

LED-

Beleuchtung auf dem Vormarsch

Im ersten Teil dieser dreiteiligen Artikelserie starteten wir mit Fragen wie: Ist das LED-Licht genauso hell und wirkt es genauso natürlich wie das der guten alten Leuchtstoffröhre? Können die Pflanzen damit überhaupt etwas anfangen? Aufgrund von Kennzahlen kann man die Leistungen von Leuchtmitteln am besten vergleichen. Wie diese zu bewerten sind und was sie aussagen, wurde auch im ersten Teil der Beitragsserie geklärt. Nun geht es an die Daten ...



Nanoaquarium mit LEDaquaristik tropic beleuchtet Foto: P. Fitz

Als Grundlage zum Vergleich von LED-Leuchten mit Leuchtstoffröhren möchte ich zunächst Kennzahlen von T8- und T5-Leuchtstoffröhren einiger etablierter Aquaristikhersteller präsentieren. Bei Anbietern mit mehreren Süßwasserleuchtmitteln habe ich immer dasjenige angeführt, das auch als alleiniges Leuchtmittel verwendet werden kann. Weil T8- und T5-Leuchtstoffröhren unterschiedliche Längen haben, sind in der Tabelle noch die längenbezogenen Kennzahlen (Watt/Meter, Lumen/Meter) angegeben. Die Daten sind den Homepages der einzelnen Hersteller entnommen. Beispielhaft habe ich Leuchtmittellängen verwendet, die für ein 100-cm-Aquarium gedacht sind.

Bei den T8-Leuchtmitteln handelt es sich meist um Vollspektrum-Röhren mit einer Lichtfarbe von etwa 4 000 Kelvin. Nur Dennerle und Eheim setzen auf die lichtstärkeren und langlebigeren 3-Banden-Röhren, die einen kühleren Farbton (6 000 / 6 500 Kelvin) aufweisen. Die Effizienz der T8-Röhren liegt zwischen 53 und 78 Lumen pro Watt. Bezieht man die Lumenleistung der Leuchten auf deren Länge, erhält man die spezifische Lumenleistung. Diese liegt bei den betrachteten T8-Röhren etwa zwischen 1 800 und 2 600 Lumen/m.

Einige Anbieter haben nur noch T5-Leuchtstoffröhren im Sortiment (Giesemann), deshalb ist hier die Tabelle

ausführlicher. Bis auf das Spektrum der JBL Ultra tropic ähneln alle Spektren einander sehr. Sie weisen etwa denselben Verlauf auf, einschließlich der 3-Banden-Röhre von Dennerle. Auch die Lichtfarbe ist mit 6 000–6 700 Kelvin ähnlich. In der Regel haben T5-Röhren also einen kühleren Farbton als T8-Leuchtmittel. Mit den vorgestellten T5-Röhren werden Effizienzen von 77–89 Lumen pro Watt erreicht, Giesemann liegt mit 63 Lumen pro Watt darunter. Auch die Ultra Tropic von JBL ist mit 64 Lumen pro Watt weniger effizient, hat aber auch eine andere Lichtqualität (4 000 Kelvin, Vollspektrum). Die spezifische Lumenleistung der T5-Leuchtmittel

Teil 2:

LED-Kennzahlen und -Eigenschaften im Vergleich mit Leuchtstoffröhren: die Datenlage

Von Petra Fitz

Tabelle 1: Kennzahlen von T8- und T5-Leuchtmitteln einiger etablierter Hersteller

Übersicht T8-Röhren

Hersteller	Bezeichnung	Spektrum	Lichtfarbe (Kelvin)	Lichtleistung (Lumen)	Spezifische Lichtleistung (Lumen/m)	Spezifische Leistungsaufnahme (Watt/m)	Effizienz (Lumen/Watt)
Dennerle	T8 Amazon-Day 895 mm, 30 W, 3 Banden, Farbwiederg. Stufe 1A, 15 000 Betriebsstunden		6 000	2 300	2 570	33,5	76
Eheim	T8 freshpower daylight 895 mm, 30 W		6 500	2 350	2 626	33,5	78
JBL	T8 Solar Tropic 895 mm, 30 W Vollspektr., CRI 90+		4 000	1 650	1 844	33,5	55
Sera	T8 tropic sun 895 mm, 30 W Vollspektr., Farbwiederg. Stufe 1A		4 700	1 600	1 788	33,5	53
Hagen	T8 Sunglo 895 mm, 30 W		4 200	2 100	2 346	33,5	70

Übersicht T5-Röhren

Dennerle	T5 Amazon-Day 850 mm, 39 W, 3 Banden, Farbwiederg. Stufe 1A,		6 000	3 250	3 824	45,9	89
Giesemann	T5 Tropic 850 mm, 39 W Farbwiederg. Stufe 1A		6 500	2 450	2 882	45,9	63
Eheim	T5 freshpower daylight 850 mm, 39 W, Betriebszeit 20 000 Stunden		6 500	3 300	3 882	45,9	85
JBL	T5 Ultra Tropic 850 mm, 39 W CRI 90+		4 000	2 500	2 941	45,9	64
Sera	T5 daylight brillant 895 mm, 45 W CRI 90+		6 000	3 900	4 358	50,3	87
Hagen / Fluval	T5 Life Spectrum 850 mm, 39 W CRI 90+		6 700	3 000	3 529	45,9	77

tel liegt etwa zwischen 2 900 und 4 300 Lumen/m.

Der Normalfall in einem Aquarium ab 100 cm Länge ist ja der Einsatz von zwei Leuchtstoffröhren. Hier wird man für bepflanzte Süßwasseraquarien in der Regel eine lichtstarke (3-Banden-) Röhre mit einer lichtschwächeren, dafür

aber farbfreundlicheren Röhre (Sonderfarbe, Vollspektrum) kombinieren. Gewöhnlich dürfte also die Lichtleistung bei T5- und T8-Beleuchtung (bezogen auf beide Leuchtmittel) im Mittel der angegebenen Bereiche liegen: Mittlere Lumenleistung bei Leuchtstoffröhren: T5: 3 600 Lumen/m, T8: 2 200 Lumen/m

Vergleichswerte von LED-Leuchtmitteln

Nun zu den LED-Leuchtmitteln. Auch hier betrachten wir wieder die Länge, die für ein 100-cm-Aquarium nötig wäre. Als Erstes die Tabelle mit den Kennzahlen derjenigen Hersteller, die reale Lumenwerte

Tabelle 2: Kennzahlen von LED Leuchtmitteln von Herstellern, die reale Lumenangaben verwenden

LED-Hersteller mit realen Lumenangaben (also Lumen-Messung mit der gesamten Leuchte)								
	Hersteller	Bezeichnung	Spektrum	Lichtfarbe (Kelvin) ³	Lichtleistung (Lumen)	Spezifische Lichtleistung (Lumen/m)	Spezifische Leistungsaufnahme (Watt/m)	Effizienz (Lumen/Watt)
1	Aquatantis	Easy LED Universal Süßwasser 890 mm, 44 W CRI 80		6 800 R B	3 824	4 297	49	87
2	Sera ¹	X-Change tube daylight sunrise 820 90 mm, 22 W CRI 94		6 000 – 8 000 RGB	1 067	1 186	24	49
3	Fluval/Hagen	Aqualife&Plant 910 mm, 35 W CRI 80		5 200 R B	2 580	2 835	38	74
4	Fluval/Hagen	Fresh&Plant 2.0 910 mm, 46 W CRI 80		7 500 R B	3 300	3 626	51	72
5	Fluval/Hagen	SunStripe70 Fresh RGB/W 850 mm, 60 W CRI >85		8 000 RGB	3 500	4 118	70	90
6	Fluval/Hagen	SunStripe35 Fresh RGB/W 850 mm, 29,8 W CRI 91		8 000 RGB	2 250	2 657	35	90
7	LEDaquaristik ²	eco+ day 80 mm, 25 W CRI 88		5 500	2 575	3 219	31	103
8	LEDaquaristik ²	PRO ² day 75 mm, 37 W CRI 88		5 500	3993	5 324	49	108

1) Sera: Noch drei X-Change-Tubes in anderen Lichtfarben (2500 K, 3850 K, 10000–12000 K erhältlich 2) Insgesamt 5 verschiedene Weißlichtfarben zur Wahl. CRI/Lumen im Beispiel für die eco+ und PRO² mit der Lichtfarbe day- 5 500 Kelvin. 3) R = Rot, B= Blau, G= Grün, RGB= in einem Chip Rot, Grün, Blau



Spezifischer Lichtstrom von LED-Leuchtmitteln (reale Lumenwerte)

angeben, also echte Lumen-Messwerte, bestimmt mit der fertigen LED-Leuchte (Ulbricht-Kugel). Solche Daten kann man am besten mit den Angaben der Leuchtstoffröhren vergleichen.

Bis auf LEDaquaristik (reine Weißlicht-LED) haben alle anderen Hersteller auch farbige LED-Chips verbaut. Das ist auch an den Spektren erkennbar. Bei der

LED von Econlux und Fluval (Fresh&Plant 2.0) sind die einzelnen Farbkanäle ansteuerbar. Fluval hatte bei der ersten LED-Serie (Aqualife&Plant) keine Ansteuerung vorgesehen. 2016 wurde das neue Modell Fluval Fresh&Plant eingeführt. Diese LED ist leistungsstärker und ansteuerbar. Bei Sera können die RGB-LEDs zusammen mit den Weißlicht-LED angesteuert werden, die Helligkeit des LED-Leuchtmittels ist also einstellbar, nicht aber deren Lichtfarbe. Lediglich bei der fest vorgegebenen Simulation eines farbigen Sonnenauf- und unterganges variiert auch die Farbzusammenstellung.

Sera hat den höchsten Farbwiedergabeindex (CRI 94) bei gleichzeitig niedrigster Effizienz. Auch ist das LED-Leuchtmittel dieses Herstellers das Einzige, bei dem der Hersteller die Energieeffizienz-

klasse mit „B“ angibt. Damit schneidet die X-Change tube daylight sunrise 820 in Bezug auf ihre Effizienz schlechter ab als das firmeneigene T8-Leuchtmittel (54 Lumen pro Watt bei der 895 mm Sera tropic sun T8 Leuchtstoffröhre).

Da die Leuchtmittel nicht alle gleich lang sind, werden in der Tabelle die spezifischen Lichtleistungen (Lumen pro Meter) angegeben. Dabei wird die Lumenleistung der LED-Leuchte auf deren Gehäuselänge bezogen. Genauer wäre es hier, die Länge der verbauten LED-Streifen zu verwenden. Leider sind diese Angaben aber nicht bei allen Herstellern verfügbar.

Insgesamt ist deutlich zu sehen, wie unterschiedlich die Lichtleistung der LED-Leuchten verschiedener Hersteller ist! Zwischen der spezifischen Lumenleis-

Tabelle 3: Kennzahlen von LED-Leuchtmitteln von Herstellern, die rechnerische Lumenangaben verwenden

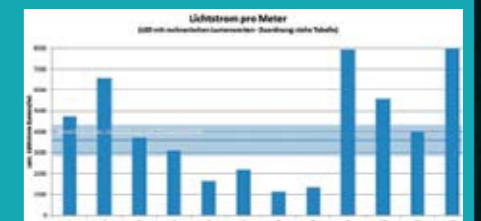
LED-Hersteller, die rechnerische Lumenleistungen angeben, also Messwerte der einzelnen Bauteile (LED-Chip) hochgerechnet auf das fertige LED-Leuchtmittel									
	Hersteller	Bezeichnung	Spektrum	Lichtfarbe (Kelvin)	Lichtleistung (Lumen)	Spezifische Lichtleistung (Lumen/m)	Spezifische Leistungsaufnahme (Watt/m)	Effizienz (Lumen/Watt)	
1	Giesemann	PULZAR Standard Tropic 870 mm, 37 W CRI k.A.		6 000	4 100	4 713	43	111	
2	Giesemann	PULZAR HO dim Tropic 870 mm, 52 W CRI k.A.		4 600 – 8 500	5 700	6 552	60	110	
3	Eheim	Power LED daylight 969 mm, 30 W CRI >90		7 000	3 600	3 715	31	120	
4	Eheim	Power LED plants 969 mm, 30 W CRI >90		10 000	3 000	3 096	31	100	
5	Lumlight by AK ¹⁾	Aqua LED CWC 825mm, 15 Watt CRI 85		2 x 6 500 1 x 3 500	2017	2445	30	82	
6	Lumlight by AK ¹⁾	Aqua Styl Light CW+RGB 825mm, 20 Watt CRI 85		2 400 – 8 000	2017	2445	30	82	
7	Rebie	Tropical 900 mm, 10 W CRI 80	k.A.	6 500	1 025	1 139	11	109	
8	Rebie	Jungle 900 mm, 12 W CRI 80	k.A.	6 500 + 10 000	1 188	1 320	13	99	
9	LiWeBe ²⁾	Scaping Light Biotop 980 mm, 53,7 W CRI >85		5000K LED	1 x 2 500 2 x 5 000 RGB	7 830	7 990	55	145
10	Waltron ³⁾	Daytime eco customized 100,3 UW/NW/UW 966 mm, 45 Watt CRI 90		7000K LED	2 x 7 000 1 x 5 000	5 400	5 590	47	120
11	LEDaquaristik ⁴⁾	eco+ day 800 mm, 22 W CRI 88		5 500	3 650	3 920	31	146	
12	LEDaquaristik ⁴⁾	PRO ² day 750 mm, 41 W CRI 88		5 500	5 402	7 203	49	146	

1) Aqua LED : 3 weiße Streifen, Aqua Styl light RGB: 2 weiße, 1 RGB-Streifen; Weiß: Wahl zwischen C = 6 500 K und W= 3 500 K; Lumenwerte: Eine Angabe für alle Typen.

2) Scaping light biotop (2 kaltweiß, 1 warmweiß, 1 RGB-Streifen) warmweiß: 2 500 K, kaltweiß: 2 x 5 000/6 500/8 000–10 000 K; Lumenleistung/CRI/Watt wird immer nur für die zwei Kaltweiß-LED-Streifen (in der Tabelle für 5 000 K) angegeben, da diese Hauptbeleuchtung sind; RGB und WW nur für Akzentuierung empfohlen.

3) Wahlweise insgesamt 4 Weiß-LED-Typen kombinierbar. Maximal 3 Streifen pro Lampe bei daytime eco customized. Auch Modell mit 2 LED-Streifen angeboten. CRI/Lumen für ultraweiß (7 000 K) und neutralweiße (5 000 K) LED; andere Lichtfarben haben andere Werte.

4) Insgesamt 5 verschiedene Weißlichtfarben zur Wahl. CRI/Lumen im Beispiel für die eco+ und PRO² mit der Lichtfarbe day – 5 500 K. Pro LED-Leuchte eine Lichtfarbe. Eco+: ein Streifen, PRO²: 2 LED-Streifen + Wasserkühlung



Spezifischer Lichtstrom von LED-Leuchtmitteln (rechnerische Lumenwerte)

Tabelle 4: Anschaffungskosten einer LED Beleuchtung für ein Aquarium mit den Maßen 100 x 40 x 50 cm (Breite x Tiefe x Höhe)

Hersteller	Typ	Gehäuse-länge (cm)	Dimmbar (D) Tageslichtverlauf (T)	Betriebs-spannung (V)	LED Einzelpreis (€)	nötige Stückzahl	Netzteil	LED-Verbinder	Lichtsteuerung (Controller)	Lumen pro Liter (bei 200 l) mit gew. Bestückung 1)	Gesamtpreis € (mit Controller)	Bemerkung
Giesemann	PULZAR Standard Tropic	87	nein	12	199,00	1	incl.	-	-	20,5	199,00	Spritzwassergeschützt; Alugehäuse mit Folienabdeckung, LED austauschbar, viele Einbaumöglichkeiten. Zusätzlich bei PULZAR HO: Lichtkanäle einzeln ansteuerbar- Variation von Lichtintensität und -Farbe möglich; eine LED auch für ein Aquarium von 100 x 50 x 60 cm geeignet, Lumenwert rechnerisch (www.giesemann.de)
Giesemann	PULZAR HO dim Tropic	87	DT	12	279,00	1	incl.	-	199,00	28,5	279,00 (478,00)	
Eheim	Power LED daylight	96,9	D	12	179,90	2	54,90	9,90	49,90	36,0	424,60 (474,50)	Alugehäuse mit Folienabdeckung. Variation Lichtintensität (nicht Farbe) möglich. Kombination von daylight und plant empfohlen. Viele Einbaumöglichkeiten, Lumenwert rechnerisch; Herstellerangabe: Ersetzt T5, LED nicht austauschbar (www.eheim.com)
Eheim	Power LED plants	96,9	D	12	179,90	2	54,90	9,90	49,90	30,0	424,60 (474,50)	
Aquatlantis	Easy LED Universal Süßwasser	89	DT	24	159,99	1	incl.	-	54,99	19,1	159,99 (214,98)	IP X8 (dauerhaft wasserdicht), LED nicht austauschbar, Alugehäuse mit Folienabdeckung, Dimmprogramm möglich („Tageslichtverlauf“ über Variation Lichtintensität (nicht -farbe), viele Einbaumöglichkeiten, Lumenwert real (www.aquatlantis.com)
Fluval (Hagen)	Aqualife & Plant	91	nein	24	269,00	1	incl.	-	-	12,9	269,00	IPX7 dadurch unmittelbar über Wasseroberfläche installierbar, viele Einbaumöglichkeiten; Fresh&Plant 2.0: PMMA Linse, Alugehäuse mit optimaler Wärmeabführung (Kühlrippen), LEDs manuell über Kontrollschalter an LED-Leiste dimmbar oder über WiFi Controller (www.fluvalaquatics.com)
Fluval (Hagen)	Aquafresh & Plant	91	D	24	209,99	1	incl.	-	139,99	16,5	209,99 (349,98)	
Lum-Light by AK	Aqua LED CWC	82,5	D	12	140,05	2	99	9,95	-	20,2	389,05 (360,34)	IP 67 (Wasserdicht), LED nicht austauschbar, Alugehäuse mit LED in Silikonbett; Var. Lichtintensität (nicht Farbe), bei RGB: einzeln ansteuerbar -> echter Tageslichtverlauf simulierbar; Wasserkühlung optional; Kombination WW/CW wählbar, viele Einbaumöglichkeiten, Lumenwert rechnerisch; Herstellerempfehlung: Ersetzt T5/T8, eine LED pro 30 cm Aquarientiefe, Ab Feb. 2016: Übernahme der Firma Lum-Light durch Aquarienkonto: Lum-light by AK- neue LED bestückung, Verguss verbessert, LED reparierbar (www.aquarienkonto.de)
Lum-Light by AK	Aqua Styl Light RGB	82,5	DT	12	151,80	2	99	39,90	79	20,2	442,5 (521,5)	
Sera	X-Change tube daylight sunrise 820	90	DT	20	49,99	2	22,99	4,49	44,90	11,9	127,46 (172,36)	IP 68 (bis 1 m wasserdicht), Betriebszeit: ca. 30 000 Betriebsstunden. LED in Glasröhre verbaut-> sehr gut zu reinigen! Mit dem Dimmer ist ein 15-minütiger, farbiger Sonnenauf- und -untergang simulierbar; Adapter für T8/T5 als Zubehör, Lumenwert real, Herstellerangabe: Ersetzt T8/T5;
Sera	X-Change tube plantcolor sunrise 820	90	DT	20	49,99	2	22,99	4,49	44,90	0,3	127,46 (172,36)	
Rebie	Tropical	90	nein	k.A.	79,95	2	-	-	-	11,4	159,90	Zum Umrüsten von T8 auf LED bei KVG und VVG (nicht bei elektronischen Vorschaltgeräten!). Starter wird durch mitgelieferten LED Starter ersetzt. Betrieb auch mit z. B. Arcadia Lichteinheit für T8 möglich. LED in Kunststoff Gehäuse verbaut, Lumenwert rechnerisch (www.rebie.de)
Rebie	Jungle	90	nein	k.A.	90,95	2	-	-	-	13,2	181,90	
LiWeBe	Scaping Light Biotop	98	DT	24	305,00	1	28,90	-	89,00	38,9	333,90 (422,90)	IP67; LED in sehr massivem Alugehäuse mit Schutzfolie und Gore Membran verbaut. „Nature“: 2 Weiß LED Reihen (vier wählbare Farbtemperaturen für Weiß), „Biotop“: 3 Weiß LED, 1 RGB-Streifen-> 6 einzeln ansteuerbare Kanäle -> Variation von Lichtintensität und Farbe möglich = echter Tageslichtverlauf simulierbar; Spektrum für 5 000 K beispielhaft, viele Einbaumöglichkeiten, Lumenwert rechnerisch; (www.liwebe.de)
LiWeBe	Scaping Light Nature	98	D	24	219,00	1	28,90	-	89,00	38,9	247,9 (336,90)	
Econlux (Hagen)	SunStripe 70 Fresh RGB/W 850mm	85	DT	100	169,90	1	114,90	-	79,90	21,0	285,00 (365,00)	IP65, Alugehäuse mit Polycarbonat Abdeckung (Folie), alle Kanäle dimmbar/ansteuerbar (echter Tageslichtverlauf simulierbar) viel Zubehör für jede Einbausituation, Lumenwert real (www.zoomonster.com)
Econlux (Hagen)	SunStripe 35 Fresh RGB/W 850mm	85	DT	100	109,90	1	49,90	-	79,90	11,3	159,80 (239,70)	
Waltron	daytime eco 100,2 NW	96,6	D	12	159,90	2	59,90	14,90	269,90	36,0	394,60 (664,50)	IP 67, bis 60 000 Betriebsstunden, Alugehäuse mit Gore Membran/LEXAN Superclear Schutz-scheibe, LED Farben individuell kombinierbar (Bezeichnung für mit NW und UW; customized: Preis variiert je nach LED-Farb-Wunsch- für Gesamtpreis mit 207,80 € gerechnet), Lichtintensität (nicht Farbe) ansteuerbar; empfohlene LED Leistung für 200-l-Becken: 50 Watt, Lumenwert rechnerisch (www.daytime.de)
Waltron	daytime eco customized 100,3 UW/NW/UW	96,6	D	12	207,80 bis 219,90	1	59,90	-	269,90	27,0	267,70 (537,60)	
LEDaquaristik	eco +	80	D	12	49,99	2	21,99	11,99	109,99	25,8	133,96 (243,95)	IP 67; 180° Abstrahlwinkel, LED in Aluprofil mit Silikonbett, Beispiel Spektrum/Lumenleistung / CRI: 5 500 K. PRO ² -LED: Massives Alugehäuse mit Wasserkühlung incl. Lichtintensität (nicht Farbe) ansteuerbar. Lumenwert real (www.ledaquaristik.de)
LEDaquaristik	PRO ²	75	D	12	101,99	1	21,99	-	109,99	20,0	123,98 (233,97)	



Hier wird zu helles LED-Licht mit Schwimmpflanzen „gedimmt“
Foto: P. Fitz

Der Vollständigkeit halber nun auch noch die spezifischen Energieaufnahmen der Leuchten gemäß den Herstellerangaben. Die LED-Leuchtmittel von Aquatlantis (1) und Fluval (4 - Fresh&Plant 2.0) verbrauchen bei vergleichbarer Lichtleistung auch vergleichbar viel Strom wie die T5-Leuchtmittel. Auch die PRO² von LEDaquaristik (8), die ja deutlich heller als ein T5-Leuchtmittel ist, verbraucht nicht mehr als ein T5-Leuchtmittel. Dieses Leuchtmittel ist also wirklich effizienter als eine T5. Die zweite LED-Leuchte, die mehr Lichtleistung als T5 hat (Nr. 5 SunStripe 70 von Econlux), verbraucht auch deutlich mehr Strom.

Die erwartete Effizienzsteigerung der LED- im Vergleich zu T5-Leuchtmitteln ist also nicht so groß wie erwartet bzw. gar nicht vorhanden!

Deutlich vorteilhafter schneiden solche LED-Leuchtmittel ab, deren Hersteller mit rechnerischen Lumen-Werten arbeiten. Bei LED-Lampen mit weißen **und** farbigen LEDs (Rot-Grün-Blau-LEDs) geben die Hersteller hier in der Regel nur das Spektrum der Weißlicht-LEDs an (Giesemann, LiWeBe). Hersteller von LED-Leuchten mit ansteuerbaren, farbigen LEDs weisen auch meist nur die Lichtfarbe der Weißlicht-LEDs aus. Dies ist auch sinnvoll, denn die LED-Leuchte kann ja auch mit 0 % RGB betrieben werden – dann ist die Lichtfarbe die der weißen LEDs. Wird RGB „dazugemischt“, ist die resultierende Misch-Lichtfarbe der LED-Leuchte abhängig von der Einstellung der RGBs. Lediglich Giesemann und Lum-Light by AK geben den Rahmen für die durch RGB-Variation möglichen Misch-Lichtfarben an (4 600–8 500 K bei Giesemann, 2 400–8 000 K bei Lum-Light by AK).

Bei LED-Leuchten, die zwar farbige LEDs umfassen, bei denen diese aber nicht einzeln angesteuert werden können,

1) Lumen pro Liter bei einem 200 Liter fassenden Aquarium und der angegebenen Bestückung. Hellgrün: < 15 Lumen/Liter, Grün: 15-25 Lumen/Liter und Dunkelgrün: > 25 Lumen/Liter



Sonnenaufgang mit Warmweiß und Rot, LiWeBe Scaping light biotop. Die Fische sind noch in der Nacht-ruhe (Salmier oben unter der Oberfläche, Skalare an den Scheiben lehndend) und werden langsam an das Licht gewöhnt. In sehr dunklen Räumen ohne Tageslicht ist diese Variante für die Fische optimal. Foto: P. Fitz

bleibt die Lichtfarbe konstant. Das Spektrum gibt also die Mischfarbe aus weißen und farbigen LEDs wieder (Eheim power LED plants). Grundsätzlich ist noch anzumerken, dass hier deutlich die Tendenz zu kühleren Lichtfarben erkennbar ist. 5 000–10 000 K für ein Süßwasseraquarium sind üblich. Dies spricht wohl vor allem die Zielgruppe der Aquascaper an, die Licht mit einem hohen Blauanteil (kühles Licht) für kompaktes Pflanzenwachstum benötigen. Der CRI-Wert aller vorgestellten LED-Leuchten liegt zwischen 80 und 90+. Die Farbwiedergabe ist also im Schnitt wieder etwas schlechter als bei den T8- und T5-Leuchtmitteln.

Am Beispiel von LEDaquaristik wird der mögliche Unterschied zwischen realen und rechnerischen Lumenangaben deutlich (einziger Anbieter, der beide Lumenwerte angibt): Die Effizienz der LED mit der Lichtfarbe day (5 000 K) beträgt rechnerisch 146 Lumen pro Watt, real 103–108 Lumen pro Watt! So lassen sich auch die meist höheren Effizienzwerte derjenigen Anbieter erklären, die rechnerische Lumenwerte angeben. Alle LED-Leuchten haben Effizienzen von 82–146 Lumen pro Watt. Auffallend ist, dass nur die beiden Internetanbieter (LiWeBe, LEDaquaristik) die hohen rechnerischen

Effizienzwerte von 145/146 Lumen pro Watt angeben. Spitzenreiter der in Aquaristik-Fachgeschäften erhältlichen Marken sind Eheim's Power LED daylight und Waltrons daytime eco customized mit je 120 Lumen pro Watt.

Hier sind die Schwankungen zwischen den Herstellern ebenfalls sehr groß. Vier LED-Leuchten bringen deutlich weniger Licht in das Aquarium als die vorgestellten T5-Leuchtmittel (5,6: Lum-Light by AK, 7,8: Rebie)! So bräuchte man beispielsweise drei Rebie Jungle, um eine lichtstarke T5-Leuchte zu ersetzen. Eine LED-Leuchte hat die Lichtleistung lichtschwächer T5-Leuchtmittel (4: Eheim power LED plants), eine andere liegt im mittleren Bereich der Lichtleistungen von T5-Leuchten (3: Eheim power LED daylight). Deutlich lichtstärker als eine T5-Leuchte sind sechs der betrachteten LED-Leuchten (1: Giesemann Pulzar Standard, 2: Giesemann Pulzar HO dim, 9: LiWeBe Scaping light biotop, 10: Waltron daytime eco, 11: LEDaquaristik eco+ und 12: LEDaquaristik PRO²). Eine LiWeBe biotop kann also laut Herstellerangabe mindestens zwei T5-Leuchtmittel ersetzen! Oder auch drei Aqua Style Light RGB LED-Leuchten von Lum-Light by AK (6), oder zwei Power LED daylight von Eheim (3,4) ...

Nun zum Stromverbrauch. Diejenigen LED-Leuchten, die in ihrer Helligkeit mit T5-Leuchten vergleichbar sind (3,4), verbrauchen deutlich weniger als eine T5-Röhre. Selbst bei den LED-Leuchten, die (mindestens) zwei T5-Leuchten ersetzen können (2, 9, 12), sind die Energieaufnahmen kaum höher als die einer T5-Leuchte, bei Nr. 12 sogar vergleichbar. Hier kann also wirklich Strom gespart werden! Weiter ist zu erkennen, dass LED-Leuchten mit deutlich unterschiedlicher Lichtleistung einen fast identischen Strombedarf haben können (3): Eheim power LED daylight ist um 1/3 heller als (5) Lum-light by AK.

Nun aber zum wohl entscheidendsten Punkt, wenn es um LED-Leuchtmittel geht, dem Anschaffungspreis!

Anschaffungskosten für LED-Leuchtmittel

Will man auf LED-Leuchtmittel umrüsten, fallen Kosten an. In Tabelle 4 sind diese für die Ausstattung eines Aquariums mit den Maßen 100 x 40 x 50 cm (B x T x H) aufgelistet. Bei der Anzahl der LED-Leuchten für dieses Aquarium habe ich mich an den Herstellerangaben orientiert. Einige der LED-Leuchtbalken würden auch für ein tieferes und höheres Aquarium ausreichen. In der Spalte „Bemerkungen“ sind noch einige allgemeine Angaben des Herstellers ergänzt. Nicht im Preis enthalten sind eventuell notwendige Zubehörteile wie Adapter für Fassungen oder Befestigungsschienen.

Damit bei den stark unterschiedlichen LEDs nicht Äpfel mit Birnen verglichen werden, habe ich noch die Lichtleistung der gewählten LED-Ausstattung in „Lumen pro Liter“ eingefügt. Hier wird die gesamte Lichtleistung der LED-Beleuchtung (je nach Hersteller bestehend aus einem oder zwei LED-Balken) auf das Aquarienvolumen von 200 l bezogen. Die Werte sind farbig hinterlegt: hellgrün: wenig Licht (bis 15 Lumen pro Liter), grün: mittlere Lichtversorgung (15–25 Lumen pro Liter) und dunkelgrün: viel Licht (> 25 Lumen pro Liter). Die Preisspanne für die Anschaffung einer LED-Beleuchtung ist sehr groß! In der „hellgrünen“ Kategorie (bis 15 Lumen/Liter) ist die Ausstattung mit zwei Sera X-Change Tubes am günstigsten (127,46 €

Tabelle 5: Was kostet eine Stunde?

Konsumgut	Spez. Nutzung	Anschaffung (€)	Haltbarkeit (Jahre)	Laufende Kosten (€/a)	Tägliche Nutzung (h)	Jahresnutzung (h)	Kosten pro Stunde
Auto (Golf)	15 000 km/a	24 000	10	4 000	0,83	250	25,60
Urlaubsreise	4 Wochen/a	3 000	1	0	1,87	672	4,46
Sofa	1 h/Tag	2 000	8	0	1	300	0,83
Einbauküche	3 h/Tag	12 000	20	150	2	600	1,25
LED (Waltron)	10 h/Tag	654	10	42,7	10	3650	0,030
LED (Sera)	10 h/Tag	164	10	41,8	10	3650	0,016

ohne Controller, 172,36 € mit Controller). Die teuerste Variante ist die mit zwei Rebie Jungle LEDs. Wenn ein echter Tageslichtverlauf simulierbar sein soll, so ist die Econlux SunStripe 35 das günstigste Modell (239,70 € mit Controller).

Bei höheren Lichtansprüchen („grüne“ Kategorie) ist die PRO² von LEDaquaristik am erschwinglichsten (123,98 € ohne und 233,97 € mit Controller), am kostspieligsten kommt die Ausstattung mit Lum-Light by AK-LEDs (zwei Aqua Style RGB: 442,50 € ohne und 521,50 € mit Controller). Die Lum-Light-by AK Variante bietet aber die Möglichkeit einer echten Tageslichtsimulation. Auch die Anbieter Aquatlantis (Easy LED Universal: 214,98 € mit Controller und Exonlux (Sunstripe 70: 365,00 € mit Controller) bieten diese Möglichkeit und liegen preislich gesehen im Mittelfeld.

In der „dunkelgrünen“ Kategorie (mehr als 25 Lumen/Liter) stellt bei den dimmbaren Modellen LEDaquaristik den günstigsten Vertreter (2 eco+: 133,96 € ohne, 243,95 € mit Controller). Am kostspieligsten ist die Ausstattung von Waltron (daytime eco customized: 537 € bzw. 2* daytime eco: 664,50 €, jeweils mit Controller). Will man einen echten Tageslichtverlauf simulieren, ist das günstigste Modell bei den Dunkelgrünen die LiWeBe-LED (Scapinglight Biotop: 422,90 € mit Controller). Diese LED stellt auch insgesamt die lichtstärkste Beleuchtung dar! Am teuersten dagegen ist die Variante von Giesemann (PULZAR HO dim incl. Controller: 478 €).

Es lohnt sich also, die Kennzahlen der LED-Anbieter genau zu betrachten. Oft versteckt sich hinter einem blumig angeprie-

senen Produkt eine LED-Leiste, die schon allein aufgrund ihrer Kennzahlen im Vergleich nicht allzu gut abschneidet ...

Wahl der Lumenleistung

Welche Lumenleistung man wählen sollte, ist ein schwieriges Thema. Allgemein gilt: Je höher ein Aquarium, desto mehr Lumen pro Liter sind nötig, um Pflanzen auch auf dem Beckengrund ausreichend wachsen zu lassen. Wenn die LED-Leiste eine hohe Lumenleistung hat, ist eine Dimm-Möglichkeit unbedingt zu empfehlen. So kann mit entsprechendem Controller der Lumenstrom immer an die Anforderungen angepasst werden. Bei einem Algenproblem beispielsweise lässt sich damit das Licht dimmen. Auf der Abbildung auf Seite 63 ist mein 80 x 40 x 60 cm (B x T x H) messendes Aquarium zu sehen, das mit zwei Eheim power LEDs beleuchtet ist. Da das Licht zu stark war (Algenproblem!) und ich noch keinen Dimmer hatte, musste ich mit Schwimmpflanzen „dimmen“. Nicht energiesparend, aber auch eine Möglichkeit.

Ein weiteres wichtiges Argument für einen Controller ist die Möglichkeit, das Licht allmählich an- und ausgehen zu lassen. Dies ist besonders für schreckhafte Fische sehr angenehm! Hat man sich noch dazu für eine LED-Leiste mit ansteuerbaren, farbigen LEDs entschieden (RGB), so kann auch ein stimmungsvoller Sonnenauf- und -untergang simuliert werden. Das ist nicht nur für den Betrachter schön, sondern auch den Fischen sympathisch. So berichtete der Neurowissenschaftler Jay NEITZ in einem Fernsehbeitrag (Terra X, Magie der

Farben, ZDF 25.10.2015), die Lichtfarbe beeinflusse den Fress- und Ruherhythmus von Fischen. Rotes Licht mache aktiv (Morgenstimmung), blaues Licht schläfrig (Abend/Mond). Weiter können farbige LEDs auch Farben betonen (monochromatische Akzentuierung). Dies macht das LED-Licht für die meisten Betrachter angenehmer.

Die Anschaffung einer variablen LED-Leuchte lohnt in meinen Augen in jedem Fall: nicht nur wegen der spannenden Lichteffekte, sondern auch wegen der Möglichkeit eines angepassten Betriebes. Ist sie dazu noch effizient, kann dann deutlich Energie eingespart werden.

Ein abschließender Gedanke zu den Anschaffungskosten: In GABRIEL & LEHNER (2010) fand ich eine Tabelle „Was kostet eine Stunde?“. Hier wurde ein Vergleich gezogen, welche Anschaffungskosten und spezifischen Kosten pro Stunde für verschiedene Konsumgüter anfallen. Vier Beispiele aus dieser Tabelle habe ich nun mit einer hochpreisigen und einer günstigen LED-Leiste (für ein 100 x 40 x 50 cm messendes Aquarium; Strompreis: 26ct/kWh) ergänzt.

So gesehen, ist die Nutzung einer LED doch fast schon ein Schnäppchen!

Weitere Kriterien bei der LED-Auswahl sind Zuverlässigkeit des Anbieters (vor allem bei Reklamationen wichtig), Produktverarbeitung, Zubehör und letztendlich der Lichteindruck im Betrieb. Selbst bei angeblich gleichen Lichtfarben ist der Lichteindruck von LED-Balken unterschiedlicher Hersteller oft deutlich verschieden. Erklären kann ich das leider auch nicht. Am besten ist also immer noch, die Produkte in natura und vor allem im Einsatz zu bewerten. Da ich nicht alle hier vorgestellten LED-Balken selbst im Betrieb erlebt habe, kann ich zu diesem Punkt kein Urteil abgeben.

Im nächsten und letzten Teil der LED-Beitragsserie werden die Ergebnisse von Lichtmessungen bei verschiedenen Modellen vorgestellt. Geklärt werden soll die Frage, ob im Betrieb die (Licht-) Leistungsversprechen der Hersteller halten, was sie versprechen.

Literatur

Daten LED: Homepage der Hersteller und z.T. persönliche Mitteilungen (2015/2016)
GABRIEL, I., LEHNER, H.: Vom Altbau zum Niedrigenergie+Passivhaus, ökobuch Staufeu (2010)