

# Langzeitstabilisierung der Wasserchemie in Süß- und Meerwasser Aquarien

verfasst von Phillip Mertens am 13.01.2016

## Vorwort

Im klassisch betriebenen Aquarium werden die Wasserparameter gemessen und dann mit entsprechenden Mitteln auf die gewünschten Werte gebracht. Diese Werte sind abhängig von den Vorstellungen des Aquarianers. 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. Wird die Wasserchemie vom Aquarianer nicht durch Messungen kontrolliert und darauf reagierend eingestellt, reduzieren sich Möglichkeiten der Pflanzen-, Korallen- und Fischhaltung entsprechend.

## Einleitung

Die Dynamik der Wasserchemie ist in jedem Aquarium anders und einzigartig; und um diese Problematik soll es im Folgenden gehen: Selbst bei identischer Einrichtung zweier baugleicher Aquarien kann sich schon am ersten Tag die Entwicklung der Wasserchemie 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 Folgenden wird vorgestellt, wie mit einem neuen Ansatz, dem der *fraktalen Mathematik*, eine Langzeitstabilisierung der Wasserchemie gelingt; ohne Messen oder Beobachten.

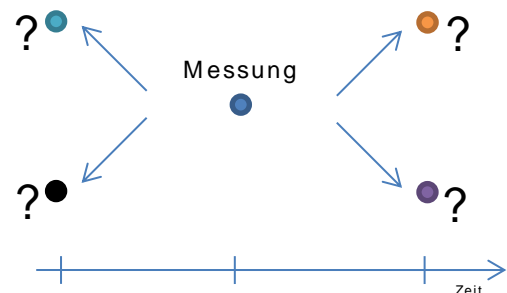
Der Begriff *Fraktale* steht für Gebilde, die in den verschiedensten Maßstäben betrachtet dieselben Strukturen aufweisen. Diese *Selbstähnlichkeit* von Strukturen beschreibt veränderliche Eigenschaften, die optisch gleich aussehen, aber auf Grund der Veränderlichkeit nicht gleich sind. Beispiele sind z.B. Kristalle, die Verzweigung von Bäumen, die Verzweigung des Lungensystems im menschlichen Körper.

Betrachtet man nun die möglichen Parameter des Aquariums, 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 eines Wasserparameters kann daher keine Auskunft darüber geben, wie sich dieser Wert in Zukunft weiter entwickeln wird (roter und violetter Punkt in Bild 1) oder welcher Wert vorher vorhanden war (hellblauer und schwarzer Punkt in Bild1). Allein durch eine erneute Messung ist der nächste Wert ermittelbar.

Bild 1

Bild 1: Skizze: die erste Messung (blauer Punkt) zeigt bildhaft einen ermittelten Wert. Die Werte der zukünftigen Messungen (roter und violetter Punkt) sind völlig unbekannt, vom blauen Punkt kann nicht abgeleitet werden ob der Wert fällt, steigt oder auf gleichem Niveau bleibt.



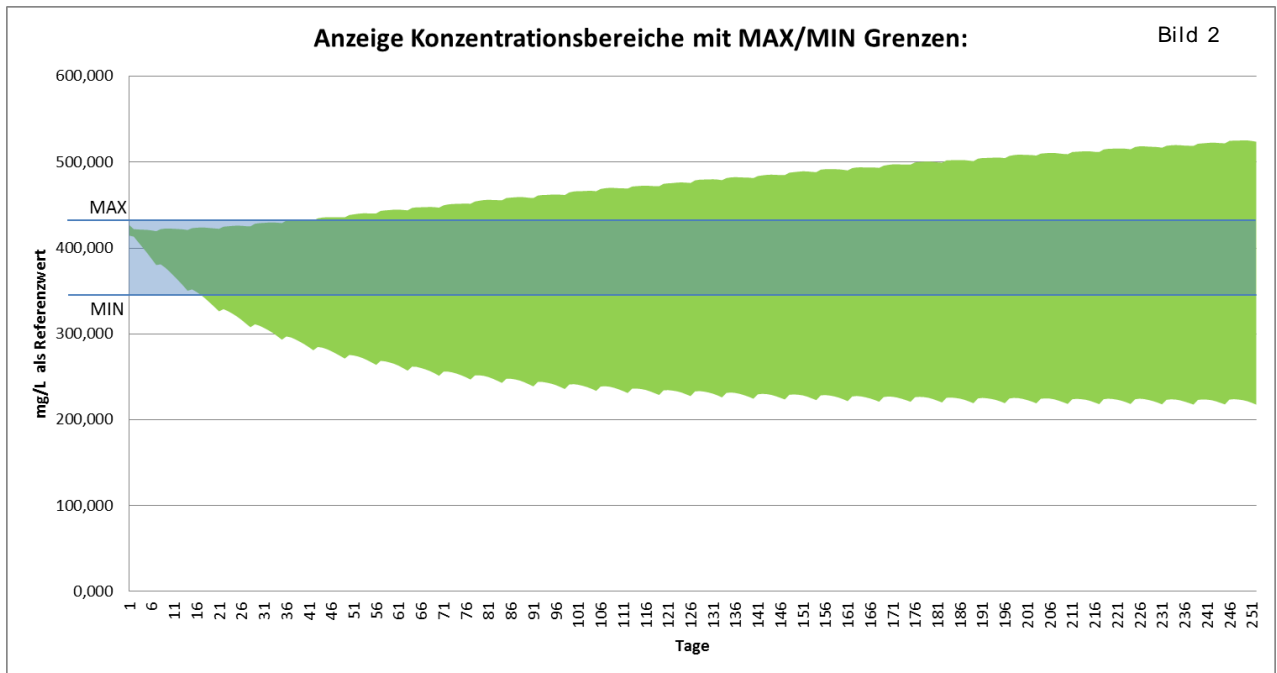
Daraus folgt die Notwendigkeit, bestimmte Parameter regelmäßig zu messen. Auf den jeweils aktuell ermittelten Wert reagiert man dann mit einer Korrektur der Dosierung. Es entsteht so eine gewisse Erwartung in Hinblick auf den nächsten Messwert.

### Eigendynamik und Dosierungen

Dieser Erwartungswert kann zum Beispiel der rote Punkt sein. Wird jedoch nach der Dosierung ein zweites Mal gemessen, erhält man mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht diesen Erwartungswert, der sich aus der ersten Messung und der daraufhin korrigierten Dosierung ergibt, da das Aquarium ebenfalls auf den neuen Messwert Einfluss genommen hat. Diese Einflussnahme ist auf Grund der chaotischen Eigendynamik jedes Aquariums nicht vorhersehbar. Die Entwicklung der Parameter ist immer mit einer unbekanntem Dynamik behaftet, die auf Grund sich aufbauender Wahrscheinlichkeitsverhältnisse mit zunehmender Zeit stärker zur Wirkung kommt. Es ist daher möglich, dass der zweite Messwert über dem roten Punkt liegt, es ist aber auch möglich, dass der zweite Messwert trotz einer korrigierenden Zugabe unter dem violetten Punkt liegt.

### Was passiert wenn...

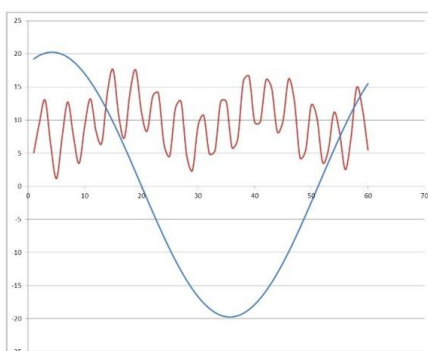
Mit Hilfe von Computern lassen sich heute alle möglichen wasserchemischen Entwicklungen eines Aquariums visualisieren. Dabei entstehen Flächendiagramme, zum Beispiel das Bild 2:



Das Diagramm zeigt alle möglichen Verläufe der Calciumkonzentration eines Meerwasseraquariums mit bekannten Ausgangsbedingungen bei definierter Zugabe von Calcium, es entsteht ein „Calcium-Trichter“. Zu sehen ist, wie mit zunehmender Zeit die Fläche immer größer wird. An welcher Stelle sich das Aquarium zu welchem Zeitpunkt befindet, kann nicht vorhergesagt werden.

Solange sich die grüne Fläche im blau markierten MAX/MIN-Bereich aufhält, ist die Wahrscheinlichkeit für die Störung des biologischen Gleichgewichtes aus Sicht der Wasserchemie Null. Verlassen Teile der grünen Fläche den MAX/MIN-Bereich, entsteht eine wachsende Wahrscheinlichkeit für die Störung des biologischen Gleichgewichtes. Die manuelle Nachkorrektur zurück in den blau markierten Bereich führt dann zu einer Verstärkung der Eigendynamik des Aquariums. Die Vorhersage auf Grund einer Messung verliert dadurch an Bedeutung. Die Wahrscheinlichkeit für unkontrollierbare Schwankungen wächst.

Diese Effekte sind am stärksten in Nano-Aquarien zu beobachten, da die verfügbare, stabilisierend wirkende Wassermenge relativ gering ist und Störungen entsprechend schneller auftreten können, sich gravierender auswirken.



Im Bild links zu sehen: Arten berücksichtigter Schwankungsbereiche.

Von gleichartigen Sinus-Schwankungen bis hin zu chaotischen SIN-COS Schwankungsmustern, in denen stoßartiger Verbrauch oder auch Akkumulierung einsetzen kann.

Wenn nun die Art und Menge einer Zugabe verändert wird, verändert sich auch das Flächenbild, zum Beispiel hin zu einer stark fallen Darstellung unter der Annahme eines höheren Verbrauches und geringeren Zugabe, wie auf Bild 3 zu sehen ist:

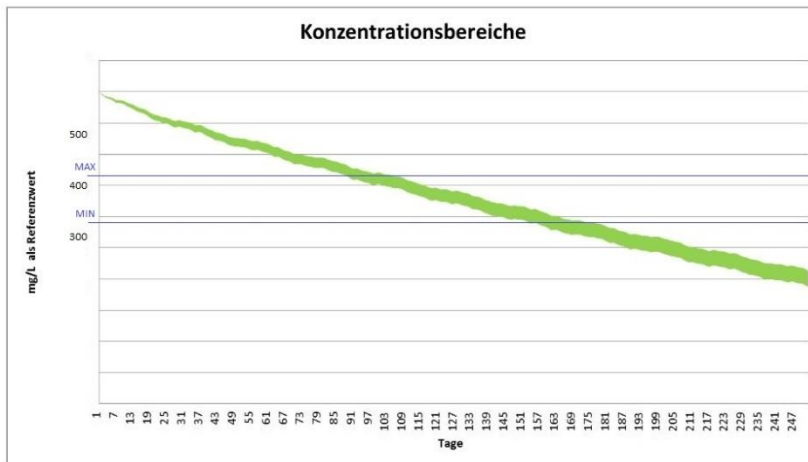


Bild 3

In diesem Beispiel sind die Ausgangsbedingungen ungünstig, Verbrauch und Zugabe verhalten sich gegenläufig. Eine Stabilisierung ist unwahrscheinlich.

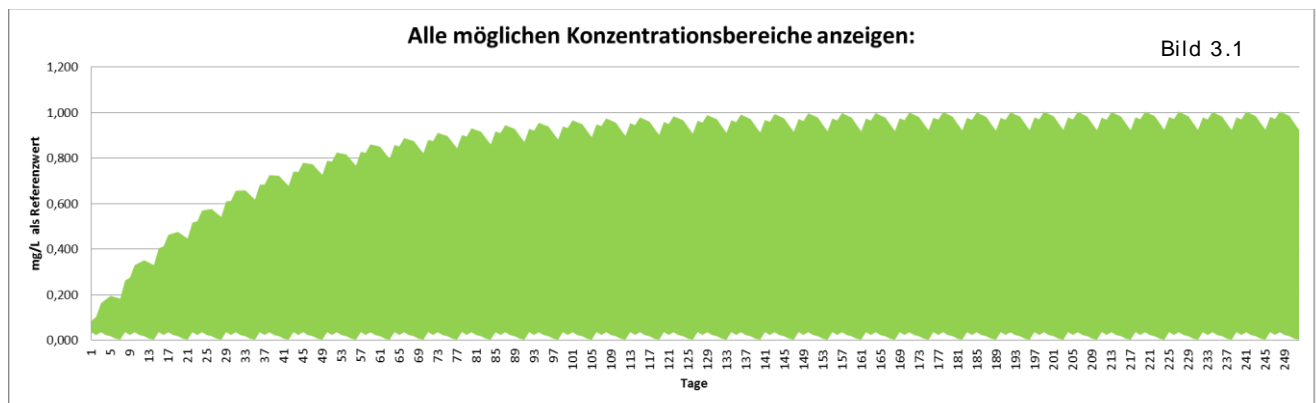


Bild 3.1

Die Wasserchemie von Süßwasseraquarien ist auf die gleiche Weise darstellbar. Bei entsprechenden Rahmenbedingungen sind ähnliche Analysen möglich, was in Bild 3.1 am Beispiel des Eisen-Wertes zu sehen ist. Im Süßwasser werden die MAX/MIN-Bereiche entscheidend durch die Vorstellungen des Aquarianers festgelegt.

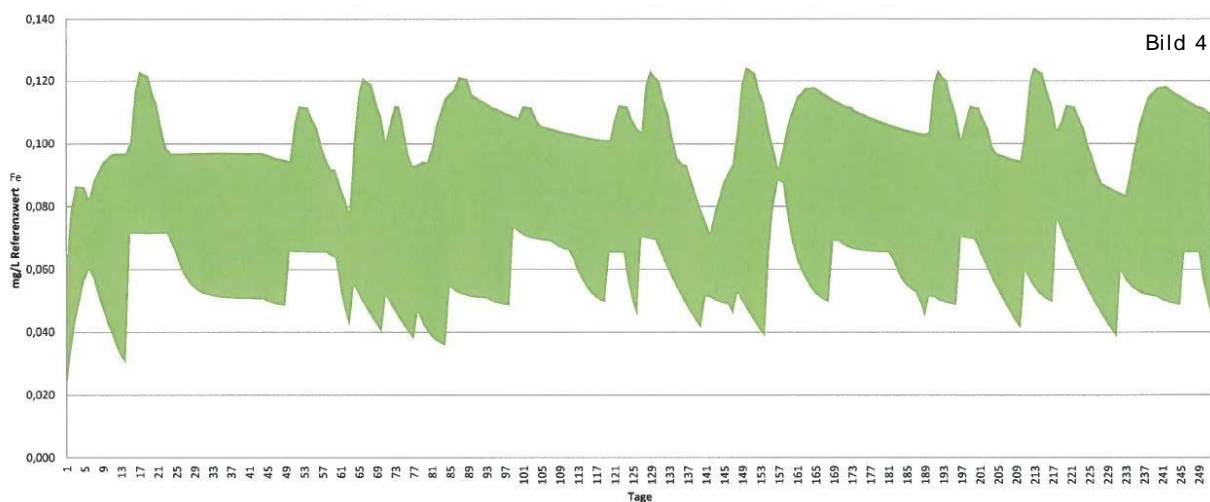
### Die Art der Dosierung entscheidet.

Es ist wichtig festzuhalten, dass der genaue Verlauf eines Aquariums mit diesen Flächendarstellungen nicht bestimmt werden kann, allein die Ober- und Untergrenzen lassen sich festmachen. Die Grenzen der Flächendarstellungen werden besonders durch die Art der Dosierung, also den Einfluss von außen bestimmt. Wo sich das Aquarium innerhalb dieser Grenzen befindet, kann nicht vorausgesagt werden und bleibt bis zum Moment der Messung unbekannt. 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.

Das Computer-Modell lässt sich nun mit allen denkbaren Daten füttern und gibt dann die Flächendiagramme aus. Damit steht ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem man die Vielfalt

und Verschiedenheit der Aquarien grafisch sichtbar machen kann. Das Ergebnis 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 grünen Flächen verlassen auf kurz oder lang den MAX/MIN-Bereich mit wachsender Wahrscheinlichkeit, was durch die „Trichter-Form“ in den Bildern 2 und 3.1 deutlich wird. Mit Erfahrung in der praktischen Anwendung lässt sich dieses Verhalten über Monate oder Jahre hinaus zögern, letztlich überwiegt im Langzeitverlauf immer die chaotische Tendenz des Aquariums.

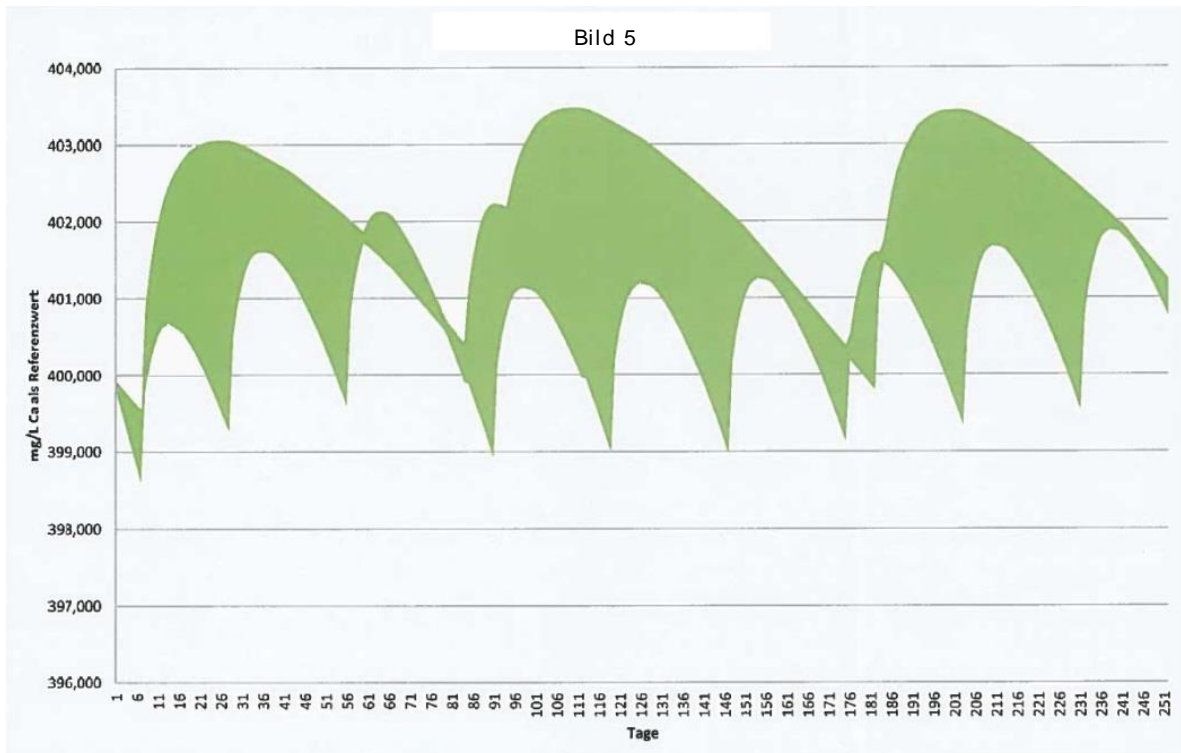
Nun erlauben die Berechnungen aber auch folgende Fragestellung: In welcher Art müsste denn dosiert werden, damit die grüne Fläche endlos immer im MAX/MIN-Bereich verbleibt? Wird die Wasserchemie nicht kontrolliert und darauf reagierend eingestellt, ergibt sich bei der Eingabe der Parameter nur eine mögliche Antwort: Die Art der Dosierung muss einen *fraktalen* Charakter haben, wie im Bild 4 zu sehen ist.



Die Wissenschaft entdeckte Fraktale nicht nur in theoretischen Denkmodellen, sondern auch vielfach in der Natur, in den tierischen und pflanzlichen Organismen: Zum Beispiel dem Herz- oder Lungenaufbau und vielen anderen natürlichen Systemen von Verästelungen. Auch bekannt sind technische Anwendungen wie der Aufbau von Micro-Antennen in Mobiltelefonen: Denn nur mit einer fraktal geformte Antenne lässt sich telefonieren, per Bluetooth Daten übertragen und gleichzeitig mit Wi-Fi im Internet surfen.

### **Die fraktale Stabilisierung.**

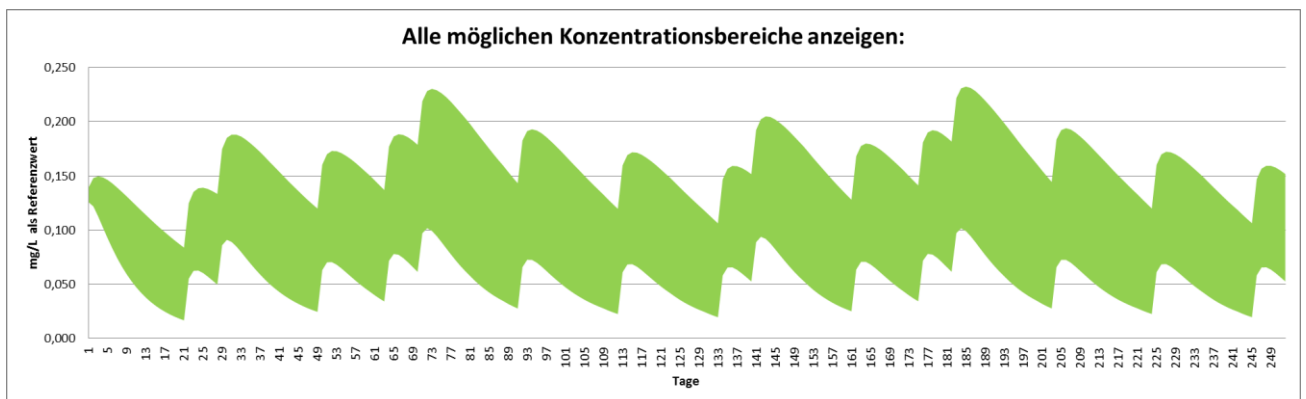
In den Bildern 4 und 5 sieht man, wie sich die grüne Fläche zu einer Form ausprägt, die sich auf der Zeitachse endlos wiederholt. Diese Bildung fraktaler Strukturen kann sich in wenigen Tagen oder auch erst nach mehreren Monaten zeigen, aber dann wiederholt sie sich endlos. Innerhalb der grünen Fläche ist die Aufenthalts-Wahrscheinlichkeit für jeden Messpunkt des beobachteten Aquariums gleich groß. Egal ob in der Spitze einer Zacken-Ausprägung 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.

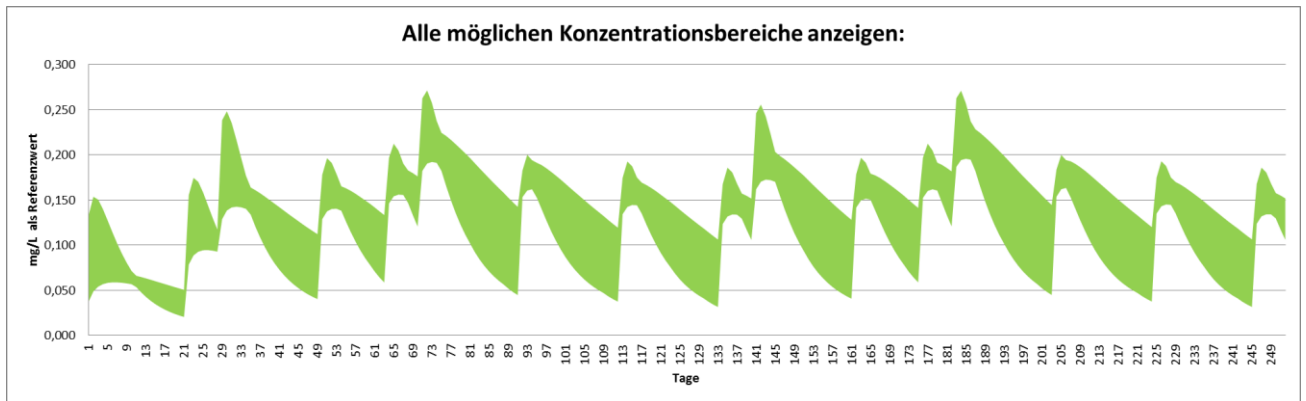


### 1.1 Verbesserung der Genauigkeit durch Erfahrungswerte

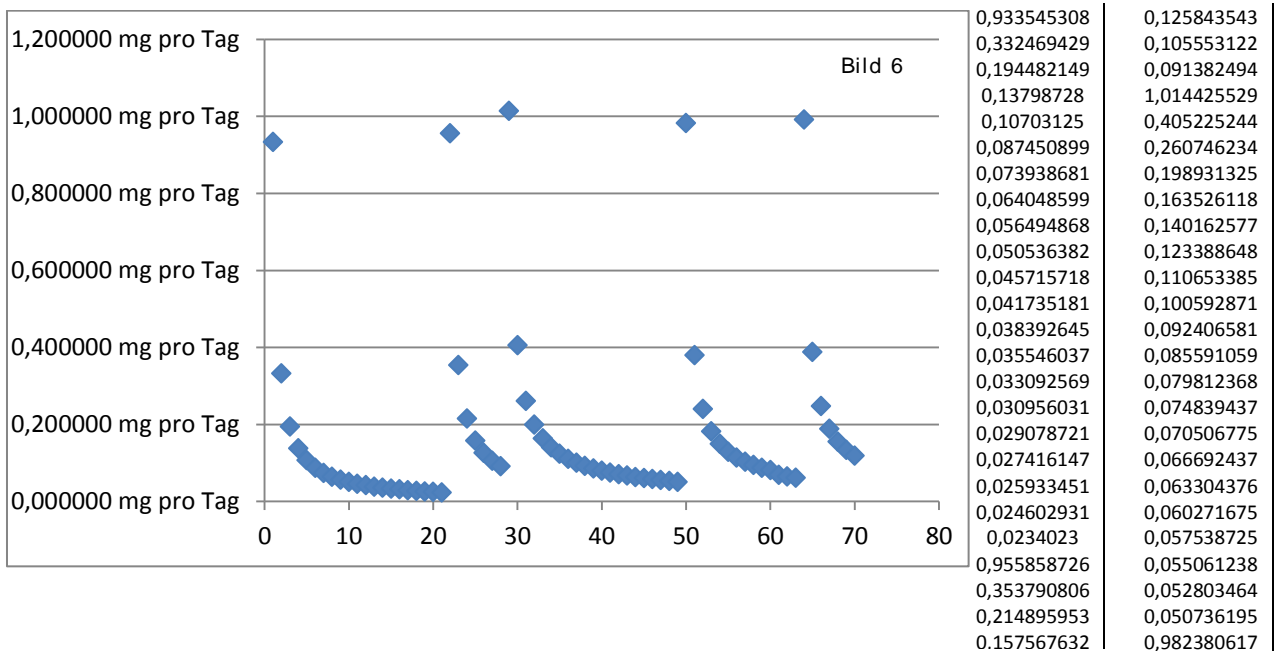
Eine besondere Eigenschaft der Berechnungen ist, dass Sie mit zunehmender Anzahl von Praxiserfahrungen immer weiter eingegrenzt und verfeinert werden können, womit die zur Erzeugung notwendigen Dosieraten weiter reduziert werden. Auch Daten von Aquarien, die den grünen Bereich verlassen, verbessern die Berechnungen zunehmend. Ziel ist das Erfassen aller in der Praxis möglichen Rahmenbedingungen für die verschiedenen Aquarientypen: Barschbecken, Altwasser-Aquarien usw.

Weitere Beispiele:

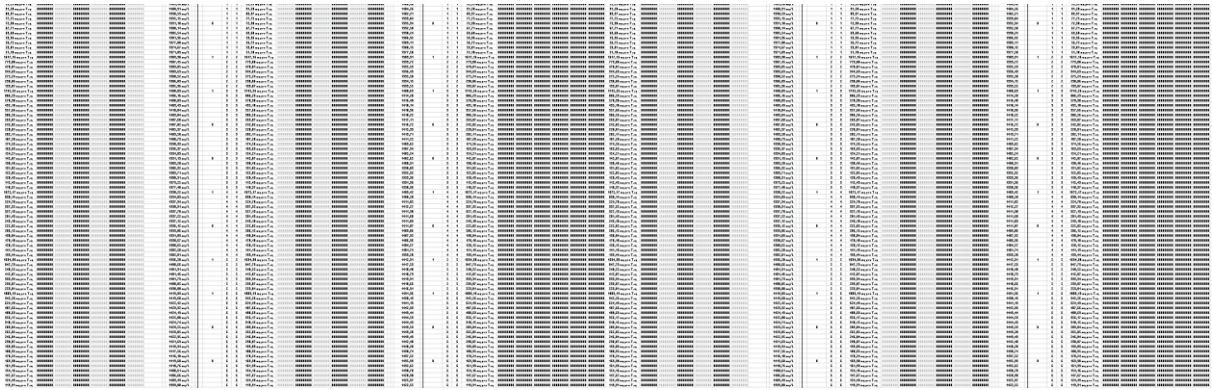




Die Bilder der in jedem Zeitabschnitt und in jeder Vergrößerungsstufe auftretenden Formen sind selbstähnlich. Folgende Dosieraten führen beispielsweise zu der Ausprägung einer fraktalen Flächenform:



Die im Bild 6 aufgezeigte Folge von Dosieraten ist bildhaft selbstähnlich, aber der exakte Zahlenwert einer Rate wiederholt sich dabei niemals, was durch die vielen Nachkommastellen verdeutlicht wird. Die Summe der Raten entspricht dem gesamt dosierten Material, die Raten sind daher rechnerisch exakt, werden in der Praxis aber durch Korn-Bildungen der Feststoff-Diffusion zeitweise nach oben oder unten abweichen. Die in der Anwendung erzeugte Kombinatorik führt dann zu möglichen Dosieraten, 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.



Nur noch mit Computern möglich: mit Hilfe von Matrizen werden alle Möglichkeiten in endlosen Iterationen berechnet.

### Ergebnis

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

- verschiedenste Beleuchtungsvarianten
- alle möglichen Kombinationen von Pflanzenarten / Korallenarten
- alle Arten von Bodengrundtypen
- alle Arten von Ausgangswasser
- Varianten aller Tierbesatzmöglichkeiten, Welse, Garnelen, Fische usw.
- unterschiedlichste Wasservolumina
- verschiedenste Wasserwechsel-Konzepte
- alle Varianten der Kohlendioxid-Düngung

Es lassen sich damit alle wasserchemischen Parameter einstellen, die als Dauerkonzentrationen vorhanden sein sollen. Die stoßweise Dosierung, wie z.B. der Einsatz von Wasseraufbereiter oder die Zugabe einzelner Makronährstoffe sind 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 kann nun auf real notwendige Mengen reduziert werden, was zu Einsparpotential führt.







## **2. Schlusswort**

Wünschenswert wäre, wenn auch andere Komponenten im und am Aquarium verbessert und dauerhaft gestaltet werden. Das Hobby wird damit sicherer, einfacher und langlebiger.

Phillip Mertens

Erstellt von Phillip Mertens, 09.01.2016 – Erste Veröffentlichung 25.10.2014  
Patentanmeldung WO2008090150 (A2) – Kontakt Telefon 036875 789 096