen Sie also schon heute die Kurse von morgen?

**Mandelbrot:** Auch wenn viele Marktteilnehmer inzwischen meine Fraktaltheorie für ihre Chartanalyse heranziehen, kann sie keine konkreten Vorhersagen machen.

**DIE WELT:** Ohne Prognosekraft ist aber doch jede Theorie sinnlos?

**Mandelbrot:** Das würde ich nicht sagen. Denn meine Analyse macht entgegen der bisher vorherrschenden Meinung deutlich, daß Aktien viel risikoreicher sind als bisher immer angenommen. Und das ist für jeden Anleger sehr wichtig. Während sich ein Seemann gegen mögliche Stürme absichert, schippern viele Investoren ungeschützt über die Finanzmeere. Mit meiner Theorie kann ich jedes Portfolio einem vorsorglichen Risikostreßtest unterziehen. Möglich ist auch ein fundierter Risikovergleich zwischen zwei Aktiendepots, in dem die Kurscharts der einzelnen Titel in Fraktale unterteilt werden.

**DIE WELT:** Managen Sie Ihr eigenes Portfolio nach der Fraktaltheorie?

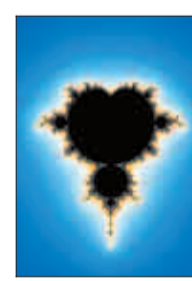
**Mandelbrot:** Ich habe drei strikte Grundsätze, die ich immer einhalte. Ich äußere mich nie über Politik, Religion – und mein Portfolio.

**DIE WELT:** Aber dann können wir vielleicht über die Nützlichkeit der Fraktaltheorie im Alltag reden. Kann man etwa damit auch Terrorrisiken einschätzen?

**Mandelbrot:** Meine Theorie kann in der Tat helfen, Risiken im normalen Leben zu gewichten. Besonders für Historiker sind Fraktale nützlich, weil sich die Geschichte in bestimmten Mustern wiederholt. Ebenso kann man Fraktale in der Kunst und Architektur nutzen. Karl Friedrich Schinkel hat zum Beispiel nach fraktalen Prinzipien gebaut. Voraussetzung für jede Analyse sind aber zunächst einmal die Daten aus der Vergangenheit. Daher habe ich sehr viel mit den Preisen für Baumwolle gearbeitet. Das sind harte Daten, die leicht zugänglich sind und zurück bis ins Jahr 1815 reichen. Das ist allerdings bei Terroranschlägen so nicht möglich. Meine Theorie muß mit simplen Regeln die Welt erklären. Genau das liefern die Fraktale. Die Disziplin steckt aber noch in den Kinderschuhen.

### Fraktal: Die Welt der rauen Oberflächen

1975 erschuf Benoit Mandelbrot den Begriff Fraktal, den er vom lateinischen Wort fractus (gebrochen) ableitete. Als Fraktal bezeichnete Mandelbrot fortan alle Objekte, die zu sich auf unterschiedlichen Größenskalen selbstähnlich sind. Was das bedeutet, veranschaulicht zum Beispiel ein Blumenkohl. Betrachtet man einen Teil des Blumenkohls, so sehen dort die kleineren Strukturen wieder so aus wie beim gesamten Kohl. Die Oberfläche des Blumenkohls ist also zu sich selbst ähnlich und damit ein Fraktal. Schon im Jahre 1967 hatte Mandelbrot die inzwischen berühmte Frage aufgeworfen, wie lang die Küste Großbritannien ist. Sie klingt zunächst sehr simpel, läßt sich indes keinesfalls leicht beantworten. Es hängt eben davon ab, wie genau man hinschaut und wie klein die Einbuchtungen und Abweichungen von einer gedachten geraden Linie denn sein dürfen, mit der man die Küstenlänge ermitteln möchte. Auch Küstenlinien ist demnach Fraktale und ebensowenig



glatt wie ein Blumenkohl. In der Mathematik lassen sich mit verblüffend simplen Formeln faszinierend ästhetisch aussehende Fraktale generieren. Berühmt wurde hier besonders die so genannte Mandelbrotmenge – auch Apfelmännchen (siehe Abbildung) genannt. Die Theorie der Fraktale kann jedoch mehr als nur hübsche Bilder zu zaubern. Sie öffnet den Zugang in die reale Welt der rauen Oberflächen. Vor Mandelbrot konnte die Mathematik eigentlich nur perfekt glatte Objekte beschreiben: Kreis, Würfel oder Dreiecke. Plötzlich ließen sich aber nicht nur verschiedene Arten von Rauigkeit sondern auch unterschiedliche Grade von Chaos präzise unterscheiden. Die Theorien von den Fraktalen und vom Chaos hängen eng zusammen. Selbst Börsenkurse sind Fraktale und in seinem neuesten Buch „The Misbehaviour of Markets“ wendet Mandelbrot seine Theorie auf Finanzmärkte an. Reich könne man dadurch zwar nicht werden, gesteht Mandelbrot, doch Risiken ließen sich so besser einschätzen.