

Kelvinzahl und Spektrum

Die Kelvinzahl wird in der Aquaristik häufig und oft ausschließlich als Grundlage herangezogen, wenn man über Lichtfarben oder Leuchtmittel redet. Aus der Kelvinzahl möchte man gerne auf Eignung oder Qualität schließen.

Leider kommt es auf diesem Wege meist zu Verwirrung, Frust und Enttäuschung, wenn das ausgewählte Leuchtmittel nicht den eigenen Vorstellungen entspricht.

Aquarianer zeigen sich oft verständnislos, sobald sie feststellen, dass Leuchtmittel verschiedener Hersteller in ihrer optischen Wirkung stark voneinander abweichen, mehr ins Weiße, Blaue oder Gelbliche tendieren, obwohl doch dieselbe Kelvinzahl angegeben ist.

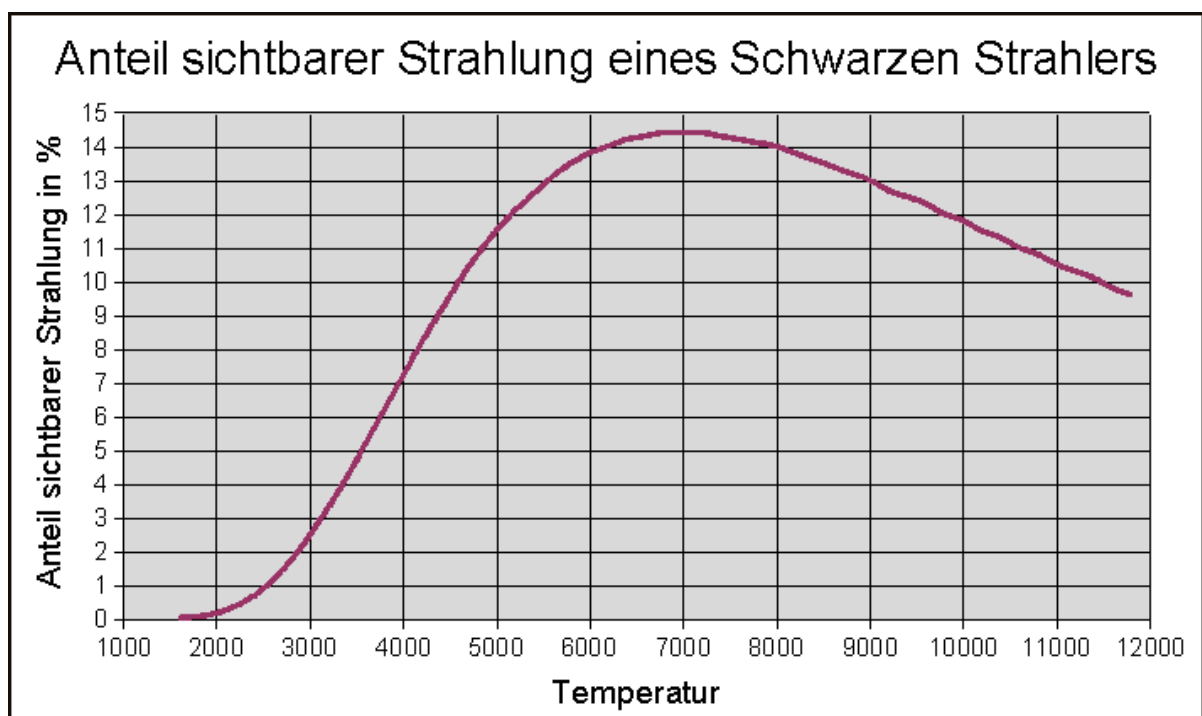
Der Grund für dieses Problem ist leicht zu erklären: bei der Einheit Kelvin handelt es sich lediglich um eine Einheit für Temperatur, weshalb in diesem Zusammenhang oft von der so genannten Farbtemperatur gesprochen wird.

Es mag zunächst verwirrend klingen, dass die Lichtfarbe etwas mit der Temperatur zu tun haben soll, daher sei ein kleiner Ausflug in die Physik erlaubt:

Die Farbe von normalen Lichtquellen ließe sich nur schwer durch Ihre Wellenlänge ausdrücken.

Es wäre ein sehr langer Name, wenn dabei jede Wellenlänge benannt werden müsste. Daher werden Leuchtmittel mit breitem Spektrum oft nach ihrer Farbtemperatur klassifiziert, nach der Temperatur eines Titan Blocks, eines so genannten schwarzen Körpers, der in derselben Farbe leuchtet, wie das Leuchtmittel.

Der "schwarze Körper" als thermischer Strahler liefert eine kontinuierliche Strahlung. Mit steigender Temperatur verschiebt sich nun das Strahlungs-Maximum vom infraroten über rotes, hin zu blauem und ultraviolettem Licht. Je heißer also der schwarze Körper ist, umso größer ist die relative Intensität bei kürzeren Wellenlängen.



Die Farbe eines Gegenstandes steht in direkter Abhängigkeit zu seiner Temperatur. Ein einfaches Beispiel aus dem Alltag ist der Glühfaden einer gewöhnlichen Glühlampe.

Wird die Lampe nicht einfach eingeschaltet, sondern wird der Stromfluss langsam hoch geregelt (z.B. über einen Dimmer), wird zunächst ein leichtes dunkelrotes Glühen erscheinen. Zu diesem Zeitpunkt ist der Draht mit ca. 800 °C (ca. 1072 Kelvin) noch relativ kühl.

Erst wenn der Stromfluss und somit auch die Temperatur erhöht wird, verändert sich die Lichtfarbe ins Gelbliche, um schließlich eine weißliche Färbung anzunehmen.

Wir nennen Ihnen hier einige Vergleichsdaten zur Farbtemperatur, damit Sie sich die optische Wirkung verschiedener Leuchtmittel vorstellen können.



1000 K bis 1800 K: entspricht Kerzenlicht oder offenem Feuer

2500 K bis 3000 K: entspricht dem Licht einer Glühlampe

3400 K: Halogenlampe

3900 K: Kohlebogenlampe

5500 K: dunstiges Wetter

6100 K: Sonnenstand 30°

6500 K : Sonnenstand 50°

7500 K: mittleres Tageslicht oder Blitzlampe

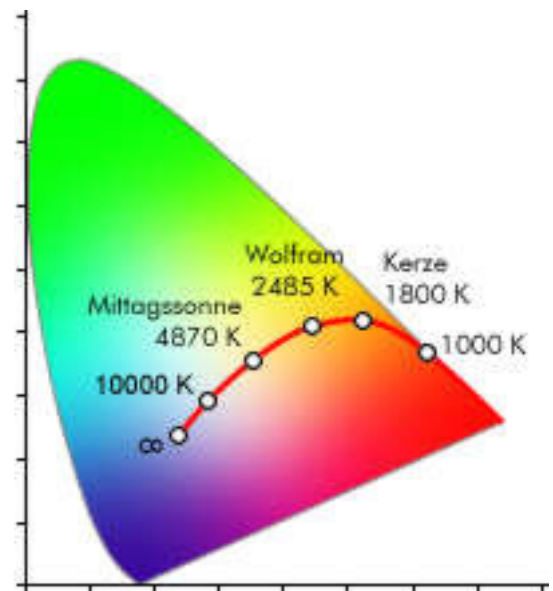
8300 K: Himmel völlig bedeckt

8000 K bis 9000 K: trübes nebliges Wetter

Sonneneinstrahlung im Gebirge mit Schnee bis 16000 K

hellblauer Himmel, sonniger Tropentag bis 20.000 K

Sie sehen hier eine Norm Farbtafel mit der die Mischungen der Farben und der Farbort dargestellt wird.



Nun ist die Frage geklärt, worum es sich bei der Einheit Kelvin handelt. Aber warum ist diese Einheit nicht sonderlich geeignet, wenn man nicht gerade an einer Dissertation schreibt?

Die Kelvinangaben beziehen sich ja immer auf den „schwarzen Strahler“. Seine Eigenschaft ist es, die auf ihn treffende elektromagnetische Strahlung (z.B. Licht) vollständig absorbieren zu können. Ein weiteres Merkmal des „Schwarzen Strahlers“ ist sein kontinuierliches Spektrum ohne Lücken und ausgeprägte Peaks. Daher dient er unter anderem als Grundlage für die Einteilung der Farbtemperatur.

HQI Brenner und T5 Röhren geben aber kein kontinuierliches Lichtspektrum ab, sondern eines mit vielen Lücken im gesamten Spektralbereich.

Die Farbtemperatur ein ungenügender Messwert für uns, da sie keine Aussage über diese Lücken treffen kann.

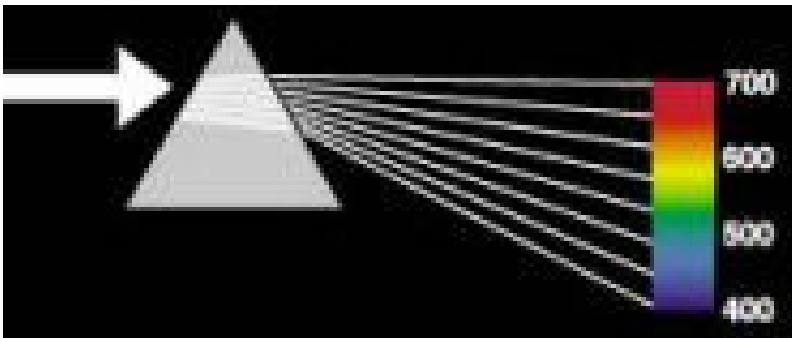
Da wir uns aber an irgendetwas halten müssen, um zu wissen, was wir da bekommen, zeigen wir am Ende des Berichts eine Tabelle, in der die gängigsten Leuchtmittel sortiert sind.

Spektrum :

Eine weit bessere Orientierungshilfe bietet das Spektrum eines Leuchtmittels.

Ein Körper sendet nicht nur eine von unserem Auge erfassbare Farbe aus, sondern Licht verschiedener Wellenlängen, das sich zu einem einzigen Farbeindruck vermischt.

Die Anteile der unterschiedlichen Wellenlängen, die ein bestimmtes Leuchtmittel emittiert, lassen sich sichtbar machen, wenn man das Licht durch ein Prisma fallen lässt. Das entstehende graphische Gebilde ist das Spektrum des Lichts, das vom Leuchtmittel.



Anhand dieses Spektrums kann z.B. der Aquarianer eindeutig erkennen, welche Lichtfarbe zu welchen Anteilen enthalten ist und daraus Rückschlüsse auf die Eignung für den jeweiligen Verwendungszweck ziehen.

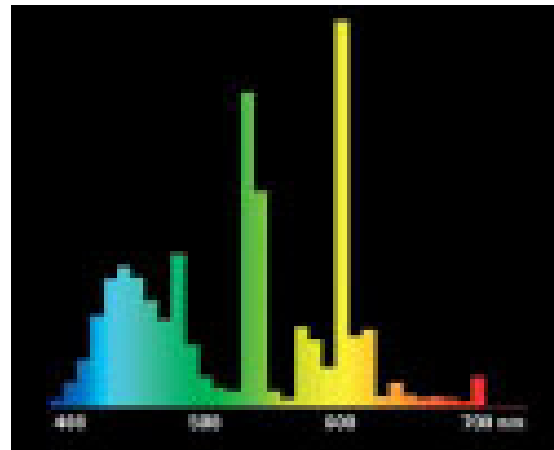
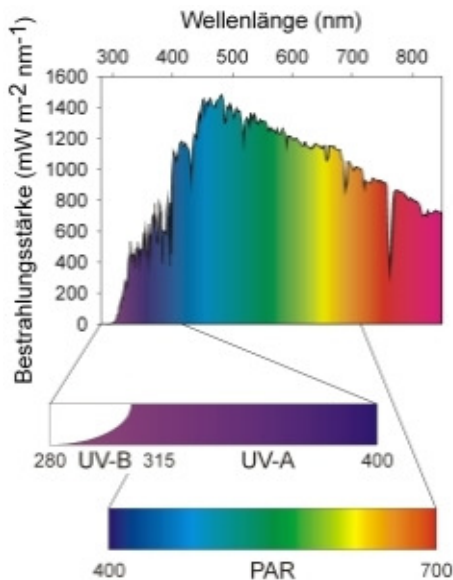
Jeder Spektralfarbe kann eine bestimmte Wellenlänge zugeordnet werden. Die Farben unserer Korallen und Fische können nur dann optimal und farbsatt wahrgenommen werden, wenn die Lichtquelle die jeweiligen Farben im Spektrum enthält oder sich aus deren mischt. Eine rote Koralle kann nur dann richtig rot erscheinen, wenn die Lichtquelle auch Wellen enthält, deren Wellenlänge rotem Licht entspricht. Rot als Körperfarbe wird dadurch sichtbar, dass der Körper fast alle Lichtwellen absorbiert und nur noch Rot reflektiert. Ist im Licht aber kein Rot vorhanden, so kann es auch nicht reflektiert werden und der Körper erscheint grau. Unter Natriumdampflampen, die hauptsächlich gelbes Licht ausstrahlen, erscheint unserem Auge alles gelb bis bräunlich, weil grüne und blaue Spektralanteile fehlen. Blaue Körper lassen sich farblich nicht mehr von grünen unterscheiden.

Um Fluoreszenzfarben, die ebenfalls bei bestimmten Korallen zu sehen sind, geht es hierbei nicht, die entstehen durch Wellenlängenverschiebungen innerhalb besonderer Farbstoffe..

Je besser, d.h. je originalgetreuer beliebige Farben unter einem Licht erscheinen sollen, umso besser muss der Farbwiedergabeindex dieses Lichts sein.

Was ist nun die Farbwiedergabe?

Die Farbwiedergabe von Leuchtmitteln wurde erst mit der Verbreitung von Leuchtstofflampen und Entladungslampen zum Problem. Wie schon zuvor erklärt, „fehlen“ in deren Spektren einige Farben, da sie im Gegensatz zum Sonnenlicht oder dem „Schwarzen Strahler“ kein kontinuierliches, sondern ein lückenhaftes Diskontinuierliches Spektrum aufweisen. Folglich können gewisse Farben einfach nur mangelhaft wiedergegeben werden.



Kontinuierliches Sonnenspektrum

Diskontinuierlich Osram Skywhite

Die Farbwiedergabe orientiert sich an 8 natürlichen Testfarben. Je geringer die Farbabweichungen zu einem Bezugsleuchtmittel sind, desto höher ist der Farbwiedergabeindex. Der höchste Wert ist 100 und kann von künstlichem Licht praktisch nicht erreicht werden. Der Farbindex kann auch in einer Tabelle angegeben werden.

Tabelle nach Philips:

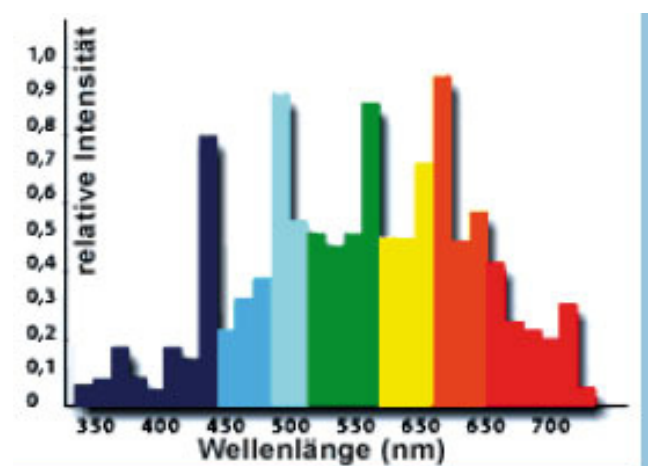
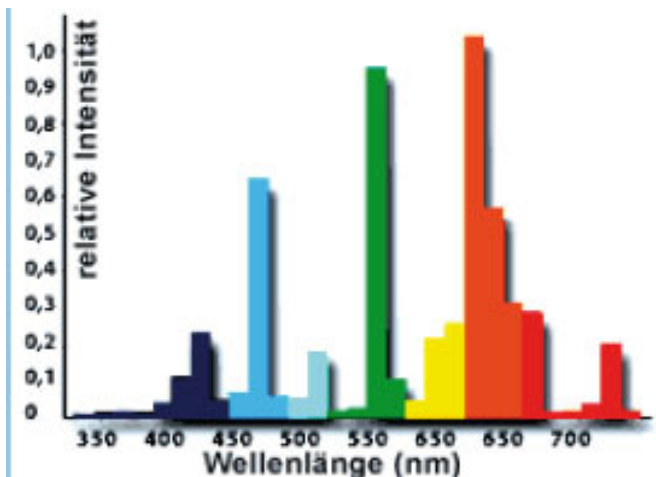
Stufe	R _a -Wert (Mittelwert über die 8 Testfarben)	
1A	>90	
1B	80 - 90	
2A	70 - 80	
2B	60 - 70	
3	40 - 60	
4	20 - 40	

Für unsere Zwecke kommen in der Regel nur die Leuchtmittel der Stufe 1A und 1B in Frage.

Zum Nachteil des diskontinuierlichen Spektrums kommt bei Leuchtstofflampen auch die unüberschaubare Auswahl an verschiedenen Farben, die zum Verkauf stehen. Für die Meeresaquaristik spielen Standardleuchtmittel kaum noch eine Rolle, es werden zwar noch so

genannte „Cool White“ oder auch Tageslicht Leuchtmittel verwendet, aber diese haben neben dem Vorteil eines günstigen Preises den großen Nachteil einer schlechten Farbwiedergabe bei relativ geringer Lichtausbeute.

Durch die Mehrbandentechnik konnte die Farbwiedergabe und der Lichtstrom deutlich gesteigert werden. Hierbei besteht die Leuchtstoffbeschichtung aus einer Mischung aus drei Leuchtstoffen, die im roten, grünen und blauen Bereich des Spektrums relativ scharfbandige Emissionen zeigen und deren Spektren sich in der Lampe zu weißem oder leicht blauen Licht addieren. Wesentlich besser im Hinblick auf die Farbwiedergabe und die Leistungsabgabe sind Vollspektrum-Leuchten, die mit 4 oder 5 Leuchtstoffen arbeiten. Diese Spektren haben geringer ausgeprägte Lücken und es treten weniger Farbveränderungen auf.



Hier sieht man den Unterschied von einem 3 Banden links oder 5 Banden Spektrum rechts

Nun sollte deutlich geworden sein, warum die Kelvinzahl in der Praxis nur ein Anhaltspunkt sein kann und es besser ist, ein Spektrum einzusehen, um ein Leuchtmittel zu beurteilen.

Das größte Problem unseres Auges als Farbmessinstrument ist, dass sich das menschliche Auge auch an verschiedene Lichtquellen anpassen kann. So empfinden wir Tageslicht, Glühlampenlicht und viele andere Lichtquellen als weiß, auch wenn deren Lichtspektrum völlig anders aussieht. Unsere Augen besitzen also eine Art automatischen Weißabgleich, ähnlich wie er bei modernen Digitalkameras eingebaut ist

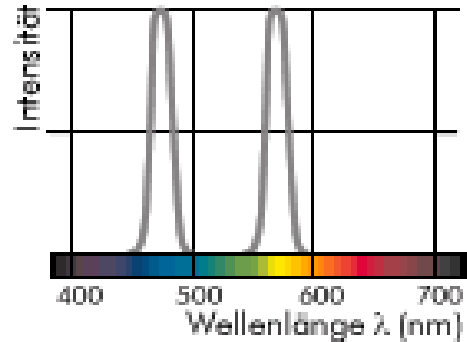
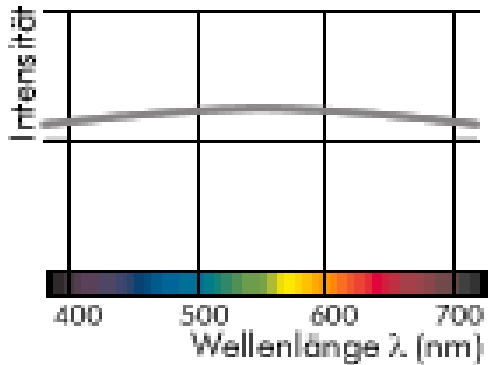
Dazu kommt, dass das Auge völlig gleiche Farben sehen kann obwohl diese von sehr unterschiedlichen Farbreizen hervorgerufen werden.

Man nennt solche gleich aussehenden, aber auf verschiedenen Wellenlängen beruhende Farben bedingt gleiche (metamere) Farben.

Das heißt, dass zwei Röhren zwar gleich aussehen können, aber eben nicht immer das gleiche Spektrum emittieren. Erst wenn wir mit zwei unterschiedlichen Lichtquellen z.B. eine Farbtafel aus diversen Farbfeldern beleuchten, wird der Unterschied der einzelnen Lichtquellen erkennbar.

Das wurde gerade bei der so gern diskutierten 3 Banden und 5 Banden Technik interessant, da man das Ergebnis auf den ersten Blick so nicht sehen kann.

Erst die Farbausbildung der Korallen und deren Wachstumsleistung können dies belegen.



Sie sehen hier ein kontinuierliches gleiches Spektrum und ein diskontinuierliches welches nur aus zwei sehr engen Peaks besteht.

Trotzdem würde unser Auge das Licht als gleich aussehend bewerten.

Eine gute Leuchtstoffröhre sollte also ein möglichst starkes Licht mit breitem ausgeglichenem Spektrum ausstrahlen.

Damit wir das Licht bekommen, das unsere Korallen so schön gedeihen und farbig strahlen lässt werden in den T5 Röhren spezielle Leuchtstoffe eingesetzt und vermischt. Durch die Verwendung moderner, stabiler Leuchtstoffe und ausgereifter Produktionsprozesse ist dies mittlerweile schon gut gelungen.

Moderne 5 Banden Röhren wie z.B. AquaScience , JBL oder Giesemann Röhren zeigen hierbei eindrucksvoll wie weit man heute schon gekommen ist.

Diese Leuchtstoffe, deren Anwendung und physikalischen Eigenschaften, auch in Bezug auf die biologischen Eigenschaften des ausgestrahlten Lichts, sind ein Thema für sich uns sollen hier nicht weiter behandelt werden.

Links :

Damit Sie sich selbst einen Eindruck von der komplexen Welt des Licht machen können, anbei drei nützliche Links:

<http://webphysics.davidson.edu/Applets/BlackBody/>

Ein Tool, das die Spektren verschiedener Farbtemperaturen graphisch darstellt.

<http://casa.colorado.edu/~ajsh/colour/Tspectrum.html>

Informationen über das Spektrum des natürlichen Sonnenlichts.

http://www.fach-physik.de/elektrik/Stromwirkungen/fluoresz_lamp.html

allgemeine Infos zu Leuchtstofflampen , deren Aufbau und Funktion

Super Seite zu Farben und Licht mit tollen Animationen

<http://cas.sdss.org/dr5/de/proj/basic/color/whatiscolor.asp#trythis>

Mehr Infos zur Farbtemperatur :

<http://www.techmind.org/colour/coltemp.html>

Abschließend möchten wir Ihnen noch einige kompakte Regeln zur Auswahl des Leuchtmittels geben:

- vertrauen Sie nie ausschließlich auf eine Kelvinangabe
- schauen Sie sich das Spektrum an, das seriöse Hersteller angeben
- sehen Sie sich das Leuchtmittel nach Möglichkeit z.B. bei einem befreundeten Aquarianer an.
- Bei kompetenten und seriösen Händlern können sie sich fachgerecht beraten lassen.

.....

An der nachfolgenden Tabelle können sie die „Farbposition“ der einzelnen Leuchtmittel erkennen. Dieses wurde nach optischem Empfinden erstellt unabhängig der angegebenen Kelvin Zahl.

1800K

4000K

5500K

8000K

12000K

16000K



Hersteller / Vertrieb	HQI Leuchtmittel	T5 Leuchtmittel
Arcadia		Original Tropical
Aqua Medic		Planta
Aqua Medic	Aqualine 5000	
Osram		Osram 860 6000 Kelvin
Arcadia T5 OSRAM Ati BLV Giesemann Aqua Medic Aqua Medic T5 Arcadia T5 Giesemann T5 Fauna Marin T5	10.000 K Nepturion Megachrome marine 10.000 AB 13000	Arcadia freshwater 7.500 K Osram 880 Superwhite oder Ati Superwhite Ocean White 10.000 Arcadia marine white 10.000 Giesemann P-chrome 15.000 AquaScience spezial 15.000
Fauna Marin JBL Korallenzucht	Ultra Nova	JBL T5 Marine 15.000 Korallenzucht Corall light
Arcadia AQI 14.000 K	AQI 14.000 K	
BLV Fauna Marin Ati Giesemann	14.000 K Nepturion Megachrome Coral	Aqua Science Duo ATI Aquablue spezial
Aqua Medic Aqua Connect Performance	Aqualine 16.000	

Viele Aquarianer arbeiten mit der Mischmethode also Kombinieren HQI mit T5 Beleuchtung. Ich halte das selber für die beste Methode, ein Aquarium zu beleuchten, da man aus jedem Bereich die Vorteile für sich nutzen kann.

Wie aber gelangt man zu einer optimalen Zusammensetzung?
Dabei gibt es eine einfache Regel.

Benutzen Sie Brenner aus dem 8 – 10.000 K Bereich, dann sollten die Röhren aus dem 12 – 16.000 K Bereich kommen. Im umgedrehten Fall wären das dann die T5 Leuchtmittel im 10 – 12.000 K Bereich.

Persönlich empfehle ich die HQI Brenner im 10 – 14.000 K Bereich kombiniert mit T5 Röhren im 15.000 K Bereich. Für denjenigen, der es einfach ein wenig blauer mag, kann dies durch Zuschalten von Blauröhren wie z.B. Giesemann ActinicPlus, AquaScience blue oder Osram L 67 erreichen.

Auf die Auflistung der Blau Röhren in der Tabelle wurde bewusst verzichtet. Diese werden Gegenstand eines separaten Artikels werden, in dem auch die Wirkung des Blaulichtes auf Korallen genau dargestellt wird.

Es sind derzeit einige Sonderfarben auf den Markt gekommen welche in die normale Kelvin Beurteilung nicht integriert werden können. Diese mehr im Rot / violett abstrahlenden Röhren werden genau zu dem Zweck produziert vorhandene Farben bei Korallen zu verstärken. Einen positiven Effekt auf die Farbausbildung kann man von Ihnen vermutlich erwarten was aber auch mit dem Mischverhältnis zu tun hat. Ob es auf das Wachstum Einfluss hat, wird die Zeit uns zeigen.

Ich möchte dringend davor warnen Röhren zu benutzen welchen in Ihrem Ursprungszweck dazu gedient haben Süßwasserpflanzen zu beleuchten. Die für Süßwasserpflanzen optimierten Spektren können massive Probleme in Seewasserbecken aufwerfen. Da in Seewasserbecken keine Pflanzen vorhanden sind werden sich vor allem Algen für das pflanzenfreundliche Spektrum interessieren.

Als Zumischröhren sind die neuen speziell hergestellten Lichtfarben aber sicherlich sehr gut geeignet wenn dem Besitzer diese Lichtfarben gefallen.
Die ebenfalls stattfindenden Diskussionen in Bezug auf extrem hohe Blaulichtanteile sind völlig überzogen da die Korallen nicht ausschließlich von „blauem Licht“ leben können. Auch wenn dieser Bereich wichtig ist so bedeutet zuviel an „blaue Farbe“ bei den Korallen durchaus auch Stress.

Der Hinweis dass die Tiere in der Natur ja auch blaues Licht haben, kann man so nicht einfach übertragen. Die meisten Korallen decken den größten Teil ihres Energiebedarfes über Planktonfang.

Um sich vor einem Überangebot an blauer Strahlung zu schützen muss die Korallen Energie aufwenden die auf Kosten von Wachstum und Farbigkeit geht. Nicht immer ist neues auch gut warten sie es also ruhig ab ob sich die eine oder andere Röhre durchsetzt.

Im Allgemeinen möchte ich aber sagen das Sie mit den meisten Markenröhren aus deutscher Produktion, das technisch beste in der Hand halten was derzeit am Markt zu haben ist und sie mit keiner der angebotenen Röhren einen Fehler machen können.

Vielen Dank für Ihr Interesse

Claude Schuhmacher

.....
Quellen- und Bildnachweis :

www.korallenriff.de

www.giesemann.de

www.arcadia-uk.com

<http://www.quantenwelt.de/licht/>

www.wikipedia.de und www.wikipedia.com

http://www.fach-physik.de/elektrik/Stromwirkungen/fluoresz_lamp.html

www.bgfe.de/aktuell/verbot_gebraeuhlicher_stoffe.html

<http://www.filmscanner.info/Farbtemperatur.html>

<http://www.bruck.de/german/ueber-licht/guetekriterien-fuer-gutes-licht/lichtfarbe/>

<http://www.colourware.co.uk/cpfaq.htm>

http://www.gelighting.com/na/business_lighting/education_resources/learn_about_light/color_specifying.htm