

LED- Beleuchtung auf dem Vormarsch

Teil 1:
**LED-Kennzahlen und -Eigenschaften
im Vergleich mit Leuchtstoffröhren**
Von Petra Fitz

Der Trend bei der Beleuchtung von Aquarien ist eindeutig: Weg von der Leuchtstoffröhre, hin zu LED-Leuchtmitteln! Ihnen gehört die Zukunft. Energieeffizient, langlebig und oft auch ansteuerbar, gibt es sie bereits von vielen Herstellern in verschiedensten Ausführungen. Jedoch ist immer noch eine große Skepsis zu bemerken: Ist das LED-Licht genauso hell und wirkt es genauso natürlich wie das der guten alten Leuchtstoffröhre? Können die Pflanzen damit überhaupt etwas anfangen? In unserer Artikelserie zum Thema gehen wir ans Eingemachte!

LiWeBe scaping light biotop, eine sehr lichtstarke und variable LED eines Internetanbieters
Foto: P. Fitz

Im vorliegenden ersten Teil meiner Artikelserie vergleiche ich herkömmliche Leuchtstoffröhren mit LED-Leuchtmitteln. Um das Ganze übersichtlich zu halten, habe ich mich auf streifenförmige LED-Leuchten beschränkt. Nicht in der Übersicht enthalten sind Cluster- und Spot-LEDs sowie LED-Paneele. Auch betrachte ich nur Leuchtmittel, die für die Süßwasser-Aquaristik Verwendung finden.

Bei streifenförmigen LED-Leuchten werden viele Leuchtdioden hintereinandergeschaltet, je nach Hersteller ein- oder mehrreihig. Zunächst wurden die dafür verwendeten Einzel-LEDs als DIP (dual in-line package; verdrahtete Dioden) ausgeführt, inzwischen ist diese Technik überholt. Die heute genutzten SMD-Chips (SMD = surface mounted device; keine bedrahteten Bauelemente, sondern direkt oberflächenverlötet) sind leistungsfähiger, langlebiger und einfacher



Oben: Die ersten LED-Leuchtmittel (links) von Rebie waren noch vom Typ DIP

Rechts: Später wurde auf die effizienteren SMD-LEDs umgestellt (rechts)
Zwei Fotos: P. Fitz

zu verbauen. Hinter der Bezeichnung für den Chip-Typ verbirgt sich dessen Größe: SMD 5050 z. B. hat eine Abmessung von 5 x 5 mm, bei einer Leistung von 0,5 W, SMD 3028 misst 3 x 2,8 mm bei 0,2 W. Hat der LED-Chip eine Leistung von über 0,65 Watt, spricht man von high power LED.

Üblich sind Wattagen von 0,5–3 W pro Chip. Damit können sehr leistungsstarke Lampen hergestellt werden. Allerdings ist hier denn auch ein sehr gutes Wärmemanagement (Abführung der Wärme über aktive/passive Kühlung) notwendig, um die volle Leistung zu gewährleisten.

Schließlich gibt es noch high-power-LEDs mit der Bezeichnung COB (chip on board). Hier werden LED-Chips direkt auf einer hochwärmeleitenden Aluminiumplatte verbunden. Die dadurch mögliche hohe Chipdichte sorgt dann für eine sehr hohe Lichtleistung. Manchmal setzen Hersteller noch Kürzel wie SSC oder Cree an ihre Chip-Bezeichnung – ein Hinweis auf die Produzenten (SSC: Seoul Semiconductor, koreanischer Hersteller; Cree: amerikanischer Hersteller).

Für die Beleuchtung von Aquarien werden überwiegend Weißlicht-LEDs eingesetzt. Hier wird blaues LED-Licht durch eine interne Leuchtschicht z. T. in gelbes Licht umgewandelt. Blau und Gelb ergibt dann zusammen Weiß. Weißes Licht wiederum enthält alle Farben des Tageslichtspektrums. Über den Aufbau der Leuchtschicht kann die Farbtemperatur des generierten weißen Lichtes beeinflusst werden. Übliche Weißlicht-

Die Eheim power LED daylight hat ausschließlich Weißlicht-LED-Chips verbaut
Foto: P. Fitz

Farbtemperaturen sind 2 500–3 000 Kelvin (Warmweiß), 4 500–5 000 Kelvin (Neutralweiß/Tageslicht) und 7 000–9 000 Kelvin (Kaltweiß/Ultraweiß). Typische Spektren sind weiter unten im Text dargestellt.

Manche Hersteller statten ihre Leuchten nur mit Weißlicht-LEDs aus, andere integrieren daneben auch noch LEDs in den Farben Rot, Grün und Blau.

Die Farbkombination Rot-Grün-Blau gibt es auch als One Chip LED – also alle drei Farben in einem Chip verbaut. Auch die 4in1-Ausführung ist möglich. Hier sind in einem Chip Rot, Grün, Blau und Weiß untergebracht. Beide One-Chip-Ausführungen erzeugen ein besonders gleichmäßiges Mischlicht.

Über eine Ansteuerung (Controller) ist prinzipiell die Dimmung der LEDs möglich, also die Variation der Lichtleistung und somit der Helligkeit. Wenn die Farb-LEDs einzeln angesteuert werden können, ist beispielsweise die Simulation eines Tageslichtverlaufs möglich (Einstellung von Lichtleistung und Lichtfarbe).

Kennzahlen

Welche Eigenschaften müssen Leuchtmittel für die Süßwasseraquaristik haben?

Wir wollen unsere Fische sehen und die Pflanzen sollen wachsen, deshalb ist eine gewisse Helligkeit gefragt. Dabei muss das Licht auch für die Fotosynthese der Pflanzen geeignet sein. Dann soll das Licht so beschaffen sein, dass die damit beleuchteten Lebewesen und Gegenstände (Fische, Pflanzen, Deko) natürlich aussehen. Eventuell ist auch die Betonung bestimmter Farben erwünscht. Eine gleichmäßige Ausleuchtung des Aquariums möchte man in der Regel auch. Schließlich wollen wir Strom sparen, also

bei möglichst wenig Stromverbrauch möglichst viel Licht erhalten. Gleichzeitig sollten die Leuchtmittel auch noch lange halten.

Diese Eigenschaften der Leuchtmittel werden durch Kennzahlen beschrieben. Die meisten davon müssen inzwischen auf den Verpackungen angegeben werden. Um LED-Leuchtmittel mit Leuchtstoffröhren vergleichen zu können, sollte man sich zunächst ganz allgemein Gedanken über die Kennzahlen machen.

Abstrahlwinkel

Hier geht es um die gleichmäßige Ausleuchtung des Aquariums. Der Abstrahlwinkel ist eigentlich nur bei LED-Leuchten eine „Kennzahl“, bei Leuchtstoffröhren, ob T8 oder T5, wird das Licht ja gleichmäßig in alle Richtungen abgegeben. Verwendet man bei Leuchtstoffröhren Reflektoren, wird fast das gesamte abgegebene Licht nach unten in das Aquarium umgeleitet. Dabei ist die Eigenbeschattung der dünneren T5-Röhren (16 mm Durchmesser) geringer als die der T8-Röhren (26 mm Durchmesser) – Reflektoren bringen also bei T5 mehr Leistungssteigerung als bei T8. Üblicherweise wird das Licht der Leuchtstoffröhren durch Reflektoren auf einen Abstrahlwinkel von etwa 120° gebündelt. Streifenförmige LED-Leuchten für Aquarien haben alle einen Abstrahlwinkel von 120°, selten mehr. Hier gibt es also schon einmal keinen großen Unterschied zwischen Leuchtstoffröhren mit Reflektor und LED-Lichtleisten.

Ebenso wie die Leuchtstoffröhren sorgen streifenförmige LED-Leuchten auch in Längsrichtung des Aquariums für eine gleichmäßige Ausleuchtung, obwohl die eigentliche Lichtquelle (LED-Chip)



ein Punktstrahler ist. Durch den großen Abstrahlwinkel der einzelnen LEDs vermischt sich deren Licht jedoch schon nach wenigen Zentimetern.

In puncto Aquarienausleuchtung sollten streifenförmige LED-Leuchten den Leuchtstoffröhren also in nichts nachstehen!

Lichtleistung (Lumenleistung)

Licht für die Aquaristik soll hell genug sein, um das Aquarium schön auszuleuchten und die Pflanzen wachsen zu lassen. Wichtig dafür ist die Lumenleistung.

Früher gab es für T5- und T8-Leuchtmittel Faustregeln, die bei der Entscheidung halfen, wie viele Leuchtstoffröhren über einem Aquarium anzubringen sind, damit die Lichtleistung ausreichend ist. So brauchen lighthungrige Pflanzen zwischen 0,5 und 1,0 Watt pro Liter (W/l) (T8-Leuchtmittel) beziehungsweise 0,5–0,6 W/l (T5-Leuchtmittel). Diese Angaben taugen aber nicht für LED-Leuchten, da diese effizienter sind als die Leuchtstoffröhren. Das heißt: Pro Watt eingesetzter elektrischer Leistung produzieren sie mehr Licht, erzielen eine höhere Lichtausbeute. Deshalb wird bei LED-Leuchten der Lichtstrom (Einheit Lumen, lm) als Hilfsmittel verwendet: Lighthungrige Pflanzen benötigen 50 lm/l, anspruchslosen Pflanzen genügen schon 15 lm/l. Also ist es zum Vergleich von LEDs und Leuchtstoffröhren besser, deren Lichtstrom (optische Leistung) heranzuziehen. Der Lichtstrom ist die gesamte Lichtmenge, die ein Leuchtmittel in alle Richtungen abgibt. Arbeitet man bei den T5/T8-Leuchtmitteln mit effektiven Reflektoren, so ist die Abstrahlgeometrie einigermaßen vergleichbar zu (streifenförmigen) LED-Leuchtmitteln. Man könnte also die Lumen-Werte in etwa vergleichen – wären da nicht zwei Einschränkungen.

❶ Bei der Bestimmung des Lumenwertes wird die Empfindlichkeit des menschlichen Auges berücksichtigt, die im Gelb-Grün-Bereich um 550 nm am höchsten ist. Leuchtmittel, die Licht mit einer Wellenlänge vor allem in diesem Bereich abstrahlen, haben einen höheren Lichtstrom als solche, deren Spektrum gleichmäßiger verläuft. Weil der angegebene Lichtstrom eines Leuchtmittels also eine Kennzahl darstellt, die spektral

gewichtet ist, kann man auch nur sinnvolle Vergleiche zwischen Leuchtmitteln anstellen, die ein ähnliches Spektrum abstrahlen.

Ein Beispiel hierfür zeigt Tabelle 1 zu 30-W-T8-Leuchtstoffröhren von Sera für ein 100-cm-Süwassaquarium.

Von den in der Tabelle angeführten Leuchtmitteln am hellsten ist die Lampe mit einem deutlichen Grünpeak und der kühlest Lichtfarbe, die Sera daylight brilliant. Sie schafft bei 30 W mehr als doppelt so viel Lumen wie die plant color, ist also mit 75 lm/W am effizientesten. Die plant color ist an die Fotosynthesekurve der Pflanze angelehnt (Chlorophyll-Kurve). Weil das menschliche Auge für diesen Spektralbereich aber relativ wenig empfindlich ist, fällt die Lumenleistung der Lampe entsprechend gering aus. Das Spektrum der tropic sun kommt dem natürlichen Sonnenlicht am nächsten. Daher hat diese Lampe als Einzige eine Farbwiedergabestufe 1A (sehr gut, entspricht CRI >90; CRI = Farbwiedergabe-Index), gibt die Farben der Fische und Pflanzen also sehr natürlich wieder.

Man sieht an diesem Beispiel deutlich, dass jede Lampe ihre Vor- und Nachteile hat: Die eine macht schön hell, hat dabei einen aber (zu) kühlen Farbton und eine schlechtere Farbwiedergabe. Die andere fördert die Fotosynthese und betont rote und blaue Farben, wäre aber als alleiniges Leuchtmittel zu dunkel und farbverfälschend. Sera empfiehlt daher die kombinierte Verwendung der beiden Lampen. Die dritte dagegen taugt auch als alleiniges Leuchtmittel sehr gut: Die Sera tropic sun gibt die Farben am natürlichsten wieder und hat ein sonnenlichtähnliches Vollspektrum bei guter Lichtleistung.

❷ Anders als bei Leuchtstoffröhren sind LED-Leuchten aus vielen einzelnen Strahlern (LED-Chips) zusammengesetzt. Nun wird üblicherweise der Lichtstrom der einzelnen Chips (vom Produzenten angegeben) hochgerech-



Beispiel für Farbmischungen mit einem One-Chip-RGB-LED-Streifen (Mischlicht Gelbgrün) Foto: P. Fitz



Bei der Giesemann PULZAR HO dim werden zwei verschiedene Weißlicht-LEDs und drei Farb-LEDs (Rot, Grün, Blau) verbaut Foto: P. Fitz

net auf die Zahl der verbauten Chips in dem fertigen Leuchtmittel. Diesen Wert bezeichne ich im Folgenden als rechnerischen Lumenwert. Im Gegensatz dazu messen einige Hersteller die Lichtleistung der fertigen LED-Leuchte in einer Ulbricht-Kugel. Der dabei gemessene reale Lumenwert ist in der Regel geringer als der rechnerische. Ursache hierfür sind Leistungsverluste durch die Einbausituation (Blendenwirkung des Gehäuses, Ausführung der Anschlüsse, Betriebstemperatur, Feuchtigkeitsschutz durch Folie/Silikon ...). Bei LED-Leuchtmitteln ist die Einbausituation von Hersteller zu Hersteller deutlich verschieden – und damit auch der Unterschied zwischen rechnerischen und realen Lumenwerten! Geben Hersteller also Realwerte an, so scheinen ihre Leuchtmittel weniger effizient (Lumen pro Watt) zu sein als die von Konkurrenten, die mit rechnerischen Lumenwerten arbeiten. Manche Hersteller verwenden auch rechnerische Lumenwerte mit „Abschlag“, um die Leistungsverluste durch die Einbausituation zu kompensieren. Dass kaum ein Hersteller angibt, ob er rechnerische oder reale Lumenwerte verwendet hat, macht die Sache nicht übersichtlicher ...

Beleuchtungsstärke

Eine andere Kenngröße zur Lichtleistung von Leuchtmitteln ist die Beleuch-

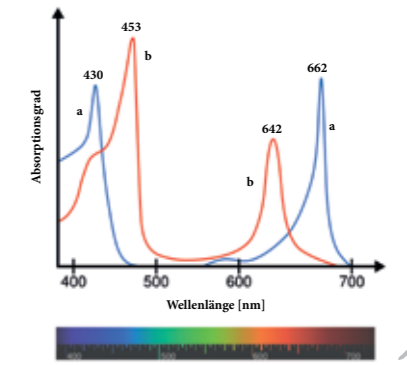
ungsstärke. Sie gibt an, wie viel Lumen pro Quadratmeter beleuchteter Fläche in einem bestimmten Abstand zum Leuchtmittel ankommen (Einheit: Lux = lm/m²) – also prinzipiell eine hilfreiche Kenngröße, beschreibt sie doch, wie viel Licht wirklich im Aquarium anlangt. Hätte man verlässliche Werte zur Beleuchtungsstärke, wäre das sehr hilfreich. Hätte, wäre ... Hier zeigt sich schon, dass auch dies nicht so einfach ist. Erstens geben sehr wenige Hersteller Lux-Werte an, zweitens gibt es keine einheitliche Norm, die festlegt, wie die Beleuchtungsstärke unter Wasser zu bestimmen ist. Hier existieren viele mögliche Einflussfaktoren, etwa Wasserfärbung, Positionierung des Messgerätes, Abstand zum Leuchtmittel über/unter Wasser, Bewegung der Wasseroberfläche, Streulicht, Reflektionen und nicht zuletzt die Güte des verwendeten Messgerätes selbst. Aus diesem Grunde lehnen einige Hersteller die Angabe von Beleuchtungsstärken für ihre Produkte sogar ab. Andere dagegen werben gerade mit ihren Messergebnissen – ein heikles Thema. Ob guter oder schlechter Messwert, in jedem Fall darf hier die Angabe der Messtiefe nicht

fehlen, in der ein bestimmter Lux-Wert gemessen wurde! Doch auch das kommt vor ...

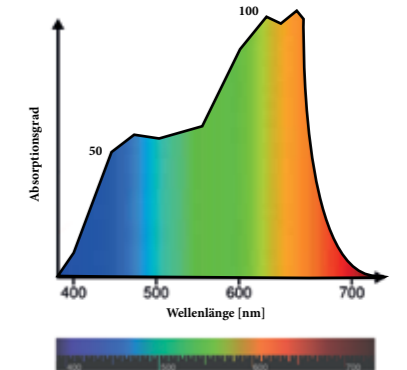
Trotz alledem: Lichtstrom und Beleuchtungsstärke sind die einzigen Kenngrößen, die die für uns wahrnehmbare Helligkeit von Leuchtmitteln beschreiben. Pflanzen „sehen“ das Licht aber anders. Wie in der Abbildung des Chlorophyll-Aktionsspektrums erkennbar, ist die „Pflanzenkurve“ gerade in dem für unser Helligkeitsempfinden wichtigen Wellenbereich am flachsten! Aquarienflechten brauchen Licht vor allem im roten und blauen Wellenlängenbereich. Hier haben Chlorophyll a und b ihre Absorptionsmaxima. Allerdings verfügen Pflanzen noch über andere fotosynthetisch aktive Pigmentsysteme, mit deren Hilfe sie in der Lage sind, das gesamte (Tageslicht-)Spektrum zur Fotosynthese zu nutzen (Kurve 2: Pflanzenspektralkurve nach El Gersma). Diese Spektralkurve stellt ein kontinuierliches Vollspektrum (keine hervortretenden Einzelpeaks) mit einem Maximum bei 600–700 nm dar. Schön zu sehen ist, dass auch gelbgrünes Licht von Pflanzen zur Fotosynthese genutzt werden kann.

PAR

Für den Anteil des pflanzennutzbaren Lichtes gibt es ebenfalls eine Kenngröße. Der PAR-Wert (PAR, photosynthetic active radiation. Einheit: μmol/(m²s)). Er gibt an, wie viel fotosynthetisch nutzbare Strahlung ein Leuchtmittel abgibt. Ebenso wie die Beleuchtungsstärke kann die PAR mit einem Messgerät bestimmt werden. Ermittelt werden die Intensitäten bei den Wellenlängen der Absorptionsmaxima von Chlorophyll a und b. Dabei ist es ebenfalls wichtig anzugeben, in



Kurve 1: Aktionsspektrum Chlorophyll



Kurve 2: Pflanzenspektralkurve nach El Gersma

welcher Entfernung von der Lichtquelle (Wassertiefe) gemessen wird.

Als Beispiel sind in der Tabelle 2 für einige Wasserpflanzen die PAR-Werte in Wuchshöhe angegeben.

PAR-Werte als Leuchtmittel-Kenngröße anzugeben, ist allerdings nicht gerade verbreitet und wird hier nur der Vollständigkeit halber angeführt.

Lichtqualität (spektrale Zusammensetzung)

Bei Leuchtstoffröhren existieren in der Aquaristik prinzipiell zwei Typen: Die Drei(Fünf)bandenröhre und die Vollspektrumröhre.

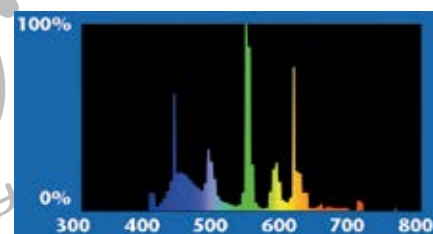
Es gibt nun Leuchtmittel, die auf hohe Lichtleistung setzen und dabei die Bedürfnisse der Pflanzen durch entsprechende Peaks berücksichtigen. Weil bei ihnen drei Wellenlängen im Spektrum besonders ausgeprägt sind, spricht man von Drei-Banden-Röhren. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Dennerle Amazon Day (T5/T8).

Tabelle 1: 30-W-T8-Leuchtstoffröhren im Vergleich (Hersteller: Sera)

Sera	Spektrum	Lichtfarbe	Lichtleistung	Effizienz
T8 daylight brilliant 895 mm, 30 W		6.000 k	2.250 lm	75 lm/W
T8 tropic sun 895 mm, 30 W Farbwiederg. 1A		4.700 k	1.600 lm	53 lm/W
T8 plant color 895 mm, 30 W		4.900 k	1.000 lm	33 lm/W

Drei-Banden-Röhren zeichnen sich durch hohe Lumenleistung und lange Lebensdauer aus. So wirbt Dennerle damit, dass seine Trocal-T8- und -T5-Röhren dank Drei-Banden-Technik 50 % höhere Lumenleistung erreichen als herkömmliche Vollspektrumröhren.

Andere Hersteller setzen auf möglichst natürliche, sonnenlichtähnliche Spektren. Solche Vollspektrumröhren haben im Messdiagramm des Spektrums „mehr Fläche unter der Kurve“ – die Intensitäten sind also gleichmäßiger auf das gesamte (Tageslicht-)Spektrum verteilt und weniger auf einzelne Wellenlängen. In der Regel haben solche Leuchtmittel geringere Lumenwerte als Drei-Banden-Röhren, und auch die



Spektrum der Dennerle Amazon Day; Beispiel einer Drei-Banden-Röhre

Nutzungsdauer ist geringer. Dafür ist das Licht naturnäher. Ein Beispiel hierfür ist der Hersteller JBL, der bei seinen Vollspektrum-Leuchtmitteln auf ein ausgewogenes Abbild der natürlichen Beleuchtung setzt.

Bei LED-Leuchtmitteln gibt es weniger Unterschiede in der spektralen Lichtverteilung. Weißlicht-LED-Leuchtmittel haben alle ein Vollspektrum mit einem Peak im blauen Wellenlängenbereich. Bei unterschiedlicher Farbtemperatur des Leuchtmittels weisen die Messdiagramme der Spektren mehr oder weniger Fläche unter der Kurve im Tageslichtbereich auf. Als Beispiel hierfür sei der Hersteller LEDaquaristik angeführt, der reine Weißlicht-LED-Leuchten vertreibt (Tabelle 3).

Wenn der Blaupik dominiert (kühlere Lichtfarben), ist der optische Lichteindruck kühl. Das kann durch Kombination „kühler“ mit „wärmere“ LED-Leuchtmitteln ausgeglichen werden. Viele Hersteller kombinieren deshalb kaltweiße und warmweiße Weißlicht-LED-Chips. Andere Hersteller setzen Akzente durch

Lichtanspruch	Beispiel	PAR minimum	PAR ideal	PAR maximum
niedrig	<i>Cryptocoryne</i>	40	50	200
mittel	<i>Echinodorus</i>	100	100	150
hoch	<i>Lilaeopsis</i>	100	150	200
	<i>Cabomba</i>	100	150	250

Tabelle 2: PAR-Werte in Wuchshöhe am Beispiel einiger Pflanzengattungen. Tab.: P. Fitz

Farb-LED-Chips. Ein Beispiel hierfür ist Sera: Neben Weißlicht-LED-Chips sind hier noch RGB-Chips verbaut. Vorteil hierbei: die zusätzlichen Peaks im grünen und roten Wellenlängenbereich!

In der Aquaristik wird oft bewusst eine sogenannte monochromatische Akzentuierung gesetzt (siehe auch Drei-Banden-Röhre). Dadurch werden Farben hervorgehoben (Fische: Rot/Blau, Pflanzen: Grün) und die Fotosynthese unterstützt (Blau/Rot). Der Peak im grünen Bereich hat dann auch entsprechend positive Auswirkungen auf die Lumenleistung des Leuchtmittels.

Der Unterschied zwischen LED-Spektren und den Spektren von Leuchtstoffröhren liegt im Wesentlichen darin, dass LED-Spektren kontinuierlicher sind. Eigentlich haben sie damit dann sogar mehr Ähnlichkeit mit dem Sonnenlichtspektrum als die üblichen Leuchtstoffröhren! Den dominanten Blaupik der LED-Leuchten gibt es auch bei kaltweißen Leuchtstoffröhren (siehe das Beispiel von JBL oben: T5/T8 Lichtfarbe „Nature“ mit 9 000 Kelvin oder Eheim freshpower daylight T5, 6 500 Kelvin; Spektrum in Teil 2 der Beitragsserie abgebildet).

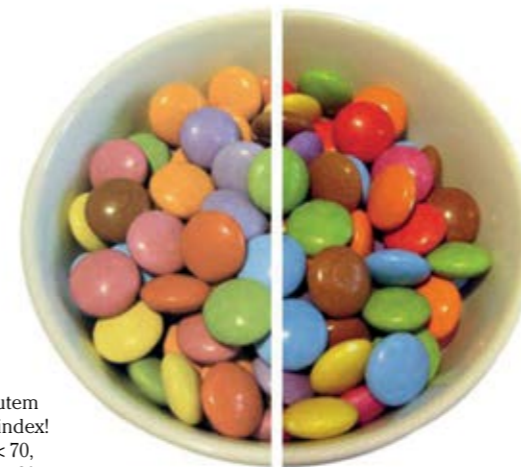
Tabelle 3: Spektrale Lichtverteilung bei LED-Leuchten (Hersteller: LEDaquaristik)

LEDAquaristik (Modell: eco+, 29 W, 100 cm)	Lichtfarbe (Kelvin)	CRI	Lichtleistung (Realwert Lumen)
	„Sunset“ 3.500	84,6	2.745
	„Tropic“ 4.500	87,8	2.827
	„Sky“ 6.500	90,2	2.808

Farbwiedergabeindex

Eine weitere Kennzahl, die etwas über die Lichtqualität aussagt, ist der oben schon erwähnte Farbwiedergabeindex (CRI: color rendering index). Er gibt an, wie natürlich die Farbwiedergabe von Gegenständen unter einer künstlichen Beleuchtung wirkt. Farben, die wir unter Sonnenlicht betrachten, empfinden wir als natürlich. Das Sonnenlicht hat den CRI 100. Die Sonne ist ein thermischer Strahler und produziert ein kontinuierliches Vollspektrum. Je niedriger der CRI-Wert ist, desto unnatürlicher oder schlechter (blasse Fische!) werden die Farben wiedergegeben.

Der Farbwiedergabeindex von LED-Leuchtmitteln ist bisher noch etwas schlechter als der hochwertiger Leuchtstoffröhren. Nun wurde bei der Bewertung der Spektren schon das Stichwort „monochromatische Akzentuierung“ genannt. Bei den in der Aquaristik üblichen Leuchtstoffröhren werden einzelne Farben bewusst betont. Wir sind es also gewohnt, dass Fische im Aquarium bunter aussehen, als sie es unter natürlichem Sonnenlicht wären! Das führt dazu, dass



Bunte Smarties gibt es nur bei gutem Farbwiedergabeindex! Linke Seite: CRI < 70, rechte Seite: CRI > 80

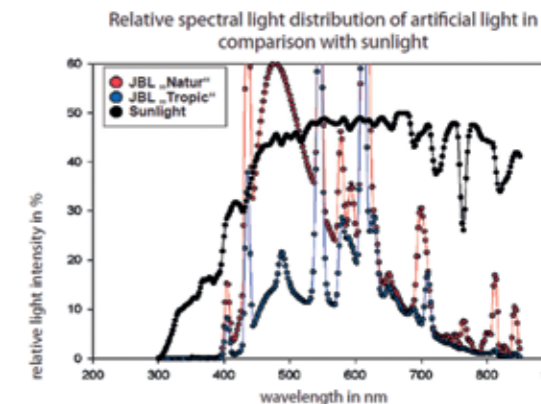
für den Betrachter Fische unter reinen Weißlicht-LED-Leuchten oft blasser wirken, selbst wenn der CRI ähnlich dem von Leuchtstoffröhren ist. „Natürlich“ ist uns also nicht mehr bunt genug! Abhilfe schaffen hier Farb-LEDs. Sind diese dann noch einzeln ansteuerbar, kann man den Farbeindruck nach eigenem Geschmack variieren. Darin sehe ich einen deutlichen Vorteil solcher LED-Leuchtmittel!

Effizienz

Leuchtmittel wandeln elektrische Leistung (Einheit Watt) in Lichtleistung (Einheit Lumen) um. Also wird die Effizienz von Leuchtmitteln in der Einheit Lumen pro Watt angegeben. Die Problematik der Lumen-Angabe bei LED-Leuchtmitteln wurde ja schon angesprochen. Die verbreitete Meinung, LED-Leuchtmittel seien wesentlich effizienter als T5-Röhren, konnte bei den vorgestellten Anbietern nur zum Teil bestätigt werden. Daten dazu finden Sie im zweiten Teil der Beitragsserie.

Nutzungsdauer

Als Nutzungsdauer von Leuchtmitteln wird üblicherweise die Zeitspanne (in Stunden) bezeichnet, nach der noch 70 % der Beleuchtungsstärke erreicht werden (L70). Bei Leuchtmitteln für Aquarien hängt die Nutzungsdauer außer vom verwendeten Leuchtmittel (T5/T8, Vollspektrum-Röhre, Drei-Banden-Röhre, Sonderfarbe) auch noch von den Betriebsbedingungen ab, etwa Schalthäufigkeit, Vorschaltgerät, offene/geschlossene Abdeckung (Betriebstemperatur!).



Als Faustregel bei Leuchtstoffröhren gilt: Austausch der Leuchtmittel nach 1–2 Jahren bei T8 (ca. 3 650–7 300 Betriebsstunden) und alle 2–3 Jahre bei T5 (ca. 7 300–11 000 Betriebsstunden). Deutlich abweichende Herstellerangaben sind in den Vergleichstabellen in Teil 2 der Artikelserie vermerkt.

LED-Leuchten mit SMD haben laut Hersteller eine Nutzungsdauer von mindestens 50 000 Betriebsstunden. Auch hier werden deutlich abweichende Herstellerangaben in der Tabelle in Teil 2 vermerkt. LED-Leuchtmittel sollen also etwa 5–10 Mal so lange verwendbar sein wie T5- und T8-Leuchtstoffröhren. Hier sind die LEDs eindeutig im Vorteil!

Ökobilanz

Für umweltbewusste Aquarianer ist auch die Ökobilanz ein Argument bei der Entscheidung, welches Leuchtmittel zu wählen ist. OSRAM und Siemens haben berechnet, dass bei LED-Leuchtmitteln 98 Prozent der insgesamt eingesetzten Energie (also zur Herstellung und zur Lichterzeugung) auf die Lichterzeugung entfallen. Die Stiftung Warentest (Mai 2013) bescheinigte LED-Leuchtmitteln die beste Ökobilanz von allen Lampen. Auch wird zur Produktion von LED-Leuchtmitteln kein giftiges Quecksilber verwendet, was bei der Entsorgung dann zu weniger Aufwand führt. Hier also auch eindeutig ein Plus für die LED-Leuchtmittel! Entsorgen sollte man LEDs aber trotzdem als Elektroschrott – nicht nur wegen der Elektrobauteile, sondern auch damit die verbauten Seltenen Erden rückgewonnen werden können.

Kosten

In der Anschaffung sind LED-Leuchten in jedem Fall deutlich kostspieliger als Leuchtstoffröhren. Ob sich diese Kosten durch die längere Nutzungsdauer und die höhere Effizienz amortisieren, kann jeder einfach selbst durchrechnen. Die Anschaffungskosten verschiedener LED-Systeme werden im zweiten Teil aufgelistet, beispielhaft für die Bestückung eines 100-cm-Aquariums. In früheren Beiträgen zu LED-Leuchtmitteln hatte ich die kumulativen Kosten (Anschaffung, Stromverbrauch, Leuchtmittelwechsel) über zwölf Jahre für zwei Systeme vorgerechnet. Das Ergebnis: Bestückt man ein 100-cm-Aquarium mit zwei Rebie-LED-Röhren, spart man im Vergleich zu T5 und T8 Leuchtstoffröhren nach knapp zwei Jahren Geld, bei einer Ausrüstung mit zwei Lumlight-LEDs dauert es fünf bis neun Jahre, je nach Modell. In Teil 2 werde ich besonders auf den Vergleich der einzelnen Anbieter und Systeme eingehen, um einen Überblick zu geben, welche LED-Beleuchtung für welchen Verwendungszweck am besten geeignet ist.

Quellenverzeichnis:
<http://archiv.korallenriff.de/atinfosroehren.html> (2015)
<http://www.flowgrow.de/db/lightcalculator> (2015)
 www.sera.de (2015)
 JBL Broschüre Richtige Aquarienbeleuchtung (2014)
 www.seneye.com (2015)
 www.dennerle.de (2015)
 Infomaterial von JBL (persönliche Mitteilung, 2015)
 www.ledaquaristik.de (2015)
 www.sera.de (2015)
 www.sylvania-licht.de (2015)
 Fritz P. (2014): Drei LED-Systeme im Vergleich. – D.Aqu. Terr. Z. DATZ, 67 (3): 32-40