

LED-Lampen sind aus der Aquaristik nicht mehr wegzudenken Foto: Rainer Stawikowski

ES WERDE LICHT!

Lumen, Lux & Co.

Werden Leuchtmittel bewertet und miteinander verglichen, tauchen immer wieder Größen und Einheiten auf, die nicht jedem bekannt sind. Was bedeuten sie also, und welche sind in der Aquaristik wichtig? Eine kurze Übersicht. | **VON PETRA FITZ**

Als Licht wird der Anteil der elektromagnetischen Strahlung bezeichnet, der für das menschliche Auge sichtbar ist. Dieser Teil des (Licht-)Spektrums reicht von etwa 380 bis 780 Nanometern Wellenlänge (nm = ein milliardstel Meter).

Bei Lichtquellen unterscheidet man grundsätzlich zwischen thermischen und nicht thermischen Strahlern. Thermische Strahler erzeugen ein kontinuierliches Spektrum. Sonne, Kerze und Glühbirne (Glühdraht) sind einige Beispiele für thermische Strahler. Da das Sonnenlicht unsere natürliche Lichtquelle ist, empfinden

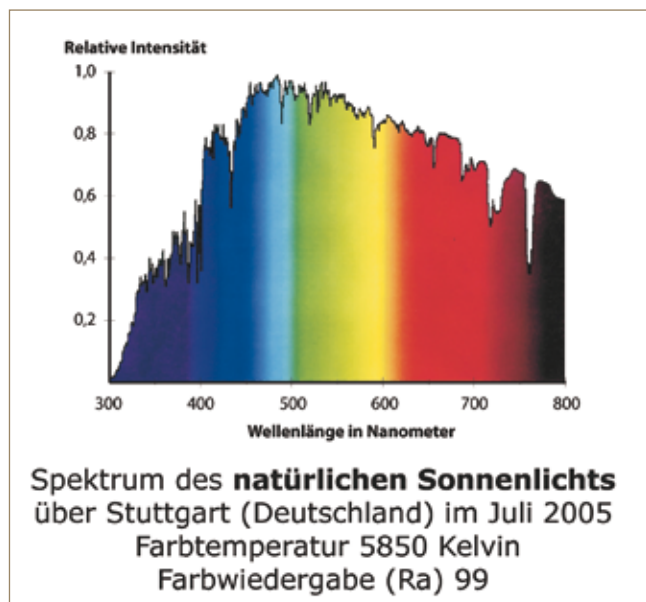
wir das Licht thermischer Strahler sowie die Farben von Gegenständen, die mit diesem Licht bestrahlt werden, als natürlich. Das wird beim Farbwiedergabeindex von Lichtquellen (siehe dort) berücksichtigt. Anhand des Spektrums der Sonne kann man erkennen, was „kontinuierliches Spektrum“ heißt: keine einzelnen Peaks, sondern eine kontinuierliche Kurve.

Nicht thermische Strahler erzeugen ein Linien- oder Bandenspektrum: Gasentladungsröhren, LEDs, Leuchtstoffröhren (Drei-Banden-Röhren) ...

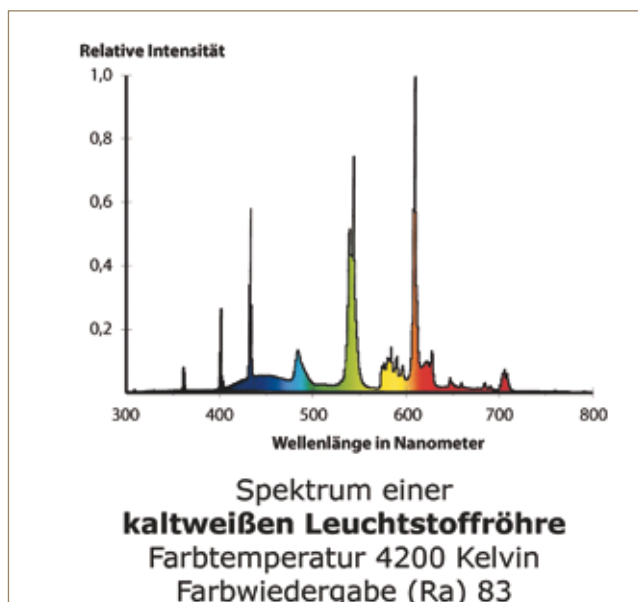
Der Gesamteindruck (des Spektrums) einer Lichtquelle auf das

menschliche Auge wird als Lichtfarbe bezeichnet. Eine Kerze beispielsweise spendet ein „warmes“ Licht, eine Xenonlampe erzeugt „kühle“ Farben. Zur Definition der Lichtfarbe oder -farbtemperatur wird die Farbe, die ein schwarzer Körper (Planckscher Strahler) bei einer bestimmten Temperatur hat, herangezogen.

Das bedeutet: Der schwarze Körper strahlt bei 1.800 Kelvin (entspricht 1.527 °C) ein rotes, bei 16.000 Kelvin (15.727 °C) ein blaues Licht aus (das Spektrum des Lichts ist dabei kontinuierlich, da es sich um einen thermischen Strahler handelt).



Tageslichtspektrum (Sonne: thermischer Strahler)
Quelle: www.sunlighthouse.de



Spektrum einer Drei-Banden-Lampe (nicht thermischer Strahler)
Quelle: sunlighthouse.de

Bei künstlichen Lichtquellen wird die Qualität der Farbwiedergabe über den Farbwiedergabeindex definiert (englisch Colour Rendering Index, CRI). Eine Lichtquelle, die das kontinuierliche Spektrum eines schwarzen

Strahlers bei einer bestimmten Lichtfarbe identisch wiedergibt, hat den Farbwiedergabeindex 100. Dieser Index hängt also nicht von einer bestimmten Farbtemperatur ab, sondern nur davon, wie perfekt das Spektrum eines schwarzen Strahlers (gleicher Farbtemperatur) von der Lichtquelle nachgebildet wird. Manche Hersteller geben statt des Farbwiedergabeindex die Farbwiedergabestufe eines Leuchtmittels an. Der Zusammenhang ist in Tabelle 2 dargestellt.

Die (genormte) Messung des allgemeinen Farbwiedergabeindex R_A wird mit acht Testfarben durchgeführt. In Tabelle 3 sind bekannte Leuchtmittel und deren Farbwiedergabeindex aufgelistet. Allgemein gilt: Je höher der Farbwiedergabeindex eines Leuchtmittels, desto „natürlicher“ werden die Farben der beleuchteten Dinge wiedergegeben.

Neben der Farbe und Farbwiedergabe ist es bei einem künstlichen Leuchtmittel natürlich auch wichtig, wie hell es ist. Die Beleuchtungsstärke E_v bezeichnet die Lichtleistung eines Leuchtmittels bezogen auf die bestrahlte Fläche ($E_v = \text{Lichtstrom pro Quadratmeter}$; Einheit: lux). Anders ausgedrückt trifft die Beleuchtungsstärke eine Aussage darüber, wie viel Licht in beispielsweise 50 Zentimetern Abstand vom Leuchtmittel noch auf der Fläche eines Quadratmeters ankommt (die Beleuchtungsstärke ist eine Empfängergröße).

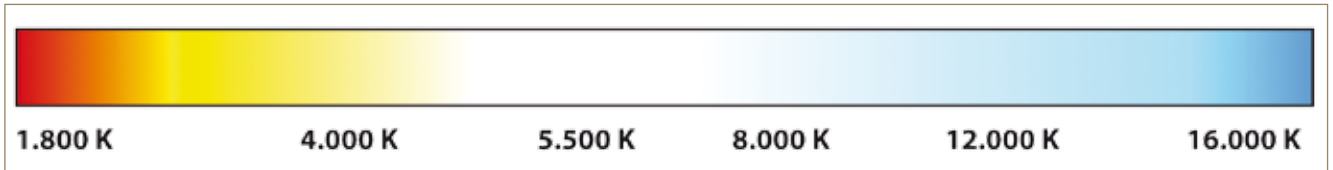
Die Beleuchtungsstärke wird mit einem Messgerät direkt ermittelt. Die messbare Beleuchtungsstärke auf einer Fläche wird umso geringer, je weiter die zu beleuchtende Fläche von der Lichtquelle entfernt ist und je stärker die Lichtquelle streut (eine Leuchtstoffröhre etwa strahlt in einem

Lichtquelle	Farbtemperatur
Kerze	1.500 K
Natriumdampfampe	2.000 K
40-Watt-Glühlampe	2.200 K
60-Watt-Glühlampe	2.680 K
100-Watt-Glühlampe	2.800 K
200-Watt-Glühlampe	3.000 K
Halogenlampe	3.000 K
Leuchtstofflampe (kaltweiß)	4.000 K (diskontinuierlich)
Xenonlampe, Lichtbogen	4.500–5.000 K
Morgensonne, Abendsonne, D50-Lampe	5.000 K
Sonne am Vor- und Nachmittag	5.500 K
Tageslichtlampe	5.600–7.000 K
Bedeckter Himmel	6.500–7.500 K
Nebel	7.500–8.500 K
Blauer Himmel kurz vor Sonnenaufgang oder kurz nach Sonnenuntergang („blaue Stunde“)	9.000–12.000 K

Tabelle 1: Beispiele für die Farbtemperatur verschiedener Lichtquellen Quelle: ELV.de

Farbwiedergabestufe	Farbwiedergabeindex	Farbwiedergabeeigenschaft
1A	> 90	sehr gut
1B	80–89	sehr gut
2A	70–79	gut
2B	60–69	gut
3	40–59	genügend
4	< 39	ungenügend

Tabelle 2: Zuordnung von Farbwiedergabestufe und Farbwiedergabeindex Quelle: lichttankstelle.de



Farbe eines schwarzen Strahlers mit einer Temperatur von 1.800 bis 16.000 Kelvin

Lampe	Index R_A
Glühlampe	bis 100
Leuchtstofflampe („weiß de luxe“)	85–100
Leuchtstofflampe (weiß)	70–84
LED (weiß)	70–95
Leuchtstofflampe	50–90
Halogen-Metaldampflampe	60–95
Natriumdampf-Hochdrucklampe (warmweiß)	80–85
Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	45
Natriumdampf-Hochdrucklampe (Standard)	18–30
Natriumdampf-Hochdrucklampe (farbverbessert)	60
Natriumdampf-Niederdrucklampe	-44

Tabelle 3: Farbwiedergabeindex verschiedener Lichtquellen Quelle: ELV.de

360-Grad-, eine LED hingegen in einem relativ kleinen Winkel ab). Deshalb ist es bei einem Vergleich von Leuchtmitteln wichtig, die Beleuchtungsstärke bei einer festen Distanz zu vergleichen (Lichtquelle zu beleuchteter Fläche).

Der Lichtstrom ist Lichtleistung, die von einer Lichtquelle in alle Richtungen abgestrahlt wird (Einheit: Lu-

men). Dabei wird die Empfindlichkeit des menschlichen Auges mitberücksichtigt: Zwei baugleiche Lichtquellen werden vom menschlichen Auge – unabhängig von deren Lichtfarbe – als gleich hell empfunden, wenn sie den gleichen Lichtstrom aussenden. Der Lichtstrom wird über den Zusammenhang von Beleuchtungsstärke und Abstrahlgeometrie (messbare Größen) des Leuchtmittels berechnet.

Um die Effizienz von Leuchtmitteln vergleichen zu können, werden der Wirkungsgrad oder die Lichtausbeute η berechnet: Die Lichtausbeute berechnet sich aus dem von einer Lichtquelle freigesetzten Lichtstrom pro eingesetzter Leistung (Einheit: Lumen pro Watt).

Ein weiteres Beurteilungskriterium der Effizienz von Leuchtmitteln ist deren Lebensdauer. In Tabelle 4 werden Lichtausbeute und Lebensdauer gängiger Leuchtmittel verglichen.

Anmerkung zur Tabelle: Hier wird für T8 eine längere Lebensdauer angegeben als für T5. Von Leuchtmittelherstellern für die Aquaristik ist das Gegenteil bekannt. Dazu muss man wissen, dass „Lebensdauer“ der Zeitraum ist, in dem ein bestimmter Prozentsatz der Leuchtmittel ausfällt. „Nutzungsdauer“ dagegen ist durch

einen bestimmten Abfall der Lichtleistung definiert.

Für die Aquaristik ist die Lichtleistung, nicht die absolute Lebenszeit des Leuchtmittels entscheidend. Die Angabe der Betriebszeit ist also als Nutzungsdauer zu verstehen. So verändert sich die Lampenleistung bei T8 nach einem Jahr deutlich, bei T5 erst nach zwei Jahren.

Wie soll eine Lichtquelle für ein Aquarium beschaffen sein?

Das optimale Leuchtmittel für die Aquaristik müsste bei vorgegebener Farbtemperatur (etwa 4.500 Kelvin) einen möglichst hohen Farbwiedergabeindex (1A) und eine hohe Lichtausbeute (beispielsweise 95 Lumen pro Watt) bei langer Lebensdauer (rund zehn Jahre) und bezahlbarem Anschaffungspreis haben.

Die LED-Technik ist auf dem besten Weg, diese Anforderungen zu erfüllen. Allerdings ist diese Technik noch „jung“, und es ist damit zu rechnen, dass es noch einiges an Verbesserungen geben wird (vor allem in Bezug auf den Farbwiedergabeindex und die angebotenen Farbtemperaturen). Auch ist zu hoffen, dass die bisher relativ hohen Anschaffungskosten im Lauf der Zeit sinken werden. ■

Lampentyp	Lichtausbeute in Lumen durch Watt (lm/W)		Lebensdauer in Stunden (h)		Anmerkungen
Glühbirnen	---	9–14	---	ca. 1.000	viel aufwendige Abwärme, sehr schlechte CO ₂ -Bilanz, sehr schlechte Kostenbilanz
Halogenglühlampen	--	9–22	--	ca. 2.000	
Kompaktleuchtstofflampen	+	40–75	+	ca. 10.000	verschiedene Sorten sind erhältlich: mit langer Lebensdauer, guter Farbwiedergabe, schnell hell werdend, schaltfest oder dimmbar
T8-Leuchtstoffröhren	++	60–95	++	ca. 20.000	
T5-Leuchtstoffröhren	++	80–98	++	ca. 16.000	
LED-Lampen	+	40–95	+++	ca. 50.000	schalt- und erschütterungsfest, flackerfrei, kälteresistent, sofort hell
Halogenmetaldampflampen	+++	90–150	+	ca. 8.000	sehr gute Farbwiedergabe, schalttempfindlich, langsam hell

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Lichtausbeute und Lebensdauer verschiedener Leuchtmittel Quelle: lfu.bayern.de



Energienessgerät im Einsatz an Rebie-LEDs

AQUARIENPRAXIS

Aquarienbeleuchtungen – was verbrauchen sie wirklich?

Aquaristik ist leider ein stromintensives Hobby. Elektrische Energie spart man am einfachsten, indem man sich für eine sparsame Aquarienbeleuchtung entscheidet. Dazu lassen sich die Verbrauchsangaben der Leuchtmittel als Beurteilungskriterium heranziehen. Oft wird aber nicht berücksichtigt, dass auch die notwendige Lichttechnik (Starter, Vorschaltgeräte, Trafos) Energie verbraucht. | VON PETRA FITZ

Mein Mann ist Energieeffizienz-Berater. Da liegt es natürlich nahe, dass er auch seine aquariensüchtige Frau berät, wo und wie sie Energie und Kosten bei der ja unumgänglichen Technik einsparen kann.

Interessant ist in diesem Zusammenhang zunächst, wo die größten Stromfresser im Aquarium sitzen: Ist es die Beleuchtung, der Filter oder die Heizung? Ich tippte auf die Beleuchtung, mein Mann eher auf die Heizung. Also vermaßen wir exempla-

risch die Verbraucher eines Aquariums in unserem Wohnzimmer mit einem kalibrierten Strommessgerät.

Das ältere Komplett-Set (80 x 30 x 35 Zentimeter) ist mit einer einflamigen T8-Beleuchtung (KVG), einem Eheim-Heizer (100 Watt) und einem

Schwammfilter ausgestattet. Die Beleuchtung verbraucht im Betrieb 23,3 Watt und brennt täglich zehn Stunden, das ergibt 233 Wattstunden (Wh) oder 0,23 kWh pro Tag.

Der Schwammfilter wird zusammen mit zwei weiteren Luftheber-Filtern mittels Membranpumpe (APS 300 von Tetra) mit Luft versorgt. Die Pumpe verbraucht 4,1 Watt (rund die Hälfte der Luftleistung wird für das 80er-Aquarium verbraucht) und läuft rund um die Uhr, das ergibt anteilig 49,2 Wattstunden (rund 0,05 kWh/Tag).

Hier zeigt sich schon, wie günstig im Stromverbrauch luftbetriebene Aquarienfilter sind. Ein Innenfilter für ein 120-Liter-Aquarium hat etwa sechs Watt (aquaball 130, pickup 160 – beide von Eheim) und brächte es auf 0,14 kWh, also fast das Dreifache.

Um den Verbrauch des Heizers zu bestimmen (der springt ja nur an, wenn es nötig ist), maßen wir einen Tag lang den Strombedarf des Heizers. Dabei betrug die einzuhaltende Aquariumentemperatur 23 bis 24 °C bei einer Raumtemperatur von rund 20 °C.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass der Heizer vor allem dann anspringt, wenn das Licht nicht eingeschaltet ist und so keine Wärme in das Aquarium einbringt. Der Heizer war im Schnitt zehn Prozent der Zeit in Betrieb und verbrauchte in 24 Stunden 0,27 kWh – mein Mann hatte also Recht! Das Tortendiagramm zeigt noch einmal die Stromverbraucher des 112-Liter-Aquariums im Überblick.

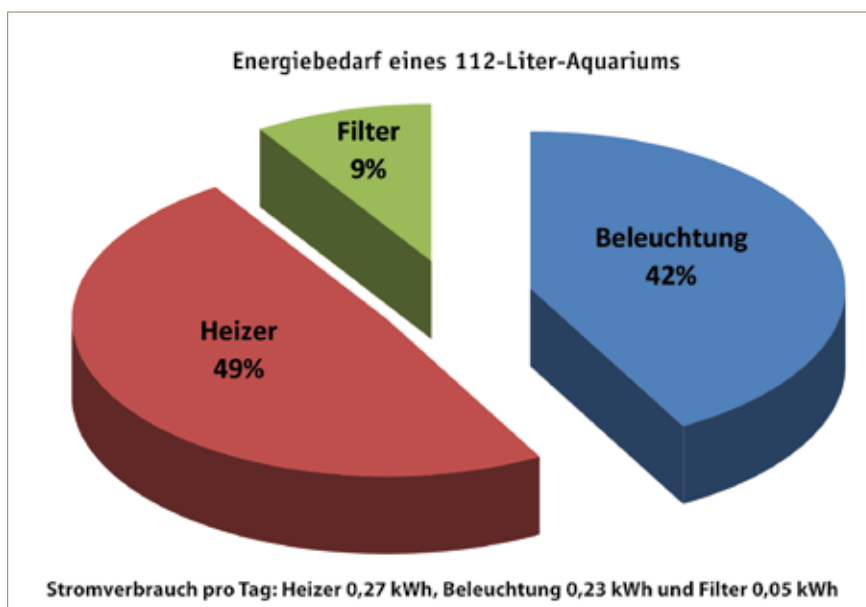
Am besten wäre es also, bei der Aquarienheizung Energie einzusparen. Möglichkeiten dafür wären:

- keine offenen Aquarien (geringe Verdunstung, Verdunstungskälte kühlt das Wasser);
- möglichst am unteren Temperaturoptimum der Fische bleiben;
- Raumheizung (sinnvoll in „Aquarienzimmern“);
- Isolierung des Aquariums;
- bei großen Aquarien: Anschluss an die Zentralheizung.

Für einen „Durchschnittsaquarier“ kommen meist nur die beiden



Strombedarf des Heizers über 24 Stunden Abbildungen (wenn nicht anders vermerkt): Petra Fitz



Stromverbrauch eines 112-Liter-Aquariums (18-Watt-T8-KVG, zehn Stunden, 100-Watt-Heizer, 23 °C Aquarien- bei 20 °C Raumtemperatur, luftbetriebener Filter)

ersten Möglichkeiten in Betracht. Will man darüber hinaus Energie sparen, setzt man bei der Aquarienbeleuchtung an.

Hier ist zu erwähnen, dass der Stromverbrauch der Beleuchtung des

Der Einsatz konventioneller Vorschaltgeräte führt zu hohen Stromverlusten

112-Liter-Aquariums mit gemessenen 23,3 Watt knapp 30 Prozent über dem angegebenen Verbrauch des Leuchtmittels lag. Das liegt an den hohen

Verlusten des konventionellen Vorschaltgeräts (KVG).

Nun fand ich es interessant, wie denn die tatsächlichen (System-) Stromverbräuche anderer Aquarienbeleuchtungen ausfallen. Also maß ich mit dem Strommessgerät alle erreichbaren Aquarienbeleuchtungen durch. Die Ergebnisse waren zum Teil sehr überraschend.

Damit begann ich 2012, ich hatte gerade die neuen Leuchtmittel von Lumlight in Betrieb genommen (siehe Seite 32) und wollte sehen, wie viel Strom sie wirklich verbrauchen. Damals wurde empfohlen, pro 1125-Millimeter-LED-Balken ein 2,5-A-Netzteil

Aqua LED Style Light-Neon-Ersatz-Balken 1125 mm Anzahl/Netzteil	Stromverbrauch LED, angegeben circa (Watt)	System-Stromverbrauch, gemessen (Watt)	Mehrverbrauch absolut (Watt)	Mehrverbrauch relativ (Prozent)
1/ 2,5 A	20 (24,7) ¹	29,4	9,4 (4,7)	47,0 (19,0)
2/ 5 A	40 (49,4)	58,5	18,5 (9,1)	46,0 (18,4)
1/ 5 A	20 (24,7)	29,5	9,5 (4,8)	47,5 (19,4)
1/ 5 A	20 (24,7)	29,1	9,1 (4,4)	45,5 (17,8)

Stromverbrauch von Lumlight-LED-Leuchtbalken

1) Telefonische Mitteilung der Firma Lumlight (Dezember 2013): pro Laufmeter LED Balken circa 22 Watt Stromverbrauch (die sich damit ergebenden Werte in Klammern). Im „Shop“ und auf der Homepage im Produktprospekt werden allerdings immer noch die alten Angaben (rund 20 Watt für 1125-Millimeter-LED-Balken) verwendet.

zu verwenden. Inzwischen sagt der Hersteller, dass pro Laufmeter LED-Balken 2,5 A erforderlich sind. In meinem Fall hätte ich also das nächstgrößere – ein 5-A-Netzteil – nehmen müssen. Im Produktprospekt (Homepage, Januar 2014) ist leider immer noch die alte Angabe nachzulesen.

Angegeben war der Stromverbrauch pro 1125-Millimeter-Leuchtbalken mit etwa 20 Watt. Vermessen hatte ich drei Leuchtbalken mit festen Lichtfarben (also ohne Tageslichtsimulator), eines mit einem 2,5-A-Netzteil und zwei über Y-Verbinder an einem 5-A-Netzteil. 2013 vermaß ich noch zwei gleich lange LED-Balken eines Kunden, jeweils mit 5-A-Netzteil.

In der Tabelle sind der vom Hersteller angegebene Stromverbrauch und der gemessene System-Stromverbrauch (also Leuchtmittel plus für den Betrieb notwendige Technik) aufgeführt. Das Ergebnis erstaunte mich: ein Mehrverbrauch von 45 Prozent – nach den „alten“ Angaben von 2012! In Klammern ist der Mehrverbrauch

nach neueren Informationen zum Stromverbrauch der Leuchtmittel angegeben: immer noch etwa 18 Prozent!

Natürlich stellen diese Einzelmessungen keinen repräsentativen Überblick über die gesamte Produktpalette von Lumlight dar. Für das Einzelprodukt (LED-Balken mit 1125 Millime-

Die gemessenen Verbräuche der LED-Balken waren höher als die Herstellerangaben

tern Länge und festen Lichtfarben) – so denke ich – sind die gemessenen Verbräuche von fünf LED-Balken aber schon aussagekräftig.

Da ich noch ein zweites LED-Beleuchtungssystem für größere Aquarien im Einsatz hatte, maß ich auch hier die tatsächlichen Systemstromverbräuche: die LED-Leuchtbalken von Rebie (siehe Seite 36). Gemessen wurden insgesamt acht LED-Beleuchtungen. Die LED-Längen betragen 60,

90 und 120 Zentimeter, das Ergebnis: zwischen -1,7 (120-Zentimeter-LED) und 8,4 Prozent (60-Zentimeter-LED) Mehrverbrauch (der Durchschnitt lag bei 3,6 Prozent). Der absolute Mehrverbrauch lag bei -0,4 bis 1,2 Watt.

Bei den Rebie-LEDs stimmt die Herstellerangabe fast mit den gemessenen Werten überein. Woher kommt also der zu hohe Energieverbrauch bei den Lumlight-LEDs? Der große Unterschied zwischen dem angegebenen und dem tatsächlichen Energieverbrauch kann nur durch hohe Verluste über das Netzteil erklärt werden.

Nach mehrmaliger Nachfrage bei Lumlight bekam ich im Dezember 2013 – neben den aktualisierten Stromverbrauchsangaben – auch Auskunft darüber, wie viel Strom die Netzteile „schlucken“: das 2,5-A-Netzteil sechs, das 5-A-Netzteil zwölf und das 10-A-Netzteil 24 Watt! Bei meinen Messungen kam bei allen Netzteilen (2,5 und 5 A) ein mehr oder weniger einheitlicher Mehrverbrauch heraus (4,7 Watt bei einem angeschlossenen LED-Balken,

T8-Leuchtmittel in verschiedenen Abdeckungen	Energieverbrauch Leuchtmittel (Watt)	Gemessener System-Energieverbrauch (Watt)	Mehrverbrauch (Prozent)
Juwel monolux (< 2005), KVG, zwei Aquarien gemessen	15	22,9/21,8	53/45
Selbstbau (Baumarkt-Lichteinheit, 2005, auf Glasabdeckung), KVG	18	28,9	60
MP-Aquarienset (etwa 2005), KVG	18	23,3	29
Arcadia-Lichteinheit (2008), 24-Watt-T8-KVG	24	36,0	50
Eheim aqua pro (neu, 2013), VVG	2 × 15	37,5	25
MP (etwa 2005), VVG	2 × 18	40,4	12
WOHA (2008), VVG	2 × 36	81,7	14
Juwel (2011), EVG	2 × 30	65,4	9
WOHA (2012), EVG	2 × 36	76,9	7

Energieverbrauch von T8-Leuchtmitteln und gemessener System-Energieverbrauch (von oben nach unten: KVG, VVG und EVG)



Arcadia-Vorschaltgerät (KVG). KVG- und VVG-Lichteinheiten erkennt man am Starter.



Kompaktleuchtmittel (Elf-Watt-Dekolight von Aqual)el)

9,1 Watt bei zwei Balken, nach den aktuellen Stromverbrauchsdaten berechnet). Die Größenordnung passt aber, und so lässt sich der Mehrverbrauch erklären.

Es besteht also ein erheblicher Leistungsbedarf bei den Netzteilen! Berücksichtigt man diesen zusätzlichen und im Betrieb nun einmal notwendigen Stromverbrauch, relativieren sich die Angaben zu den „sparsamen“ LEDs und dem möglichen Stromspar-Potenzial zusehends. Es wäre wünschenswert, wenn sich die Hersteller auf die Suche nach sparsameren Netzteilen begäben.

Dass die Peripherie von Leuchtmitteln durchaus verbessert werden kann, zeigte die Entwicklung bei den Leuchtstoffröhren: Bis 2005 wurden vor allem konventionelle Vorschaltgeräte (KVG) in Aquarienabdeckungen mit T8-Leuchtmitteln verbaut. Ab diesem Zeitpunkt durften nur noch die sparsameren, verlustarmen Vorschaltgeräte (VVG) beziehungsweise elektronische Vorschaltgeräte (EVG) verwendet werden. Die leistungsstärkeren T5-Röhren werden grundsätzlich mit EVG eingesetzt.

Aquarianer sind ihren Abdeckungen treu, und so werden noch viele alte Aquarien mit T8 und KVG betrieben. Was das für den Stromverbrauch bedeutet, versuchte ich durch Messungen zu veranschaulichen. Deren Ergebnisse sind beispielhaft zu sehen, da nur eine sehr begrenzte Zahl von

T8-Abdeckungen, in denen noch alte KVGs verbaut sind, gehören ersetzt!

„Messobjekten“ zur Verfügung stand. Schwankungen sind je nach Hersteller und Bauart natürlich möglich.

Die Tendenz: T8-Abdeckungen, in denen noch die alten KVGs verbaut sind, gehören unbedingt ersetzt! Mit Vorschaltgeräten, die für Mehrverbräuche zwischen 29 und 50 Prozent sorgen, sind sie echte Energieschleudern.

Noch schlimmer kommt es, wenn man – aus kurzfristiger Sparsamkeit heraus – billige Baumarktware verbastelt: Hier maß ich 60 Prozent mehr Stromverbrauch!

Mit VVGs ausgestattete Aquarienbeleuchtungen verbrauchen dagegen „nur“ noch zwölf bis 25 Prozent mehr Strom als auf den Leuchtmitteln angegeben, die Lichtbalken mit EVGs nur noch sieben bis neun Prozent mehr. Diese Leuchtbalken haben keine Starter mehr, daran kann man sie auf einen Blick erkennen.

Weiter wirkt sich natürlich die Ausführung der Vorschaltgeräte auf deren Strombedarf aus. So kann ein billiges Baumarkt-KVG gut 60 Prozent Mehrverbrauch verursachen, ein hochwertigeres in Aquarienabdeckungen verbautes KVG (bei gleicher Leuchtmittellänge) „nur“ 29 Prozent. Viel besser sieht es bei den Aquarienbeleuchtungen mit T5-Leuchtmitteln und EVGs aus.

Mit EVGs bestückte T5-Abdeckungen verbrauchen teils weniger als auf den Leuchtmitteln angegeben (Giesemann). Bei den kürzeren 24-Watt-Leuchtmitteln waren es aber auch nur etwa drei Prozent Mehrverbrauch.

Ähnlich fiel das Ergebnis bei dem Kompaktleuchtmittel aus, das mir für die Messung zur Verfügung stand: Die Beleuchtung des „Aqual shrip Set 30“ mit einem angegebenen Energieverbrauch von elf Watt verbrauchte im Betrieb tatsächlich nur 8,9 Watt.

Eine weitere Beleuchtung für Nano-Aquarien ist die Power-LED von Eheim (siehe Seite 32). Der angegebene Energieverbrauch beträgt sieben Watt, im Betrieb gemessen wurden bei zwei Beleuchtungen 7,2 und 7,8 Watt,

T5-Leuchtmittel in verschiedenen Abdeckungen mit EVG	Energieverbrauch Leuchtmittel (Watt)	Gemessener System-Energieverbrauch (Watt)	Mehrverbrauch (Prozent)
Tybursky (2005)	2 x 24	50,8	2,8
MP (2008)	2 x 24	51,2	3,2
Giesemann (2008)	2 x 39	75,5	-2,5
Giesemann (2008)	2 x 39	77,3	-0,7

Energieverbrauch von T5-Leuchtmitteln und gemessener System-Energieverbrauch



Dennerle-Nano-Power-LED 5.0



Abdeckung des Eheim-aquapro-84-Aquariensets

also drei bis elf Prozent mehr, was aber absolut nur 0,2 bis 0,8 Watt entspricht.

Seit Anfang 2014 hat auch Dennerle eine Nano-LED-Leuchte auf dem Markt, die Nano Power LED 5.0.

Auf der Verpackung ist der Energiebedarf der LED mit fünf Watt angegeben. In der Beschreibung kann man unter „Technische Daten“ nachlesen, dass die Gesamtleistungsaufnahme der Leuchte 5,5 Watt beträgt. Gemessen

habe ich dann 5,7 Watt, was einem Mehrverbrauch von 14 Prozent oder 0,7 Watt gegenüber der Verpackungsangabe entspricht.

In dem Beitrag auf Seite 32 ist anhand einer Grafik gezeigt, ab wann



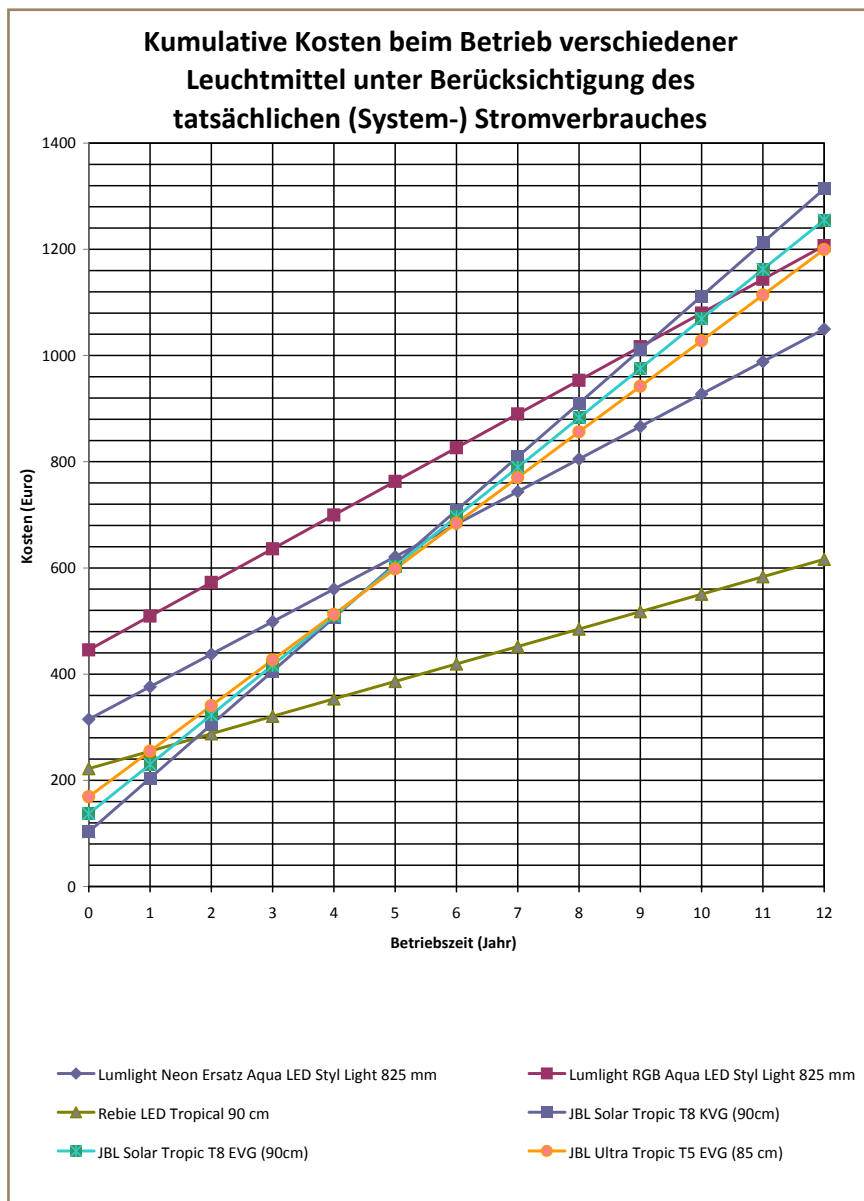
Dieses Nano-Pflanzenaquarium wird ausschließlich mit weißen und blauen LEDs beleuchtet (120 Watt) Foto: Rainer Stawikowski

sich eine LED-Beleuchtung im Vergleich zu herkömmlichen Beleuchtungssystemen (T8, T5) rechnet (zweiflämmige Aquarienbeleuchtung für ein 100-Zentimeter-Aquarium, zehn Stunden Beleuchtungszeit, 0,22 Ct/kWh Strompreis). Dabei wurden die Energieverbrauchsangaben der Hersteller verwendet. Nun erstellte ich die Grafik noch einmal, dieses Mal mit den tatsächlichen System-Energieverbräuchen. Bei T8 (EVG), T5 (EVG) und Rebie-LED konnte ich dabei auf direkte Messwerte zurückgreifen (Tabellen Seiten 22/23). Für die Lumlight-LED übertrug ich die Messwerte der 1125-auf die 825-Millimeter-LED (Mehrverbrauch durch Netzteil), und als Grundlage für die 30-Watt-T8 (KVG) nahm ich einen Mehrverbrauch von 25 Prozent an (18-Watt-T8 mit KVG rund 30 Prozent Mehrverbrauch; bei längeren Leuchtmitteln sind die Verluste geringer, daher mit 25 Prozent gerechnet).

Bei den LED-Systemen sieht es nun folgendermaßen aus: Das Rebie-System ist nach ein bis zwei Jahren günstiger als alle anderen Beleuchtungssysteme. Ab dem sechsten Jahr kann man mit dem Lumlight-System mit festen Lichtfarben (Neon-Ersatz Aqua LED Style Light) gegenüber T5- und T8-Technologie Geld sparen, erst ab dem zwölften Jahr auch mit dem Lumlight-System mit Tageslichtsimulator (RGB Aqua LED Style Light).

Vergleicht man die herkömmlichen Leuchtstoffröhren miteinander, ergibt sich, dass die Systeme mit EVG (T8 und T5) nach 4,5 Jahren günstiger werden als das T8-System mit KVG. In den folgenden Jahren spart man sogar mit dem T5-EVG gegenüber dem T8-EVG Geld! Das wunderte mich, denn T5 ist ja teurer in der Anschaffung und höher im Stromverbrauch als T8. Allein durch die längeren Standzeiten der T5-Leuchtmittel und die verlustfreie EVG-Technik ist bei dem betrachteten System auf Dauer eine finanzielle Einsparung mit T5-Technik möglich.

Es ist aber nicht in jedem Fall sinnvoll, bei herkömmlichen Leuchtstoff-



Kumulative tatsächliche Kosten beim Betrieb eines 100-Zentimeter-Aquariums mit zweiflämmiger Beleuchtung (Kosten zum Zeitpunkt 0: Anschaffungskosten für Leuchtmittel und Technik. Daten: Tabellen Seite 37/38; für T8-EVG: 98,95 € für GHL-Leuchtbalken (Quelle: aquapro2000.de, Januar 2014).

Ab dann: plus jährliche anteilige Kosten für Leuchtmittelwechsel und tatsächlichen Stromverbrauch (System-Stromverbrauch). Annahmen: Siehe Text!

röhren die T5-Technik zu wählen. Einige Kunden berichteten von massiven Algenproblemen nach der Umstellung von T8 auf T5! Bei Aquarien mit hartem Wasser und demzufolge langsamem Pflanzenwachstum kann die Lichtleistung von T5 einfach zu hoch sein. Hier wäre ein Wechsel zu den Rebie-LEDs sinnvoller.

Um nicht Äpfel mit Birnen zu vergleichen, muss man bei der gesamten Betrachtung noch berücksichtigen,

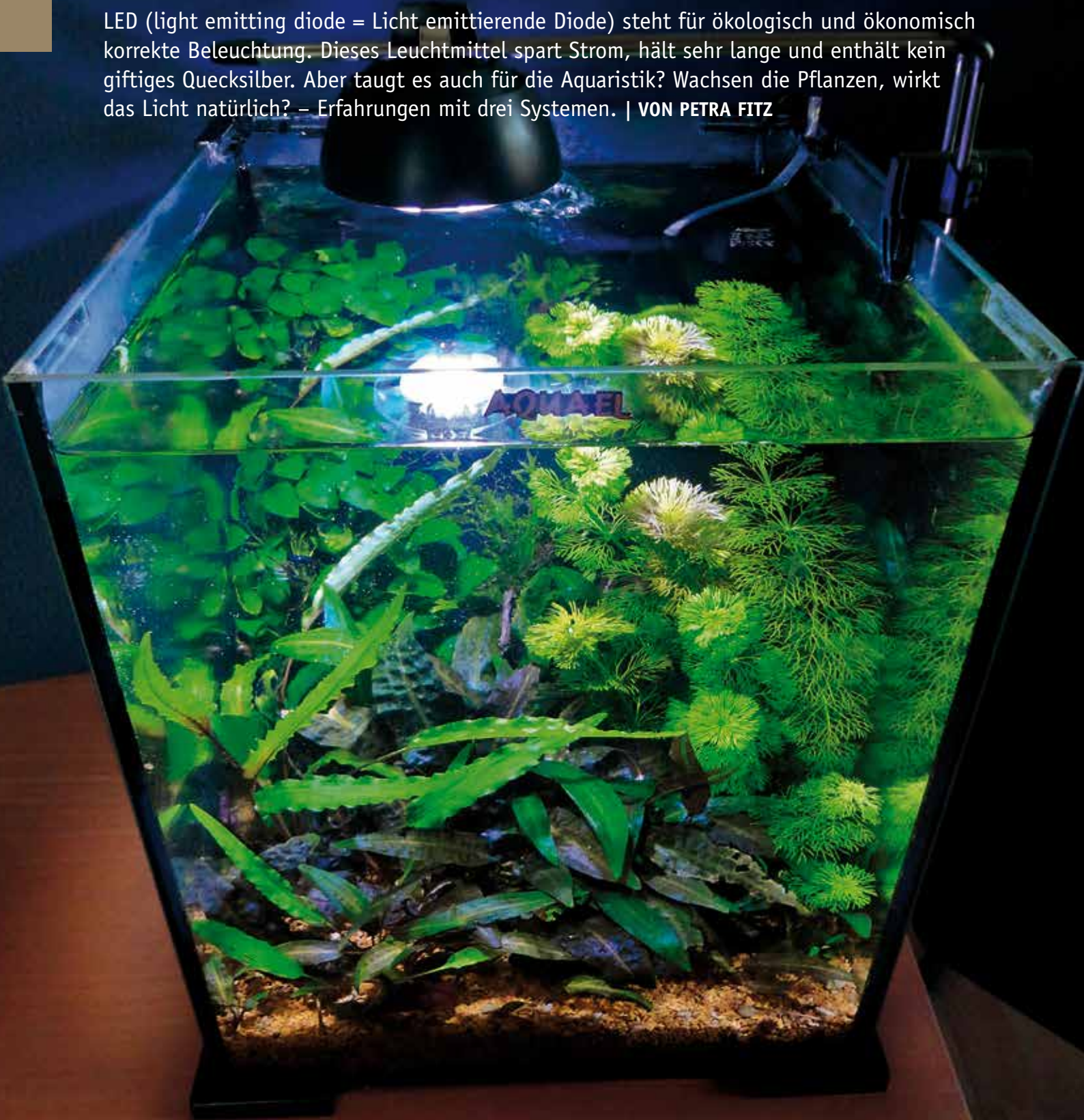
dass die Rebie-LEDs von der Lichtleistung mit T8-Systemen vergleichbar sind, die Lumlight-LED-Systeme hingegen mit T5!

Also: Dem Besitzer eines Aquariums mit geringen Lichtansprüchen kann ich das Rebie-LED-System empfehlen. Möchte man anspruchsvollere Pflanzen kultivieren oder ist das Becken sehr hoch, bietet sich das Lumlight-System mit festen Lichtfarben an. ■

PRAXISTEST

Drei LED-Systeme im Vergleich

LED (light emitting diode = Licht emittierende Diode) steht für ökologisch und ökonomisch korrekte Beleuchtung. Dieses Leuchtmittel spart Strom, hält sehr lange und enthält kein giftiges Quecksilber. Aber taugt es auch für die Aquaristik? Wachsen die Pflanzen, wirkt das Licht natürlich? – Erfahrungen mit drei Systemen. | VON PETRA FITZ



30-Liter-Aqual-Garnelen-Würfel, beleuchtet mit Eheim-Power-LED

Die Firma Eheim bietet seit 2011 eine „Power-LED-Beleuchtung“ für Nano-Aquarien an. In der Hochleistungs-LED sind 81 Dioden als COB (Chip on Board) verbaut.

Inzwischen gibt es das Leuchtmittel in mehreren Lichtfarben: für Süßwasseraquarien „daylight“ (6.500 Kelvin, 3.100 Lux), für Meerwasseraquarien „daylight & actinic blue“ (6.500 Kelvin und > 25.000 Kelvin, 1.800 Lux) und „actinic blue“ (> 25.000 Kelvin, 320 Lux). Die Lebensdauer wird mit circa 20.000 Betriebsstunden angegeben (ungefähr fünf Jahre bei zehn Stunden Beleuchtung pro Tag), der Stromverbrauch mit sieben Watt.

Bei den Nano-Sets von Eheim (aquastyle 16 bis 35) ist die Leuchte (Netzteil, Metallbügel, Leuchtmittel) im Lieferumfang enthalten und kann an dem Eck-Innenfilter angebracht werden, es gibt sie aber auch einzeln mit entsprechender Befestigungsmöglichkeit. Eheim gibt als Einsatzgebiet Nano-Aquarien bis zu einer Höhe von 35 Zentimetern an. Es kann eine Grundfläche von etwa 30 x 30 Zentimetern ausgestrahlt werden, sodass empfohlen wird, für ein 60 x 30 x 35 Zentimeter großes Aquarium zwei Leuchten zu verwenden. Der Hersteller gibt auch das Spektrum des LED-Lichts an.

Bei der „daylight“-LED wird hervorgehoben, dass die Leistung in den

für die Photosynthese wichtigen Bereichen (zwischen 400 und 500 Nanometern) „hervorragend“ sei. Aus den Spektren ist das ersichtlich. Allerdings wird nicht angegeben, mit welcher „Neon light 11 W“ verglichen wurde.

Die daylight-LED habe ich seit Anfang 2012 über drei Nano-Aquarien in Betrieb. Bei dem auf Seite 32 abgebildeten Aquael-Aquarium (30 x 30 x 35 Zentimeter) wurde die ursprüngliche Elf-Watt-Beleuchtung durch die Eheim-LED ersetzt, weil das Aquael-Leuchtmittel innerhalb von einem Jahr zweimal versagte. Wie zu sehen, ist der Pflanzenwuchs prächtig.

Ein etwas größeres Würfelaquarium von Dennerle (38 x 38 x 43 Zenti-

Gerade durch die etwas schummrige Beleuchtung wirkt das Becken natürlich

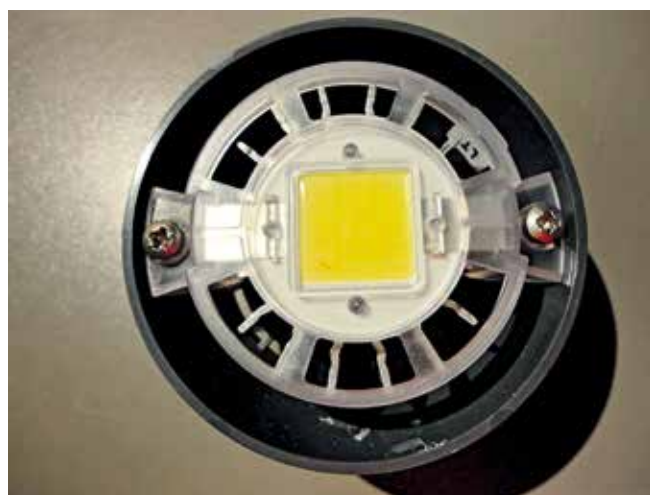
meter) wurde Anfang 2012 ebenfalls mit der Eheim-LED bestückt. Es steht in einem Wartezimmer und ist ein echtes Aquarium für „intelligente Faulenzer“: Mäßiges Licht und anspruchslöse Pflanzen sorgen für wenig Pflegeaufwand bei dennoch üppiger Optik! Gerade durch die etwas schummrige, punktuelle Beleuchtung wirkt das Aquarium sehr lebendig und natürlich.

Das dritte Aquarium ist ein Aqua Style 24 von Eheim. Ich betreibe das Garnelen-Aquarium mit Bodenfilter, „Shirakura“-Sand und ohne Düngung. Deswegen ist das Pflanzenwachstum nicht so üppig. Die Garnelen kommen aber sehr gut unter dem LED-Licht zur Geltung. Bei diesem Aquarium hielt ich den direkten Vergleich zwischen „Elf-Watt-Energiespar-Beleuchtung“ (Aquael Dekolight, 6.500 Kelvin, neu) und „Eheim Power LED daylight“ (6.500 Kelvin, neu) im Bild fest.

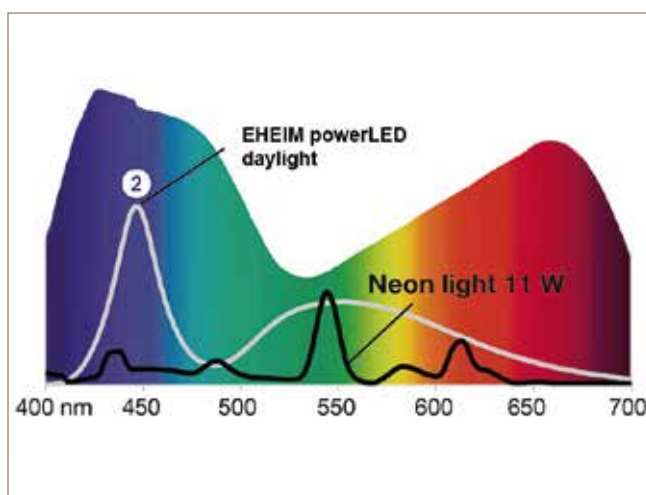
Deutlich sieht man, dass das LED-Licht – trotz gleicher angegebener Lichtfarbe – kühler wirkt als das der Kompaktleuchte. Auch die Gesamthelligkeit ist schwächer, was durch die geringere Lichtleistung der LEDs (siehe Tabelle) erklärbar ist. Leider kommen auf den Bildern die Lichtkringel der LEDs nicht heraus, denn dieser Effekt macht vieles wett! Auch überraschte mich das Ergebnis. Mir erschien das Licht nie als zu wenig und zu kalt – nur beim direkten Vergleich der Leuchtmittel kommt das heraus.

Die Tabelle bietet einen Vergleich der Produktdaten der Eheim-LED-Leuchte mit denen der in diesem Jahr auf den Markt gekommenen Nano-LED von Dennerle und zweier Kompaktleuchtmittel.

Über die tatsächliche Lebensdauer der LEDs lässt sich noch nichts sagen, da sie ja erst seit zwei Jahren in Betrieb



Eheim-Power-LED für Nano-Aquarien (Leuchtmittel daylight)



Spektrum der Eheim-Power-LED daylight und einer Elf-Watt-Kompaktleuchte Grafik: Eheim (2014)



69-Liter-Dennerle-Cube, beleuchtet mit Eheim-Power-LED



LED-Balken mit fester Lichtfarbe (cool-warm-cool) von der Firma Lumlight

sind. Nach meinen Erfahrungen hält das Aquael-Dekolight keine 10.000 Betriebsstunden durch, das Dennerle-Leuchtmittel jedoch schon. Die Stromersparnis als Kaufargument für eine LED-Beleuchtung greift nicht so ganz. Bei der Eheim-LED bringen die vier Watt weniger Verbrauch in fünf Jahren (LED-Betriebszeit) bei zehn Stunden Beleuchtung täglich und 0,22 Cent pro Kilowattstunde lediglich 16 € Ersparnis. Da der Anschaffungspreis etwa doppelt so hoch ist wie bei den Kompaktleuchten, lohnt sich das nicht.

Fazit: Pflanzen mit einem mittleren Lichtbedarf wachsen unter der Eheim-Power-LED genauso gut wie unter üblichen Kompaktleuchtmitteln. Geld sparen lässt sich durch diese Beleuchtung nicht. Dennoch würde ich wieder die LED kaufen, weil mir die nicht so gleichmäßige Beleuchtung und der Lichtkringel-Effekt sehr gut gefallen!

Bereits in DATZ 9/2011 stellte Kriterion Kunz die LED-Aquarienbeleuchtung mit Tageslichtsimulator der Firma Lumlight vor (RGB-Aqua-LED Styl Light). Dabei handelt es sich um drei-

Bezeichnung	Verbrauch (Watt)	Lichtfarbe (Kelvin)	Lichtstrom (Lumen)	Lichtausbeute (Lumen pro Watt)	Geeignet für Aquarienhöhe bis (Zentimeter)	Betriebsstunden Leuchtmittel (Stunden)	Anschaffungskosten Leuchte komplett ¹ (€)
Eheim-Power-LED daylight	7	6.500	480 ²	68,6	35	20.000	67,90
Dennerle-Nano-Power-LED 5,0	5	6.500	500	100,0	40	20.000	74,99
Aquael-Dekolight daylight	11	6.500	900	81,8	35	10.000	29,99
Dennerle-Nano-Light Amazonas Day	11	6.000	900	81,8	43	10.000	38,99

LED-Beleuchtung von Eheim und Dennerle sowie zwei übliche Kompaktleuchtmittel im Vergleich

1) Preise (Januar 2014): Zoo Rojal Shop, Zoo Zajac, wasserflora.de. 2) Persönliche Mitteilung von der Firma Eheim; weiter wurde angegeben, dass der Verbrauch des Leuchtmittels allein bei sechs Watt liegt, was einer Lichtausbeute von 80 Lumen pro Watt entspricht (Januar 2014).



Eheim-Power-LED daylight (oben) und Aquael-Dekolight daylight (rechts) als Lichtquelle eines Eheim aquastyle 24

reihige LED-Balken. Die mittlere Reihe besteht aus RGBs (rote, grüne, blaue LEDs), die äußeren Reihen enthalten LEDs in den Farben „cool-cool“, „warm-cool“ oder „warm-warm“. Die LEDs lassen sich über ein Programm getrennt dimmen, wodurch das gesamte Sonnenlichtspektrum im Tagesverlauf simuliert werden kann.

Ergänzend stelle ich hier die LED-Balken von Lumlight mit festen Lichtfarben vor (Neon-Ersatz-Aqua-LED Styl Light). Sie entsprechen im Aufbau den programmierbaren LED-Balken, doch besteht die mittlere LED-Reihe nicht aus RGBs, sondern weist wahlweise die Lichtfarbe „cool“ oder „warm“ auf. Die LEDs sind als SMD (Surface Mounted Device) konzipiert.

In der Anschaffung und im Energieverbrauch sind die LED-Balken mit festen Lichtfarben günstiger als die programmierbaren (dazu weiter unten mehr). Deshalb entschied ich mich für diese Variante. Ich hatte LED-Balken in den drei Kombinationen „warm-cool-warm“ (WCW), „cool-warm-cool“ (CWC) und „warm-warm-warm“ (WWW) bestellt. Auf meine Nachfrage erhielt ich die Auskunft,

dass die „warm“-LEDs die Lichtfarbe 3.500, die „cool“-LEDs 6.500 K haben.

In meinem Geschäft steht ein ziemlich hohes Schauaquarium (120 x 45 x 65 Zentimeter). Dessen ursprüngliche Beleuchtung (vier T5 à 39 Watt) sollte durch Neon-Ersatz-Aqua-LEDs ersetzt werden. Lumlight gab damals (2011) an, dass pro 30 Zentimeter Aquariertiefe ein LED-Balken notwendig sei. Also sollten in meinem Fall zwei Bal-

Durch Ausprobieren testete ich die verschiedenen möglichen Lichteindrücke

ken ausreichen. Die passende Länge (1.125 Millimeter) hat dabei je Balken einen angegebenen Energieverbrauch von circa 20 Watt und einen Lichtstrom von 1.800 Lumen. Laut Lumlight sind die LEDs für Aquarien bis 80 Zentimeter Höhe geeignet.

Da ich LED-Balken mit drei Lichtfarbenkombinationen zur Verfügung hatte, konnte ich durch Ausprobieren die verschiedenen möglichen Lichteindrücke testen. Bei den Abbildun-

gen nenne ich den Farbeindruck, der sich nach meinem Empfinden einstellte, das ist natürlich subjektiv. Mein Bestreben war es, mit den LED-Balken den gleichen Licht- und Farbeindruck zu erzielen wie vorher mit der vierflämmigen T5-Beleuchtung. Natürlich sollten auch die Pflanzen genauso gut wachsen – das würde sich im „Dauer-versuch“ zeigen.

Zunächst kann man festhalten, dass die Ausleuchtung des Aquariums mit zwei LED-Balken vergleichbar gut war wie mit den vier T5-Leuchtstoffröhren. Der ursprünglichen Beleuchtung am ähnlichsten war die Kombination aus WWW und WCW. Dennoch fand ich die Kombination von „cool“ zu „warm“ im Verhältnis 1:1 am ansprechendsten.

Nach etwa zwei Monaten Betrieb mit zwei solchen LED-Balken schaltete ich noch einen dritten hinzu, weil mir Ausleuchtung und Helligkeit des Beckens damit besser gefielen (vierte Abbildung auf Seite 36). Inzwischen (Januar 2014) empfiehlt der Hersteller bei der Umrüstung von T8/T5-Leuchtmitteln auf LEDs, genauso viele LED-Balken zu verwenden, wie ursprüng-



Links zwei 30-Watt-T8 (Arcadia Tropical, Sylvania Luxline), rechts zwei Zehn-Watt-Rebie-LEDs Tropical



Links zwei Neon-Ersatz-Aqua-LEDs Styl Light von Lumlight, eine WCW und eine WWW – warmer, leicht gelbstichiger Farbeindruck; rechts drei Neon-Ersatz-Aqua-LEDs Styl Light, davon zwei CWC und eine WWW – etwas kühler als T5, aber natürlich



lich Leuchtstoffröhren im Einsatz waren. Also lag ich mit der gewählten Bestückung zwischen den Empfehlungen von 2011 und 2014.

Pflanzenwachstum: Nach nunmehr zweijährigem Einsatz der LED-Beleuchtung kann ich sagen, dass meine Pflanzen genauso gut gedeihen wie unter der T5-Beleuchtung. Auch in

Bezug auf Algenbildung und Farbentwicklung der Blätter (braunrote Farben beim Tigerlotus, Grüntöne bei den anderen Pflanzen, Rotfärbung flutender Triebe) ist kein Unterschied zur alten T5-Beleuchtung zu erkennen. Allerdings pflege ich keine sehr anspruchsvollen Sorten; möglicherweise sähe das Ergebnis dann anders aus.

Im Testlauf in DATZ 8/2013 stellte ich bereits ein zweites LED-System vor. Die LEDs der Firma Rebie wurden zum Umrüsten alter T8-Lichteinheiten (mit konventionellem Vorschaltgerät) entwickelt. Sie entsprechen im Aufbau (Endkappen) und in der Länge den herkömmlichen T8-Leuchtmitteln.

Beim Umrüsten wird nur der vorhandene Starter durch einen LED-Starter ersetzt

teiln. Beim Austausch wird lediglich der vorhandene Starter durch einen mitgelieferten LED-Starter ersetzt. Somit sind gesondertes Netzteil, Verbindungskabel, Adapter und Tageslichtsimulator (wie bei Lumlight) nicht erforderlich.

Bei den LEDs handelte es sich bis 2011 um DIP-LEDs (Dual Inline Package), seit 2012 werden sie auch als



Hundesalon-Besitzerin Michaela Halbe-Heller freut sich seit einem Jahr über ihr „Stromsparbecken“ (zwei 36-Watt-T8 wurden durch zwei Zwölf-Watt-Rebie-LEDs ersetzt: „Tropical“ und „Tropical DUO“)



Die Lichtfarbe „Marine“ betont sehr schön Glanztöne wie den blauen Streifen der Neonsalmler Foto: Rainer Stawikowski

SMD (Surface Mounted Device) ausgeführt. Je nach gewählter Lichtfarbe variieren die Dichte der LEDs und damit der Lichtstrom (siehe Tabelle Seite 38).

Die Rebie-LEDs sind laut Hersteller für Aquarien bis 50 Zentimeter Höhe ausgelegt. Es gibt sie für Meerwasser in den Lichtfarben „Marine“ (13.000 K) und Bali Blue (15.000 K + blue LED),

für Süßwasser in den Lichtfarben Tropical (6.500 K) und Tropical DUO (6.500/13.000 K) sowie für Terrarien in der Farbe „Jungle“ (6.500/13.000 K – mehr LEDs pro Meter).

Seit vier Jahren verwende ich die LED-Röhren in Teilen meiner Verkaufsanlage. Dabei ist jeweils eine Röhre von 120 Zentimetern etwa 17 Zentimeter hoch über einem drei- oder

zweigeteilten Verkaufsbecken (120 x 45 x 36 Zentimeter) installiert. Die Aquarien sind mit einer Glasscheibe abgedeckt, was die Lichtleistung leicht reduziert.

Eine LED-Röhre reicht für die Ausleuchtung der niedrigen Becken (38 Zentimeter Höhe) vollkommen aus. Die Lichtfarbe Tropical gibt die Farben der Fische natürlich wieder. Bei der



LED-Röhren (DIP) von Rebie (oben „Jungle“, Mitte „Tropical“) und normale T8-Röhre („Solar Tropic“ von JBL)



Verwendete LED-Leuchtmittel, obere Reihe: Rebie Marine, Rebie Tropical, Rebie Marine; mittlere Reihe: Lumlight WWW; restliche Becken (außer unten rechts): Rebie Tropical; unten rechts: T8 Sylvania GroLux

Bezeichnung	Verbrauch (Watt)	Lichtfarbe (Kelvin)	Anzahl der LEDs	Lichtstrom (Lumen)	Lichtausbeute (Lumen/Watt)	Geeignet für Aquarien (Höhe) bis (Zentimeter)	Anschaffungskosten Leuchtmittel (€)
Lumlight-Neon-Ersatz-Aqua-LED Styl Light 825 mm ¹	circa 15	6.500 3.500 kombinierbar	297	1.350	90	80	130,90
Lumlight-RGB-Aqua-LED Styl Light 825 mm ¹	circa 20	gesamtes Spektrum simulierbar	297	1.800	90	80	141,90
Rebie Marine (90 cm) ²	10	13.000	189	1.025	102,5	50	79,95
Rebie LED Marine/Bali Blue/Tropical (90 cm) ²	10	15.000	189	1.025	102,5	50	89,95
Rebie Tropical (90 cm) ²	10	6.500	189	1.025	102,5	50	79,95
Rebie Tropical DUO (90 cm) ²	10	6.500/13.000	189	1.025	102,5	50	89,95
Rebie Jungel (90 cm) ²	12	6.500/13.000	216	1.188	99,0	50	89,95
JBL Solar Tropic T8 (90 cm) ³	30	4.000	–	1.650	55,0	50	20,49
JBL Ultra Tropic T5 (85 cm) ³	39	4.000	–	2.500	64,1	80	24,45

Technische Daten von Lumlight- und Rebie-LED-Leuchtmitteln sowie einem T8- und T5-Leuchtmittel von JBL

1) Quelle: led-aquarium.eu (Dezember 2013); Neon-Ersatz-Aqua-LED 825 mm (130,90 €); für den Betrieb noch erforderlich: 2,5-A-Netzteil (20,90 €), RGB-Aqua-LED Styl Light 825 mm (141,90 €); für den Betrieb noch erforderlich: 2,5-A-Netzteil (20,90 €), Tageslichtsimulator (79 bis 149 €, je nach Ausführung)

2) Quelle: tk-aquaristik-shop.de, hsaquaristik-shop.de, 2013, und schriftliche Mitteilung der Firma Rebie (Lichtstrom); für den Betrieb noch erforderlich: konventionelles Vorschaltgerät (beispielsweise Arcadia, 30 Watt, 30,99 €)

3) Quelle: zoo-zajac.de, 2013; für den Betrieb noch erforderlich: Leuchtbalken

Lichtfarbe Marine ist für meinen Geschmack der Farbeindruck zu kalt; vor allem rote Farben wirken blass. Allerdings betont sie sehr schön blaue Töne und „Leuchtfarben“ (Neonstreifen bei Neonsalmlern, Glanzpunkte beim Afrikanischen Schmetterlingsbuntbarsch).

Wie schon erwähnt, ist die Lichtfarbe Marine für Meeresaquarien gedacht. Besitzt man ein Aquarium mit zwei Röhren und hat es gern hell, empfiehlt Rebie die Kombination der Farben Marine und Tropical. Mehrere meiner Kunden verwenden Tropical DUO in Kombination mit Tropical und sind mit Lichteindruck und Pflanzenwachstum sehr zufrieden.

In meiner Verkaufsanlage ist eine Beurteilung des Pflanzenwachstums nicht gut möglich, da die Beleuchtungszeiten gering sind (sechs Stunden) und die Pflanzen nur der Dekoration dienen. Vor knapp zwei Jahren rüstete ich mein Pflanzenverkaufsbecken auf Rebie-LEDs um (100 x 40 x 50 Zentimeter; ursprünglich zwei 30-Watt-T8, jetzt zwei Zehn-Watt-Rebie-LEDs Tropical). Bei einer Beleuch-

tungszeit von zehn Stunden und Düngung mit CO₂ und Nährstoffen hatte ich bisher unter der T8-Beleuchtung ein gutes Pflanzenwachstum.

Das Becken ist mit den Rebie-LEDs genauso hell wie mit der alten T8-Beleuchtung, die Farben wirken na-

Der Beleuchtungswechsel wirkte sich nicht auf das Pflanzenwachstum aus

türlich. Lediglich die Rottöne der flutenden *Limnophila* kommen mit dem roten Arcadia-Tropical-Licht (Seite 36, erstes Bild) etwas besser zur Geltung. Beim Wachstum der Pflanzen stellte ich seit dem Beleuchtungswechsel keinen Unterschied fest.

Die technischen Daten der LED-Leuchtmittel beider Hersteller sind in der Tabelle oben zusammengefasst. Um sie übersichtlich zu halten, sind beispielhaft solche Leuchtmittel aufgeführt, wie sie für die Bestückung eines 100-Zentimeter-Aquariums verwendet werden.

Die LED-Dichte der Rebie-LED-Röhre ist im Vergleich zu der von Lumlight geringer. Dadurch ist auch der niedrigere Lichtstrom erklärbar (bei den angegebenen Längen: Rebie 1025 bis 1188, Lumlight 1350 bis 1800 Lumen). Durch die höhere Lichtleistung können Lumlight-LED-Balken Aquarien bis 80 Zentimeter Höhe ausleuchten, die von Rebie nur Becken bis 50 Zentimeter Höhe (so auch angegeben). Allerdings verbrauchen die lichtstärkeren LED-Leuchtmittel von Lumlight auch deutlich mehr Strom als die etwas lichtschwächeren von Rebie.

Beim Vergleich des Lichtstroms der LED-Leuchtmittel mit dem der T5/T8-Leuchtmittel ist zu beachten, dass das Licht bei den Leuchtstoffröhren in alle Richtungen abgestrahlt wird, bei den LEDs nur nach unten. Ausgenutzt wird die hohe Lumen-Leistung der Leuchtstoffröhren also nur, wenn gute Reflektoren zum Einsatz kommen.

Zum Farbwiedergabeindex erhielt ich von den LED-Herstellern leider keine Informationen. Die angeführten T8- und T5-Leuchtmittel haben den Index 1A (bestmögliche Farbwieder-

Bezeichnung	Energieverbrauch zweier Leuchtmittel (Watt)	Anschaffungskosten für zwei Leuchtmittel Plus Technik ² (€)	Stromkosten ³ (€/Jahr)	Leuchtmittelkosten anteilig ⁴ (€/Jahr)
Lumlight-Neon-Ersatz-Aqua-LED Styl Light (825 mm)	circa 30	314,60	24,09	26,2
Lumlight-RGB-Aqua-LED Styl Light (825 mm)	circa 40	445,65	32,12	28,4
Rebie-LED Marine (90 cm)	20	221,89	16,06	16,0
Rebie-LED Bali Blue (90 cm)	20	241,79	16,06	18,0
Rebie-LED Tropical (90 cm)	20	221,89	16,06	16,0
Rebie-LED Tropical DUO (90 cm)	20	259,79	16,06	18,0
Rebie-LED Jungel (90 cm)	24	259,79	19,27	18,0
JBL Solar Tropic T8 (90cm)	60	120,88	48,18	40,98
JBL Ultra Tropic T5 (85 cm)	78	168,89	62,63	24,45

Anschaffungs- und Betriebskosten für die zweiflämmige Beleuchtung eines 100 x 40 x 50 Zentimeter großen Aquariums mit verschiedenen Lichtsystemen

1) Erforderliche Technik für zwei Lumlight-Neon-Ersatz-Aqua-LEDs Styl Light 825 mm: 5-A-Netzteil (42,90 €), Y-Verbinder (9,90 €); für zwei Lumlight-RGB-Aqua-LEDs Styl Light 825 mm: 5-A-Netzteil (42,90 €), Adapterbox (39,95 €), Tageslichtsimulator (günstigstes Modell, 79 €) (Dezember 2013)

2) Erforderliche Technik (beispielhaft) für Rebie-LED: zwei 30-Watt-Arcadia-Vorschaltgeräte (KVG, je 30,99 Euro); T8: Aqua-Global-Leuchtbalken (EVG), zweimal 30 Watt (79,90 €); T5: Arcadia-Ultra-Seal-el-Lichteinheit, zweimal 39 Watt (119,99 €) (Quelle: Zoo Zajac)

3) Zugrunde gelegt sind ein Strompreis von 0,22 € pro Kilowattstunde und zehn Betriebsstunden pro Tag

4) Herstellerangabe: Leuchtmittel T8 alle zwölf Monate, T5 alle 24 Monate wechseln; LEDs sollen mindestens zehn Jahre halten; die anteiligen jährlichen Leuchtmittelkosten für T5: Anschaffungskosten geteilt durch zwei; T8: Anschaffungskosten durch eins; LEDs: Anschaffungskosten durch zehn

gabe). Der Index gibt nicht nur an, wie natürlich Dinge unter dem künstlichen Licht erscheinen, sondern auch, wie ähnlich das Spektrum des Leuchtmittels (bei einer bestimmten Farbtemperatur) dem der Sonne ist (kontinuierliches Vollspektrum).

Wilstermann-Hildebrand führte in „Amazonas“ (Ausgabe 6/2012) aus, dass ein ausgeglichenes Lichtspektrum (kontinuierliches Vollspektrum) für das Wachstum von Wasserpflanzen am günstigsten zu sein scheint. Der Farbwiedergabeindex von Leuchtmitteln kann also durchaus wichtig für das Gedeihen von (anspruchsvollen) Wasserpflanzen sein.

Die Energieeffizienz von Leuchtmitteln wird durch die Lichtausbeute (Lumen pro Watt) definiert. Je höher der Wert, desto effizienter das Leuchtmittel. Die höchste Effizienz hat bei den verglichenen LED-Leuchtmitteln

das von Rebie (99 bis 102,5 Lumen pro Watt), Lumlight liegt um etwa zehn Prozent darunter (90 Lumen pro Watt). Die zum Vergleich herangezogenen herkömmlichen Leuchtmittel schneiden erwartungsgemäß schlechter ab (T8 mit 55 Lumen pro Watt, T5 mit 64 Lumen pro Watt).*

Bei einigen Leuchtmitteln ist der tatsächliche (im Betrieb gemessene) Stromverbrauch allerdings zum Teil

LED-Leuchten sparen nicht nur Strom, sondern haben auch lange Betriebszeiten

deutlich höher – und damit die Energieeffizienz des Gesamtsystems (also Leuchtmittel plus Vorschaltgerät) geringer. Darauf gehe ich in einem gesonderten Beitrag ein (Seite 20).

Neben der Energieersparnis gibt es noch ein zweites Argument für die LED-Beleuchtung: die langen Standzeiten. Die Hersteller nennen eine Einsatzdauer von zehn bis elf Jahren, wassergekühlt (bei Lumlight optional erhältlich) sogar gut doppelt so lange. Der etwa zwölf- (T8) bis 18-monatliche (T5) Leuchtmittelwechsel entfällt somit. Welche Einsparung dadurch möglich ist, zeigt die Kostenbilanz.

Um einen Vergleich anstellen zu können, sind wieder beispielhaft die entstehenden Kosten für die Ausstattung eines 200-Liter-Aquariums (100 x 40 x 50 Zentimeter) mit zweiflämmiger T8-, T5- und LED-Beleuchtung berechnet. Auch die laufenden Kosten im Betrieb sind aufgeführt (Stromverbrauch und anteilige Kosten für Leuchtmittelwechsel, siehe Tabelle auf Seite 39). Dabei wird beim Stromverbrauch mit den Angaben der Hersteller gerechnet.

*) Anzumerken ist, dass die Effizienz für T5- und T8-Leuchtmittel in der Literatur mit 80 bis 98 (T5) und 60 bis 95 Lumen pro Watt (T8) deutlich höher angegeben wird. Je nach Hersteller bestehen natürlich Unterschiede in der Effizienz. So fand ich bei Dennerle ein T8-Leuchtmittel mit 80 Lumen pro Watt (Special Plant T8, 30 Watt) und bei Giesemann ein T5-Leuchtmittel mit nur 62 Lumen pro Watt (Powerchrome midday). Ähnlich hohe Effizienzwerte wie in der Literatur fand ich bei keiner Aquarienleuchte! Bei T5-Leuchtmitteln wird grundsätzlich zwischen HE (hohe Effizienz) und HO (hoher Output) unterschieden. In der Aquaristik werden vor allem die weniger effizienten „HO“-Röhren verwendet.

Betrachtet man zunächst die Stromkosten allein, erweisen sich die Rebie-LEDs als am günstigsten, gefolgt von den Lumlight-LEDs. T5- und T8-Technologie verursachen die höchsten Stromkosten.

Beachtenswert sind die jährlichen Betriebskosten infolge des notwendigen Leuchtmittelwechsels: Durch den hohen Leuchtmittelpreis der Lumlight-LEDs spart man im Vergleich zu T5 nichts! Lediglich die T8-Leuchtmittel kommen durch die kurzen (empfohlenen) Laufzeiten teurer. Rebie hat relativ günstige LED-Röhren. Hier spart man auch am Leuchtmittelpreis im Vergleich zu T5 und T8.

Ab wann lohnen sich also LED-Leuchtmittel? Das zeigt die Grafik rechts. Darin sind die kumulativen Kosten über zehn Jahre aufgetragen. Der Wert für „Kosten zum Zeitpunkt null Jahre“ entspricht dem Anschaffungspreis samt Technik (Tabelle auf Seite 39), die folgenden Werte für „Kosten“ errechnen sich durch Addition der gesamten Betriebskosten pro Jahr (Stromkosten plus anteilige Leuchtmittelkosten laut Tabelle).

Aus der Grafik wird ersichtlich, dass die Leuchtmittel von Lumlight innerhalb der ersten vier oder fünf Jahre am teuersten kommen. Die Ausführung ohne Tageslichtsimulator wird ab dem vierten oder fünften Jahr günstiger als eine T5- oder T8-Beleuchtung. Hat man sich für eine Lumlight-Beleuchtung mit Tageslichtsimulator entschieden, wird es erst nach zehneinhalb bis elfeinhalb Jahren günstiger als mit einer T5/T8-Beleuchtung.

Schneller sparen kann man mit den LEDs von Rebie: Bereits nach ein bis knapp zwei Jahren ist die Ausrüstung mit Tropical-LEDs günstiger als T5- und T8-Technologie. Mit der energieintensiveren „Jungle“-LED spart man nach eineinhalb bis zweieinhalb Jahren im Vergleich zu T5 und T8.

Bei der Kostenbetrachtung wurden die Herstellerangaben als Grundlage herangezogen. In der Praxis erfolgt der Leuchtmittelwechsel wahrschein-

lich allerdings in größeren Intervallen – das gilt dann aber für alle Systeme, sodass die Tendenz des Ergebnisses gleich bleibt.

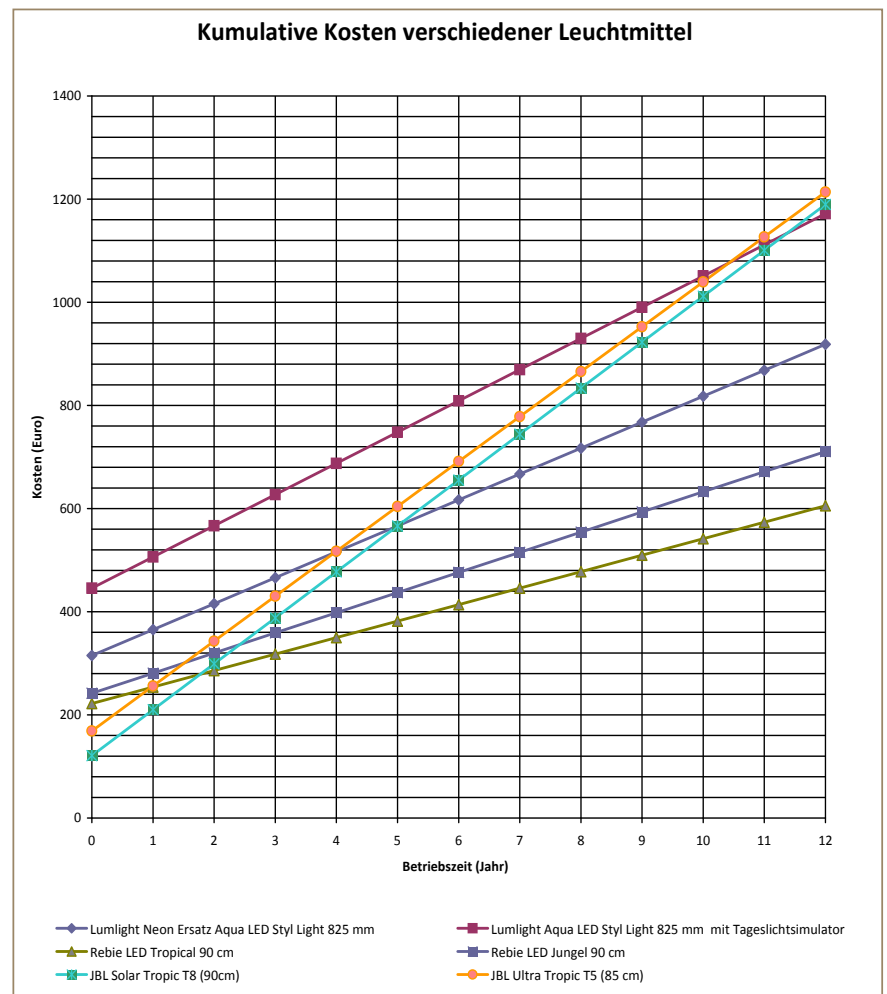
Beachtenswert finde ich die Angaben der Hersteller zum Energieverbrauch der Leuchtmittel. Misst man in der Praxis nach, kommen – wie schon erwähnt – zum Teil erheblich abweichende Werte heraus. Mehr dazu in dem Beitrag auf Seite 20.

Fazit: Die LED-Technologie ist für die Aquaristik sehr interessant. Der optische Eindruck eines LED-beleuchteten Aquariums ist ansprechend. Vor allem der Lichtkringel-Effekt durch die punktuelle Beleuchtung gefällt, das Aquarium wirkt „lebendiger“ als unter gleichmäßiger T5- und T8-Beleuchtung. Die Farben der Fische

kommen natürlich zur Geltung, und auch das Wachstum von Aquariumpflanzen mit mittleren Ansprüchen ist sehr gut.

Ist das Hauptargument für die Anschaffung einer LED-Beleuchtung die zu erzielende Kostenreduzierung, muss man Geduld haben! Von den beiden beschriebenen LED-Systemen „rechnet“ sich nur das von Rebie schnell. Bei den LEDs von Lumlight dauert es vier bis gut elf Jahre, ehe man Kosten spart.

Allerdings arbeitet die Zeit für die LED-Technik: Strom wird teurer, und die LED-Leuchtmittel werden tendenziell günstiger! Somit wird der Zeitraum, bis sich die Investition in LED-Leuchtmittel lohnt, immer kürzer werden. ■



Kosten über zwölf Jahre für die Bestückung eines 100 Zentimeter langen Aquariums mit zweiflämiger T5-, T8- und LED-Beleuchtung (Kosten zum Zeitpunkt null: Anschaffungskosten für Leuchtmittel und erforderliche Technik; dann plus jährliche Kosten für Strom und anteilige Leuchtmittelkosten, Daten aus Tabelle auf Seite 39)