

Nr. 16 / 2014

REPORT



**Vergleich:
LED-Röhren mit Leuchtstoffröhren**

1. Vorwort:

Energie wird immer kostspieliger. Strom ist dafür das beste Beispiel. Gerade Beleuchtungsanlagen in gewerblich, industriell oder öffentlich genutzten Gebäuden machen einen nicht unerheblichen Kostenfaktor aus. Hier wurden bislang vorwiegend Leuchtstofflampen, entweder in Form der klassischen Leuchtstoffröhre oder als Kompaktleuchtstofflampe, der sog. Energiesparlampe, genutzt. Bei den meisten Unternehmen und Kommunen fallen so oft mehr als 50 % der gesamten Stromkosten für die Beleuchtung an.

Dabei bietet sich hier ein hohes Einsparungspotential an: Mit leistungsstarken, langlebigen und kosteneffizienten Lichtdioden – kurz LED genannt (aus dem Englischen „light-emitting diode“). Diese „Licht-emittierende Dioden“ oder auch „Lumineszenz-Dioden“ eignen sich ideal für Arbeitsplatz und Werkstatt, Büro und Geschäftsräume, Produktions- und Lagerhallen, Krankenhäuser und Pflegeheime, Kindergärten und Schulen, Parkhäuser, Garagen, Treppenhäuser und Gänge.

Die wichtigsten Vorteile der LED-Technik gegenüber der Leuchtstofftechnik sind inzwischen hinreichend bekannt. LED-Leuchtmittel sind erheblich langlebiger – haben eine ca. 5-fach höhere Lebensdauer, sind wesentlich sparsamer – bis zu 70 % geringerer Stromverbrauch, entwickeln weniger Wärme, sind 100 % wartungsfrei sowie umwelt- und gesundheitsschonend – da kein Quecksilber enthalten ist.

Es stellt sich nun die Frage, welche Entscheidungskriterien für die Beleuchtung mit LED eine Rolle spielen. Um hier detaillierte Aussagen machen zu können, hat das TEC-Institut für Technische Innovationen verschiedene Testreihen mit LED-Röhren und Leuchtstoffröhren durchgeführt.

2. Auswahl hinsichtlich mechanischer Eigenschaften

Auf dem LED-Röhren-Markt gibt es inzwischen mehrere hundert Anbieter, die eine Produkt-Spanne von unterster Preisklasse bis hin zum Hochpreissegment anbieten. Grundsätzlich gilt, dass sehr preiswerte LED-Röhren in den meisten Fällen von minderer bis schlechter Qualität sind. Zwei solcher Beispiele sind in den Skizzen Abb. 1 und Abb. 2 zu sehen. Die Skizze in Abb. 1 zeigt ein Billigprodukt, dessen Gehäuse aus Kunststoff besteht, sehr geringe mechanische Stabilität aufweist und die entstehende Wärme aufgrund ungenügender Kühlkörperfläche nicht von der Röhre wegführen kann. Dadurch erwärmt sich die 150 cm Kunststoffröhre immer weiter und wird so weich, dass sie sich in der Mitte durchbiegen kann. Die Skizze in Abb. 2 hingegen zeigt eine Qualitätsröhre des oberen Qualitäts- und Preissegments. Das Gehäuse besteht zu ca. der Hälfte aus einem Aluminium-Körper, der sowohl eine bessere mechanische Stabilität bewirkt, als auch die Wärme besser von der Röhre weggleitet. Diese 150 cm Qualitäts-Röhre biegt sich in der Mitte im Vergleich zur Billig-Röhre – wenn überhaupt – nur minimal durch.

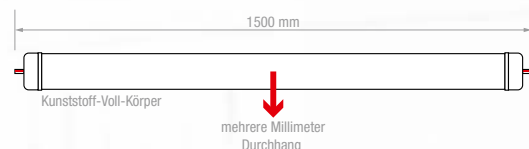


Abb. 1: 150 cm lange Billig-LED-Röhre, schlechte Wärmeabfuhr, hängt nach einiger Zeit mehrere Millimeter durch.

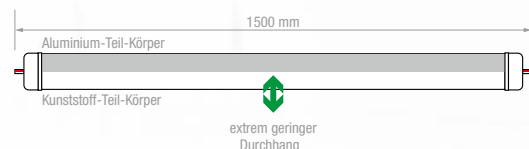


Abb. 2: 150 cm lange Qualitäts-Röhre, sehr gute Wärmeabfuhr, kein (bzw. extrem geringes) Durchhängen.

3. Untersuchungen zum Wärmeverhalten

Die Untersuchungen des TEC-Institutes haben ergeben, dass sich eine herkömmliche 150 cm lange Leuchtstoffröhre nach ca. 30 Minuten Betriebsdauer auf ca. 55° C erwärmt, während eine 150 cm lange Qualitäts-LED-Röhre unterhalb der 40° C-Marke bleibt (siehe Abb. 3). Hierbei wurde darauf geachtet, dass alle untersuchten Röhren eine definierte Beleuchtungsstärke (Lux-Zahlen-Bereich) auf eine klar umrissene Fläche in einer Messkammer erbrachten.

Temperaturverhalten der Leuchtstoff- und LED-Röhren

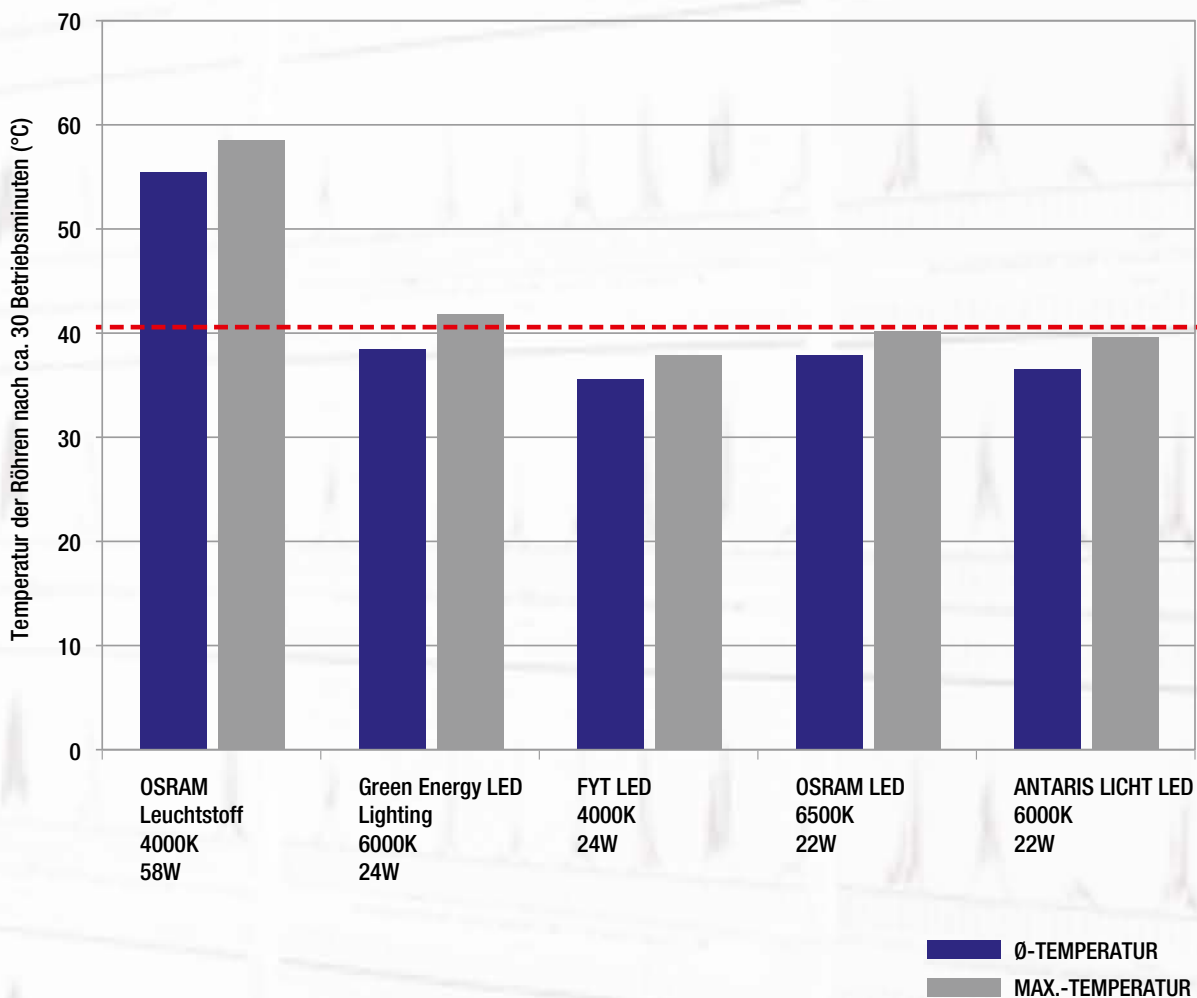


Abb. 3: Gegenüberstellung des Temperaturverhaltens einer 150 cm Leuchtstoffröhre und verschiedenen 150 cm langen LED-Röhren.

4. LED-Röhren im Langzeittest (Dauertests und Zyklfestigkeit)

4.1. Dauertests:

Speziell für die Langzeituntersuchungen (Dauertests und Tests auf Zyklfestigkeit) wurden an einer Wand im TEC-Lichtlabor größere Stückzahlen von LED- und Leuchtstoffröhren in den Längen 150 cm, 120 cm und 60 cm montiert (siehe Abb. 4).

Für die LED- und Leuchtstoffröhren, die im Dauerbetrieb getestet wurden, waren die Ergebnisse hinsichtlich der Degradation (Licht-Leistungsverminderung) über die Betriebsdauer von Interesse.



Abb. 4: Testwand für Langzeituntersuchungen (Dauertest und Zyklfestigkeit).

Zwischenfazit:

Das Diagramm in Abb. 5 zeigt deutlich, dass die Leuchtstoffröhren einer deutlich höheren Degradation unterliegen als qualitativ hochwertige LED-Röhren. Nach ca. 4000 Betriebsstunden sind die Leuchtstoffröhren bereits auf nur noch ca. 90 % ihrer ursprünglichen Lichtleistung (Leuchtkraft) abgefallen, während hochwertige LED-Röhren noch mindestens 98 % der Anfangs-Lichtleistung aufweisen. Auffallend ist auch, dass „billige“ LED-Röhren ebenfalls einer höheren Degradation unterliegen, im Gegensatz zu qualitativ hochwertigen LED-Röhren.

Zu den „Wellen“ im linken Diagrammteil von Abbildung 5

Diese „Wellen“ haben folgende Ursachen:

- Der Start der Dauermessungen erfolgte im Frühjahr 2013. In diesem Zeitraum gab es relativ starke Schwankungen der Raumtemperatur. Abhängig von der Außentemperatur wurde deshalb die Raumheizung im Lichtlabor ein- oder ausgeschaltet.
- Es ist im Diagramm, Abb. 5, klar zu erkennen, dass die abgegebene Lichtleistung auch von der Raumtemperatur abhängt: Je besser die Wärmeabgabe (kühle Umgebung), desto höher die Lichtleistung.
- Weiterhin wurden die einzelnen Röhren, während der ersten ca. 2000 Betriebsstunden, einmal pro Woche kurzzeitig aus dem Testfeld entfernt und hinsichtlich des Leistungsvermögens (Degradation) überprüft. Nach ca. 2000 Betriebsstunden geschah dies nur noch einmal pro Monat und gleichzeitig bei relativ konstanten Raumtemperaturen.

4.2. Tests der Zyklfestigkeit:

Vergleich der prozentualen Degradation (Verminderung der Lichtleistung) über die Betriebsdauer bei 150cm Röhren und Lichtfarbe 4000K

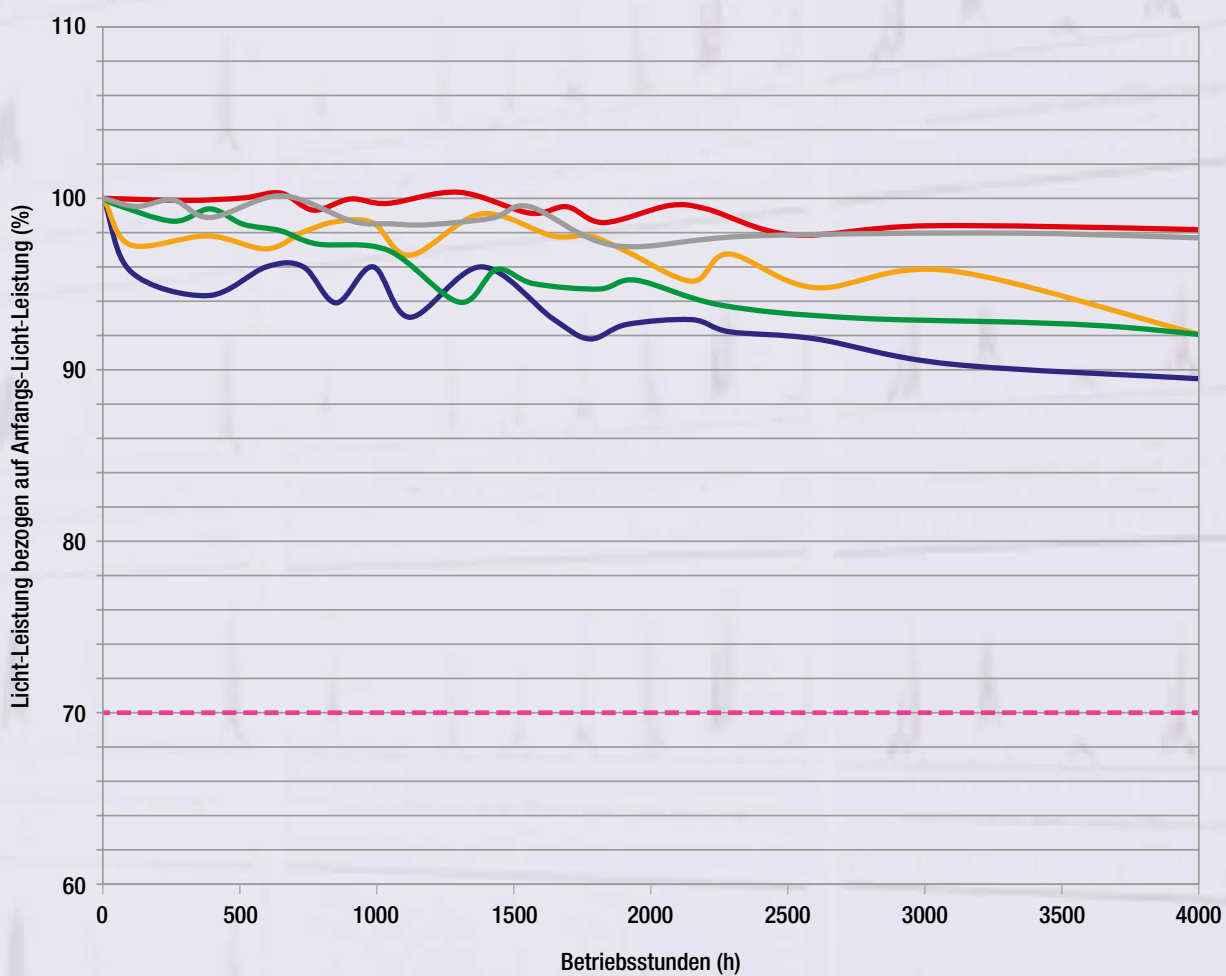


Abb. 5: Degradation von 150 cm langen Leuchtstoff- und LED-Röhren nach 4000 Betriebsstunden. Auf den ersten Blick erscheint der Wellenverlauf der Graphen, besonders in der linken Diagrammseite, irritierend. Die Erklärung hierzu erfolgt im Text unter „Zu den Wellen im linken Diagrammteil Abb. 5“.

- LEUCHTSTOFF OSRAM 4000K/58W
- LEUCHTSTOFF PHILIPS 4000K/58W
- LED ANTARIS-LICHT 4000K/22W
- LED-BILLIG-RÖHRE 4000K/24W
- LED OSRAM 4000K/22W
- 70%-GRENZE

Parallel zu den Dauertests fanden Untersuchungen hinsichtlich der Zyklusfestigkeit von Leuchtstoffröhren und LED-Röhren statt. Da die 150 cm langen Röhren in den Dauerbetriebsuntersuchungen Verwendung fanden, wurden für die parallel dazu durchgeführten Schaltzyklen-Untersuchungen die 120 cm langen Röhren verwendet. Ein Schaltzyklus dauerte 4 Minuten, davon sind die Röhren 2 Minuten ein- und 2 Minuten ausgeschaltet. Pro Tag ergaben sich dadurch 360 Schaltzyklen.

Im Diagramm, Abb. 6, ist klar zu erkennen, dass die getesteten Leuchtstoffröhren nach ca. 28.000 bzw. ca. 36.000 Schaltzyklen defekt waren, während bis zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes (Stand: Februar 2014), die getesteten LED-Röhren nach wie vor funktionierten und sich stark auf die 100.000-Schaltzyklen-Marke zu bewegen.

Anzahl der bisher geleisteten Schaltzyklen der Röhren im Test

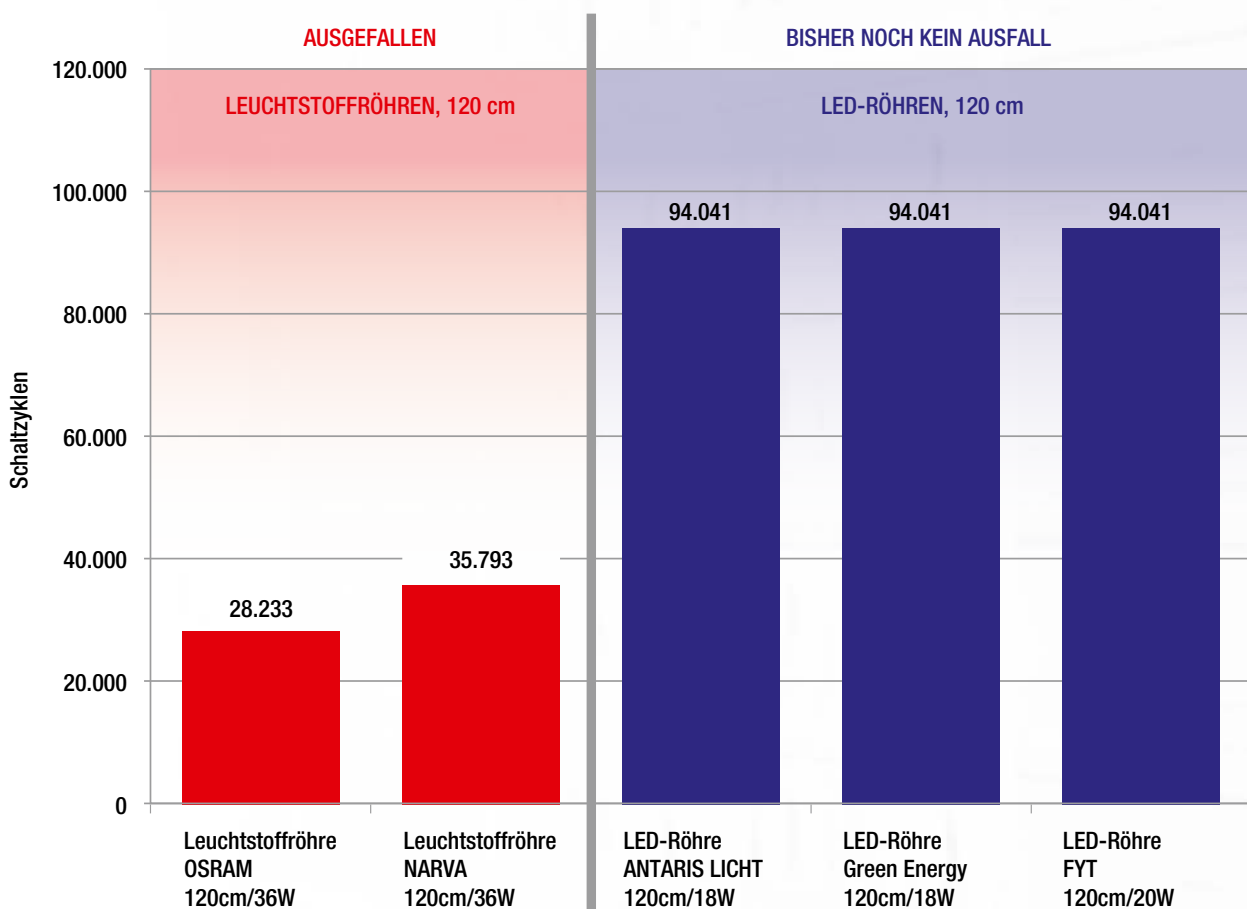


Abb. 6: Anzahl der bisher geleisteten Schaltzyklen

5. Wichtige Größen: Lumen und Lux

5.1. Lumen:

Um ein Gefühl dafür zu bekommen, wie hell eine LED-Röhre im Vergleich zu einer Leuchtstoffröhre ist, wird die Einheit „Lumen“ verwendet. Diese Einheit „Lumen“ (Abkürzung: lm) gibt die Größe des so genannten Lichtstromes an, der von einer Lichtquelle in den Raum abgestrahlt wird.

Ein typischer Wert des Lichtstromes für eine 150 cm Leuchtstoffröhre ist z. B. 5200 lm. Eine solche Leuchtstoffröhre könnte z. B. durch eine LED-Röhre mit einem Lichtstrom von „nur“ 2200 lm ersetzt werden – das sind nur etwa 40 % des Lichtstromes der Leuchtstoffröhre. Die Ursache liegt darin, dass die Leuchtstoffröhre ihren Lichtstrom in einem Winkel von 360° aussendet. Nur ein Teil dieses Lichtstromes gelangt direkt auf die zu beleuchtende Fläche, z. B. eine Schreibtisch-Oberfläche. Der Rest strahlt – mehr oder weniger ungenutzt – in die Umgebung. Allerdings kann man mit Reflektoren einen gewissen Teil davon wieder nutzbar machen. LED-Röhren dagegen senden ihren Lichtstrom zumeist unter einem Winkel von ca. 120° – also zielgerichtet – auf die zu beleuchtende Fläche. In die Umgebung wird nur sehr wenig ungenutztes Licht abgestrahlt. Dabei bildet die Einheit „Lumen“ nur einen groben Orientierungswert.

5.2. Lux:

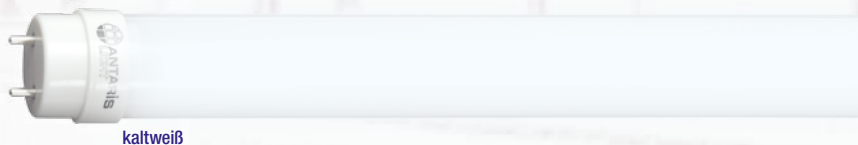
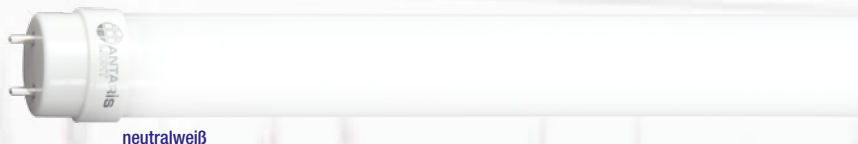
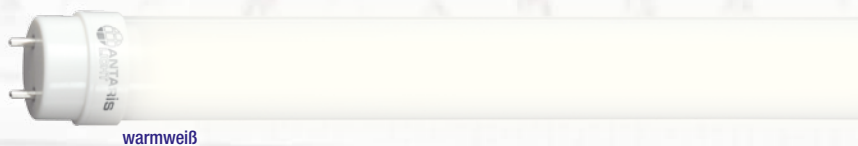
Die wichtigste Größe ist die Einheit „Lux“ (abgekürzt „lx“). Die Lux-Zahl bildet die Einheit der sog. Beleuchtungsstärke. Diese stellt in der angewandten Beleuchtungstechnik das Maß aller Dinge dar. So gelten z. B. für Arbeitsstätten genau definierte Werte hinsichtlich der jeweils vorgeschriebenen Mindest-Lux-Zahlen (DIN EN 12464-1, DIN EN 12464-2, etc.). So sind z. B. auf Schreibtisch-Oberflächen in Büros eine Mindest-Beleuchtungsstärke von 500 lx, in Verkaufsräumen 300 lx und in Lagerräumen mit Leseaufgaben 200 lx zwingend vorgeschrieben. Bei geplanten Umrüstungen von Leuchtstoffröhren auf LED-Röhren, empfiehlt es sich daher, zunächst einen kleinen Bereich testweise umzurüsten (zu „bemustern“) und vor und nach der Bemusterung die Lux-Zahlen zu messen.

Für Neu-Anlagen sind in jedem Fall Lichtplanungen mit professionellen Lichtauslegungsprogrammen zu empfehlen.

6. Lichtfarben:

Lichtfarben werden in der Einheit „Kelvin“ (abgekürzt „K“) angegeben. Ganz grob unterscheidet man drei Bereiche von Lichtfarben in Wohn- und Arbeitsräumen:

- **warmweiß**, Lichtfarbe ca. 3000 K, geeignet für Wohnräume
- **neutralweiß**, Lichtfarbe ca. 4000 K bis 5000 K, geeignet z. B. für Büros
- **kaltweiß**, Lichtfarbe ca. 6000 K (und darüber), für Bereiche in welchen sehr helles „kaltes“ Licht benötigt wird



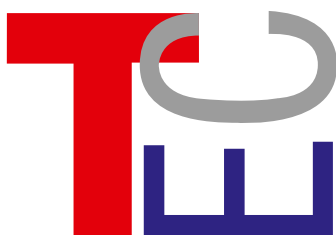
7. Abschließendes Fazit:

Die oben genannten Untersuchungen ergaben:

- LED-Röhren besitzen tatsächlich eine wesentlich längere Lebensdauer als Leuchtstoffröhren.
- LED-Röhren halten wesentlich höhere Schaltzyklen gegenüber Leuchtstoffröhren aus.
- Die Erwärmung von LED-Röhren liegt deutlich unter derjenigen von Leuchtstoffröhren.
- Die Stromkostensparnis ist erheblich, da 22 W-LED-Röhren in der Lage sind, z. B. 58 W-Leuchtstoffröhren, zu ersetzen.
- So genannte „Billig“-LED -Röhren haben gravierende Nachteile z. B. in der mechanischen Festigkeit, in der Wärme-Entwicklung und in der Licht-Leistungs-Degradation, gegenüber qualitativ hochwertigen (und damit teureren) LED-Röhren.
- Maßgeblich am Einsatzort ist die vorgeschriebene Lux-Zahl.
- Warmweiße Lichtfarben (ca. 3000 K) eignen sich in der Regel nur für Wohnräume und nicht für Arbeitsbereiche.
- Vor einem Austausch von bestehenden Leuchtstoffröhren-Anlagen gegen LED-Röhren, empfiehlt sich in jedem Fall ein Test in einem kleineren Bereich (Bemusterung).

8. Verwendetes Equipment:

Gerät	Typ	Hersteller/Lieferant
Lux-Meßgerät	MAVOLUX 5032C USB	Gossen
Digital-Thermometer	testo 110	testo
IR-Thermometer	TM-919	Lutron
Digital-Thermometer	Checktemp 1	Hanna Instruments



TEC-Institut für Technische Innovationen GmbH & Co. KG

Am Heerbach 5
63857 Waldaschaff
Tel.: +49 (0) 6095 950-161
Fax: +49 (0) 6095 950-170
Email: info@tec-institut.de
Internet: www.tec-institut.de