



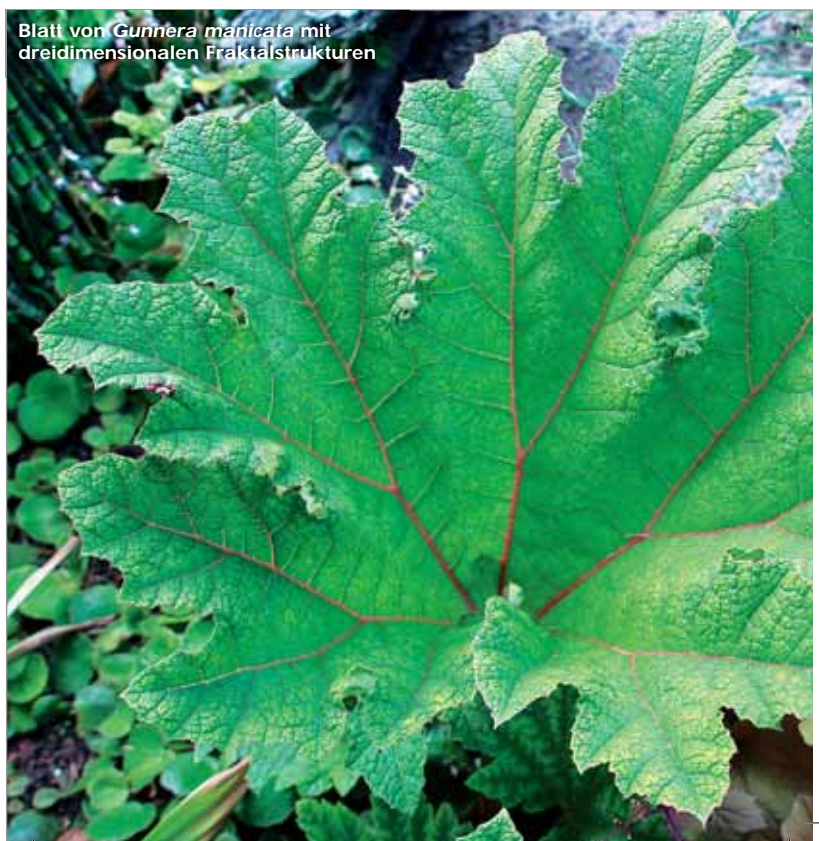
Die verborgene Ordnung der Natur – fraktale Strukturen der Wasserchemie

von Phillip Mertens

„Eine Entdeckung besteht darin, etwas zu sehen, was jedermann gesehen hat, und sich dabei etwas zu denken, was noch niemand gedacht hat.“ (Albert von Szent Györgi), Foto: S. Rothe

Man kann sie im Regenwald finden, in der neusten medizinischen Forschung, in der Welt von Filmen und der drahtlosen Kommunikation, selbstähnliche Formen beschreiben nahezu alle natürlichen Strukturen wie die von Korallen, Gebirgssilhouetten, Schneckenhäusern, Lungen- und Blutsystemen oder auch dem Verzweigungsprinzip bei Nervaturen der Blätter vieler Pflanzen. Es handelt sich um ein bisher zu Unrecht nur spärlich beachtetes, jedoch wissenschaftlich durchaus fassbares Geheimnis der Natur.

Was optisch am Pflanzenwachstum mit bloßem Auge schon längst beobachtet werden konnte, ist mit modernen Methoden der Wasseranalytik und mit Hilfe leistungsstarker Computer jetzt auch in der unsichtbaren Welt der Wasserchemie erkennbar geworden. Langzeitstabile Aquaristik basiert auch intuitiv auf dem größten Konstruktionsprinzip der Natur – niemals identisch und doch immer selbstähnlich. Im Folgenden berichte ich darüber, wie ich diesem Geheimnis auf die Spur gekommen bin und wie einfach es sich im Aquarium anwenden lässt.



Blatt von *Gunnera manicata* mit dreidimensionalen Fraktalstrukturen





Die Bühne des Wassers

Wasser ist nicht gleich Wasser, denn die Art und Menge gelöster Salze gibt vor, welche Lebewesen im Wasser gut gedeihen. Je nach Standort bietet Ausgangswasser (z.B. Leitungswasser oder Brunnenwasser) unterschiedliche Bedingungen an, die zunächst erkannt und beachtet werden sollten. Erfahrene Aquarianer filtern und entsalzen das Ausgangswasser daher mit Umkehrosmoseanlagen und Reinwasserfiltern, um anschließend mit Aufhärtesalzen die gewünschte Wasserqualität einzustellen. Diese Salzmischungen entsprechen den in der Natur gemessenen Konzentrationsverhältnissen und bieten eine saubere und kontrollierte Basis für alle weiteren Aktivitäten im Aquarium.

Fraktale Langzeitstabilisierung der Wasserchemie

Nach dem Stand der Technik der vergangenen Jahrzehnte werden im Aquarium Wasserparameter gemessen und dann mit entsprechenden Mitteln auf die gewünschten Werte gebracht. Es stehen viele verschiedene Messmethoden zur Verfügung, die je nach Qualität und Genauigkeit zu unterschiedlichen Praxisergebnissen führen. Allein auf der Basis von Beobachtungen gelingt eine Einstellung der Wasserchemie nur sehr erfahrenen Aquarianern. Werden die einzelnen Faktoren nicht durch Messungen kontrolliert und darauf reagierend eingestellt, reduzieren sich erfolgversprechenden Möglichkeiten bei der Pflege von Tieren und Pflanzen in Süß- und Meerwasser-aquarien.

Die Dynamik der Wasserchemie ist in jedem Aquarium anders und einzigartig. Um dieses Thema soll es im Folgenden gehen: Selbst bei identischer Einrichtung zweier bau- und einrichtungsgleicher Aquarien kann sich schon am ersten Tag die Entwicklung der Wasserfaktoren in beiden Becken stark voneinander unterscheiden. Mit zunehmender Betriebszeit erhöht sich – auch bei einer gleichartigen Wartung – die Tendenz und Wahrscheinlichkeit zum Ungleichgewicht der Parameter des Biosystems im Aquarium.

Betrachtet man nun die Wassereigenschaften eines Aquariums, so stellt man fest, dass es sich um ein chaotisches System handelt, vergleichbar mit dem Wetter auf der Erde. Es lässt sich zu einer Beobachtung nur sehr selten die Ursache eindeutig bestimmen. Der Messwert nur eines Wasserparameters

Wellen – dynamische Kräfte der Natur



Sternstunde der Aquaristik mit Sternpflanzen, *Pogostemon stellatus* – künftig noch prächtiger wachsend durch die Fraktalmethode, Foto: S. Rothe



Die Dosier-Würfel sind Träger für unterschiedliche Substanzen, zum Beispiel Wasserpflanzendünger, der ganz allmählich an das Aquarienwasser abgegeben wird



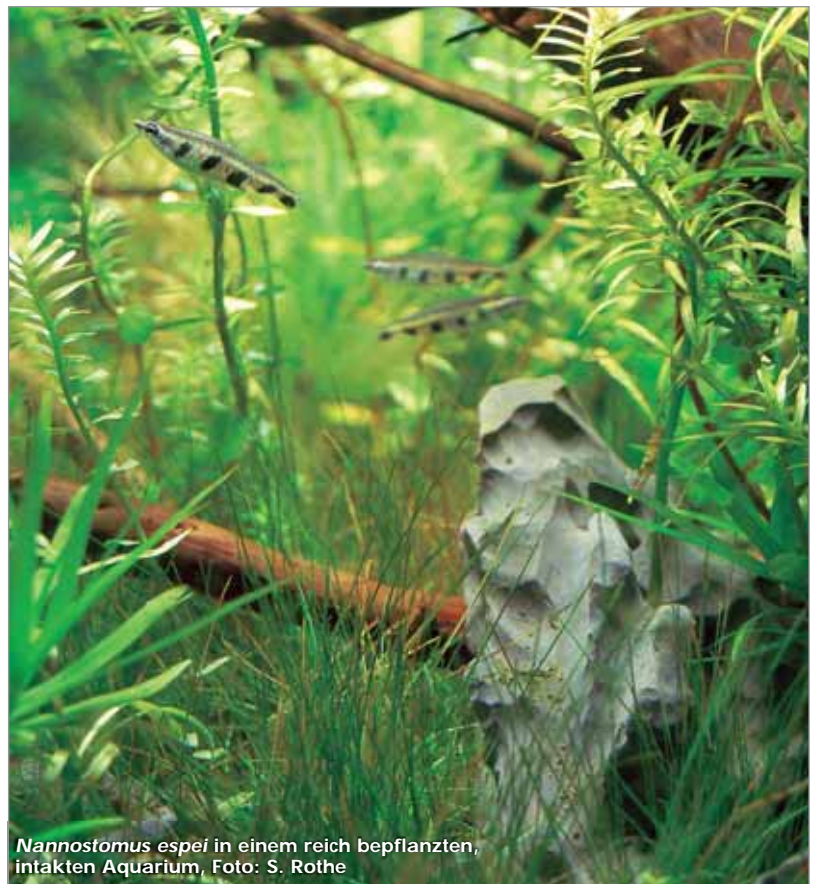


Faszination Naturaquarium, Foto: P. Tauchmann

kann daher keine Auskunft darüber geben, wie sich dieser Wert in Zukunft weiter entwickeln wird oder welcher Wert vorher vorhanden war. Allein durch eine erneute, ständig wiederholte Messung ist jeweils der nächste Wert ermittelbar. Deshalb ist es erforderlich, bestimmte Parameter regelmäßig zu messen. Auf den jeweils aktuell ermittelten Wert reagiert man dann mit einer Korrektur der Dosierung. Auf diese Weise entsteht eine gewisse Erwartung im Hinblick auf den nächsten Messwert, so zumindest das klassische Verständnis zum Umgang mit wasserchemischen Eigenschaften.

Eigendynamik und Dosierungen

Doch diese Rechnung wurde nicht mit der chaotischen Eigendynamik der Aquarien gemacht: Wird nach der Dosierung irgend eines Faktors, der den Messwert beeinflussen, ja „optimieren“ soll, ein zweites Mal gemessen, erhält man mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht den Erwartungswert, der sich aus der ersten Messung und der daraufhin korrigierten Dosierung ergibt, da das Aquarium mit all seinen biotischen und abiotischen Faktoren ebenfalls auf den neuen Messwert Einfluss genommen hat. Diese Einflussnahme ist auf Grund der chaoti-



Nannostomus espei in einem reich bepflanzten, intakten Aquarium, Foto: S. Rothe





schen Eigendynamik jedes Aquariums nicht vorhersehbar. Die Entwicklung der Parameter unterliegt damit in diesem Rahmen einer Unbestimmtheit, die auf Grund sich aufbauender Wahrscheinlichkeitsverhältnisse mit zunehmender Zeit stärker zur Wirkung kommt. Es ist daher möglich, dass der zweite Messwert über dem ersten Messwert liegt, es ist aber auch möglich, dass der zweite Messwert trotz einer korrigierenden Zugabe unter dem ersten Messwert liegt.

Was passiert wenn...

Mit Hilfe von Computern lassen sich alle möglichen wasserchemischen Entwicklungen berechnen und visualisieren. Hierbei zeigt sich der erste gravierende Unterschied zum



Dünger sind Mineralstoffe, die der Ernährung von Pflanzen dienen



Positive Emptionen durch ein wunderschönes Aquarium, ermöglicht durch einen klaren Kopf mit berechnenden Faktoren, Foto: P. Tauchmann





DRAK



DRAK-AQUARISTIK

Wasserpflanzendünger, Wasseraufbereiter, Aufhärtsalze und Meerwasserbedarf vom Spezialisten!
Ausgereifte Produkte, entwickelt von Aquarianern für Aquarianer!
Testen Sie uns, Sie werden es nicht bereuen.
Unsere Website, der Webshop und ein Supportforum stehen zu Ihrer Verfügung.

DRAK-AQUARISTIK
DR. ANDREAS KREMSE
Rosenstraße 22
D-71101 Schönaich

☎ 0 70 31 / 77 63 53

☎ 0 70 31 / 77 63 54

🌐 <http://www.drak.de>

✉ info@drak.de

FiMö AQUARISTIK GMBH

- • • • • Frostfutter EURO, Flat Pak, Blister
- • • Artemia GOLDEN GATE, SV 2000, RUDO frozen fishfood, DISKUS-QUICK,
- • • DiscusColor / Discus ProfiMenue, Superfish 10 / Supergrow ...
- **Trockenfutter**
Tabletten, Sticks, Artemia Eier
Royal Premium, ...
- **Aquarientechnik**
Belüftung, Wasseraufbereitung,
Miß- und Regeltechnik ...
AQUA MEDIC – Osmoseanlagen, Eisweiß-
abschäumer, Nitratfänger, CO₂-Steuerung,
AB – CO₂-Anlage, JÄGER, SCHEGO,
Hi-Blow Durchlüfter Kompressoren,
SCL-Seitenkanalgebläse ...
- **Beleuchtung**
INTERPET – TRITON, OSRAM, SYLVANIA,
AB – 13.000 Kelvin HQI-Brenner, T.S.,
HQI-Leuchtmittel, Spezial-Reflektoren ...

- **Filter und Strömungspumpen**
SACEM, FRIEDRICH und
SEEROSE-Teichpumpen ...
- **Filtermaterial und PVC-Fittings**
UV-Teichklare; Bactoball; Filterschaumstoff ...
- **Aquariensysteme**
AQUA MEDIC – Meerwasseraquarien,
NISSO-Komplettaquarien ...
- **Wasseraufbereitung ...**
Algenbekämpfungsmittel ...
- **Heil- und Pflegepräparate**
- **Deko-Material ...**
- **Verpackungsmittel** Leerdosen
- **Fachliteratur ...**

Fresh Frozen

Brand Deputat's
DiscusColor

Vertrieb Deutschland
GOLDEN GATE

Tetra

Millipore

SACEM

INTERPET

ALGAE STOP

PRESTO

WEGMANN

BRUSTMANN

SYLVANIA

RVTO

BIDUS ERICK

O.S.I.

Flakes, Pellets, Nibblers

Sprinkles, Brite Strump, Cichlid, VividColor

GRSV LEE

DO AQUA MEDIC

SIPOKAX

SEEROSE

FiMö Aquaristik GmbH · Hückerstr. 113 · 32257 Bünde
Fon 0 52 23 / 18 88 40 · Fax 0 52 23 / 18 88 49
Großhandel – Lieferung nur an Wiederverkäufer, gewerb. Züchter und Institute





**Messgeräte und
Wassertests von...**

m. Manfred Merz
Kuhnhofer Weg 42a • 91207 Lauf
service@merz-im-web.de
www.merz-im-web.de

Verständnis der klassischen Aquaristik: Die damit erzeugten Diagramme sind Flächendiagramme, keine Liniendiagramme. Ein Liniendiagramm stellt die Kennlinie eines bestimmten Aquariums dar und lässt sich nicht reproduzieren. Der Verlauf ist einzigartig genau wie die gesamte Entwicklung des dazugehörigen Aquariums.

Das Flächendiagramm gibt im Vergleich dazu keine Auskunft darüber, „wo sich ein Aquarium im Moment faktoriell aufhält“, es zeigt aber, wo es sich aufhalten kann. Das Verhalten der dosierten Stoffe im Wasser wird durch diese Flächen ermittelt; je nach Art des Stoffes findet ein zusätzlicher Einfluss auf die Wirksamkeit statt. Der Computer lässt sich mit allen denkbaren Daten füttern und gibt auf deren Basis die Flächendiagramme aus. Damit steht ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem man die Vielfalt und Verschiedenheit der Aquarien grafisch sichtbar machen kann. Das Ergebnis der Berechnung mit herkömmlichen Dosieretechniken ist dabei immer dasselbe: Egal ob mit automatischer Dosierung per Apparatur, flüssiger Dosierung per Tropfflasche, per chemisch komplexgesteuerter Dosierung oder per gleichmäßiger Feststoffdosierung gepresster Materialien über den Filter oder Bodengrund – die Flächen im Diagramm verlassen auf kurz oder lang den Toleranzbereich mit wachsender Wahrscheinlichkeit. Nach meiner Erfahrung in der Aquarienpraxis bei manuellen Messungen lässt sich diese Tendenz über Monate oder Jahre hinauszögern, wenn man das System versteht und die richtigen Schritte zu dessen Beeinflussung geht. Dennoch überwiegt im Langzeitverlauf die chaotische Tendenz; durch die Schwankungen verliert die punktuelle Messung an Bedeutung. Ich habe versucht, sie so lange wie möglich im Toleranzbereich zu belassen, um dem angestrebten Optimum nahe zu kommen, das sicher wie bei allen natürlichen Systemen nie wirklich zu erreichen ist.

Nun stellt sich bei allen Überlegungen die Frage: In welcher Art müsste denn dosiert werden, damit die Fläche endlos im Toleranzbereich verbleibt? Es ergibt sich bei der Eingabe der Parameter nur ein mögliches Ergebnis: Die Art der Dosierung muss einen fraktalen Charakter haben.

Die fraktale Stabilisierung

Im Diagramm (Seite rechts) sieht man, wie sich die grüne Fläche zu einer Form ausprägt, die sich auf der Zeitachse endlos wiederholt. Diese Bildung fraktaler Strukturen kann sich in wenigen Tagen oder auch erst nach mehreren Monaten zeigen, aber dann wiederholt sie sich endlos. Innerhalb der grünen Fläche ist die Aufenthaltswahrscheinlichkeit für jeden Messpunkt des beobachteten Aquariums gleich groß. Egal ob in der Spitze einer Zackenausprägung oder im Mittelfeld; alle Punkte sind gleichwertig und gleich wahrscheinlich. Nur der Verlauf der Kennlinie eines bestimmten Aquariums wird durch den chaotischen Einfluss immer variieren.

Die Bilder der in jedem Zeitabschnitt und in jeder Vergrößerungsstufe auftretenden Formen sind selbstähnlich. Die in der Tabelle aufgezeigte Folge von Dosieraten ist bildhaft selbstähnlich und führt beispielsweise zu der Ausprägung einer fraktalen Flächenform, die dargestellte



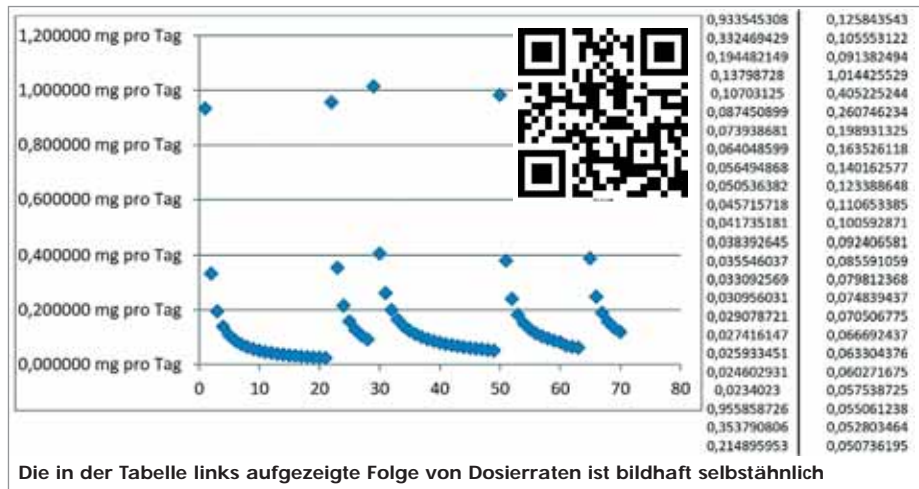
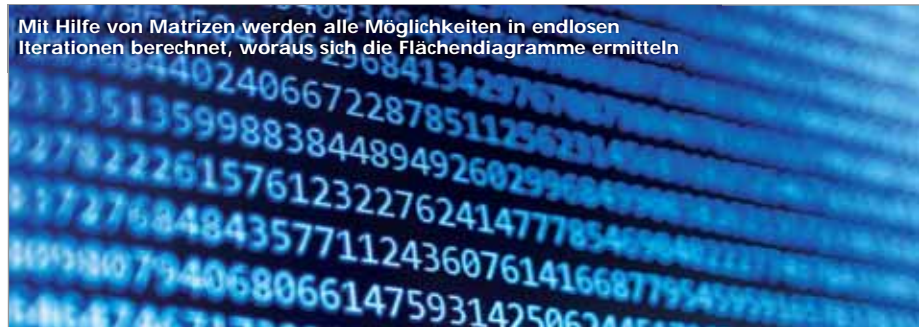
Dimension betrifft einen Tag. Der exakte Zahlenwert einer Rate wiederholt sich niemals, was durch die vielen Stellen nach dem Komma verdeutlicht wird. Die Summe der Raten entspricht dem gesamt dosierten Material, die Raten sind daher rechnerisch exakt, werden in der Praxis aber durch Kornbildungen der Feststoffdiffusion zeitweise nach oben oder unten abweichen. Die in der Anwendung erzeugte Kombinatorik führt dann zu möglichen Dosierraten, die mathematisch gegen unendlich laufen und so eine fraktale Stabilisierung sichern. Die Toleranzgrenzen des Systems sind dabei enorm, die Funktionen sind zu jedem Zeitpunkt erneut startfähig.

Ergebnis

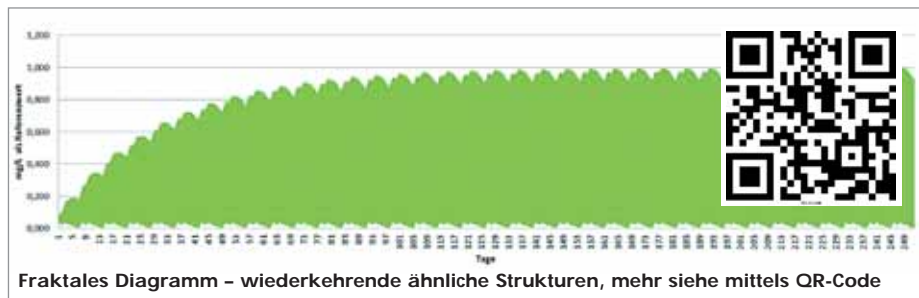
Das Ergebnis ist ein Konzept zum Betrieb von Aquarien, das gänzlich ohne die Hilfe und Kontrolle durch Messungen funktioniert. Die endlose Stabilisierung der Wasserchemie gelingt trotz vielfältiger Einflüsse:

- verschiedene Beleuchtungsvarianten
- diverse Kombinationen von Pfleglingen (z.B. Pflanzen und Fische, Korallen und andere Tiere)
- alle Arten von Bodengrundtypen
- alle Arten von Ausgangswasser
- unterschiedliche Wasservolumina
- verschiedene Wasserwechsel-Konzepte
- alle Varianten der Kohlendioxid-Düngung

Es lassen sich damit alle wasserchemischen Parameter einstellen, die als Dauerkonzentrationen vorhanden sein sollen. Die stoßweise Dosierung, z.B. der Einsatz von Wasseraufbereiter oder die Zugabe einzelner Makronährstoffe, ist ebenfalls möglich; die Feststoffträger fungieren dann als Depot und geben die Wirkstoffe bei Wasserkontakt binnen weniger Stunden oder Tage frei. Auch eine Medikamentenzugabe lässt sich damit realisieren. Der Dauerbetrieb ist ohne Flüssigkonzentrate machbar. Der Verbrauch an Düngematerial und anderer Wirkstoffe kann damit auf real notwendige Mengen reduziert werden. Und das Aquarium bleibt als abgeschlossenes System mit allen seinen Faktoren und ihren Wechselwirkungen in einem fraktalen stabilen Bereich, einem, der den Verhältnissen in der Natur sehr nahe kommt.



Die in der Tabelle links aufgezeigte Folge von Dosieraten ist bildhaft selbstähnlich



Fraktales Diagramm - wiederkehrende ähnliche Strukturen, mehr siehe mittels QR-Code

Community-Aufruf

Die Aquaristik steigt auf die fraktale Dosiermethode um!

Wir rufen alle Aquarianer auf, die neue Düngemethode im eigenen Aquarium anzuwenden.

Das Aktionsangebot „3 zum Preis für 1“ ist ab sofort im teilnehmenden Zoofachhandel oder im Direktversand per Amazon Prime verfügbar: www.aquafim.de

Teile Deine Erfahrungen!
 Sende Bild und Bericht an den Tetra Verlag: aufwurf@tetra-verlag.de
 An alle Einsender werden **Dünge-Produkte gratis** vergeben.

Danke fürs Mitmachen!

