

Sonderdruck aus Deutsches Journal für Homöopathie 1 und 2/91

Chaostheorie und Homöopathie

N. Hock. u. Ch. Garner

In den letzten Jahren hat die Chaostheorie in der Naturwissenschaft zunehmend theoretische und praktische Bedeutung gewonnen. Im Folgenden sollen mögliche Zusammenhänge zwischen den dort gewonnenen Erkenntnissen und homöopathischen Prinzipien dargestellt werden.

Zunächst eine kurze Einführung in die Grundlagen der Chaostheorie:

Der französische Mathematiker Verhulst publizierte 1845, also zwei Jahre nach dem Tod Hahnemanns, ein eigenartiges mathematisches Phänomen. Er wollte berechnen, wie sich eine Bevölkerung unter der Voraussetzung eines begrenzten Wachstums entwickeln würde. Dazu verwandte er die folgende Formel:

$$P_{n+1} = P_n + P_n * k * (1-p_n)$$

Diese Formel besagt, daß sich die Bevölkerung p_{n+1} im Jahr $n + 1$ aus der im Vorjahr vorhandenen Bevölkerung p_n und einem Zuwachs $p_n * k * (1-p_n)$ berechnet. Die auf der Erde maximal mögliche Bevölkerungsmenge ist hier theoretisch als 1 angenommen, stattdessen könnte auch 1 Million oder 1 Milliarde etc. stehen. Der den jährlichen Bevölkerungszuwachs beschreibende Term besagt, daß der Zuwachs proportional zu der schon bestehenden Bevölkerung p_n und einem Wachstumsfaktor k ist. Das Wachstum wird schließlich von dem Term $(1-p_n)$ begrenzt. Dieser Term spielt keine Rolle, wenn die Bevölkerung sehr weit von der maximalen Bevölkerungszahl entfernt ist, er macht den Zuwachs aber zu 0, wenn sich die Bevölkerung diesem Maximum (hier 1) nähert.

Rechnet man nun für verschieden hohe Wachstumsfaktoren (k) aus, wie sich jeweils die Bevölkerung entwickelt, so ergeben sich für k -Werte bis etwa 2 erwartungsgemäß Bevölkerungskurven, die sich asymptotisch der maximalen Bevölkerungszahl nähern. In Abbildung 1 und 2 sieht man ein Beispiel für 50 Vermehrungszyklen bei einem Wachstumsfaktor von 0.3 und 1.7. Sie unterscheiden sich nur durch die Steilheit des anfänglichen Wachstums, das bei einem Wachstumsfaktor k von 0.3 (jedes Jahr 30%) natürlich deutlich niedriger ist, als bei einem jährlichen Wachstumsfaktor k von 1.7.

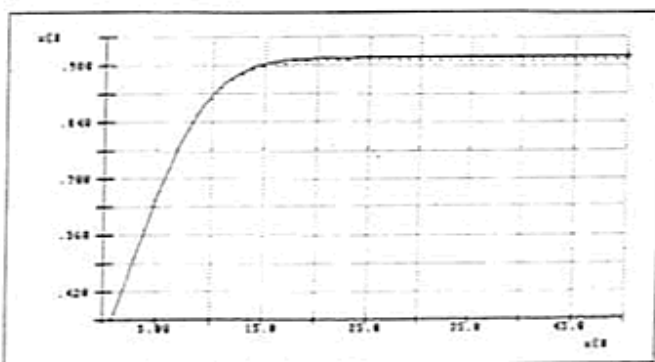


Abb. 1: Verhulst-Iteration für Wachstumsfaktor $k = 0.3$. Die Werte nähern sich langsam dem Grenzwert 1.

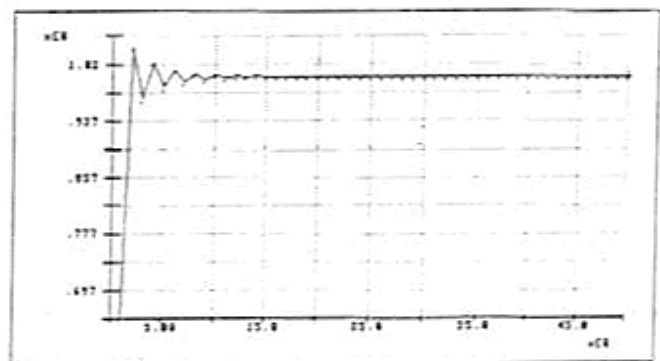


Abb. 2: Verhulst-Iteration für Wachstumfaktor $k = 1.7$. Initial schnelleres Wachstum und anfänglich überschießende Reaktion. Schließlich konvergiert die Reihe wieder bei Abb. 1 zum Grenzwert 1.

Liegt der Wachstumsfaktor k zwischen 2 und etwa 2.45, so tritt ein eigenartiges und unerwartetes Phänomen auf. Die Population springt, nachdem sie den Maximalwert überschritten hat, konstant zwischen zwei festen Werten hin und her – die Folge oszilliert (Abb. 3). Was passiert nun, wenn man die Wachstumsrate weiter ansteigen läßt? Zunächst bleibt es bis zu Werten um 2.45 bei der Oszillation zwischen zwei festen Werten, nur deren Amplitude wird größer. Bei 2.45 tritt ein Phänomen auf, das man, wie auch schon das vorhergehende als Bifurkation bezeichnet. Die Folge oszilliert jetzt zwischen vier festen Werten (Abb. 4). Diese festen Werte werden in der Chaostheorie auch Attraktoren genannt, d.h. bei fortlaufenden Wachstumsberechnungen (Iterationen) nimmt die Population immer wieder die gleichen Werte an.

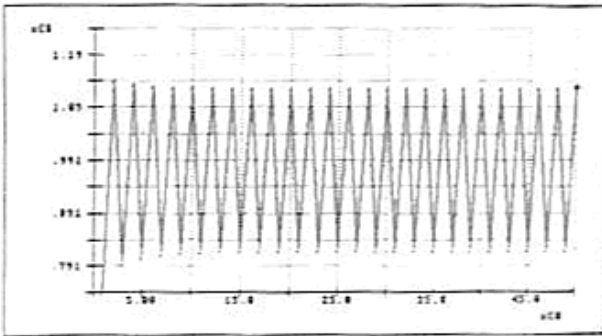


Abb. 3: Verhulst-Iteration für Wachstumsfaktor 2.1. Oszillation zwischen 2 festen Werten („Attraktoren“).

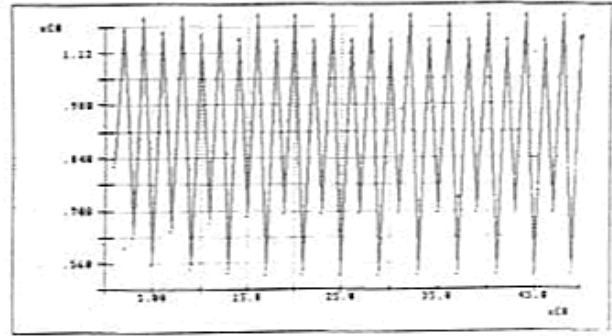


Abb. 4: Verhulst-Iteration für Wachstumsfaktor 2.5. Oszillation zwischen 4 festen Werten

Bei weiter zunehmendem k erscheinen immer mehr, zuletzt unendlich viele Attraktoren. Ab einem k größer als 2.56 springt die Kurve schließlich regellos – chaotisch – hin und her (Abb. 5).

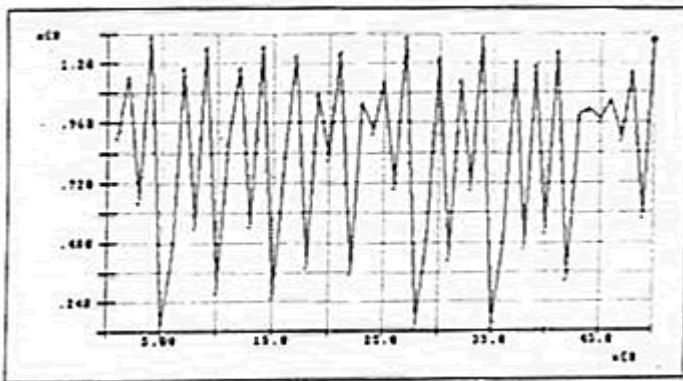


Abb. 5: Verhulst-Iteration für Wachstumsfaktor $k = 2.9$. Unregelmäßige, chaotische Zahlenfolge.

Einen Überblick über das Verhalten der Folgen bei den verschiedenen Wachstumsfaktoren zeigt Abbildung 6. Aus diesem Diagramm ergibt sich ein weiteres überraschendes Ergebnis. Zunächst erkennt man bis zum Wachstumsfaktor von $k = 2$ den konstanten Grenzwert (vgl. Abb. 1 und 2), zwischen $k = 2.0$ und $k = 2.56$ treten die besprochenen Bifurkationen mit zwei bzw. vier Attraktoren auf (vgl. Abb. 3 und 4), ab $k = 2.56$ „herrscht“ Chaos. Bei $k = 2.86$ findet sich aber plötzlich ein verkleinertes ähnliches Abbild der gesamten Kurve.

Eine Vergrößerung dieses Teilbereiches zeigt die Ähnlichkeit deutlich (Abb. 7). Auch bei vielen anderen Werten von k können ähnliche Abbilder der Gesamtstruktur herausvergrößert werden.

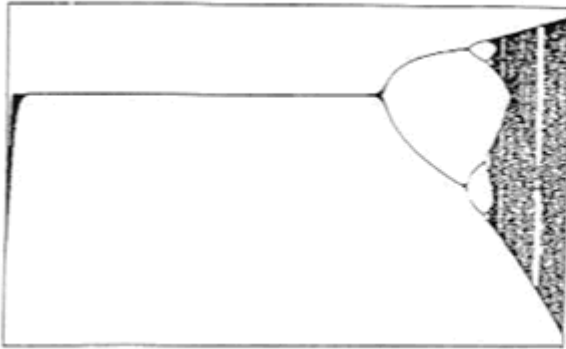


Abb. 6: Übersicht über die Verhulst-Folgen bei verschiedenen Wachstumsfaktoren k (horizontal von 0 bis 3 aufgetragen). Zunächst konvergieren die Folgen schnell beim Grenzwert 1, es folgt eine Phase mehrfacher Bifurkationen. Daran schließt sich von 2.56 bis 3 ein chaotischer Bereich mit unregelmäßigen Zahlenfolgen an. Im Chaosbereich sind helle Streifen erkennbar. Es handelt sich dabei um „Inseln der Ordnung“. Vgl. dazu nebenstehende Abbildung.

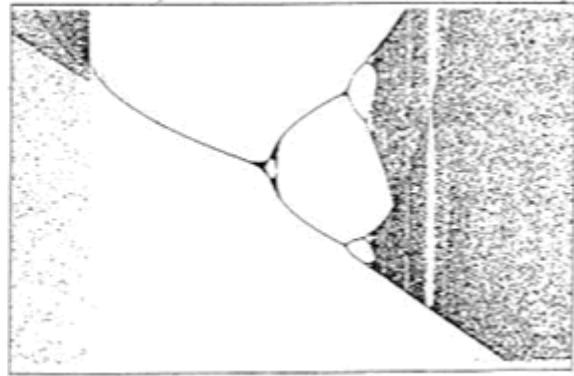


Abb. 7: Vergrößerung aus einem der hellen Streifen in Abb. 6 (bei 2.83). Aus dem chaotischen Bereich entspringt eine der ursprünglichen Figur ähnliche Struktur mit zunächst einer Linie, gefolgt von mehreren Bifurkationen, bis schließlich abrupt wieder ein neuer chaotischer Bereich beginnt. Bemerkenswert ist ferner, daß auch hier in dem chaotischen Bereich nach den Bifurkationen erneut helle Streifen erscheinen, in denen wieder ein ähnliches Abbild der Gesamtstruktur enthalten ist.

Offensichtlich ist es möglich, mit dieser mathematisch sehr einfachen Formel dynamische Prozesse in verschiedenartigen Zustandsformen zu beschreiben. In den hier dargestellten Wachstumskurven treten unter bestimmten Umständen (hier bei chaotischen Zahlenfolgen mit $k > 2.56$) selbstähnliche Strukturen auf, wobei die Schärfe der Darstellung mit steigender Iterationszahl zunimmt, sodaß durch Erhöhung der Iterationszahl Information nicht verlorengelassen, sondern im Gegenteil dadurch immer mehr Details deutlich werden.

Verschiedene experimentelle Untersuchungen, die sich mit der Wirkung homöopathischer Mittel befaßten, zeigen Resultate, die mit Prinzipien der Chaostheorie übereinstimmen, ohne daß dies bisher entsprechend gesehen und interpretiert wurde.

Die berühmteste Studie dazu ist wohl die Untersuchung von Davenas et al. 1988, die nach ihrer Veröffentlichung in Nature für großes Aufsehen sorgte. Unter Federführung von Prof. Benveniste aus dem *Inserm*-Institut Paris konnte diese Arbeitsgruppe zeigen, daß humane basophile Granulozyten auch noch durch sehr geringe Konzentrationen von Anti-IgE Antiserum degranulieren. Es wurden verschiedene Experimente mit Konzentrationen bis zu 10^{-60} bzw. 10^{-120} durchgeführt, was homöopathisch einer D 60 bzw. D 120 entsprechen würde. Abbildung 8 gibt die Figur 1 der Originalveröffentlichung wieder. In dieser ist der Prozentsatz der basophilen Degranulation abgebildet in Abhängigkeit von der Verdünnung („Dilution“) des Anti-IgE Antiserums. Der Prozentsatz der degranulierten basophilen Granulozyten schwankte bei ansteigenden Verdünnungen „chaotisch“ zwischen dem statistischen Erwartungswert von ca. 15% und einem Maximum von ca. 60%. Dabei entstanden bei verschiedenen Proben ähnliche Kurven, die sich vom Prinzip her zwar entsprachen, die Lokalisation der Gipfel und Täler war aber nicht konstant. Dies entspricht dem Phänomen, daß sich ab einem k von > 2.56 minimale Änderungen von k dahingehend auswirken, dass die Folgen sich zwar grundsätzlich ähnlich sind, im Detail jedoch nicht übereinstimmen (Schmetterlingseffekt der Chaostheorie).

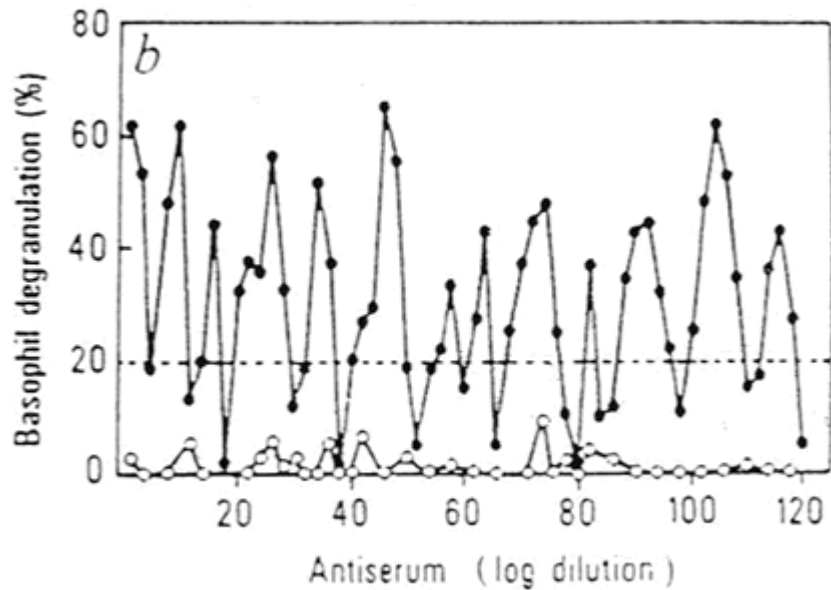


Abb. 8: Figur 1 aus, der Originalarbeit von Davenas et al. 1988. Degranulationsrate von basophilen Granulozyten unter Einwirkung von bis zu 10^{120} -fach verdünntem Anti-humanem IgE. Man erkennt nach einem initialen Wirkungsabfall bei etwa 10^8 bei höheren Verdünnungsstufen erneut Degranulationsraten bis 60%. Der Verlauf der Kurve ist dabei sehr unregelmäßig und wirkt ähnlich chaotisch wie das theoretisch gerechnete Beispiel in Abb. 5. Nicht ausgefüllte Kreise sind Kontrollen.

Auch frühere Untersucher gaben mehrfach an, daß sich die Wirkungen aufsteigender homöopathischer Potenzen bei verschiedenen Versuchsansätzen „sinusförmig“ abbilden lassen. So fand schon Kolisko 1923 eine sinusoidale Kurve bei der Aufzeichnung der Wirkung aufsteigender homöopathischer Potenzen auf das Wachstum von Pflanzensamen. Ähnliche Abbildungen fanden sich bei den Untersuchungen über Wachstum von Weizensamen beeinflusst durch Silbernitrat (Pelikan und Unger 1965 sowie Jones und Jenkins 1981) bzw. beeinflusst durch Pulsatilla (Jones und Jenkins 1983). Graviou und Biron 1971 konnten sinusförmige Kurven finden bei der Beeinflussung des Wachstums von Erbsen und Algen durch Kupfersulfat. Auch Resch und Gutmann, 1986 ermittelten durch fortlaufendes Zerreiben von Natriumchlorid im Gegensatz zu Milchzucker sinusförmige Veränderungen des Aktivitätsniveaus mit Hilfe des Thermolumineszenzverfahrens. Die oben zitierten Studien wurden mit Hilfe der Obersichtsarbeit von M. Righetti (1988) gefunden.

Unter Anwendung der oben beschriebenen Prinzipien aus der Chaostheorie können diese Kurven neu interpretiert werden. Die Eigenschaft „sinusförmig“ spiegelt die Illusion einer stetigen Funktion dar, in der die einzelnen Punkte zwischen den Meßpunkten genügend genau durch Annäherung, d.h. durch weitere Messungen bestimmt werden können. Dies ist aber wahrscheinlich nicht der Fall. Bei den beschriebenen und mehrfach mit verschiedenen Versuchsanordnungen reproduzierten Kurven dürfte es sich vielmehr um klassische chaotische Folgen handeln. In Analogie zu der oben beschriebenen Verhulst-Gleichung könnten sie Wachstumskurven mit einem k größer 2,56 entsprechen, wie ein Vergleich der Abbildungen 5 und 8 deutlich zeigt. In Bezug auf homöopathische Arzneimittel deuten diese Befunde darauf hin, daß man sich durch die Verschüttelung (Potenzierung) in einem chaotischen Wirkungsbereich bewegt. Sowohl mathematisch als auch experimentell kann also von spezifischen Informationsinhalten auch sehr hoher Potenzen ausgegangen werden.

Es gibt noch ein weiteres Argument, warum Prinzipien der Chaostheorie auf die homöopathische Mittelzubereitung anwendbar sind: Turbulente Störungen sind neben meteorologischen Phänomenen, wie z.B. Wolkenbildung, Prototypen für chaotisches Verhalten. Andererseits kommt es, wie Hahnemann schon feststellte, zu einer Wirkungsverstärkung von verdünnten Medikamenten nur, wenn ein kräftiger

Durchmischungsprozeß, das Verschütteln oder Verreiben, durchgeführt wird. Es erscheint möglich, daß durch kräftiges Verschütteln Turbulenzen, d.h. nicht laminare Strömungen ausgelöst und so chaotische Wirkprinzipien anwendbar werden. Als Konsequenz sollten zukünftige Forschungsarbeiten zeigen, ob turbulentes Verschütteln notwendig ist, um im homöopathischen Sinne wirksame Medikamente herzustellen. Einen experimentellen Hinweis darauf liefern schon die Arbeiten von Davenas et al., die zeigen, daß die Wirksamkeit der verdünnten Substanzen schnell abnimmt, wenn die auf einem herkömmlichen Laborrüttler durchgeführte Vermischung weniger als 15 Sekunden durchgeführt wird (mündliche Mitteilung). Die dort im Rüttler im Reagenzglas erzeugten Strömungsverhältnisse sind wegen der hohen Rüttelfrequenz mit hoher Wahrscheinlichkeit turbulente Strömungen.

Doch noch einmal zurück zur Chaostheorie. Im Folgenden soll das uns in Bezug zur Homöopathie besonders wichtig erscheinende Prinzip der Selbstähnlichkeit an einem anderen Beispiel aus der Chaostheorie noch einmal verdeutlicht werden.

Der Selbstähnlichkeitsaspekt, der schon im chaotischen Bereich der Verhulst-Gleichung dargestellt wurde (siehe Abb. 6 und 7), wird noch deutlicher bei der graphischen Darstellung einer anderen mathematischen Formel: dem sogenannten Apfelmännchen in der von Benoît Mandelbrot (1987) entwickelten graphischen Darstellung der komplexen Formel:

$$x_{n+1} = x_n^2 + c$$

In der Abbildung 9 ist ein mit dieser Formel berechnetes „Apfelmännchen“ gezeichnet. Die x-Achse bezeichnet dabei den reellen Anteil von c, die y-Achse den imaginären. Die Folge beginnt vereinbarungsgemäß stets bei $x_0 = 0$, c ist eine variable komplexe Zahl. Es wird dabei ein schwarzer Punkt gezeichnet, wenn die bei dem konkreten c gerechnete Folge mindestens n-mal (im Beispiel Abb. 9 sei $n = 200$) chaotisch hin- und herschwankt. Der Punkt ist weiß, wenn die Folge innerhalb der hier gewählten Iterationszahl 200 einen bestimmten Wert (Grenzwert) überschreitet und damit nicht mehr chaotisches Verhalten zeigt, sondern dem Grenzwert unendlich zustrebt.

In Analogie zur oben beschriebenen Verhulst-Gleichung sind also hier für das Apfelmännchen 200 Wachstumsschritte bei verschiedenen c berechnet worden. Der prinzipielle Unterschied besteht darin, daß k in der Verhulst-Gleichung eine reelle Zahl ist, c in der Mandelbrot-Menge dagegen komplex.

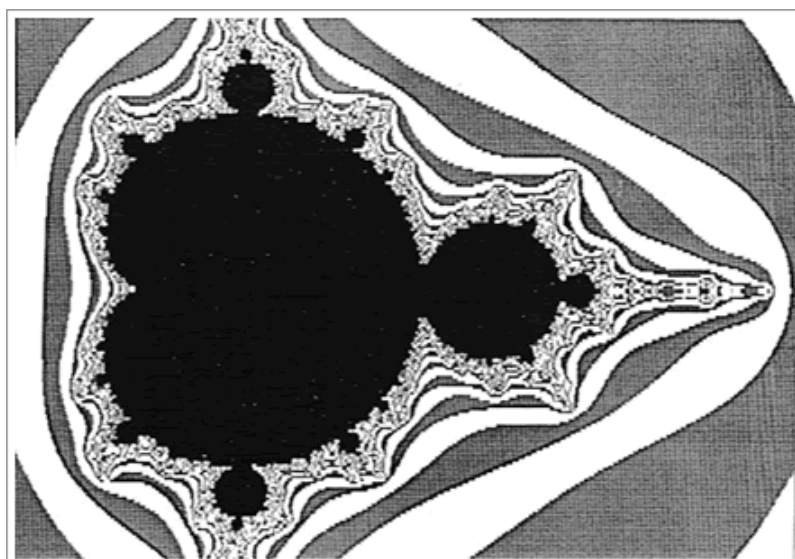


Abb. 9: Ein aus der komplexen Formel $x_{n+1} = x_n^2 + c$ berechnetes „Apfelmännchen“ mit einer Rekursionstiefe von 200. Horizontal sind die reellen Anteile von c im Bereich -1 bis $+2$ aufgetragen, vertikal die imaginären Anteile von c im Bereich $+/-1$. Der schwarze Körper enthält die Folgen von c , für die die Reihenentwicklung chaotisch verläuft. Der weiße und graue Bereich entspricht dem nicht-chaotischen Iterationsbereich, d.h. in diesem Bereich konvergieren die entsprechenden Folgen gegen unendlich. Die grau-weiß Schattierungen entsprechen dabei unterschiedlichen Rekursionstiefen, d.h. der Schnelligkeit, mit der die Folgen gegen unendlich streben.

Schon makroskopisch erkennt man angedeutet in den seitlichen „Knospen“ des Apfelmännchens die Selbstähnlichkeit, das Wiederauftauchen von Strukturen, die dem Gesamtbild ähnlich sind. Diese wird jedoch noch viel deutlicher, wenn man mathematische Teile aus der Grenzzone zwischen Chaos und Kosmos (griechisch für Ordnung) herausvergrößert. Abbildung 10 zeigt z.B. eine Vergrößerung aus der Haubenspitze des Männchens (mit Kästchen und Pfeil in Abb. 9 gekennzeichnet).

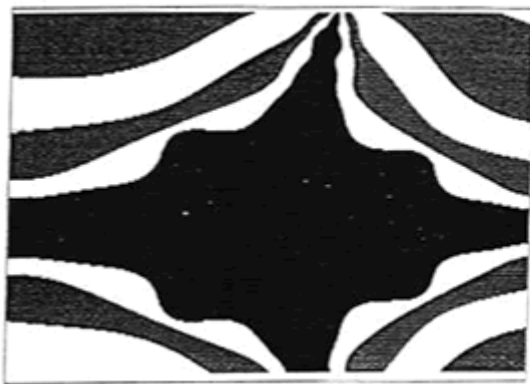


Abb. 10: Vergrößerung eines Details aus der Haubenspitze des „Apfelmännchens“ in Abb. 9 mit Iterationstiefe 12.

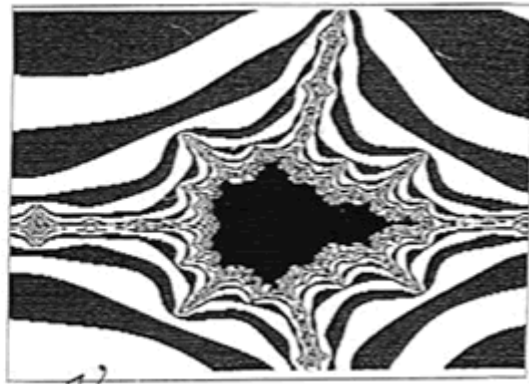


Abb. 12: Vergrößerung eines Details aus der Haubenspitze des „Apfelmännchens“ in Abb. 9 mit Iterationstiefe 30.

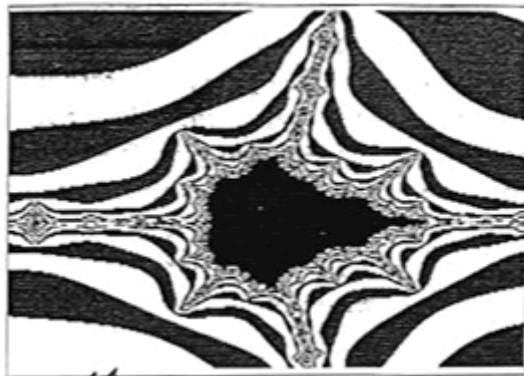


Abb. 11: Vergrößerung eines Details aus der Haubenspitze des „Apfelmännchens“ in Abb. 9 mit Iterationstiefe 24.

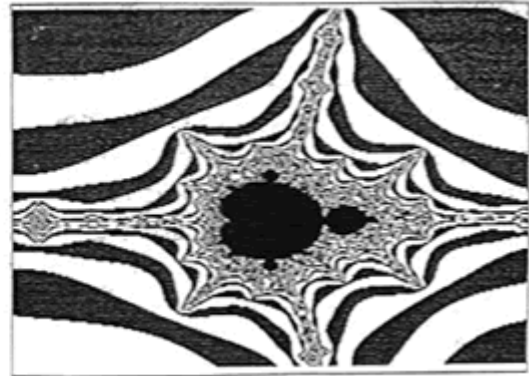


Abb. 13: Vergrößerung eines Details aus der Haubenspitze des „Apfelmännchens“ in Abb. 9 mit Iterationstiefe 200.

Dabei verdient das folgende Phänomen in Hinblick auf die Homöopathie besondere Beachtung: Berechnet man die Figur mit wenigen Iterationsschritten, z.B. 12 (Abb. 10), so erscheint die Figur sehr plump und ungenau. Erhöht man die Zahl der Rechenschritte (Iterationen) dann aber z.B. auf 24 (Abb. 11), 30 (Abb. 12) oder 200 (Abb. 13), was einer Potenzierung von C 12, C 24, C 30 oder C 200 entsprechen würde, wird die Figur zwar von der Ausdehnung her immer kleiner, die Konturen werden aber zunehmend schärfer. In Abb. 13 wird die Selbstähnlichkeit zur Gesamtfigur (Abb. 9) sehr deutlich. Homöopathisch ausgedrückt könnte man sagen, niedrige Potenzen umfassen weniger Symptome eines

Arzneimittelbildes, wirken breiter und unspezifischer. Bei höheren Potenzen kommt das Mittelbild scharfer zur Darstellung, Sie müssen präziser ausgewählt werden, wirken dann aber spezifischer.

Es ist also mathematisch modellhaft eine Wirkungsabschwächung bei fortwährender Potenzierung nicht zu erwarten, da auch mathematisch nach beliebig vielen Iterationen (i.e. Potenzierungsschritten) immer wieder ähnliche Strukturen (i.e. Prüfsymptome) auftreten, Dies zeigt sich sehr deutlich in der „ewigen Wiederkehr“ des Apfelmännchens, es kann also auch bei sehr hohen Potenzierungen eine vorgegebene Struktur (wie z.B. das Arzneimittelbild eines homöopathischen Medikamentes) wieder auftreten. Dabei wird die jeweils spezifische Struktur, d.h. die Gesamtheit der Symptome, immer deutlicher, nichts geht verloren.

Damit finden sich also in der Selbstähnlichkeit Analogien zu Ähnlichkeitsprinzipien in der Homöopathie, auch ist eine mögliche spezifische Wirkung hoher Potenzen jenseits von Placebo mathematisch nachvollziehbar. Möglicherweise ist ein lebender Organismus in der Lage, durch die Einnahme eines passenden Homöopathikums sowohl vorwärts als auch rückwärts „zu rechnen“. Dies würde einerseits die Entstehung von Prüfsymptomen, andererseits das Wiederauftreten alter Symptome erklären können. Durch das entsprechende Homöopathikum ist es für den Körper möglich, die „Koordinaten“ wiederzufinden, die ihm den Weg zur Besserung bzw. Heilung zeigen. Ein bestimmtes Mittel wurde dabei mathematisch einem bestimmten Punkt im Koordinatensystem des Apfelmännchens entsprechen.

Damit ist auch die Notwendigkeit von Arzneimittelprüfungen evident. Es ist nämlich mathematisch nicht vorhersehbar, welche Strukturen sich ausbilden, wenn ein bestimmter Ausschnitt im Koordinatensystem der Mandelbrotmenge herausvergrößert wird. So ist analog auch dem Homöopathikum per se nicht anzusehen, welche Symptome es hervorrufen und heilen kann. Es muß deshalb an Gesunden geprüft werden, um die Bilder bzw. Symptome zum Erscheinen kommen zu lassen. Theoretische Spekulationen sind wie bei mathematischen Berechnungen innerhalb der Chaostheorie unfruchtbar. Andererseits sind Prüfsymptome eines Mittels in gewisser Weise aber vorhersehbar, so wie immer wieder ähnliche Graphiken entstehen, wenn von den gleichen Koordinaten aus gerechnet wird.

Die Chaostheorie stellt zusammenfassend also einerseits Ähnlichkeitsprinzipien, andererseits eine mögliche Spezifität hoher Potenzen auf festen mathematischen Boden. Sie bietet uns allerdings keine Möglichkeit, das empirisch so häufig bewiesene „Similia similibus curentur“ und die Wirkung homöopathischer Mittel theoretisch zu erklären, über Wirkprinzip selber darf weiter spekuliert werden. Es bleibt dagegen entscheidend festzuhalten, daß durch häufiges Potenzieren nichts verlorengelut, die Strukturen bleiben vielmehr in ähnlicher Art und Weise erhalten.

Nietzsche dagegen muß korrigiert werden: Es gibt keine ewige Wiederkehr des Gleichen, sondern nur des Ähnlichen.

Literatur

- Mandelbrot, B.B.: Die fraktale Geometrie der Natur. Übersetzung aus dem Englischen Zähle, R.; Zähle U.; Wirkhäuser Verlag Basel Boston 1987
- Davenas, E.; Beauvais, F.; Amara, J.; Oberbaum, M.; Robinzon, B.; Miadonna, A.; Tedeschi, A.; Pome-
ranz, B.; Fortner, P.; Belon, P.; Sainte-Laudy, J.; Poitevin, B.; Benveniste, J.: Human basophil degranula-
tion triggered by very diluted antiserum against IgE. Nature 1988, 333: 816–818
- Graviou, E.; Biron, A.: Action d'une 15e CH de sulfate de cuivre sur la culture de Chlorella vulgaris.
Ann Hom Fr 1971, 13: 539–546
- Jones, R.L.; Jenkins, M.D.: Plant responses to homoeopathic remedies. Br Hom J, 1981: 70; 120
- Jones, R.L.; Jenkins, M.D.: Effects of hand and machine succussion an in vitro activity of potencies of
Pulsatilla. Br Hom J 1983, 72, 4: 217
- Kolisko, L.: Physiologischer und physikalischer Nachweis der Wirksamkeit kleinster Entitäten,
1923–1959. Arbeitsgem. Anthroposoph. Ärzte, Stuttgart 1961
- Peitgen, H.-O.; Richter, P.H.: The beauty of fractals. Images of Complex Dynamical Systems. Springer
Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo 1986
- Pelikan, W.; Unger, G.: Die Wirkung. potenziertes Substanzen. Philos.-Anthroposoph. Verlag, Dornach
1965 (The activity of potentized substances. Br Hom J 1971, 60 (4): 233–266)
- Resch, G.; Gutmann, V.: Wissenschaftliche Grundlagen der Homöopathie. O.-Verlag Berg 1986 (Engl.:
Scientific Foundations of Homoeopathy, O.-Verlag 1987)
- Righetti, M.: Forschung in der Homöopathie. Burgdorf-Verlag Göttingen 1988
- Schuster H., G.: Deterministic Chaos. An Introduction. 2. Auflage VCH Verlagsgesellschaft
Weinheim 1987

Anschrift: Dr. med. Nikolaus Hock, Roggensteiner Allee 234, 8031 Eichenau, und Dr. med. Christoph
Garner, Frühlingstr. 32, 8011 Baldham