

Original Artikel:

<http://www.barrreport.com/estimative-index/62-estimative-index-dosing-no-need-test-kits.html>

Übersetzung/translation: Jörg Ortmayr

Der Estimative Index. Was ist das?

Der Estimative Index EI ist eine einfache Methode Nährstoffe für jedes Becken ohne Wassertestsets zu düngen. Ganz kurz, der Aquarianer düngt häufig, um nichts vor dem Auslaufen zu bewahren (Pflanzenmangelsymptome), und macht große Wasserwechsel um keine Anhäufung (Hemmung) zu bewirken. So können wir ganz leicht eine nahe Annäherung oder einen Schätzindex der Nährstoffkonzentrationen unter der Woche halten, nicht zu hoch, nicht zu niedrig und ... kein Bedarf an einem Wassertestset, denn die Genauigkeit ist groß und in den meisten Fällen größer als ein Testset. Dabei nutzt man eine einfache Gewohnheit, die die meisten Aquarianer ohnehin schon anwenden und mit der sie vertraut sind, den wöchentlichen Wasserwechsel. Ich habe viele Testläufe über den Zeitraum einer Woche oder drei Wochen gemacht, mit sehr starkem Licht (450 Mikromol/m²/sec/ 8cm von der Lichtquelle entfernt) und mit vielen Arten von schnellwachsenden Stängelpflanzen. Das gibt eine angenommene "maximale Aufnahmerate". Diese Rate ist wichtig beim Festlegen der oberen Limits der Bedürfnisse der Pflanzen. Sobald der Aquarianer diese Rate kennt kann er darauf vertrauen dass kein Nährstoff ausgeht bei so gut wie allen Beleuchtungsstärken. Diese "Rate" der Aufnahme oder Düngung ist das wirklich wichtige, nicht einen statischen Restlevel zu erhalten. Ein stabiler Bereich ist alles was es braucht um guten gesunden Wuchs zu erreichen. Dieses Bereichskonzept wird von Beobachtungen von Menschen weltweit mit einer Verschiedenheit an Leitungswasserqualitäten unterstützt, wie auch mit einem Review der relevanten Forschung im Barr Report, vol.7 und 8. 2005. Dieser Bereich erwies sich ziemlich am oberen Limit zu sein. Mit einem allgemeinen wöchentlichen Wasserwechsel von 50% wird der Aquarianer ein Maximum des doppelten der wöchentlichen Düngung aufbauen. Wenn man also 10-20 mg/l NO₃ halten will ist das sehr einfach ohne je ein Wassertestbesteck zu verwenden (siehe Bild 1 und das Beispiel). Ähnliche Bereiche können für andere Nährstoffe erzielt werden und geringere Bereiche durch Auflösen der Dünger in Wasser.

Diese Maximums-Raten sind daher veränderlich, aber die Raten die ich vorschlage sind nur eine Richtschnur, verschiedene Pflanzen und verschiedene Zusammenstellungen werden mehr verbrauchen, aber die Pflanzen werden bei diesen Raten nicht in einen Mangel laufen. Der Aquarianer ist nicht auf 50% wöchentliche Wasserwechsel beschränkt, er kann mehr wechseln, zum Beispiel 75% und das setzt 75% des Wasservolumens zurück, wie wenn man eine Standardmesslängung macht und ein Test-Kit kalibriert. Häufigere Wasserwechsel können auch gemacht werden, aber das Ziel zu erreichen geht auch für diese Aquarianer recht leicht die den 50% Wasserwechseln weniger vertrauen.

Pflanzen können mehr aufnehmen als sie zum Wachsen brauchen, etwas das man als "Luxus-Aufnahme" bezeichnet. Der andere Punkt ist der das Pflanzen nach einem Nährstoff ausgehungert sind und die Aufnahme in den ersten paar Wochen sehr schnell erfolgt und später ausläuft.

Einige typische Aufnahmeraten bei starkem Licht und CO₂-Gehalt pro Tag (24h)

<u>NO₃</u>	1-4 mg/l
NH₄	0,1-0,6 mg/l (kein NH₄ düngen, das führt zu Algen!)
PO₄	0,2-0,6 mg/l

Diese Raten gehen nicht davon aus das man Mängel sieht wenn man weniger düngt aber mehr als das zu düngen wird der Pflanzengesundheit nicht helfen. Das ist ein Punkt den der Aquarianer verstehen muss. Grundsätzlich ist es extrem unwahrscheinlich dass ihre Pflanzen je mehr als diese Raten brauchen werden, selbst bei hohen Lichtstärken. Ausreichend Nährstoffe hinzuzufügen, um zu verhindern das irgendwas ausgeht ist das Ziel, nicht der genaue Aufnahme und Wachstumsbedarf.

Beachte: Die Bereiche und Tests in diesem Artikel verwenden Hach und Lamotte Testsets und wurden gegen bekannte Standardlösungen kontrolliert. Die meisten billigen Hobby-Testsets sind oft ungenau und erzeugen viele Probleme für Aquarianer. Nehmen sie nicht an dass Wassertestsets genau sind. Das verursacht einen großen Teil an Frustration, Verwirrung und schlechte Pflanzenpflege und war einer der Gründe warum ich diese Düngeidee vorschlug.

Es gibt keinen Bedarf an so hoher Genauigkeit da Pflanzen einen sehr weiten Bereich an Nährstoffkonzentrationen haben (Barr Report vol. 5, 7 und 8, 2005) die über den Mangelbereichen liegen und bevor Überschuss Nährstoffkonzentrationen problematisch werden. (siehe Bild 3) Heute verwende ich eine viel ausgeklügeltere Testmethode als ein Lamotte oder Hach Testkit, ein colorimetrisches Multiparameter Spectrophotometer das mehr als 100x genauer ist und einen weiteren Bereich umfasst, Selbsttests hat, eine Blindprobe verwendet und autokalibriert. Das ist ein sehr anwenderfreundliches Gerät und wird verwendet um spezielle Fragen zu beantworten, statt als Gewohnheit für den durchschnittlichen Aquarianer eine "Routine" zu überwachen, aber es hindert einen nicht daran es zu tun.

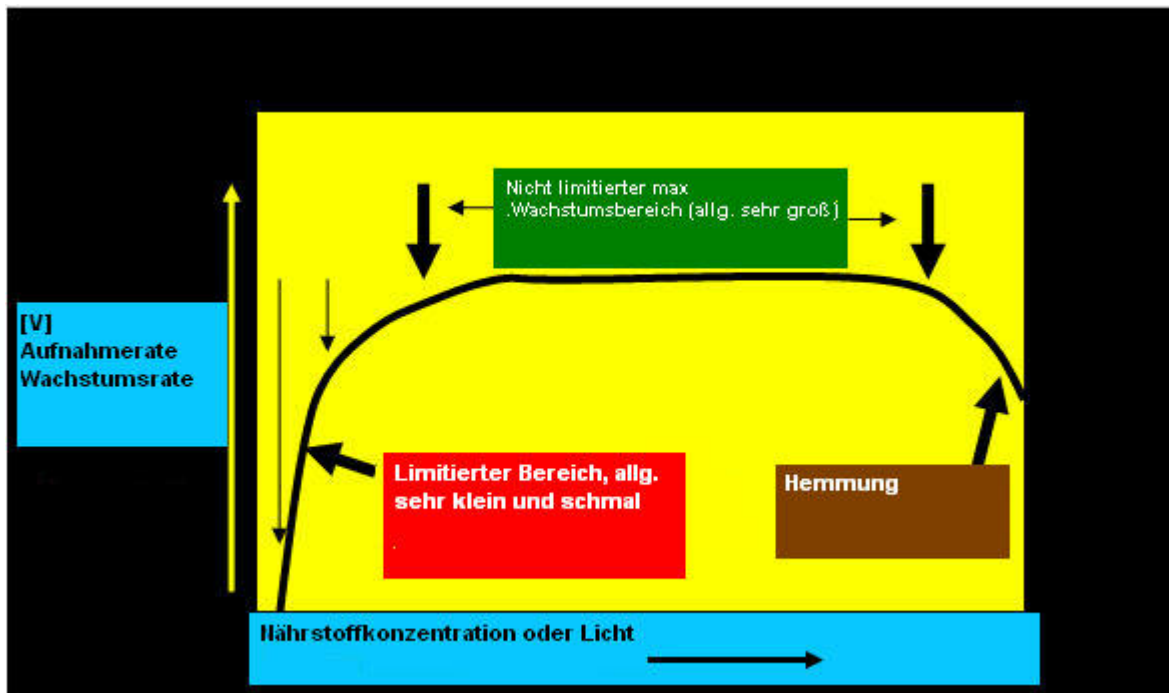


Bild 2

Ich weiß ehrlich nicht welche Konzentrationen an NO_3 und PO_4 (zum Beispiel) Pflanzenprobleme erzeugen oder in einem voll bepflanzten Becken Algen bewirken. NO_3 Konzentrationen über 40 mg/l können zu Problemen mit der Gesundheit der Fische führen. PO_4 in sehr hohen Konzentrationen über 5-10 mg/l kann die Alkalinität (KH) beeinflussen.

Klarerweise sind diese sehr weit jenseits des Bedarfs der Pflanzen und der Bereich reicht für ein sehr großes Ziel, selbst wenn der Aquarianer mit einem Faktor 2x danebenliegt.

Es ist sehr teuer die Beleuchtung (Stärke) genau im Aquarium zu messen (ich verwende ein PAR-Meter das Licht in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$) misst). Es ist eine der größten unbekanntesten Variablen beim Betreiben von bepflanzten Becken, Watt pro Liter sagt nicht viel aus, aber grobe Richtlinien sind fein wenn der Aquarianer den CO_2 Gehalt und Nährstoffgehalte gut hält. Die Dosierung kann, wenn es der Aquarianer will, mit Dosierpumpen erfolgen, aber es ist relativ leicht es mit etwas Routine zu machen. Später können sie ihre Routine so anpassen dass sie genau "gerade genug" zugeben und die Nährstoffdüngung weiter maximieren, angepasst an die Bedürfnisse ihrer individuellen Becken. Ein wichtiger Aspekt dieser Methode ist das Wissen, dass überschüssige Nährstoffe keine Algenblüten verursachen, wie so viele Autoren in der Vergangenheit und viele auch noch heute behaupten, ohne dies kritisch in Aquarien mit einer gesunden Pflanzenbiomasse zu testen. Es ist eine willkommene Erleichterung zu wissen, dass "überschüssiges" Phosphat, Nitrat und Eisen keine Algenblüten verursachen.

Viele Jahre lang war das die Annahme, aber das stimmt nicht. Ammonium (NH_4^{++}) in geringen Konzentrationen ist der hauptsächlich verursachende Stoff für

Algenblüten in Hinsicht auf "überschüssige" Nährstoffe. Das ist der Grund warum ein bepflanztes Becken mit CO₂ und moderater bis starker Beleuchtung nicht ausreichend Stickstoff durch das zunehmende Einsetzen von mehr und mehr Fischen haben kann, ohne zu Algenblüten zu führen. Es braucht nicht viel Ammonium um eine Blüte zu erreichen. Wenn man NO₃ aus KNO₃ zufügt wird man keine Algenblüten bekommen, wenn man 1/20 der Menge in Form von Ammonium zufügt wird man eine sehr intensive Algenblüte bekommen. Dieser Test kann viele Male wiederholt werden und wieder und wieder gemacht werden mit den gleichen Ergebnissen. NO₃ zuzugeben wird die Algenblüte nicht auslösen. Sehen sie ob sie das selbst beweisen können.

Mit der Ausnahme von NH₄ und Harnstoff können höhere Gehalte an PO₄, K und Nitrat, auch mit hohen Ausmaßen(bis 20-30 mg/l) und Eisen ohne irgendwelche negativen Auswirkungen selbst bei starker Beleuchtung gehalten werden(zb 1,45 W/liter in 30 cm Tiefe, mit verspiegelten Reflektoren, U-förmigen Kompakt(energie)sparlampen - 450 micromol bei 8cm Entfernung vom Licht, die meisten submersen Wasserpflanzen betreiben volle Photosynthese bei 600 micromol/qm/sec, zumindest diejenigen die bei unlimitiertem CO₂ getestet wurden, andere Arten können andere Levels haben)

Der Grund warum ich diese starke Lichtintensität gewählt habe war um die Zeit vor einer Algenblüte zu reduzieren und den Wettstreit ums Licht zu verhindern. Das ist ähnlich wie wenn man mit einem neuen Auto eine Probefahrt bei hoher Geschwindigkeit macht. Falls Algen wegen der höheren Nährstoffkonzentrationen auftauchen sollen, sollte das passieren wenn Licht, CO₂ und andere Nährstoffe keine der beiden Variablen limitieren würde. Mit weniger Licht, bis zu einem Punkt (Lichtkompensationspunkt LKP, LCP) können wir weniger Aufnahme annehmen, und auch weniger Probleme einen "stabilen" Bereich an Nährstoffen aufrechtzuerhalten. Es ist viel schwieriger die Beziehungen auseinanderzuziehen wenn die Wachstumsraten langsamer sind(Bsp, weniger Licht), es braucht länger bis man Unterschiede beim Pflanzenwachstum erkennt und bringt weniger Druck/wachstumsrate in das System. Es reduziert auch die Fehler, da die Aufnahmegeschwindigkeiten hoch genug sind um gute Testkit Auflösungen zu bekommen, während es bei 0,4 -0,5 W/liter mit normalen Leuchtstoffröhren viel länger dauert bis 5 mg/l Nitrat entfernt worden sind. Gute Testkits wie Lamotte wurden auch verwendet um Genauigkeit in die Ergebnisse zu bringen. Diese Testkits wurden gegen Serien bekannte Standards getestet um die Genauigkeit zu bestätigen. Auf diese Weise konnte ich die Ideen mit viel mehr Vertrauen testen. Wenn ich ein nicht CO₂ gedüngtes Becken gewählt hätte, hätte das eine sehr lange Zeit gebraucht mit sehr teuren Testkits und Methoden. Zusätzlich wären viele der Nährstoffe schnell aufgebraucht gewesen, bevor ich noch Gelegenheit gehabt hätte sie zu messen.

Wenn man, nachdem man dieses Wissen bei starkem Licht und CO₂ Anreicherung gewonnen hat, zu den Nicht-CO₂-gedüngten Becken zurückkehrt, dann erlaubt das auch ziemlich gute Vorhersagen/beziehungen über Aufnahmeraten in Nicht-CO₂-gedüngten Becken. Die Aufnahmerate ist wegen weniger Licht und weniger CO₂ reduziert. Ich verwende allgemein ca. 6 zu 1 langsamere Aufnahmeraten in nicht-CO₂-gedüngten Becken, aber der Fischbesatz kann dieses Verhältnis verändern.

Grundsätzlich wachsen (die Pflanzen) im nicht CO₂ (gedüngten) Becken 6-10x langsamer als im CO₂ gedüngten.

Diese Methode ist spezifisch für CO₂ angereicherte Systeme mit stärkerem Licht, aber funktioniert noch besser mit weniger Licht, CO₂ oder SeaChem Excel Düngung für Kohlenstoff angereicherte Becken oder Salzwasser und andere Becken, die eine gewisse Menge an Nährstoffen brauchen. Ich schlage 30 mg/l CO₂ vor, während für ein Becken mit 0,5W/liter 15-20 mg/l okay sein könnten, viele mit Kompaktleuchtstoffröhren und Reflektoren müssen ihre Levels höher halten, 20-30 mg/l ist optimal für die Belichtungsperiode. Das hat man herausgefunden indem man immer mehr CO₂ zuführte, bis es keinen Nettogewinn im Pflanzenwachstum gab während die Nährstoff und Lichtverhältnisse in der Testzeit konstant blieben. Forschungen an drei aquatischen Seegräsern zeigten dass die Pflanzen das Kohlenstoff-Fixierungsmaximum bei ca. 30 mg/l CO₂ erreichen, ganz egal welche Lichtstärke verwendet wird (Van et al. 1976). Der maximale CO₂-Gehalt, egal welche Lichtzusammenstellung man aufstellt, ist ca. 30 mg/l für diese drei sehr schnell wachsenden Gräser, von denen wir annehmen können das sie höheren CO₂ Bedarf/Nachfrage haben als langsam wachsende Wasserpflanzen, die weniger intensiver Beleuchtung als Sonnenlicht ausgesetzt sind. Wenn auch die Bedürfnisse einiger Pflanzen manche dieser Parameter übersteigen, ist es sehr unwahrscheinlich dass das passieren wird und ich habe, nachdem ich fast 300 Arten submerser Süßwasser Makrophyten gezogen habe, keinen Beweis um etwas anderes zu unterstützen, gefunden . So, anders gesagt, CO₂ wird überdosiert, da es leichter als ziel erreicht und gemessen werden kann. Mehr zuzusetzen wird den Pflanzen nicht schaden und es ist nur von der Fischgesundheit und O₂-Gehalt limitiert.

Während viele den Verdienst der Nährstoffe diskutiert haben, fallen viel zu viele Anfänger einem geringen CO₂-(Gehalt) zum Opfer, selbst Experten erwischt man dabei während sie versuchen einen guten CO₂-Gehalt von Zeit zu Zeit einzuhalten. Keine Nährstoffroutine wird gut funktionieren ohne gutem, stabilem CO₂ oder Excel(Seachem)

Der Gebrauch von Leitungswasser

Leitungswasser ist billig und Wasserwechsel brauchen weniger Zeit als Wassertests (Meerwasser ist vielleicht die Ausnahme, Salzmischungen kosten ziemlich viel Geld). Wasserwechsel kosten auch weniger als Wassertestkits und sind eine deppensichere Methode den Nährstoffgehalt im bepflanzten Becken in Hinsicht auf NO₃, Eisen und Phosphat abzuschätzen. Es ist auch einfacher und verlangt weniger Chemiewissen und das Testen gegen bekannte Standards.. Pflanzen werden ziemlich oft an Nährstoffen ausgehungert und ungenaue Tests sind großteils verantwortlich dafür. Viele Leute glauben Leitungswasser ist ungeeignet für Pflanzen, das ist einfach nicht wahr. Es wimmelt an alten Mythen die behaupten überschüssiges PO₄ im Leitungswasser verursache Algen, das wurde von vielen Hobbyisten als offenkundig falsch gezeigt. Das Leitungswasser hat Nährstoffe drinnen, dann muß man sie nicht so viel düngen, das ist doch eine gute Sache! Warum etwas rausnehmen und es dann wieder zusetzen ?

Haben Sie hartes Wasser ?

Großartig, Sie müssen kein Back-Soda und GH-Aufbauer in ihr Becken geben. Die Zugabe von genug GH um den Gehalt auf 3-5° GH zu erhöhen wird höheren Bedarf im Starklichtbecken innerhalb einer Woche ansprechen. Sie können SeaChem Equilibrium dafür verwenden oder einen Mix aus CaCl₂ (oder CaSO₄ obwohl es nicht leicht in Wasser aufzulösen ist) und MgSO₄ im Verhältnis 4:1 um die GH zu erhöhen. Sie können das zufügen ohne ihre GH zu kennen indem sie den Wert für 1° nach einem wöchentlichen Wasserwechsel zugeben (oder etwas weniger mit weniger häufigen Wasserwechseln).

Pflanzen bevorzugen weiches Wasser ? Nicht so, weder ich noch andere erfahrene Aquarianer haben Wasserpflanzen gefunden die abhängig von Weichwasser sind, obwohl es wenige Ausnahmen unter vielleicht 300 Arten geben mag, es ist sicher zu sagen dass Pflanzen härteres Wasser bevorzugen und es gibt Forschung die zeigt das dies wahr ist (Bowes 1985), (T. Barr, C. Christianson observations of clear hard water springs in Florida, USA and in Brazil). Wenige Pflanzen, ca. 5-6 Arten scheinen tatsächlich weiches Wasser zu bevorzugen, aber das ist wegen der KH. Die GH scheint wenig Auswirkungen zu haben solange es genug Ca und Mg gibt. Daher kann die GH im Zweifel ein wenig höher dosiert werden oder wenn man überprüfen will ob das ein Problem darstellt oder nicht.

KH andererseits scheint tatsächlich einen Einfluß auf diese speziellen Pflanzen (die meisten sind nicht betroffen) bis ca 5-6 ° zu haben. Es gibt wirklich kein Limit wie niedrig die KH für guten Pflanzenwuchs sein kann, aber es kann die CO₂ Messung problemvoller machen. Dafür gibt es eine Lösung. Noch immer, jede Pflanze kann bei einer KH von 5 und GH von 5-10, oder weniger, gezogen werden. Das würde man nicht als "weiches" Wasser ansehen, es wäre wirklich ideal. Daher, außer sie wollen ein paar ausgewählte Arten pflegen, gibt es keinen Bedarf an Umkehrosmose, oder DI (??) , Kohlefilterung des Leitungswassers, aber es macht auch nichts es zu tun, solange es genug GH für die Pflanzen und KH für das Messen des CO₂ gibt.

Wasserwechsel: Verwenden sie Pythonartige (?) Kübel oder selbstgemachte Schlauchsysteme die an der Armatur befestigt sind. Schläuche mit großem Durchmesser machen die Arbeit in großen Becken schneller. Eigene Rohrleitungen können den Wasserwechsel auch sehr vereinfachen. Wenn das Becken zu weit vom Auslaß entfernt ist braucht man nur einen längeren Schlauch. Im Internet finden sich detaillierte Berichte über fix verlegte Rohrleitungen und automat. Wasserwechsler.

Das Problem

1. Dosierung

Das kann sehr trickreich sein wenn man mit vielen Variablen zu tun hat. Oft hört man den Vorschlag "kauf ein Testset und miß"!, um die Nährstoffkonzentrationen zu ermitteln. Das hab ich vor fast zehn Jahren vorgeschlagen,

http://www.sfbaaps.com/reference/barr_02_01.shtml

Das funktioniert gut für CO₂ (aber die Leute sollten es doppelt überprüfen bevor sie weitermachen) und GH aber die anderen Nährstoffe wie NO₃, PO₄, K, Eisen als Schätzer für die anderen Spurenelemente sind problematischer. Oftmals verfolgt der Aquarianer einen Nährstoff zum nächsten und gibt ein kleines Vermögen aus, auch Zeit beim genauen Testen jede Woche, oder mehrmals die Woche während er versucht herauszufinden was fehlt. Ganz allgemein finden es viele nie heraus nachdem sie all das getan haben.

95% der Zeit waren es zu niedrige CO₂-Spiegel und die Angelegenheit hatte nichts mit der Nährstoffdüngeroutine zu tun. Indem man einen einfachen Wasserwechsel macht entfernt man alle Variablen und durch das Düngen bekannter Nährstoffkonzentrationen zurück in das Aquarium setzt man das Becken jede Woche effektiv wieder zurück. Selbst wenn man ein wenig daneben liegt muß man sich nicht drum sorgen das etwas ausgeht, da die Werte die ich vorgeschlagen habe für stark beleuchtete Becken sind und wenn man weiß das das CO₂ in gutem Zustand ist braucht man Algen von diesem Gehalt an Nährstoffen in der Wassersäule auch nicht fürchten. Wenn man das weiß hat man große Flexibilität und es ist eine sehr einfache Methode einen ziemlich konstanten Gehalt an welchem Nährstoff auch immer im Becken zu halten, ohne Testsets zu brauchen. Man kann die Dosis als Erinnerung für die Woche erraten und dann wiederholen. Chuck Gadds Dosierrechner arbeitet sehr gut für die Chemieinteressierten und diejenigen, die wissen wollen was sie wovon zufügen müssen.

http://www.csd.net/~cgadd/aqua/art_plant_aquacalc.htm

Es gibt keine feste Regel wann man dosieren muß oder 50% ige Wasserwechsel, Diese Methode kann für Wasserwechsel einmal im Monat oder einmal alle vierzehn Tage angewandt werden. Bessere Ergebnisse wird man mit 50% Wasserwechseln erreichen, aber ein gut eingelaufenes Becken kann länger ohne Wasserwechsel auskommen, Der Aquarianer kann die Pflanzengesundheit beobachten und etwas weniger dosieren während er mehr Erfahrung über den individuellen Bedarf seiner Becken gewinnt. Sobald man ein Gefühl für die Düngung entwickelt kann man das besser an den Bedarf des Aquariums anpassen.

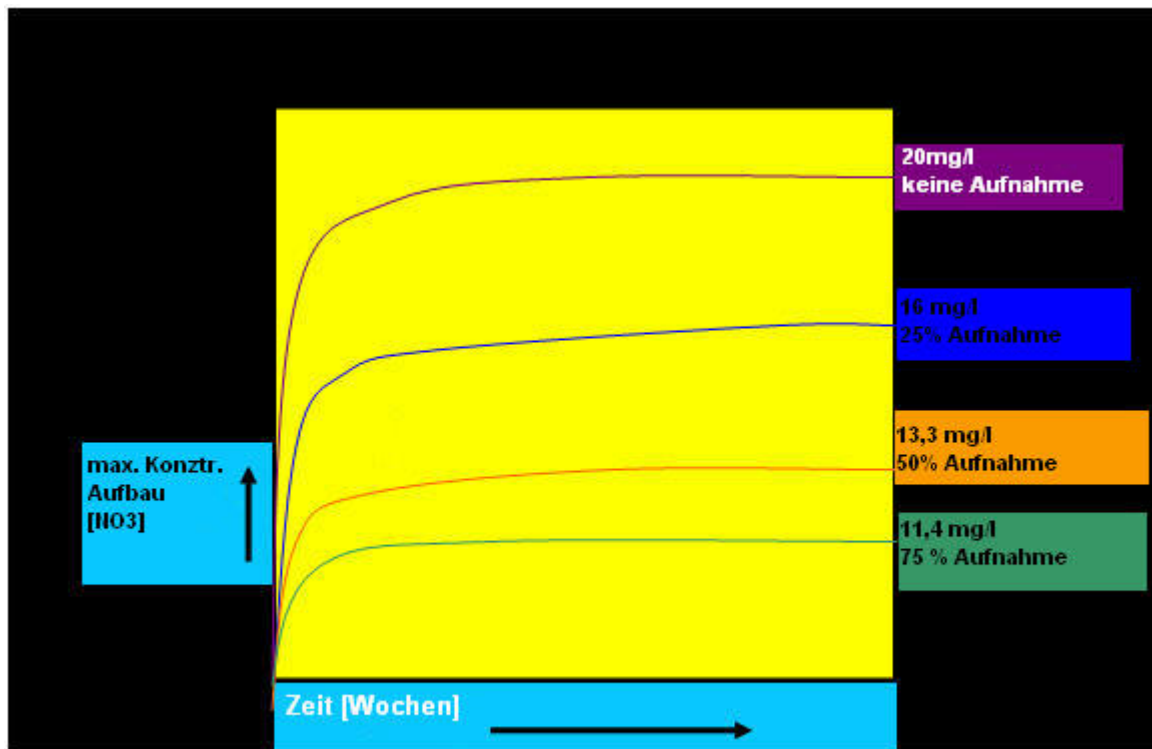


Bild 1

Das ist ein Beispiel für Leute die 10 mg/l NO₃ jede Woche zudüngen und einer Annahme von 0%, 25%, 50% und 75% Aufnahme durch Pflanzen /Bakterien . Der maximale Aufbau dabei ist die zweifache wöchentliche Düngerate. Das zeigt den Bereich in einem mathematischen Modell (Danke, Gomer). Auch wenn der EI-Anwender kein Testset benötigt hat ein sehr genauer Test diese Kurven und Bereiche bestätigt und sie passen gut zu Beobachtungen, Modellen und Testmethoden.

Das beginnt also sehr nah an stabile Nährstoffkonzentrationen heranzukommen und viel weniger reine "Schätz"-Arbeit.

2. Testen

Das ist eine große Sache für die meisten. Testkits kosten in einigen Fällen soviel wie ein Filter, oder sogar noch mehr. Manche können sich ein schönes Lamotte/Hach Testkit nicht leisten, die meisten können oder wollen nicht 300 USD darin investieren. Billigere Tests gibt es nicht für Kalium. Nitrattestsets sind sehr problematisch und Farbleseskalen sind schwieriger zu beurteilen bei billigeren Sets. Einige Leute sind auch farbenblind. Viele Leute wollen auch nie testen und/oder glauben es gibt keinen Grund zu testen. Einige Leute hab ich nie dazu gekriegt zu testen, egal was ich ihnen gesagt habe was zu tun ist. Ich war selbst jahrelang in dieser Gruppe. Ich habe es so getan wie heute aber ich bin heute viel gleichmäßiger und ich weiß auch warum es

funktioniert! Ich kenne die Aufnahme-Raten und ich hab viele Test seit meinen schlechten alten Tagen gehabt. Ich habe auch große wöchentliche Wasserwechsel gemacht, das heißt wenn ich mich in der Dosierung vertan haben setze ich das Becken jede Woche wieder zurück. Ich habe eine relativ einfache Methode um die Plagerei speziell beim Messen von Eisen und Nitrat zu umgehen. Zur Sache steht hier das Halten von Nährstoffkonzentrationen innerhalb gewisser Bereiche. Der Schwerpunkt wird bei 2 Gruppen sein, Nitrat, Phosphat, Kalium, den sogenannten Makronährstoffen und den Spurenelementen, repräsentiert durch Eisen (Fe) als Schätzwert für die anderen Spurenelemente, die in Spurenelementedüngern enthalten sind. Es gibt nur wenige spezielle Testkits und Meßgeräte für viele der Spurenelemente und Brom, aber kein Hobby-Aquarianer mißt diese. Das heißt jeder schätzt nur bei den Spurenelementen, selbst die glühendsten Verfechter des Testen beim Düngen.

Wenn man Teelöffel (Trockensubstanz) und Milliliter meßgefäße (flüßige Lösungen) verwendet kann man sehr genau sein.

Vielleicht eine bessere Frage wäre es: Wie nahe an einem guten Bereich an Nährstoffen müssen wir sein um exzellenten Pflanzenwuchs und keine Algen zu haben ?

Wenn man den "Estimative Index" verwendet kann die Genauigkeit für Teelöffel und Flüssigkeiten für die Spurenelemente wie folgt sein. Noch mehr Genauigkeit kann durch das Auflösen jedes dieser Nährstoffe in destilliertem Wasser erreicht werden, und die Zugabe von millilitern einer konzentrierten Lösung in das Becken, statt Trockenstoffen, aber das bringt dem Anwender nichts in Bezug auf Pflanzenwuchs und Gesundheit, was der Hauptgrund ist, eine Routine zu verbessern helfen.

(+ oder -) 5 mg/l CO₂ ist gut im Bereich 20-30mg/l.
(+ oder -) 1 mg/l NO₃ ist ziemlich angemessen
(+ oder -) 2 mg/l K⁺ ist ziemlich angemessen.
(+ oder -) 0.2 mg/l PO₄ ist ziemlich angemessen (?)
(+ oder -) 0.1 mg/l Fe ist ziemlich angemessen (?)

CO₂ Bereich 25-35mg/l
NO₃ Bereich 5-30mg/l
K⁺ Bereich 10-30mg/l
PO₄ Bereich 1.0-3.0 mg/l
Fe 0.2-0.5mg/l oder höher (?)
GH Bereich 3 ° ~ 50mg/l oder höher

Beachte:

PO4 und Fe sind zwei Nährstoffe, die nur schwer zu beurteilen sind ohne zuerst die anderen beurteilt zu haben. Falls NO3, K, und CO2 in gutem Zustand sind kann man eine ziemliche Menge an PO4 und Fe innerhalb eines weiten Bereichs zufügen. Ich habe bis zu 3 mg/l PO4 Woche über Woche zugesetzt Die Antwort der Pflanzen ist unglaublich. Grüne Punktalgen waren niemals ein Gegenstand wenn hohe PO4 Gehalte unterhalten werden, sogar unter viel Licht mit Anubias. Das Zudüngen von Spurenelementen wurde in letzter Zeit ein Schwerpunkt bei mir. Viele sind bei der alten Hilfe hängen geblieben Fe auf einen Restwert von 0,1 mg/l zu halten (besonders die, die aus der Arbeit bei der Entwicklung von PMDD kommen). Gut, was sagt uns nun dieser Restwert ? Sagt er uns was für die Pflanzen verfügbar ist? Ist es genug? Haben höhere Konzentrationen Algen zur Folge?

Das Aufstellen eines Tests

Ich kann aus eigener Erfahrung sagen daß hohe Konzentrationen an Spurenelementen (Fe) auf keinste Weise zu irgendeiner Algenbildung geführt haben. Ich habe die anderen Nährstoffe doppelt kontrolliert bevor ich einen Schluß zog. Wenige Hobbyisten und scheinbar keine Aquariefirma haben sich darum gekümmert das von der kontrollierten Perspektive zu betrachten. Damit der Aquarianer einen Zusammenhang über einen Nährstoff ziehen kann muß dieser isoliert werden und man muß nur nach den abhängigen Variablen testen. Das ist sehr einfach wenn man den Estimative Index benützt, tatsächlich machen sie jede Woche eine Referenzlösung der passenden Nährstoffkonzentrationen und erraten es knapp bis sie einen anderen Wasserwechsel machen. Das gibt dem Aquarianer eine sehr einfache und leicht zu verwendende Methode um kontrolliertere Bedingungen zu schaffen, ohne allzuviel Arbeit. Ab einem Punkt werden die Pflanzen keine Nährstoffe mehr aufnehmen. Das gleiche gilt für PO4. Noch mehr hinzuzufügen wird das Pflanzenwachstum nicht weiter fördern. Viele Pflanzen nehmen überschüssige, oftmals "Luxusaufnahme" genannt, Nährstoffe wie NO3 und PO4. Daher wird es nicht das Wachstum verbessern selbst wenn die Pflanzen diese Nährstoffe aufnehmen. Wir müssen vorsichtig sein nicht anzunehmen daß Aufnahme das gleiche wie Wachstum/Bedarf ist.

Das ist wo die obere Grenze des Bereichs enden sollte. Es macht keinen Sinn, teure Spurenelemente zu verschwenden. Aquarianer die zuvor Probleme mit Algen hatten können vielleicht versuchen PO4 zuzusetzen und dann, in Verbindung dazu, mehr Spurenelemente. Das funktioniert sogar bei sehr hohen Lichtlevels sehr gut. Sollte eine Algenblüte passieren, wird sie sich viel schneller und intensiver bei viel Licht entwickeln. Ich hatte schon große Mengen an Spurenelementen gedüngt, da meine Referenz vor einiger Zeit Karl Schoelers 0,7 mg/l Empfehlung gewesen war und ich dachte daß ein wenig helfen würde wenn das Becken gut läuft, da viele Empfehlungen so in der Mitte der Straße verliefen. Karen Randall hat vorgeschlagen daß eine Anzahl Aquarianer in der Vergangenheit höhere CO2-Konzentrationen gefunden hat als die verbreitet vorgeschlagenen 10-15 mg/l CO2, obwohl nur wenige hervorkamen und das auch jüngst vorgeschlagen haben. Obwohl ich viele Male getestet habe und versucht habe mit den Testkits eine Korrelation zur Aufnahme zu

finden, bekam ich weniger Interesse am Testaspekt und kam zu etwas von dem ich glaube, daß es eine bessere Methode für die Spurenelemente ist. Ich behaupte immer noch daß die meisten Aquarianer die Spurenelemente viel zu sehr unterdosieren. Ich habe nie Angst vor Algenblüten gehabt, wegen all den Schlachten die ich mit den Algen in der Vergangenheit geführt habe. Dann ging ich weiter und rief Algenblüten in Süß und Meerwasser hervor und studierte diese. Wenige Hobbyisten sind bereit ihre Becken mit Algenblüten zu zerstören um herauszufinden warum die Algen wirklich hier sind. Das war notwendig um zu kapieren was Algen verursacht und dann mußte dieser Prozeß wiederholt werden um sicherzustellen daß die Ergebnisse kein Einzelfall sind und auch von anderen Forschern woanders wiederholt werden können. Oftmals testen wir nur nachdem die Algen schon da sind, und versäumen oft was die Algen veranlaßt hat zu beginnen. Daher ist es eine Schlüsselrolle im Verständnis der Ursachen von Algen im Aquarium wenn man weiß wie man die Blüte wiederholen und einleiten kann.

Der schätzende Teil

Aquarianer geben einfach einen Mix an Spurenelemente in eine bekannte Menge Wasser (ml/Tag/Liter Beckenvolumen). Wenn das Becken weniger bepflanzt ist, weniger Licht hat, kann/darf man das in der Frequenz, aber nicht der Dosierung reduzieren. Ein ähnliches Muster kann für die Makroelemente gefahren werden. Auf diese Weise macht man tatsächlich jedes Mal wenn man düngt eine "Referenzlösung" und man nimmt eine bestimmte Aufnahmemenge für die ein oder zweimal (düngen) an bevor man einen großen Wasserwechsel am Ende der Woche macht. Wenn man eine geringere Pflanzendicht hat oder weniger Licht ($<0,5W/Liter$ mit normalen Leuchtstoffröhren) kommt man mit einmal pro Woche klar. Wenn man weiß wie das Leitungswasser beschaffen ist und wenn man den Wasserversorger anruft um herauszufinden wie die Gehalte an PO_4 , NO_3 , K und Eisen sind kann man das Wasser mit Wasserwechseln ersetzen und einfaches altes Chemierechnen oder Chucks Calculator (ein Online Düngerberechnungsprogramm) um herauszufinden was man für seine Nährstoffkonzentrationen braucht ohne ein Wassertestkit zu brauchen. Selbst wenn man etwas daneben liegt ist das okay (siehe obere plus und minus). Der Wasserversorger wird einige Schwankungen haben aber wenn man den mittleren Bereichen nahe ist sollte man es noch immer recht nahe schaffen, Stellen sie sich also ein Becken vor in dem man nichts mißt, außer CO_2 (pH und KH) und das auch nur ab und zu. Alles wächst gut. Keine Rattereien, Klingt gut? Die Ergebnisse sind es sicher. Becken die nie Algen hatten sind sehr verbreitet, vor 10 Jahren war das nicht der Fall.

Aquarianer haben mit wechselndem Ergebnis die "Nur Substratdünger"-Methode jahrelang angewandt. Schließlich gehen die Nährstoffe im Substrat aus, dann leiden die Pflanzen. Während man entweder das Becken ausräumen und so jedes Jahr neu anfangen kann, oder das Becken neu(mit Dünger) anreichern kann, ist man im allgemeinen gezwungen zu warten bis etwas schief läuft bevor man etwas tut statt eine nahe Konzentration zu halten wie in der Wassersäule. Einige Becken mit moderatem/wenig Licht und gutem Fischbesatz können die Bedürfnisse der Pflanzen erfüllen ohne Makroelemente für längere Zeiträume zudüngen zu müssen, aber das

ist immer noch düngen, nur die Rate ist langsam genug um den Pflanzenbedarf für diesen Licht/CO₂ Bedarf zu erhalten, aber die Algen sind fern von einer Beschränkung. Jeder mit einer Algenblüte der versucht hat die Algen mit Wasserwechseln zu verjagen weiß das das nicht stimmt. Die andere Sache mit Leuten die oft keine Makronährstoffe/Spurenelemente machen ist die das diese oft große Wasserwechsel machen. Diese Leute wissen oft nicht wieviel in ihrem Leitungswasser drinn ist. Leute haben sich gewundert warum meine Pflanzen mit den Wasserwechseln, die ich jede Woche machte, so gut wuchsen, und als sie gemessen hatten, fanden sie hohe Konzentrationen an PO₄. Ich habe KNO₃ und viele Spurenelemente zugesetzt und viel Licht und hohe Spurenelementdosierung und hatte keine Algen und dramatisches Pflanzenwachstum und -gesundheit. Verschiedene Methoden schlagen Substratdüngung in der Anfangsphase vor, gefolgt von einer Periode von einigen Monaten mit langsamer Erhöhung der Dünger in der Wassersäule. Jede Langzeitmethode wird schließlich eine Düngung des freien Wassers, außer das Substrat wird wieder angereichert oder herausgenommen und wiedergedüngt. Der Gehalt an Nährstoffen im Substrat ist extrem schwer zu messen während das freie Wasser viel leichter zu messen und konstant zu düngen ist, und so einen stabileren Nährstoffgehalt für die Pflanzen darstellt.

Man kann diese Methode auch erweitern um alle anderen Nährstoffe wie Spurenelemente und PO₄, sogar KH und GH. Sie können ausprobieren was immer sie glauben das "perfekt" für Pflanzenwuchs ist und herumexperimentieren. Großdimensionierte Wasserwechsel sind ein exzellenter Weg das zu machen und um irgendwelche "Dosierungs-" oder "Test" Fehler zu vermeiden, Wassertestsets (die guten) sind nicht billig und viele sind zu inkonsequent oder wollen nicht belästigt werden sie zu benutzen.. Diese Methode verwendet KNO₃, KH₂PO₄ und Spurenelementmischungen und man kann eine Vielzahl an Spurenelementmischungen verwenden um seinen eigenen Ablauf zu testen. KH₂PO₄ ("Fleet" oder gewöhnliche Abfuhrmittel können es ersetzen, sie basieren auf Na-PO₄) und KNO₃ sind sehr billig und Spurenelemente sind relativ billig außer man hat einen sehr großen Tank, es gibt auch billige Trocken-Spurenelementmischungen. Die gute Sache an dieser Düngemethode ist das die Dünger auf der ganzen Welt verfügbar sind, billig, durchwegs dieselben, nicht Markenaquarienprodukte und daher viel billiger sind. Wenn ich Wu in Singapur vorschlage einen Viertel Teelöffel, 1,67 g KNO₃, kann er das gleiche düngen wie ich hier, aber er könnte vielleicht nicht die gleiche Marke eines Aquarienprodukts bekommen die ich hier mag. Daher kann diese Methode auf der ganzen Welt verbreitet werden, nicht nur in den U.S.A.

Ein Typisches Becken

Eine typische Routine für ein **Starklichtbecken mit geringem Fischbesatz**

Volumen: 80 Liter

1,45 W/liter (2 x 55W 5000°K/8800° K Lampen)

CO2 25-30 mg/l (ich schalte CO2 in der Nacht aus)

Außenfilter

Fluorit (jedes poröse eisenreiche Material wird reichen) ca. 7-10 cm tief

Eine typische Düngeroutine

1/4 Teelöffel KNO₃ 3-4x pro Woche (jeden zweiten Tag)

1/16 bis 1/32 Teelöffel KH₂PO₄ 3-4 x pro Woche (jeden zweiten Tag)

Spurenelemente gedüngt an den Tagen ohne Makroelementdüngung, d.h. 3x pro Woche, jeweils 5 ml

SeaChem Equilibrium 1/8 Teelöffel nach jedem Wasserwechsel

Daher düngt der Aquarianer eigentlich nur 3 Dinge: KNO₃, KH₂PO₄ am Tag des Wasserwechsels und dann jeden zweiten Tag, Spurenelemente am Tag dazwischen bis zur nächsten Woche. Machen sie einen 50-70% Wasserwechsel, düngen sie die Makronährstoffe wieder zurück, setzen sie die Spurenelemente am nächsten Tag dazu und wiederholen sie das. Sie können diese Summe langsam reduzieren bis sie Unterschiede im Pflanzenwuchs feststellen um die individuellen Bedürfnisse ihres Beckens anzupassen, aber alles was man macht ist einige Makroelemente zu verschwenden und Spurenelemente, wenn man mehr düngt als die Pflanzen brauchen. Man sollte nach jedem Wechsel in der Düngeroutine ca. 3 Wochen warten bis zum nächsten Wechsel. Das kostet Zeit, ist es aber wert. Es wird keine Algen verursachen, außer man übersieht etwas, nämlich CO₂ oder Unterdosierung von KNO₃ die beide für 95% aller Algenprobleme verantwortlich sind. Wenn sie sich auf die Bedürfnisse ihrer Pflanzen konzentrieren werden die Algen nicht mehr wachsen. Ich hoffe das hilft und beendet viel Frustration für den Unterwassergärtner damit sich der Aquarianer auf das Gestalten und Wachsen von Pflanzen konzentrieren kann und nicht danach fragt wie man Algen loswird. Der Aquarianer muß nicht an einem Wasserwechsel pro Woche oder den 50% Volumen festhalten. Das wird die Dosierung bei der zweifachen der dosierten Menge einpendeln so daß nichts über der zweifachen Menge des Zielbereichs überdüngt wird.

Die Mathematik dahinter ist folgende.

<http://fins.actwin.com/aquatic-plan...1/msg00416.html>

Beispiel 1

Stellen wir uns vor sie düngen 10 mg/l NO₃ pro Woche. Nehmen wir an sie machen 50% Wasserwechsel pro Woche. Wenn sie nachrechnen, finden sie raus:

Wenn sie annehmen das 0% aufgenommen wird, kann man maximal aufbauen: 20 mg/l

Wenn sie annehmen das 25% aufgenommen wird, kann man maximal aufbauen: 16mg/l

Wenn sie annehmen das 50% aufgenommen wird, kann man maximal aufbauen: 13,3 mg/l

Wenn sie annehmen das 75% aufgenommen wird, kann man maximal aufbauen: 11,4 mg/l

Die Konzentration wird bei 25% Aufnahme nicht 15mg/l sein, wegen des Anstiegs in der vorherigen Woche, falls in der Rechenformel miteinbezogen.

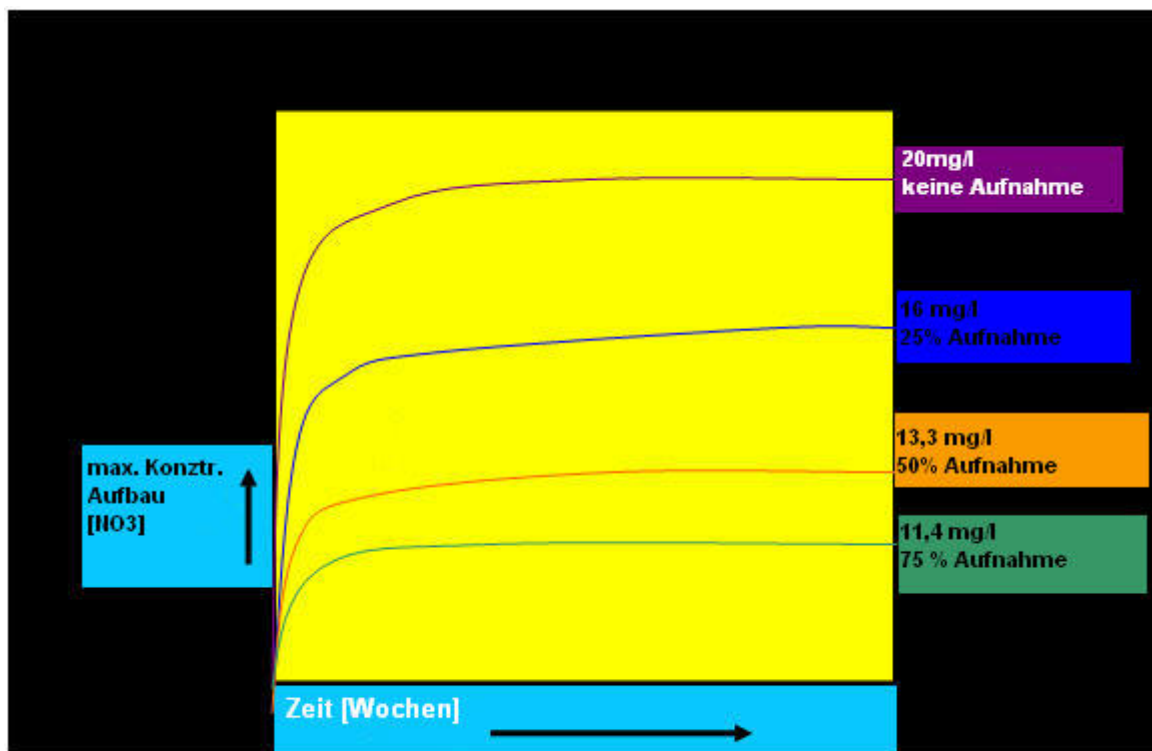


Bild 1

Typisches Modell eines Experiments zur Nährstoffentfernung, graphische Daten Konzentration gegen Zeit

Typisches Modell e. Nährstoffentfernungsexperiments, graph. Daten von Konzentration gegen Zeit

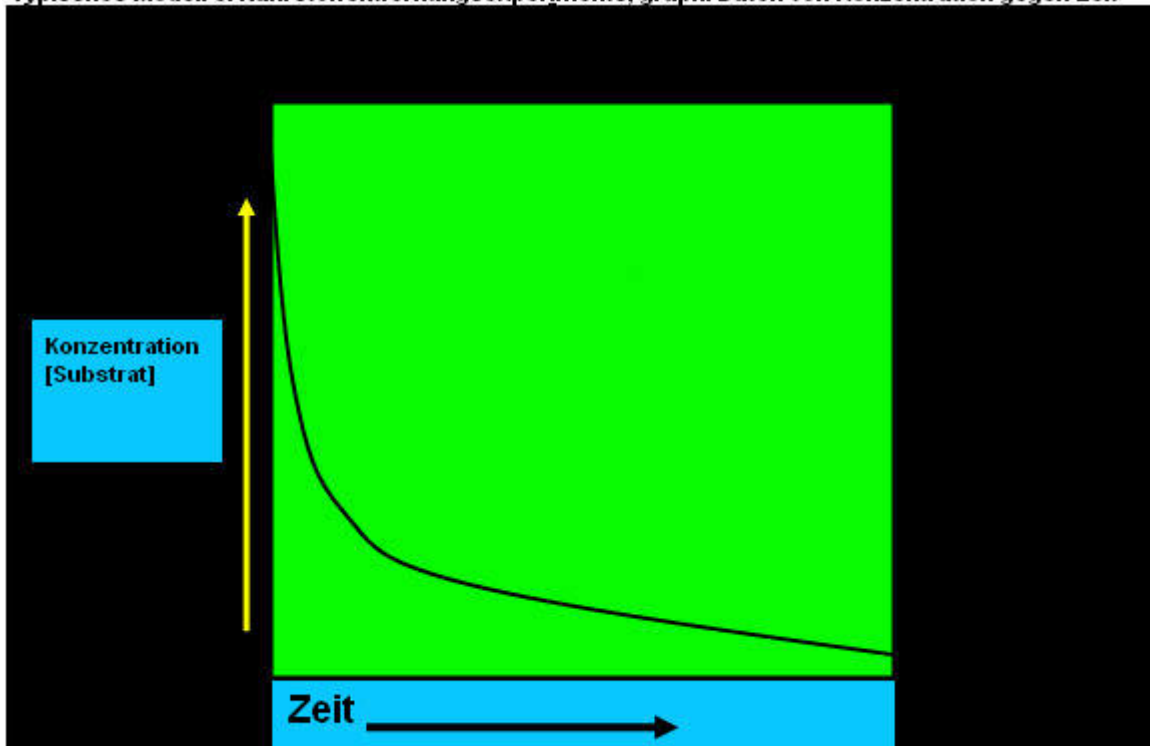


Bild 3

Arten an Aufnahme-Experimenten: Problem: Die Zellen werden mit der der Zeit gesättigt, die Aufnahme wird bei geringen Konzentrationen unterschätzt. Die Aufnahme hängt wesentlich vom Licht ab, diese Größe wird in der Aquaristik schlecht gemessen und stellt Herausforderungen für Forscher im Feld dar, wegen der Veränderungen über Zeit, Jahreszeiten, monatlich, täglich, von Minute zu Minute, Sekunde zu Sekunde (Sonnenflecken etc.)

- Es gibt eine Unterscheidung zwischen der Aufnahme aus dem Medium und Assimilation in organische Komponenten, insbesondere Stickstoff (NO_3) und (NH_4^+) und Aminosäuren. Das hängt von der Fähigkeit ab, anorganische Ionen zu speichern, der Rate der enzymatischen Schritte und den Bedürfnissen der Zelle.
- Zellen können sich an chronisch niedrige Nährstoffkonzentrationen durch Stoß(weise)-Aufnahme-Kapazitäten [surge uptake capacity (V_m) Anmerkung Üs.] anpassen und akklimatisieren.
- 2 Basis-Modelle: Monod-Modell: Basierend auf externen Konzentrationen, die unterhalb der Nachweisgrenzen liegen aber schon biologisch relevant sind und dem Droop –Modell, das auf internen Konzentrationen basiert, welche oft viel wichtiger und leichter zu messen sind, da die Konzentration höher als die sofortige externe Konzentration ist. Die externe Konzentration ist auch ein Maßstabsproblem: Mikroalgen können Mikroanteile an Nährstoffen im microliter-Volumsbereichen aufnehmen, während wir normalerweise Aufnahme in zehn ml Bereichen messen. In anderen Worten: Wenn man das Elefanten und Maus-Modell heranzieht: Beide sind Pflanzenfresser. Aber wir

messen nur Pflanzenmasse im großen Maßstab (sagen wir Bäume), nicht die kleinen Stückl an kurzlebigen krautigen Pflanzen die eine Maus ernähren können aber bei denen der Elefant, wenn er sich ausschließlich davon ernähren müßte, verhungern würde. Einige Pflanzen sind besser als andere bei dieser Aufnahme, auch wegen der Oberfläche-Volums- Beziehung:

- Myriophyllum hat viel höhere Oberflächen-Volumsverhältnisse als Anubias. Das Oberflächen-Volumen -Verhältnis erlaubt Myriophyllum ein viel besserer Mitsstreiter um Nährstoffe in der Wassersäule zu sein als Anubias, aber die Anubias macht das wett indem sie langsamer wächst und geringere Lichtkonzentrationen aushält. Die Zugabe von Nährstoffen und CO2 im Überschuß erlaubt beiden Pflanzen gut ohne Wettstreit nebeneinander zu wachsen.

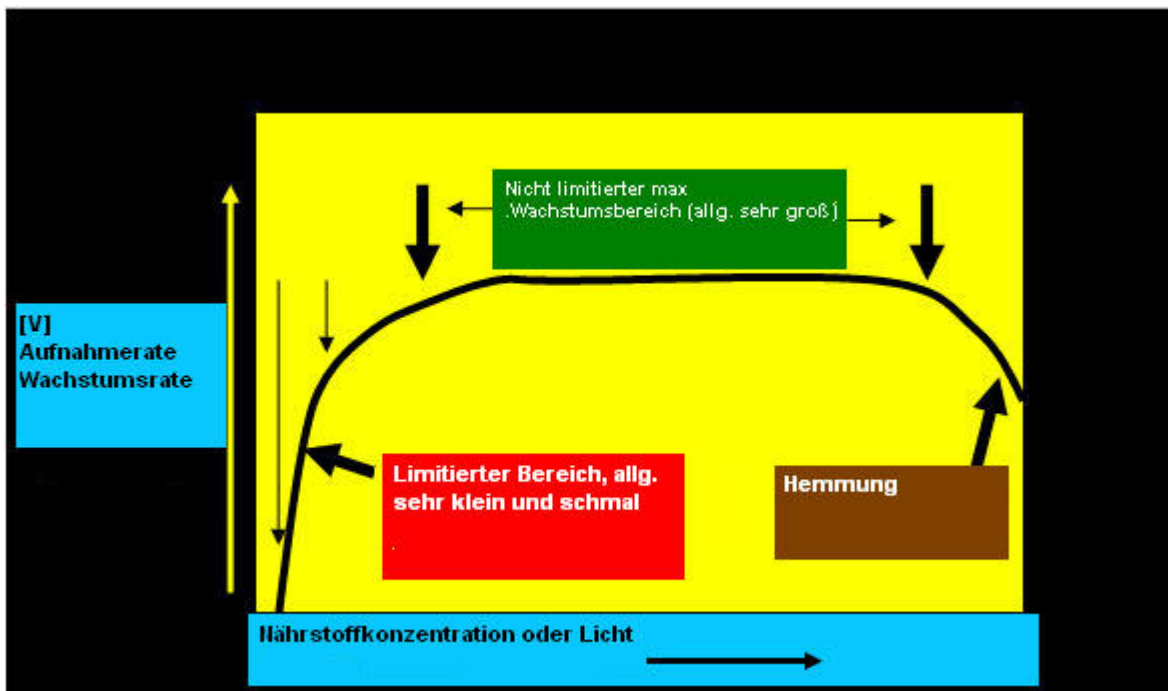


Bild 2

Das ist ein typisches verallgemeinertes Modell für Wachstum und Aufnahme einer Vielzahl an autotrophen Organismen (autotroph:= können selbst Masse aufbauen, Bsp. Pflanzen Anm Üs) . Basierend auf Bild 2 oben, vom Standpunkt des Gärtners, ist es viel produktiver aquatischen Makrophyten nicht-limitierende Bedingungen anzubieten (grünes Kastl = guter Zielbereich) da die Zielkonzentration viel weiter ist und auch mit höheren Wachstumsraten verbunden ist. Das über einen Zeitraum fortwährende Einhalten einer gegebenen, statischen Konzentration ist für die meisten Gärtner schwierig und unpraktisch, aber ein brauchbarer Bereich ist relativ leicht zu erreichen. Das Begrenzen aquatischer Makrophyten ist brauchbar wenn man die individuellen Artunterschiede und -antworten erforschen will, aber es ist kaum eine gute Methode für einen sicheren Anbau. Nicht-limitierende Nährstoff-und Licht-Levels müssen ziemlich hoch sein bevor Hemmung auftritt. Was aquatische Makrophyten

betrifft sind diese Gehalte für die Hemmung für die meisten Nährstoffe unbekannt und im allgemeinen an toxische Konzentrationen für die Fauna, wie Fische und Wirbellose, gebunden (siehe Bild 1 für mehr über die maximum Bereiche die einzeln in Isolation getestet wurden). Dieser Bereich bietet einen enorm brauchbaren Bereich, der relativ leicht und einfach zu erzielen ist um stabile Niveaus für den Pflanzenanbau zur Verfügung zu stellen. Der limitierende Bereich ist viel schmaler und vom praktischen Standpunkt schwieriger zu erstellen, da er nicht viel Fehler bei der Dosierungs- und Beladungsrate erlaubt. Da das Licht normalerweise die Aufnahmerate antreibt wird weniger intensives Licht weniger Fehler bei niederen begrenzenden Nährstoffkonzentrationen erlauben solange der Lichtkompensationspunkt (LCP) noch erreicht wird. Allgemein gilt das niedrigere Lichtkonzentrationen in der Nähe des LCP einen niedrigeren Bereich haben solange nichtlimitierte Nährstoffe auch mitangeboten werden. Die Studie mit *Tropica* zeigte dies mit *Riccia* und Van et al. (1986) zeigten das gleiche Ergebnis mit drei überschwemmten aquatischen Makrophyten. In beiden Fällen - vom gärtnerischen Standpunkt aus, sind limitierte Nährstoffkonzentrationen mit mehr Robustheit den stabilen Kulturmethoden mit geringerer Lichtintensität überlegen.

Das Endergebnis ist dramatisches Wachstum der Makrophyten und geringe Algenpräsenz mit einer einfach anzuwendenden Methode die dem Aquarianer einen weiten Bereich an Düngeroutinen und gesundem Wachstum erlaubt. Während viele Bücher und Artikel etwas anderes vorschlagen, können höhere Nährstoffgehalte und relativ wenig Licht dramatisches Wachstum erzeugen. Alles was sie machen müssen ist es zu prüfen und es selbst zu versuchen um zu sehen daß es wirklich so ist. Der theoretische Vorschlag für die Unterstützung der(ihrer) Behauptung folgt nicht, auch nicht das praktische Experiment.

Einmal angewandt, ist EI (estimative index) sehr leicht zu betreiben und kostet sehr wenig. Es ist eine einfache Prozedur und im Wesentlichen wirken nur CO₂ bezogene Problemkreise auf die Pflanzen und das Becken, und schließen alle Nährstoffe außer CO₂ aus.

Zusätzliche Referenzen:

Bowes G. 1991. Growth in elevated CO₂: photosynthetic responses mediated through rubisco. *Plant, Cell and Environment*, 14: 795-806 (invited review)

Madsen TV, Maberly SC, Bowes G. 1996. Photosynthetic acclimation of submersed angiosperms to CO₂ and HCO₃⁻. *Aquatic Botany*, 53: 15-30

Additional reading:

Canfield, D.E., Jr., K.A. Langeland, M.J. Maceina, W.T. Haller, J.V. Shireman, and J.R. Jones. 1983. Trophic state classification of lakes with aquatic macrophytes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40:1713-1718.

Canfield, D.E., Jr., J.V. Shireman, and J.R. Jones. 1984. Assessing the trophic status of lakes with aquatic macrophytes. pp. 446-451. *Proceedings of the Third Annual Conference of the North American Lake Management Society*. October. Knoxville, Tennessee. EPA 440/5-84-001.

Canfield, D.E. Jr., and M.V. Hoyer. 1988. Influence of nutrient enrichment and light availability on the abundance of aquatic macrophytes in Florida streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45:1467-1472.

Canfield, D.E. Jr., E. Philips, and C.M. Duarte. 1989. Factors influencing the abundance of blue-green algae in Florida lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46:1232-1237.

Agusti, S., C.M. Duarte, and D.E. Canfield Jr. 1990. Phytoplankton abundance in Florida lakes: Evidence for the frequent lack of nutrient limitation. *Limnology and Oceanography* 35:181-188

Bachmann, R. W., M. V. Hoyer, and D. E. Canfield Jr. 2000. Internal heterotrophy following the switch from macrophytes to algae in Lake Apopka, Florida. *Hydrobiologia* 418: 217-227.

Bachmann, R.W., M.V. Hoyer and D.E. Canfield, Jr. 2004. Aquatic plants and nutrients in Florida lakes. *Aquatics*: 26(3)4-11

Bachmann, R. W. 2001. The limiting factor concept: What stops growth? *Lakeline* 21(1):26-28.

Van, T. K., W. T. Haller and G. Bowes. 1976. Comparison of the photosynthetic characteristics of three submersed aquatic plants. *Plant Physiol.* 58:761-768.

Ich möchte Neil Frank, Karen Randall und besonders Steve Dixon für ihre Anregungen über all die Jahre danken, wie auch Paul Sears und Kevin Conlin, Claus von Tropica, den Leuten bei SFBAAPS, jeder trug zur Entwicklung und dem Verständnis von EI bei. Es war Teamwork all die Algenprobleme anzugehen die wir zu der Zeit hatten.

Urheberrecht bei Tom Barr 2005.

1 Anmerkung: das gilt für einzelne Hemmungskonzentrationslevel, nicht Kombinationen von zwei oder mehr.