

LED – wie viel Licht braucht das Aquarium?

Die Zahl der Anbieter von LED-Beleuchtungssystemen nahm in den letzten Jahren deutlich zu. Waren diese Systeme anfangs tendenziell zu lichtschwach, werden nun zunehmend sehr leistungsstarke Varianten angeboten. Nicht immer sind sie dann so sparsam, wie man es erwartet. Wie findet man also heraus, welches System für das eigene Aquarium am sinnvollsten ist? | **VON PETRA FITZ**

Bestimmung der Lichtparameter und der elektrischen Leistungsaufnahme verschiedener Beleuchtungssysteme (LED und T8/T5-Leuchtstoffröhren)



In DATZ 10/2015 stellte ich eine leistungsstarke LED-Beleuchtung für Aquarien vor („Scaping Light“ von LiWeBe) und verglich sie mit LED zwei anderer Hersteller („Pulzar HO dim“ von Giesemann und „Aqua LED Style Light CWC“ von Lumlight). Schon dabei wurde deutlich, dass lichtstarke LED-Leuchtmittel kaum weniger Strom verbrauchen als „normale“ Aquarienbeleuchtungen mit T8/T5-Leuchtstoffröhren.

In DATZ 3/2014 (Titelthema „Licht“) rechnete ich für zwei LED-Leuchtmittel durch, wie lange es dauert, bis man infolge des geringeren Stromverbrauchs im Vergleich zu T8 und T5 wirklich Geld spart. Dabei berücksichtigte ich den tatsächlichen Verbrauch der Leuchtmittel, die Anschaffungskosten und die Kosten für den Leuchtmittelwechsel (LED schaffen ja viel mehr Betriebsstunden als T5- und T8-Leuchtstoffröhren).

Heraus kam dabei, dass man mit dem einen Modell (Rebie) schon nach ein bis zwei Jahren Geld spart, mit dem anderen (Lumlight) hingegen sechs bis zwölf Jahre dazu braucht. Die großen Differenzen der „Amortisationszeiten“ liegen in den verschiedenen Anschaffungskosten und dem stark unterschiedlichen Stromverbrauch der Leuchtmittel begründet. Da gibt es bei den Herstellern deutliche Unterschiede.

Nun stellt sich natürlich die Frage, wie leistungsstark (und damit energieintensiv) die Leuchtmittel überhaupt sein müssen, Erfahrungen liegen ja seit Jahrzehnten mit Leuchtstoffröhren (T5 und T8) vor. Wie schneiden also die LED im Vergleich zu diesen bewährten Systemen ab?

Um diese Frage zu beantworten, muss man zunächst klären, wie viel Licht die unterschiedlichen Systeme tatsächlich in das Aquarium bringen und welche Qualität es besitzt.

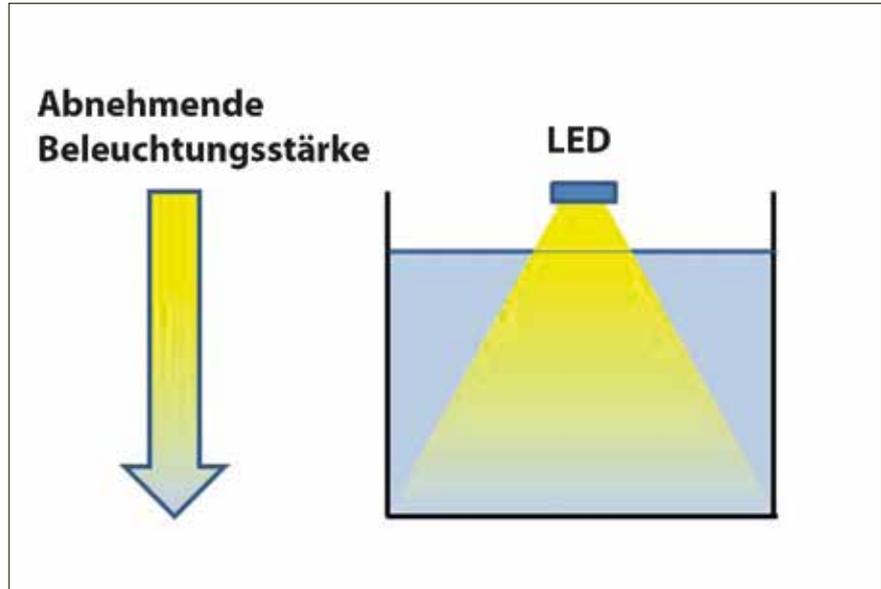
Lichtleistung

Die Lichtleistung eines Leuchtmittels wird in Lumen angegeben. Lumen ist die physikalische Einheit des Lichtstroms. Der Lichtstrom eines Leuchtmittels wiederum ist definiert als die gesamte Lichtleistung, die es in alle Richtungen abstrahlt, einfacher ausgedrückt: ein Maß dafür, als wie hell wir ein Leuchtmittel empfinden.¹

Leuchtstoffröhren strahlen in alle Richtungen ab, LED-Leuchten fast nur nach unten (meist in einem 120-Grad-Winkel). Mithilfe von Reflektoren lässt sich jedoch das meiste Licht der Röhren nach unten, ins Aquarium, lenken. Haben also zwei Leuchtmittel dieselbe Lumen-Leistung, aber eine unterschiedliche Abstrahl-Geometrie, so kann man sie schlecht direkt miteinander vergleichen, wenn es um die Frage geht, wie viel Licht die Fische und Pflanzen wirklich erreicht.

Viel genauer wäre es, den tatsächlich im Aquarium ankommenden Lichtstrom zu messen, also die Beleuchtungsstärke. Sie gibt an, wie viel Lumen pro Quadratmeter auf eine bestrahlte Oberfläche treffen (Einheit Lux). Sie ist mit einem Messgerät direkt zu ermitteln (Empfangsgröße). Je weiter man sich vom Leuchtmittel entfernt, desto geringer wird die gemessene Beleuchtungsstärke. Deshalb gibt man zu einer ermittelten Beleuchtungsstärke immer an, in welchem Abstand von der Lichtquelle sie bestimmt wurde.

Kennt man die Beleuchtungsstärke eines Leuchtmittels in unterschiedli-



Skizze zur Lichtausbreitung unter Wasser



„Seney Reef“-Sensor, auf einem Aluwinkel fixiert



Pulzar Ho dim (Tropic) von Gieseemann

chen (Aquarien-)Tiefen, kann man gut beurteilen, welche Pflanzen sich (wo) noch pflegen lassen, denn deren Lichtbedarf wird am exaktesten in „Lux in Wuchshöhe“ angegeben.

Für Aquarianer und Gartenteichbesitzer gibt es ein einfaches Messgerät, mit dem neben Temperatur, pH-Wert und Ammonium-Gehalt auch die Lichtsituation zu bestimmen ist: das „Seneye Reef“. Sein Lichtsensor misst neben der Beleuchtungsstärke (unter Wasser) die fotosynthetisch aktive Strahlung (PAR-Einheit in $\mu\text{mol}/[\text{m}^2 \times \text{s}]$) sowie die Lichtfarbe (auch Lichttemperatur genannt, Einheit Kelvin = K).

Mit diesem Gerät maß ich die Lichtparameter verschiedener LED-Beleuchtungssysteme unter realen Bedingungen. Neben den LED von Gieseemann, Lumlight und LiWeBe nahm ich auch die schon erwähnte Rebie-LED in die Messreihe auf. Ebenfalls dabei waren je eine gängige T5- und T8-Leuchtstoffröhre.

Damit die Messungen möglichst genau wurden, baute ich einen Halter für das Seneye. Auf einem Alu-Winkel war der Lichtsensor am waagerechten Schenkel fixiert. Ein Abstandhalter sorgte dafür, dass der Winkel unter Wasser genauso weit von der Aquarienwand entfernt war wie oberhalb des Wasserspiegels. Hier war der Abstand durch den Glassteg bedingt. So

Alle Lichtparameter-Messungen fanden im selben Aquarium statt

befand sich der Sensor unter Wasser parallel zur Oberfläche. Am Aluwinkel (senkrechter Schenkel) brachte ich in Fünf-Zentimeter-Abständen Markierungen an, sodass die Eintauchtiefe des Sensors einfach festzulegen war.

Zur Messung positionierte ich die Leuchtmittel (LED-Lichtbalken, T5- und T8-Leuchtbalken) genau über

dem Sensor. So konnte ich immer die maximale Beleuchtungsstärke in einer bestimmten Tiefe ermitteln. Der Abstand von der Unterkante der Lichtquelle zur Wasseroberfläche war stets gleich (sieben Zentimeter). Schließlich fanden alle Messungen im selben Aquarium statt, da die ermittelte Beleuchtungsstärke nicht nur von der Lichtquelle abhängt, sondern auch von der Wassertrübung und -farbe (Gerbstoffe, Ausscheidungsprodukte der Fische) sowie von der Oberflächenbewegung (Reflexion und Streuung des Lichts).

Natürlich sorgte ich dafür, dass die Pflanzen nicht beschattet wurden, und gefüttert wurde immer erst nach den Messungen. Die Vermessung der verschiedenen Leuchtmittel fand unmittelbar nacheinander statt, wobei ich den Filter ausgeschaltet hatte, damit die Wasseroberfläche möglichst unbewegt war.

Die Leuchtmittel brannten alle gleich lange (eingeschaltet eine Stun-



Neon-Ersatz „Aqua LED Style Light (CWC)“ von Lumlight

de vor Messbeginn) und während der gesamten Messdauer. So vermied ich Schwankungen in der Lichtleistung durch unterschiedliche (Tages-) Betriebszeiten.

Die vermessenen Leuchtmittel waren unterschiedlich alt, es war also zu berücksichtigen, dass mit der Zeit ein gewisser Leistungsverlust erfolgt. Deshalb ist das Betriebsalter der Leuchtmittel immer mit angegeben.

Neben der Lichtleistung interessierte mich der tatsächliche Strombedarf der Leuchtmittel. Ich bestimmte ihn mit einem kalibrierten Strommessgerät.

Die untersuchten LED-Systeme waren (sinngemäße, gekürzte Wiedergabe der Herstellerbeschreibung):

- Das „Pulzar Ho Dim (Tropic)“ von Giesemann ist ein dimmbares Hochleistungs-Lichtsystem, dessen Lichtleistung deutlich über der anderer LED-Streifen liegt. Ausgestattet ist es mit Keramik-LED aus dem Haus Cree. Ein LED-Modul ersetzt eine zweiflam-

mige Neonröhren-Beleuchtung (T8/T5). Daten zur vermessenen Modul-Länge 1070 Millimeter: 65 Watt, bestückt mit 65 Coolwhite-, zehn grünen, fünf blauen, fünf roten und fünf warmweißen LED, ausreichend für ein Aquarium mit den Maßen 130 x 50 x 60 Zentimeter (L x B x H), bis 7.150 Lumen (110 Lumen pro Watt) (www.giesemann.de 2015).

- Bei dem „Aqua LED Style Light“ von Lumlight als Neonröhren-Ersatz han-

Einzelheiten zu den Systemen finden sich auf den Websites der Hersteller

delt es sich um hochwertige SMD-LED, die in einem schmalen Aluminium-Gehäuse wasserfest in einem Silikonbett verbaut sind. Daten: bei einer Länge von 1.125 Millimetern beispielsweise 20 Watt Energiebedarf und bis 1.800 Lumen (90 Lumen pro Watt);

eine LED-Leiste pro 30 Zentimeter Aquarientiefe (die Höhe des Beckens spielt keine Rolle), drei LED-Streifen in den Lichtfarben W (warmweiß, 3.500 K) und C (coolwhite, 6.500 K) kombinierbar; dimmbar. In der Ausführung „Aqua LED Style Light RGB“ ist die mittlere Reihe durch RGB ersetzt. Mittels Tageslichtsimulator lässt sich der Tageslichtverlauf simulieren (www.led-aquarium.eu 2015).

- Der „Scaping Light Biotop“ von Li-WeBe ist eine leistungsstarke LED-Beleuchtung mit bis zu 145 Lumen pro Watt, also einer Lichtleistung, die um rund ein Drittel höher ist als die anderer Markenhersteller. Es werden drei weiße LED-Streifen (wahlweise 2.500 bis 10.000 K) plus ein RGB-Streifen verbaut. Handgefertigt nach Kundenwunsch, werden die Lichtfarben kombiniert und die 24-Volt-DC-SMD-LED (momentan vom Typ 5630 und 3527) in einem sehr massiven Aluwendepprofil installiert. In Kombination mit einem Controller ist jede Tages-



„Scaping Light Biotop“ von LiWeBe



LED, „Lichtfarbe Tropical“ und „Tropical Duo“, von Rebie

lichtsituation simulierbar, denn jeder LED-Kanal lässt sich einzeln ansteuern; Daten: vier 48-Zentimeter-LED-Streifen (Gehäuse bis 60 Zentimeter), zweimal 5.000 K (zusammen 26,9 Watt), einmal 2.500 K, einmal RGB (www.liwebe.de Mai 2015).

- Rebie bietet LED neuester Generation für Süßwasseraquarien. Die Lichtfarbe „Tropical Duo“ kombiniert 6.500 und 13.000 K und bietet einen Ersatz für klassische T8-Leuchtstoffröhren mit analoger Lichteinheit (nicht für elektronische Vorschaltgeräte geeignet), nur der alte Starter muss durch den mitgelieferten LED-Starter ersetzt werden. Das System reduziert die Stromkosten auf ein Drittel. Daten: 120-Zentimeter-Röhre, beispielsweise zwölf Watt, 216 LED und 990 Lux (persönliche Mitteilung der Firma Rebie: 1.188 Lumen, also 99 Lumen pro Watt); einsetzbar für Aquarien bis 50 Zentimeter Höhe (www.rebie.de 2015).

Lichtparameter und Wassertiefe

Beleuchtungsstärke: Bei der Bewertung der Ergebnisse muss man unbedingt beachten, dass die gemessenen Lux-Werte die maximale Beleuchtungsstärke darstellen, da sie ja direkt unter der Lichtquelle ermittelt wurden. Wie die Skizze zur Lichtausbreitung unter Wasser zeigt, verringern sich die Beleuchtungsstärken nicht nur in zunehmender Wassertiefe, sondern auch mit zunehmendem seitlichen Abstand zur Lichtquelle.

In der ersten Grafik ist die gemessene Beleuchtungsstärke in zunehmender Wassertiefe dargestellt, der erste Messwert nennt die Stärke in drei Zentimetern Tiefe. Je nach Hersteller sind hier große Unterschiede zu erkennen. So konnte ich beim „Scaping Light Biotop“ (LiWeBe) maximal satte 18.300 Lux messen, beim „Aqua Style Light“ (Lichtfarbe CWC, drei Betriebsjahre, Lumlight) und bei der „LED Tropical Duo“ (Rebie) hingegen nur rund 4.000Lux. Die T5-Röhre („Ultra Tropic“, JBL) lag mit 5.500 Lux deutlich über dem T8-Leuchtmittel („Tropic“, JBL), die „Pulzar Ho dim“

(Giesemann) brachte noch einmal knapp die doppelte Lichtleistung (10.300 Lux) des T5-Leuchtmittels.

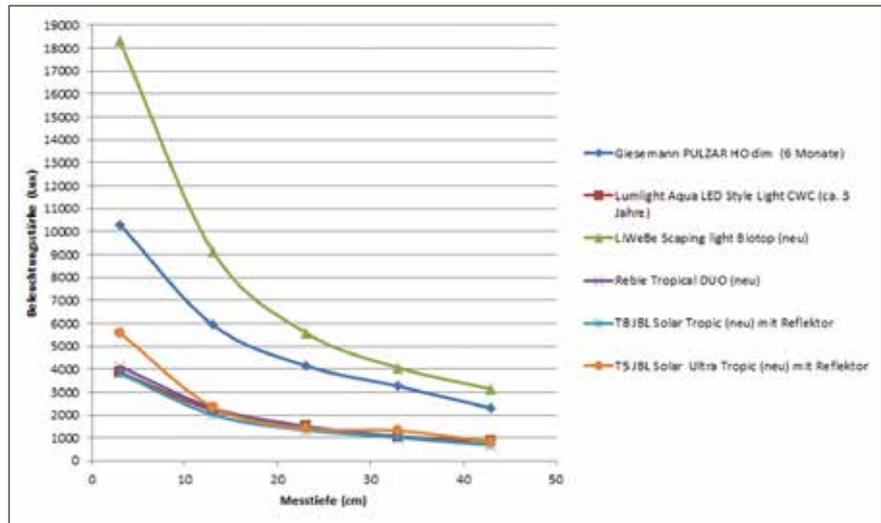
In 43 Zentimetern Wassertiefe kommen bei T5, T8, Rebie-LED und Lumlight-LED nur noch rund 800 Lux an. Die Giesemann-LED beleuchtet dieselbe Tiefe noch mit guten 2.300, die LiWeBe sogar noch mit 3.100 Lux!

Was mich wunderte, war das Ergebnis bei T5- und T8-Leuchtmitteln: Ab einer Eindringtiefe von gut 13 Zentimetern stellte ich zwischen beiden kaum einen Unterschied in der Beleuchtungsstärke fest.

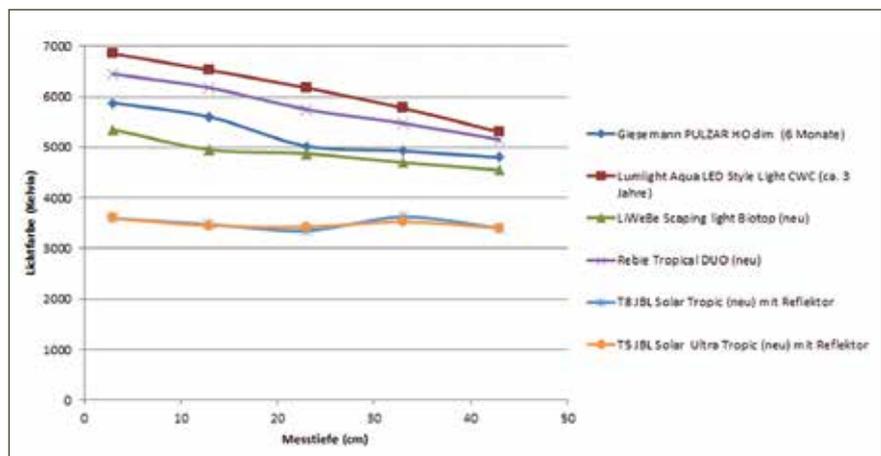
Vergleicht man nun die Beleuchtungsstärke der vermessenen JBL-T8/T5-Leuchtmittel („Tropic“ und „UltraTropic“) mit jener der LED, zeigt sich, dass die LED von Rebie (neu) und Lumlight (drei Jahre alt) dem T8-Leuchtmittel vergleichbar sind. Giesemann ist etwa doppelt so hell, LiWeBe toppt das T8-Leuchtmittel sogar um das Vierfache! Anders ausgedrückt ersetzt eine „Pulzar Ho Dim“ (Giesemann) zwei, die „Scaping light Biotop“ (LiWeBe) sogar drei oder vier T5-Leuchtmittel. Will man mehrere T5-Leuchtmittel durch nur eine LED ersetzen, stellt sich die Frage, ob eine gute Ausleuchtung tiefer Becken auch gegeben ist.

In meinem Test (DATZ 10/2015) leuchtete eine LiWeBe-LED das Aquarium gut aus (Würfel, 65 x 65 x 65 Zentimeter), bei einem meiner Kunden reichte eine einflammige Beleuchtung mit „Pulzar Ho dim“ (Giesemann) für ein 250 x 60 x 60 Zentimeter großes Aquarium ebenfalls (über die Beckenlänge waren zwei 1.070 Millimeter lange LED hintereinander angebracht).

Und wie viel Lux brauchen die Aquariumpflanzen? Laut WILSTERMANN-HILDEBRANDT (2012) benötigen anspruchslose Arten (etwa *Cryptocoryne affinis* oder *Anubias nana*) 1.000 bis 2.000 Lux in Wuchshöhe, Pflanzen mit mittleren Ansprüchen (beispielsweise *Althemanthera reineckii*, *Echinodorus* spp.) etwa 3.000 Lux. „Sonnenanbeter“ wie *Crassula helmsii*, *Lilaeopsis brasiliensis*, *Hemianthus calli-*



Im Aquarium gemessene Beleuchtungsstärke in unterschiedlichen Messtiefen



Lichtfarbe verschiedener LED in Abhängigkeit der Wassertiefe (im Aquarium gemessen)

trichoides oder *Pogostemon stellatus* freuen sich über 3.000 bis 5.000 Lux.

Hier wird schon deutlich, dass hohe Aquarien besondere Anforderungen an die Beleuchtung stellen, will man das Grün auch auf dem Grund noch üppig gedeihen lassen. Bei Aquascapes ist meist die gesamte Fläche mit Bodendeckern bewachsen. Um die nötige Beleuchtungsstärke von beispielsweise 3.000 bis 5.000 Lux bei *H. callitrichoides* sicherzustellen, dürfen die Becken selbst bei den lichtstarken LED nicht höher als 30 bis 40 Zentimeter sein.

Lichtfarbe: Die vermessenen LED-Leuchtmittel haben alle ein Vollspektrum mit einer Lichtfarbe, die für Süßwasseraquarien geeignet ist. Da weiße LED über ein Vollspektrum ähnlich

dem Sonnenlicht verfügen, enthalten sie alle Wellenlängen des sichtbaren Lichts und damit auch sämtliche Farben. Auf seinem Weg durch das Wasser wird das Licht schwächer, weil es adsorbiert und gestreut wird. Dabei ist die Adsorption umso stärker, je größer die Wellenlänge ist. So wird rotes Licht (Wellenlänge 650 bis 780 Nanometer) wesentlich stärker adsorbiert als blaues (380 bis 490 Nanometer).

Es kommt also zu einer Verschiebung der Lichtfarbe (des Spektrums) auf dem Weg durch das Wasser hin zu kürzeren Wellenlängen (blau), die Lichtfarbe wird „kühler“ (höhere Kelvin-Zahl). Dieser Vorgang ist unter dem Begriff (Farb-)Extinktion (Auslöschung) bekannt. So kommt in sehr tiefen Wasserschichten fast nur noch

Art	Minimum	Optimum	Maximum
<i>Anubias</i> spp.	40	100	200
<i>Cryptocoryne</i> spp.	40	50	200
<i>Echinodorus</i> spp.	50	100	150
<i>Lilaeopsis</i> spp.	100	150	200
<i>Pogostemon</i> spp.	100	150	200

Empfohlene PAR verschiedener Pflanzen in Wuchshöhe (www.seneye.com 2015)

blaues Licht an, das rote wird bereits nach wenigen Metern „ausgelöscht“. Die Frage war, ob man mit dem Messgerät schon bei relativ geringen Wassertiefen eine Veränderung der Lichtfarbe überhaupt feststellen kann. Man kann – aber nicht so, wie erwartet ...

Bei den LED-Leuchtmitteln gab es durchgehend den Trend, dass die Lichtfarbe mit zunehmender Wassertiefe wärmer wurde, also genau anders herum als erwartet! Bei den T5- und T8-Leuchtmitteln ließ sich kein signifikanter Einfluss der Eindringtiefe auf die Lichtfarbe messen.

Auf der Suche nach Erklärungen las ich, dass das Licht auf dem Weg in tiefere Wasserzonen nicht nur durch Extinktion verändert wird, sondern auch durch Streuung (durch Trübstoffe). Verschiedene Lichtfarben (Wellenlängen) werden unterschiedlich stark „gebremst“. So wird Licht mit kürzeren Wellenlängen (unterhalb von 550 Nanometern, also grünes bis blaues)

stärker durch beispielsweise Schwebalgen beeinträchtigt als solches mit höheren Wellenlängen (550 bis 700 Nanometer, also grünes bis rotes) (www.sciencegarden.de). Könnte in diesem Effekt die Ursache für die Messergebnisse zu finden sein? Ich bin nicht sicher. Vielleicht hat ja ein Leser eine Erklärung für die Ergebnisse? Mich würde es freuen!

Mit dem Gerät lässt sich auch die fotosynthetisch aktive Strahlung messen

Fotosynthetisch aktive Strahlung:

Wie schon erwähnt, misst das Seneye auch die fotosynthetisch aktive Strahlung (PAR). Das ist der Anteil der Strahlung im sichtbaren Wellenbereich (400 bis 700 Nanometer), der von den Pflanzen zur Fotosynthese genutzt werden kann. Die PAR-Einheit ist Photonen-

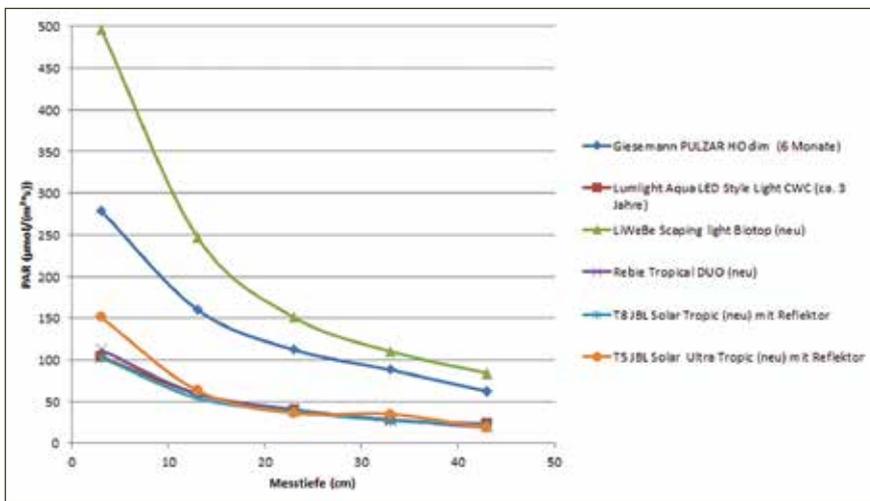
menge (μmol) pro Fläche (m^2) und Zeit (s). Der PAR-Wert verändert sich erwartungsgemäß ebenso wie der Lichtstrom mit zunehmender Wassertiefe.

Der Messgerät-Hersteller gibt auf seiner Homepage an, welche PAR-Werte für das Wachstum bestimmter Pflanzen nötig sind (http://answers.seneye.com/fresh_water_plant_PAR_levels). Einige Werte aus dieser Liste sind in der Tabelle links aufgeführt.

Bezogen auf einen Vergleich zwischen den bisher gängigen T5- und T8-Leuchtstoffröhren und den vermessenen LED-Beleuchtungen gilt für die PAR-Werte etwa dasselbe wie für die Beleuchtungsstärken (siehe dort). Zusammenfassend kann man sagen, dass sich die Hersteller vor allem in der Lichtintensität unterscheiden, also in der Beleuchtungsstärke. Die Qualität des Lichts (Anteil der fotosynthetisch aktiven Strahlung am „Gesamtlicht“) ist ähnlich.

Energieeffizienz: Icherwähnte bereits, dass die lichtstarken LED deutlich mehr Strom verbrauchen als die lichtschwächeren. Um das quantifizieren zu können, ermittelte ich parallel zu den Lichtmessungen auch die Aufnahme der elektrischen Leistung der Leuchtmittel im Betrieb (den Stromverbrauch). Da die LED-Leuchtmittel unterschiedlich lang waren, bezog ich die gemessene Leistungsaufnahme auf einen Meter (spezifische elektrische Leistungsaufnahme). Dabei berücksichtigte ich nicht die Gehäuselänge, sondern die tatsächliche Länge der verbauten LED-Streifen. Auch bei den Leuchtstoffröhren (T8/T5) verwendete ich bei längenbezogenen Angaben die Länge der Leuchtstoffröhre ohne Metallfassung.

So erhält man einen vergleichbaren „spezifischen Energiebedarf“ der Leuchtmittel. Dass es hier Unterschiede zwischen den Herstellerangaben und den gemessenen Werten gibt, erwähnte ich schon in DATZ 3/2014. Sie sind nicht etwa durch Messfehler bedingt, sondern dadurch, dass auch Netzteile und Controller Strom ziehen. Nicht alle Hersteller geben diesen



Fotosynthetisch aktive Strahlung verschiedener LED in unterschiedlichen Wassertiefen (im Aquarium gemessen)

Energiebedarf an.² Positiv ist, dass einige Firmen inzwischen den tatsächlichen „System-Energiebedarf“ nennen, also jenen Strombedarf, den Netzteil plus Leuchtmittel zusammen haben. In der Tabelle oben sind auch noch die Herstellerangaben zur Lumen-Leistung, umgerechnet auf einen Meter Leuchtmittellänge, aufgeführt.

Bei zwei Leuchtmitteln bestehen deutliche Unterschiede zwischen dem theoretischen und dem gemessenen (System-)Energiebedarf. Deshalb rechnete ich im Folgenden immer mit dem gemessenen Energiebedarf, da er ja für den Anwender entscheidend ist.

In der grafischen Auswertung der spezifischen Messwerte ist der Zusammenhang zwischen Strombedarf und Lichtleistung deutlich dargestellt. Eine hohe Lichtleistung ist also an einen hohen Strombedarf gekoppelt. Auffallend: LED-Leuchtmittel mit etwa gleicher Lichtleistung (Rebie, Lumlight) können einen deutlich unterschiedlichen Energiebedarf haben.

Fazit

Das waren nun viele Messwerte und Berechnungen, die die Lichtleistung der vier vorgestellten LED-Systeme (hoffentlich) einschätzbar machen, nach dieser Beurteilung aber noch ein kurzer Kommentar.

Dem LED-Licht haftet ja das Vorurteil an, „kalt“ zu wirken. Ich kann das nicht bestätigen. Grundsätzlich finde ich das Licht in Aquarien, die mit LED-Systemen beleuchtet werden, die neben den weißen Grund- noch RGB- (rote, grüne und blaue) LED besitzen, „lebendiger“ und natürlicher. Programmierbare Modelle haben außerdem den Vorteil, dass man das Licht variieren kann. Wie schon in DATZ 10/2015 erwähnt, sind die damit erzielbaren Lichteffekte wirklich sehr schön.

Ein Nachteil der LED-Systeme mit sehr hoher Lichtleistung besteht meines Erachtens darin, dass die eingebrachte Lichtmenge unterschätzt wird. Vor allem nicht erfahrene Aquarianer stimmen Bepflanzung, Düngung und Wasserwerte meist nicht auf die hohe Lichtleistung ab. Das führt unweigerlich zu Problemen, sei es, dass „Schattenpflanzen“ absterben (Wasserkelche beispielsweise reagieren auf zu viel Licht oft mit der so gefürchteten Cryptocorynen-Fäule; siehe hierzu WILSTERMANN-HILDEBRAND 2012) oder dass unerwünschte Algen auftreten. Vor allem in relativ niedrigen Aquarien ist das leider oft der Fall (35 bis 40 Zentimeter Höhe).

Bei lichtstarken Modellen sollte also unbedingt die Möglichkeit bestehen, das Licht zu dimmen. So kann man mit niedrigeren Einstellungen beginnen (LiWeBe empfahl mir für den Anfang nicht mehr als 60 bis 70 Prozent Kaltweiß über meinem 65 Zentimeter hohen Aquarium, und das war richtig) und gegebenenfalls mehr oder weniger Licht „zudosieren“.

Zu guter Letzt: Pflanzen brauchen oft weniger Licht, als man denkt. Aus Gründen der Sparsamkeit ersetzte ich über meinem 200 x 60 x 60 Zentimeter großen Aquarium

LED **aquaristik.de**

stromsparend-leistungstark-naturnah-bezahlbar

Immer die passende Lösung!



Lampengehäuse für LED-Leisten. Verwenden Sie unsere LED-Leisten mit diesem einzigartigen Lampengehäuse - individuell und flexibel auf Ihre Bedürfnisse anpassbar. Anzahl, Länge und Position der LED-Leisten frei wählbar. Je nach Halterung verwendbar als Aufsatzleuchte, Standleuchte oder Hängeleuchte.



Halterungen für T5 & T8 Feuchtraumfassungen. Verwenden Sie Ihre vorhandene Abdeckung weiter und tauschen die Leuchtstoffröhren gegen unsere LED-Leisten aus.

NEU

❄️

🔥

PRO² - Die wassergekühlte LED-Leiste. Ausgestattet mit einer Wasserkühlung bzw. Wärmerückgewinnungssystem wird die Lang-lebigeit und Leistung der LEDs maximiert. Die Abwärme wird optimal genutzt und senkt merklich den Stromverbrauch Ihrer Aquarienheizung. **PRO²: Einfach - genial!**



Riesen Auswahl: LED-Leisten in 11 Längen sowie 10 verschiedenen Lichtfarben erhältlich. **Außerdem Tagessimulationen, Lichtsteuerungen, Dimmer, LED-Netzteile u.v.m.**



Weitere Informationen und Produkte unter:

www.LEDaquaristik.de



Hersteller	Modell	spezifischer Energiebedarf (Watt/Meter, laut Hersteller)*	spezifischer Energiebedarf (Watt/Meter, Messwert)*	Abweichung Energiebedarf (Messwert vs. Hersteller in Prozent)	Lumen-Leistung (laut Hersteller) (Lumen/Meter)*
Giesemann	Pulzar Ho dim (1.070 mm)	65,0	65,0	0	7.150
Lumlight	Aqua LED Style Light CWC (1.125 mm)	18,50	24,10	23,2	1.667
LiWeBe	Scaping Light Biotop (54 cm)	96,0	94,20	-1,9	13.824
Rebie	Tropical Duo (120 cm)	14,20	13,88	-1,7	1.320
JBL	T8 Solar Ultra Tropic 18 Watt (VVG/KVG?)	31,86	41,42	23,1	1.949
JBL	T5 Solar Ultra Tropic 24 Watt (EVG)	54,80	57,10	4,0	2.545

„Spezifischer Energiebedarf“ der Leuchtmittel, Herstellerangabe und Messwert (entsprechend den Websites der Hersteller 2015)
 KVG = konventionelles Vorschaltgerät, VVG = verlustarmes Vorschaltgerät, EVG = elektronisches Vorschaltgerät; *) Laufmeter = Länge der verbauten LED-Streifen oder Röhrenlänge ohne Metallfassung, nicht Gesamt(gehäuse)länge des Leuchtmittels

die ursprüngliche Dreimal-80-Watt-T5-Beleuchtung durch drei 18-Watt-Rebie-LED (zwei „Tropic“, eine „Tropic Duo“). Selbst der Hersteller gibt an, dass damit nur Becken bis maximal 50 Zentimeter Höhe beleuchtet werden können.

Deshalb wählte ich nicht zu anspruchsvolle Pflanzen, blieb aber dennoch skeptisch. Das Aquarium wird sparsam mit CO₂ und Nährstoffen („Ferropol“ von JBL) versorgt. Nach fast einem Jahr Betriebszeit bin ich begeistert von dem Dschungel, der mit

Das Aquarium macht weniger Arbeit, seitdem die Pflanzen nicht mehr so rasant wachsen

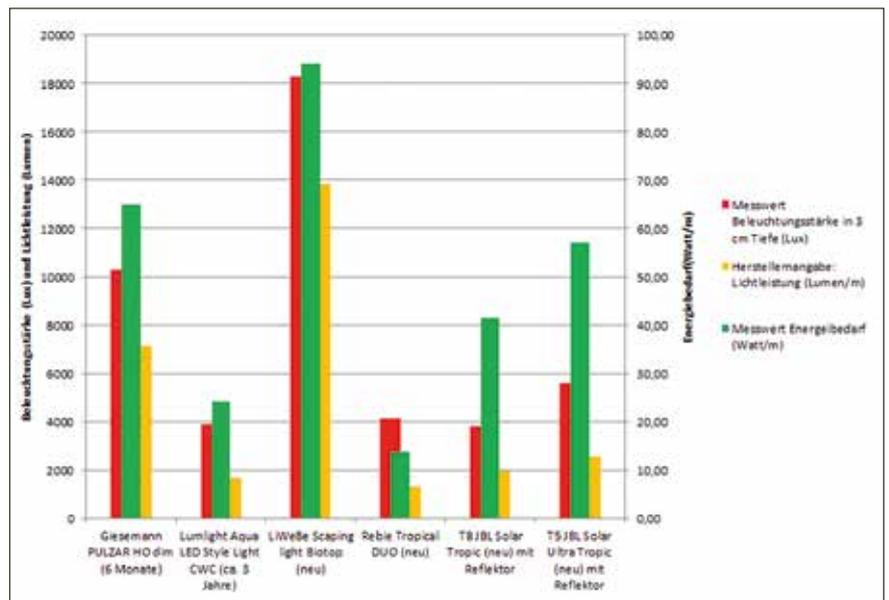
einer derart geringen Beleuchtung möglich ist! Das Aquarium bereitet sehr wenig Arbeit, eben weil das Wachstum der Pflanzen nicht zu rasant ist. Algen kenne ich in diesem Becken nicht. Dabei gedeihen selbst Bodendecker wie *Helanthium tenellum* („normal“ und „broad leaf“) gut, und der wunderschöne *Pogostemon quadrifolius* im Hintergrund ist in seinem Wachstum nicht zu bremsen. ■

Literatur

WILSTERMANN-HILDEBRAND, M. (2012): Aquarienpflanzen und Licht, Zahlen und Fakten. – Amazonas 8 (6): 72–77.

1) Bei der Lichtleistung wird die Empfindlichkeit des menschlichen Auges berücksichtigt. So haben zwei Leuchtmittel mit unterschiedlicher Lichtfarbe dann den gleichen Lichtstrom, wenn sie vom menschlichen Auge als gleich hell empfunden werden.

2) Ähnliches ist ja auch von Leuchtstoffröhren bekannt: So maß ich bei T8-Leuchtstoffröhren mit verlustarmen Vorschaltgeräten (VVG) zwischen zwölf und 25 Prozent mehr Strombedarf, als auf den Röhren angegeben war. T5-Technologie ist dank EVG (elektronischem Vorschaltgerät) besser aufgestellt. Hier gilt in der Regel der Strombedarf, der auf den Leuchtmitteln genannt wird.



Beleuchtungsstärke (Messwert), spezifische Lichtleistung und spezifischer Strombedarf (Messwert) diverser LED-Leuchtmittel im Vergleich

TESTLAUF

Zwei CO₂-Dauertests im Vergleich

Düngt man ein Aquarium mit dem Pflanzennährstoff Kohlendioxid, ist es wichtig, dessen Konzentration im Aquarienwasser genau zu kennen. Zum einen ist für das Wachstum bestimmter Pflanzen eine gewisse minimale CO₂-Konzentration notwendig, zum anderen kann zu viel für Fische tödlich sein. Laut Dennerle (Produktbeschreibung zu „CO₂-Komplett-Set Nano 80 g“, 2012) soll der CO₂-Gehalt im Aquarienwasser „für prächtiges Pflanzenwachstum“ zwischen 20 und 25 Milligramm pro Liter (mg/l) liegen. Mehr als 30 mg/l „sind für ein gesundes Pflanzenwachstum nicht erforderlich und sollten vermieden werden, um Fische und andere Aquarienbewohner nicht unnötig zu belasten“.

Eine einfache Kontrollmöglichkeit versprechen die Hersteller von CO₂-Dauertests: Im Aquarium befindet sich ein Testbehälter mit einer Indikatorflüssigkeit, deren Farbe sich bei unterschiedlichen CO₂-Gehalten

verändert. Über eine Farbskala ist der Gehalt ablesbar. Ich probierte je einen Dauertest von Dupla und von Dennerle.

Dupla-CO₂-Dauertest

Zur Inbetriebnahme des Tests füllt man die „Glocke“ mit etwa einem Milliliter Aquarienwasser (eine Markierung zeigt den nötigen Füllstand an) und gibt zwei Tropfen des Indikatorreagenz hinzu. Die gefüllte Glocke wird mit dem „Reflektor-Innenteil“ verschlossen, dabei ist auf korrekten Sitz der Dichtung zu achten. Dann dreht man die verschlossene Glocke (ohne dass das Reagenz austritt; anschaulich in der Gebrauchsanweisung beschrieben) und steckt sie in das „Tauchunterteil“ (ebenfalls mittels O-Ring gesichert).

Mithilfe des Saugers wird der Test im Aquarium an einer Stelle mit kräftiger Strömung befestigt. Das Tauchunterteil muss sich unterhalb der Wasseroberfläche befinden. Da die Reflektor-

glocke drehbar ist, lässt sich der Test so ausrichten, dass ein Ablesen immer möglich ist. Dem Test ist eine dreifarbige Skala beigelegt: „zu wenig CO₂“ = blau, „optimaler Gehalt“ = grün, „zu viel CO₂“ = gelb. Die entsprechende Konzentration in mg/l wird nicht angegeben.

Der Aufbau des Tests ist in Wort und Bild sehr gut beschrieben. Zum Auseinandernehmen des Testbehälters ist ein gewisser Kraftaufwand erforderlich, da die Dichtungen recht schwergängig sind. Das lässt sich aber durch leichtes Einfetten der O-Ringe mit Vaseline beheben.

Laut Herstellerangabe ist nach etwa zehn Minuten der CO₂-Gehalt des Wassers ablesbar. Dupla weist darauf, dass der Test nur bei einer Karbonathärte über 4 °KH korrekte Ergebnisse liefert. Der Dauertest muss nach jedem Wasserwechsel frisch angesetzt werden (aktuelles Aquarienwasser mit Reagenz), um korrekte Ergebnisse zu lie-

fern. Das Indikator-Reagenz ist nach dem Öffnen mindestens 18 Monate haltbar.

Dennerle-CO₂-Langzeittest Correct + pH

Der prinzipielle Aufbau ist dem des Dupla-Reaktors vergleichbar. Auch hier wird ein „Testbehälteroberteil“ mit einem Spezialindikator gefüllt. Im Gegensatz zum Dupla-System wird aber nicht mit Aquarienwasser plus Reagenz, sondern nur mit einem fertigen „Ampullen-Indikator“ gearbeitet (fünf Einmal-Dosen, im Lieferumfang enthalten). Dann wird das Ganze mit dem „Reflektor-Kegel“ verschlossen und auf das „Testbehälter-Unterteil“ gesteckt. Die Verbindungen sind mit O-Ringen abgedichtet.

Den gefüllten Testbehälter dreht man vorsichtig um. Sein Unterteil ist unten offen, sodass auch hier das CO₂ aus dem Aquarienwasser in das Reaktionsgefäß diffundiert. Den Test fixiert man in einer Haltespange (schwenkbar) und befestigt ihn mittels



Dupla-CO₂-Permanenttest



Dennerle-CO₂-Langzeittest Correct + pH



Dupla- und Dennerle-Test bei einer CO₂-Konzentration von fünf Milligramm pro Liter



Dupla- und Dennerle-Test bei einer CO₂-Konzentration von 20 Milligramm pro Liter

Sauger im Aquarium. Die Farbskala klebt man in seiner Nähe an die Scheibe. Im Wesentlichen gleichen die Farben denen des Dupla-Tests (blau = zu wenig, grün = optimal, gelb = zu viel CO₂), doch sind hier auch die Übergänge dargestellt. So zeigt die Farbskala sechs Farben an, die jeweils einem bestimmten CO₂-Gehalt in mg/l entsprechen (2, 10, 20, 40, 80 und 120 mg/l). Wie schon erwähnt, empfiehlt Dennerle einen Gehalt von etwa 20 mg/l (dunkelgrün).

Als Zusatzfunktion des Tests liefert Dennerle Skalen mit, die den pH-Wert des Wassers bei bestimmten KH-Werten anzeigen (Voraussetzung: es dürfen keine den pH-Wert beeinflussenden Präparate, größere Mengen Huminsäuren oder Nitrat im Wasser sein).

Auch hier ist der Zusammenbau einfach und anschaulich in Wort und Bild dargestellt. Wie beim Dupla-

Test empfiehlt es sich, die O-Ringe etwas einzufetten, da sie sonst sehr schwergängig sind.

Die Ansprechzeit beträgt bei diesem Test laut Hersteller mehrere Stunden. Gemäß Dennerle besteht der besondere Vorteil des Tests darin, dass der verwendete, fertige Indikator nicht mit Aquarienwasser angesetzt werden muss. Dadurch zeigt der Test immer den korrekten CO₂-Gehalt an, auch wenn die Karbonathärte verändert wird (Wasserwechsel, Verdunstung, Aufhärtung) oder Säuren (etwa Huminsäuren) vorhanden sind. Weiter weist Dennerle darauf hin, dass das Messen der Karbonathärte nicht notwendig (das ist aber auch bei dem Test von Dupla der Fall) und der Test auch bei niedrigerer KH einsetzbar ist (allerdings wird „niedrig“ nicht weiter definiert).

Dennerle empfiehlt, die Indikatorlösung alle vier bis

sechs Wochen zu wechseln, da dann „eine gewisse Alterung des Indikators durch photochemische Prozesse“ zu nicht mehr exakten Farbreaktionen führen kann.

Der Praxistest

Beide Tests verwendete ich parallel in meinem 280-Liter-Aquarium. Die CO₂-Gehalte erhöhte ich stufenweise (und hielt sie mindestens einen Tag), um die Farbreaktion der Tests beurteilen zu können. Zur genauen Bestimmung des CO₂-Gehalts maß ich parallel den pH-Wert und die Karbonathärte und bestimmte dann die CO₂-Konzentration mittels Tabelle (aus der Gebrauchsanweisung zum „CO₂-Komplett-Set Nano 80 g“ von Dennerle). KH und pH ermittelte ich mit JBL-Tropftests (pH-Test 3–10, auf pH 0,5 genau; pH-Test 6,0–7,6, auf pH 0,2 genau; der KH-Test ist auf 1 °KH genau). Während des Vergleichs nahm ich keinen

Wasserwechsel vor, sodass eine Neufüllung des Dupla-Tests nicht notwendig war.

- Dauertests bei KH 5 und pH 7,5 (entspricht fünf mg/l CO₂): Beide Tests zeigen korrekt an, dass der Gehalt zu niedrig ist, also erhöhte ich die CO₂-Zufuhr.

- Dauertests bei KH 5 und pH 6,8 bis 7,0 (entspricht 20 mg/l CO₂): Der Dennerle-Test gibt die korrekte Konzentration an, während der Dupla-Test noch einen Übergang von „zu wenig“ zu „richtig“ anzeigt. Obwohl schon der optimale CO₂-Gehalt erreicht war, erhöhte ich die Dosierung weiter. Ich wollte sehen, welche Konzentration erforderlich ist, damit der Dupla-Test „richtig“ anzeigt. Dabei behielt ich meine Fische gut im Auge, um eine Schädigung durch zu viel Kohlendioxid auszuschließen (Symptome einer CO₂-Vergiftung sind eine erhöhte Atemfrequenz, das Aufhalten dicht unter der Wasser-



Dennerle-Test bei 32 Milligramm pro Liter CO₂



Dupla Test bei 32 Milligramm pro Liter CO₂

oberfläche und plötzliches „durch-das-Wasser-Schießen“, schließlich Apathie und Tod).

• Dauertests bei KH 5 und pH 6,6 bis 6,8 (entspricht 32 mg/l CO₂): Der Dennerle-Test zeigt korrekt zwischen 20 und 40 mg/l an. Beim Dupla-Test liegt die Anzeige noch bei „richtig“ mit der Tendenz zu „zu viel“, also auch hier korrekt.

Wie aus den Bildern ersichtlich, ist das Ablesen der CO₂-Konzentrationen mittels Farbskala nicht ganz einfach. Grundsätzlich sind die Farben beim Dennerle-Test intensiver, beim Dupla-Test heller. Das hat wohl mit der Testbehälter- oder Reflektorkegel-Geometrie zu tun. Möglicherweise sind aber auch unterschiedliche Indikator-Konzentrationen die Ursache.

Der Dennerle-Test reagiert bei steigenden CO₂-Konzentrationen eher mit einem Farbwechsel von Blau nach Grün als der Dupla-Test. Auch sind die Indikatorfarben durch die genauere Farbskala besser einer bestimmten CO₂-Konzentration zuzuordnen. Bei höheren Konzentrationen (über 20 mg/l) zeigen beide Tests im Prinzip richtig an.

Beim Dupla-Test empfiehlt es sich, zu Anfang KH und pH parallel zu messen (zur genauen Bestimmung der CO₂-Konzentration). Hat man die optimale Einstellung gefunden, genügt der Test zur Kontrolle, ob alles richtig läuft (man weiß dann ja, welche Farbe er anzeigen soll). Beim Dennerle-Test kann man sich tatsächlich auf die korrekte Anzeige verlassen und muss nicht zu-

sätzlich messen. Will man bei niedrigeren CO₂-Werten arbeiten (zehn bis 20 mg/l), ist der Dennerle-Test besser geeignet, da er hier genauer und differenzierter anzeigt.

Bezüglich der laufenden Kosten ist der Dupla-Test günstiger, weil das Indikator-Reagenz sehr ergiebig ist. Beim Dennerle-Test muss man die Indikator-Ampullen regelmäßig nachkaufen (fünf Ampullen zu 9,69 €; sie reichen für ein halbes Jahr).

Ein wenig sinnlos scheint mir beim Dennerle-Test der obere Anzeigebereich. Wenn schon darauf hingewiesen wird, dass das Aquarienwasser nicht über 30 mg/l CO₂ enthalten soll – warum reicht die Anzeige dann bis 120 mg/l? Statt der Skalenwerte 40, 80 und 120 fände ich 30, 40 und 50 als Oberwerte angebrachter.

Die Zusatzoption „pH-Langzeittest“ ist sicher eine nette Spielerei, doch muss man die Karbonathärte kennen und außerdem konstant halten, um den pH-Wert korrekt ablesen zu können. Dass man die KH beim Dennerle-Test eben nicht zu kennen braucht, ist ein entscheidender Vorteil.

Petra Fitz

Dennerle

Dennerle GmbH
(www.dennerle.com)

Dohse

Dohse Aquaristik KG
(www.dohse-aquaristik.de)

Verkaufspreise: Dennerle-CO₂-Langzeittest Correct + pH 21,29 €; CO₂-Spezial-Indikator + pH-5-Ampullen 9,69 €. Dupla-CO₂-Permanenttest 14,95 €; Dupla-Indikator-Nachfüllung 6,90 €

IMPRESSUM

69. Jahrgang

DATZ - Die Aquarienzeitschrift

Organ des Verbandes Deutscher Vereine für Aquarien- und Terrarienkunde (VDA) e. V., gegründet 1911, und des Verbandes der österreichischen Aquarien- und Terrarienvereine



VERLAG

Natur und Tier - Verlag GmbH
An der Kleimannbrücke 39/41
48157 Münster
Tel. 0251 / 133 39-0, Fax -33
Mail: verlag@ms-verlag.de
Web: www.ms-verlag.de
HRB 6004
UST-ID: DE813222964

GESCHÄFTSFÜHRER

Matthias Schmidt

REDAKTION

Rainer Stawikowski (verantwortlich),
Rolf Hebbinghaus,
Marion Ruttkowski (Sekretariat)

REDAKTIONSANSCHRIFT

DATZ-Redaktion
Skagerrakstraße 36
45888 Gelsenkirchen
Tel. 0209 / 147 43-01, Fax -03
Mail: stawikowski@ms-verlag.de

REDAKTIONSBEIRAT

Christel Kasselmann (Wasserpflanzen)
Dr. Sandra Lechleiter (Fischkrankheiten)
Dr. Andreas Spreinat (Wasserkunde, Wasserchemie)
Dr. Hans-Peter Ziemek (Limnologie, Schulvivaristik, Verhaltensbiologie)

GESTALTUNG

Mirko Barts, Geitje Enterprises LLC

BILDBEARBEITUNG

Mirko Barts, Geitje Enterprises LLC

ANZEIGENVERWALTUNG

Igor Kremel
Tel. 0251 / 133 39-21, Fax -33
Mail: kremel@ms-verlag.de
Es gilt die Anzeigenliste Nr. 24

ABO-SERVICE

Tel. 0251 / 133 39 13

VERTRIEB

Tel. 0251 / 133 39 50

DRUCK

Druckhaus Fromm, Osnabrück

BEZUGSPREISE inkl. Versand

Inland: Einzelheft 6,40 €
Jahresabonnement 69,60 €
Ausland: Einzelheft A 6,50 €, CH 11,30 SFr,
Jahresabo 84,80 €

ERSCHEINUNGSWEISE

Monatlich

VERLAGSRECHTE

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert werden. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Bildvorlagen wird keine Haftung übernommen. Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion und des Verlages wieder.

ISSN 1616-3222

© Natur und Tier - Verlag GmbH

