

Xenon- oder LED-Stroboskope

Gegenüberstellung zweier Technologien

© 2007-2010 DRELO Ing. Paul Drewell GmbH & Co. KG

DRELO wird als Kurzname für DRELO Ing. Paul Drewell GmbH & Co. KG in diesem Dokument verwendet.

Ohne vorherige schriftliche Genehmigung durch DRELO darf kein Teil dieser Publikation in irgendeiner Weise vervielfältigt, übertragen, umgeschrieben oder in einem Speichermedium abgespeichert sowie in eine andere Sprache oder Computersprache übersetzt werden. DRELO behält sich das Recht vor, ohne vorherige Ankündigung Änderungen an diesem Dokument vorzunehmen. Der Inhalt dieses Dokuments beinhaltet keine vertraglichen oder andere Verpflichtungen seitens DRELO und ist auch nicht rechtlich bindend. Diese Publikation wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Verbesserungsvorschläge können bei DRELO eingereicht werden.

Eine Kopie kann schriftlich bei DRELO angefordert werden

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
1.1	Was ist Licht?.....	4
1.2	Lichttechnische Größen.....	5
1.3	Farbwiedergabe.....	8
2	Spektrum einer Xenon-Gasentladungsblitzröhre.....	10
3	Spektrum einer Weißlicht-LED.....	11
4	Farbtemperatur.....	13
5	Xenon-Blitzröhren.....	14
5.1	Lebensdauer	15
5.2	Blitzdauer und Merkmale.....	15
6	LED - Leuchtdiode (Light Emitting Diode).....	16
6.1	Definition der Lebensdauer einer LED.....	16
7	Xenon- oder LED-Stroboskopbeleuchtung?.....	17
8	Fazit.....	18

1 Einleitung

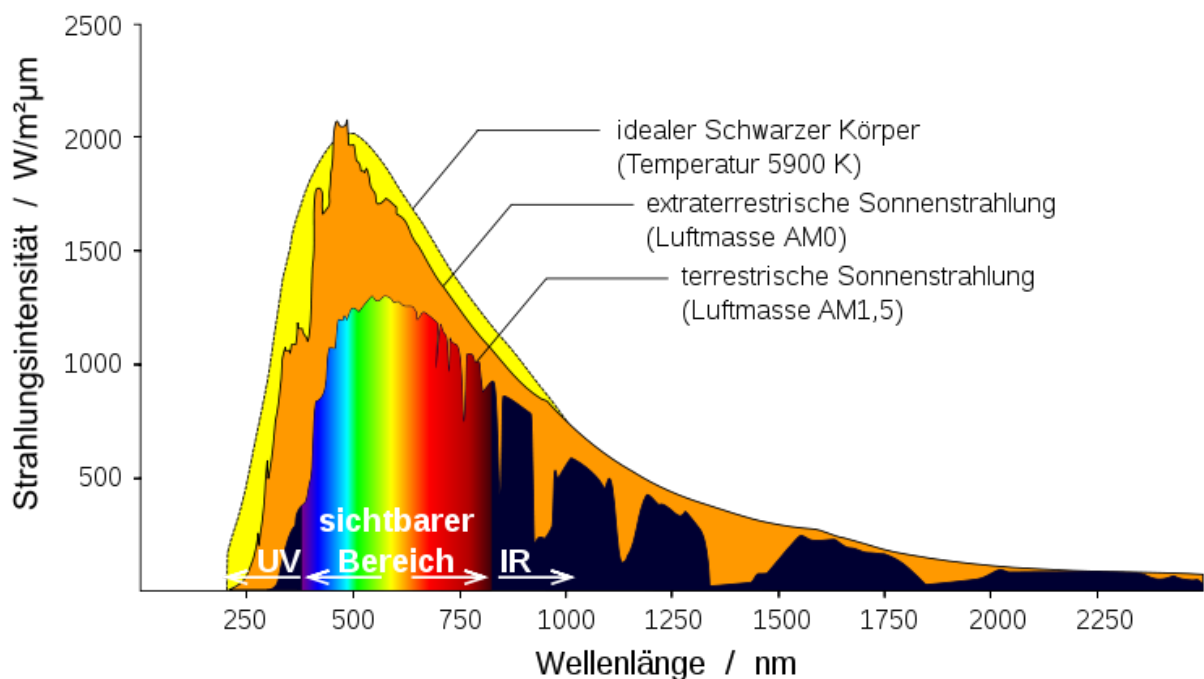
Bevor wir auf die Unterschiede zwischen den Stroboskopen mit Xenon- und LED-Blitzlichtquellen eingehen, möchten wir Ihnen vorab die wesentlichen Begriffe der Beleuchtungstechnik erläutern.

1.1 Was ist Licht?

Zur Erklärung der meisten Phänomene lässt sich Licht als elektromagnetische Schwingung definieren. Die Strahlung der Sonne enthält verschiedene Wellenlängen die sich etwa mit Lichtgeschwindigkeit (300.000 km/s) ausbreiten.

Man unterscheidet zwischen den für das menschliche Auge sichtbaren Wellenlängen (Licht) und den nicht sichtbaren Wellenlängen (z.B. Radiowellen).

Der für das Auge sichtbare Teil des Spektrums der Wellenlängen liegt bei etwa 370 nm (Violett) bis 750 nm (Rot), entsprechend einer Frequenz von $8 \cdot 10^{14}$ Hz bis $4 \cdot 10^{14}$ Hz.



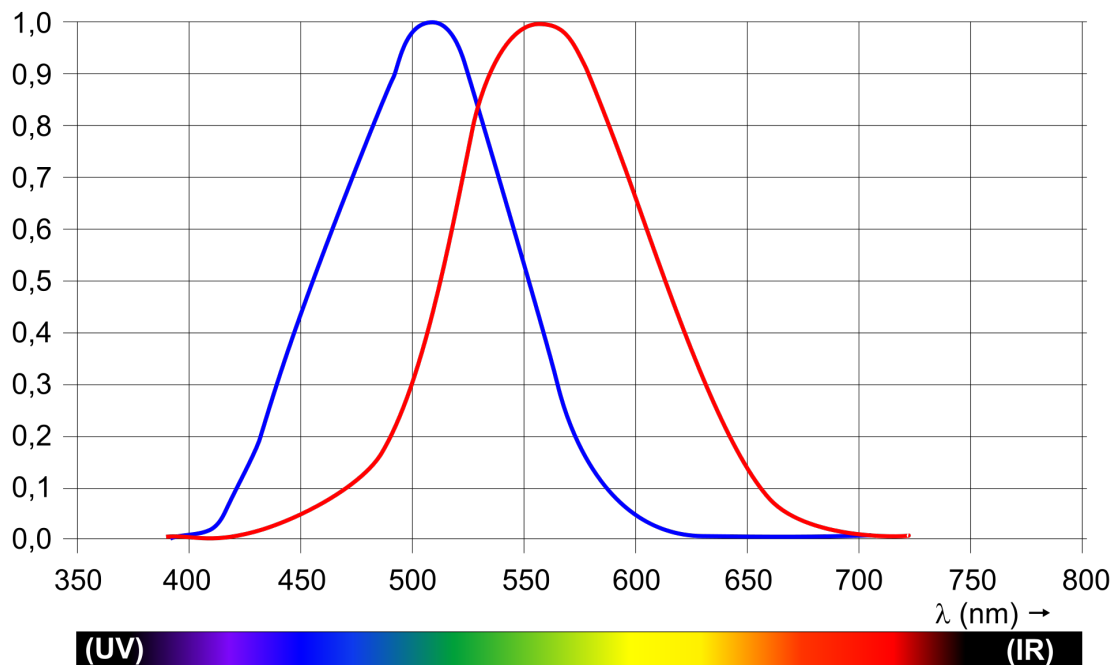
Bildquelle: Wikipedia; Autor: Degreen

Das Auge nimmt das Sonnenlicht im Bereich von 370 nm bis 750 nm als weißes Licht wahr, gewichtet jedoch Strahlungsenergien gleicher Energiedichte unterschiedlich. Dieses Sehempfinden nennt man auch „*relative Empfindlichkeit des Auges*“ das wichtig für den gesamten Sehvorgang ist.

Bieten wir dem Auge alle Farben mit gleicher Energiedichte an, so stellen wir fest, dass die Farbe Grün (bzw. Grün-Gelb) am hellsten erscheint.

Dieser Umstand führt dazu, dass verschiedene Farben mit gleicher Energiedichte unterschiedlich hell wahrgenommen werden.

Alle lichttechnischen Grundgrößen entstehen dadurch, dass die entsprechenden strahlungsphysikalischen Größen mit der relativen Empfindlichkeit des Auges gewichtet werden, da das Auge nicht jede Farbe als gleich hell empfindet (s. rote Kurve). Nachts verschiebt sich die relative Empfindlichkeit des Auges deutlich in den bläulichen Bereich nach links, beginnend bei 400 nm (s. blaue Kurve).



Relative Augen-Hellempfindlichkeit (Bildquelle: Wikipedia; Autor: HHahn)

1.2 Lichttechnische Größen

Lichtstrom Φ in Lumen (lm)

Eine der wichtigsten lichttechnischen Einheiten ist der Lichtstrom. Der Lichtstrom ist die Lichtleistung, die von einer Lichtquelle abgegeben wird.

Die Maßeinheit des Lichtstroms Φ ist Lumen (lm)

Unter Lichtausbeute versteht man den Quotient aus Lichtstrom und zugeführter elektrischer Leistung.

Die Angabe der Lichtausbeute ermöglicht eine Aussage über den Wirkungsgrad einer Lichtquelle.

Die Maßeinheit der Lichtausbeute ist lm/W

$$\text{Lichtausbeute} = \text{Lichtstrom } \Phi \text{ (lm)} / \text{Leistung } P \text{ (W)} \quad \eta = \Phi / P$$

Beleuchtungsstärke E in Lux (lx)

Die Beleuchtungsstärke (E) ist der Quotient aus dem auf einer Fläche auftretenden Lichtstrom Φ und der beleuchteten Fläche (A). Die Beleuchtungsstärke ist ein Maß für den auf eine Fläche auffallende Lichtstrom, dabei gilt:

trifft ein Lichtstrom von 1 lm gleichmäßig auf eine Fläche von 1 m², dann ist die Beleuchtungsstärke 1 lx (Lux).

Die Beleuchtungsstärke gibt an, wie stark eine Fläche beleuchtet wird.

Damit Sie ein Gefühl für den Helligkeitseindruck erhalten, haben wir hier einige der üblichen Beleuchtungsstärken unsere Umwelt aufgeführt.

Lichtverhältnis für:	Beleuchtungsstärke
Heller Sonnentag	100.000 lx
Bedeckter Sommertag	20.000 lx
Beleuchtung TV Studio	1.000 lx
Bürobeleuchtung	500 lx
Wohnzimmerbeleuchtung	200 lx
Flurbeleuchtung	100 lx
Straßenbeleuchtung	10 lx
Kerze ca. 1 Meter entfernt	1 lx

Die Maßeinheit der Beleuchtungsstärke E ist Lux (lx)

Beleuchtungsstärke E (lx) = Lichtstrom Φ (lm) / Fläche A (m²)

$$E = \Phi / A$$

1 Lux entspricht 1 Lumen / Quadratmeter

1 lx entspricht 1 lm / 1 m²

Lichtstärke I in Candela (cd)

Die Lichtstärke I ist der Quotient aus dem von einer Lichtquelle in einer bestimmten Richtung ausgesandten Lichtstrom und dem durchstrahlten Raumwinkel Ω , er wird Steradian (sr) genannt.

Die Lichtstärke ist also ein Maß für die Lichtausstrahlung in einer bestimmten Richtung, dies wird z.B. durch Reflektoren beeinflusst.

Die Maßeinheit der Lichtstärke I ist Candela (cd)

Lichtstärke I (cd) = Lichtstrom Φ (lm) / Raumwinkel Ω (sr) $I = \Phi / \Omega$

Leuchtdichte L in (Candela/m²)

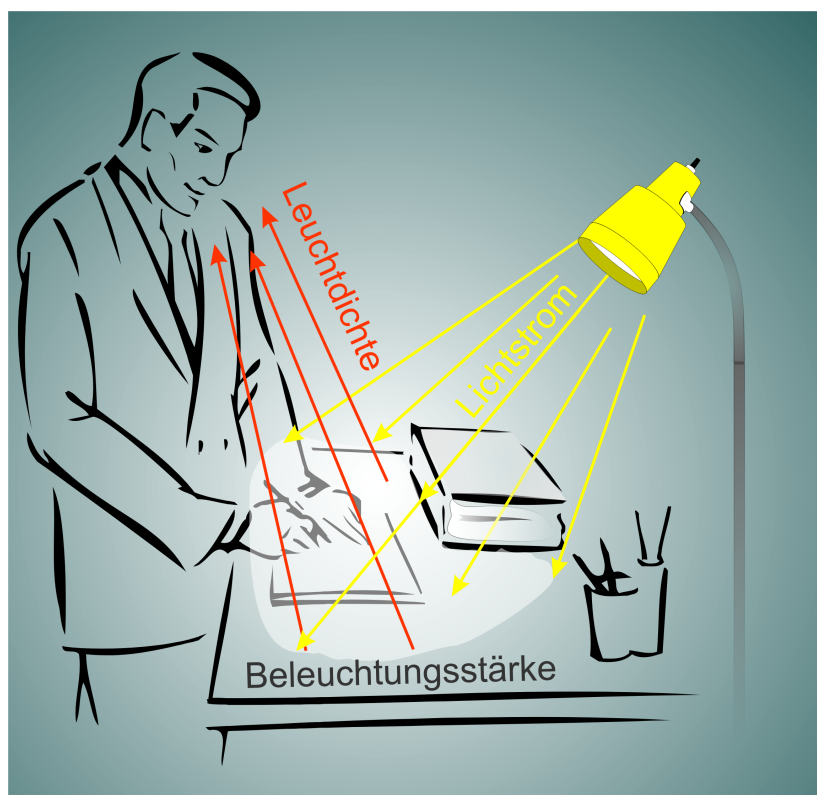
Die Leuchtdichte ist ein Maß für den Helligkeitseindruck, den das Auge von einer selbstleuchtenden oder beleuchteten Fläche hat. Die Leuchtdichte ist die einzige lichttechnische Größe die man sieht (s. Bild).

Dabei ist als gesehene (scheinbare) Oberfläche die Projektion einer leuchtenden Fläche auf eine zur Blickrichtung senkrechte Ebene zu verstehen.

Die Maßeinheit der Leuchtdichte L ist Candela/Fläche (cd/m²)

Leuchtdichte L (cd/m²) = Lichtstärke I (cd) / gesehene Fläche A (m²) $L = I / A$

Das Auge sieht ausschließlich Leuchtdichten, nicht Beleuchtungsstärken.



Verdeutlichung der Begriffe Lichtstrom, Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte.

Die Leuchtdichte ist also ein wichtiger Begriff in der Fotometrie. Damit haben wir eine Größe mit der wir beschreiben können wie hell wir eine Lichtquelle empfinden. Mit anderen Worten, je höher der ausgestrahlte Lichtstrom ist, je heller empfinden wir die Lichtquelle.

Lichtquelle	Leuchtdichte
Heller Sonnentag	1.600.000.000 cd/m ²
Glühlampe 100W, klar	10.000.000 cd/m ²
Glühlampe 100W, matt	200.000 cd/m ²
Kerzenlicht	5.000 cd/m ²

Lichtmenge in Lumensekunden (lms)

Die Lichtmenge gibt die Höhe des Lichtstroms über einen bestimmten Zeitraum an.

Beispiel:

Eine Leuchtdiode wird für eine Sekunde eingeschaltet. Während dieses Zeitraumes erzeugt sie einen Lichtstrom von 4000 lm. Die abgestrahlte Lichtmenge beträgt daher 4000 lms.

Wird die gleiche Leuchtdiode nur noch für 20 μ s eingeschaltet, beträgt die Lichtmenge nur noch 0,08 lms.

Wird sie hingegen für sechzig Sekunden eingeschaltet, beträgt die Lichtmenge 240.000 lms.

Die Maßeinheit der Lichtmenge ist Lumensekunden (lms)

Lichtmenge (lms) = Lichtstrom Φ (lm) * Zeit t (s) Lichtmenge = $\Phi * t$

1.3 Farbwiedergabe

Korrekte Farbwahrnehmung auch bei künstlichem Licht ist eine wichtige Aufgabe guter Beleuchtung. Der Farbeindruck wird durch die Wechselwirkung zwischen der Farbe der betrachteten Gegenstände, also deren spektralen Reflexionsgraden, und der spektralen Zusammensetzung des Lichtes bestimmt.

Aus der Erfahrung des täglichen Lebens sind dem Menschen eine Reihe von Körperfarben bekannt, die je nach Beleuchtung zwar unterschiedlich aussehen können, für die aber unabhängig davon bestimmte „*Erfahrungs-Sehwerte*“ vorhanden sind.

Z. B. ist die Farbe der menschlichen Haut bei Tageslicht „*gespeichert*“. Fehlt im künstlichen Licht eine Spektralfarbe oder sind einige Spektralfarben im Spektrum einer Lampe überbetont (z.B. bei Glühlampenlicht), erscheint die Hautfarbe zwar andersfarbig, aber auf Grund der Erfahrung trotzdem „*natürlich*“. Bei anderen farbigen Materialien, für die keine „*Erfahrungswerte*“ vorliegen, können jedoch völlig andere Farbwahrnehmungen eintreten.

Gegenstände haben sogenannte Körperfarben. Ein grünes Blatt erkennen wir als grün, weil die grüne Körperfarbe die grünen Anteile der Lichtstrahlen der Sonne oder einer künstlichen Lichtquelle reflektieren. Die nicht grünen Anteile dieser Strahlung werden vom Farbstoff des Blattes absorbiert und sind aus diesem Grunde nicht sichtbar.

Für den Betrachter völlig gleiche Farben können durch sehr unterschiedliche Farbreize hervorgerufen werden. Man nennt solche gleich aussehenden, aber auf verschiedenen spektralen Strahlungsverteilungen beruhenden Farben bedingt gleiche (metamere) Farben.

Das erzeugte Licht durch eine Xenon-Blitzröhre hat ein breitbandiges, weißes Licht beginnend bei ca. 320 nm und endet bei ca. 800 nm (alle sichtbaren Wellenlängen des Sonnenlichtes). Das erzeugte weiße Licht einer Leuchtdiode entsteht aus einem schmalbandigen Blau und einem Leuchtstoff, meist Phosphor, der einen Teil des blauen Lichts in gelbes Licht umwandelt. Der Unterschied zwischen beiden Lichtquellen besteht darin, dass bei der LED kein „*kontinuierliches*“ Spektrum vorhanden ist und meist erst ab 420 nm beginnt und bereits bei 650 nm endet.

Wellenlängen um 480 nm werden nicht oder nur sehr schwach erzeugt; die Folge ist, dass Wellenlängen mit einer bestimmten Farbe nicht vorhanden sind.

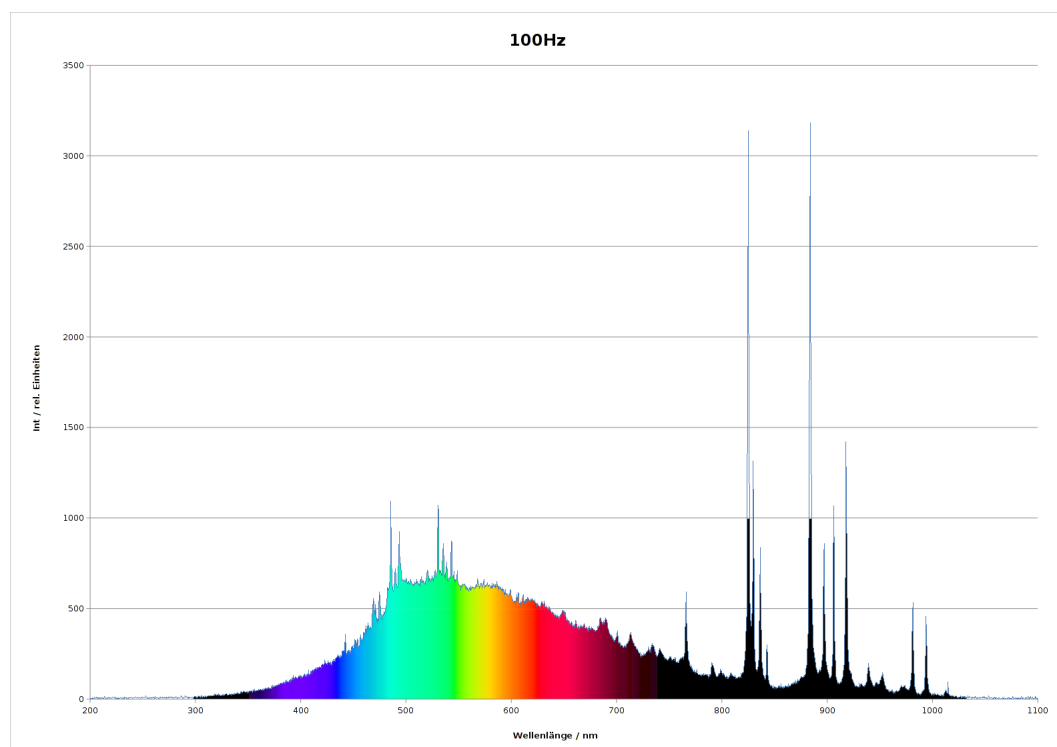
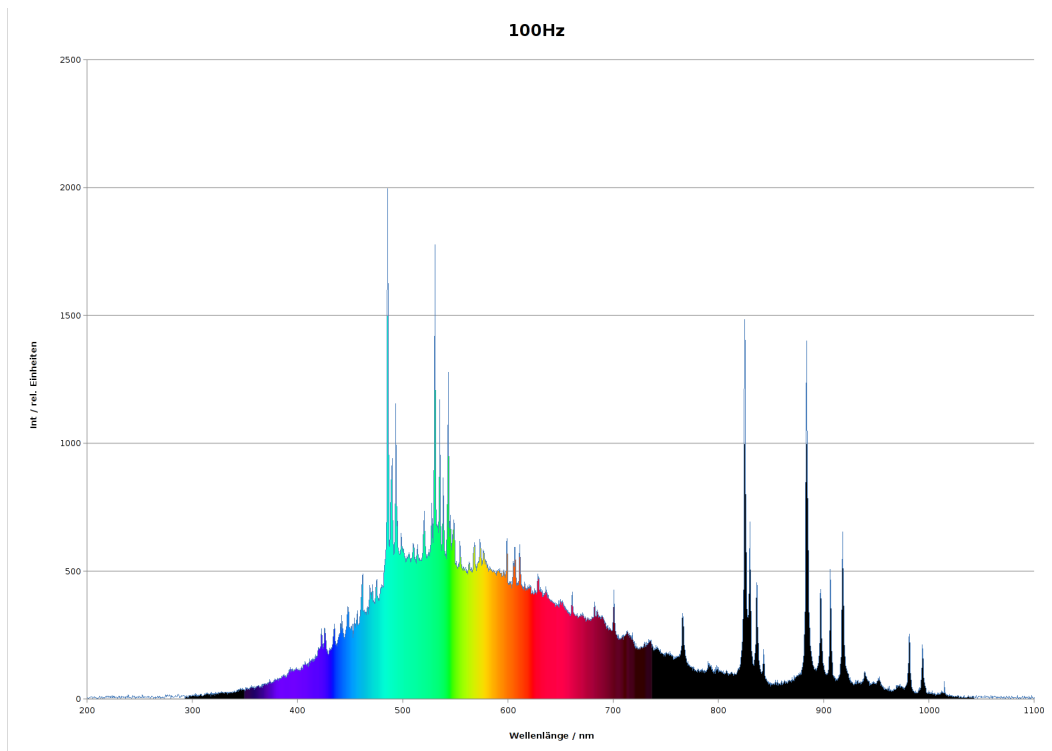
Das Licht aus beiden Lichtquellen erscheint unserem Auge als weißes Licht; dabei sind in dem einen alle Wellenlängen vertreten, während das andere ein unvollständiges Spektrum wiedergibt.

Farbige Objekte können im Licht solcher Beleuchtungsquellen verschiedenfarbig aussehen.

Das Xenon Spektrum besteht aus einem Kontinuum, dessen Verteilung mit der Schwarzkörperstrahlung auffallend übereinstimmt, siehe auch [Farbtemperatur](#).

2 Spektrum einer Xenon-Gasentladungsblitzröhre

Je nach Versorgungsspannung und Stromfluss kann das Verhältnis der Wellenlängen von Linien zu Kontinuum verändert werden, dies wird hauptsächlich durch die Entladungsstromdichte beeinflusst. Diese Veränderung ist in den beiden folgenden Diagrammen dargestellt:

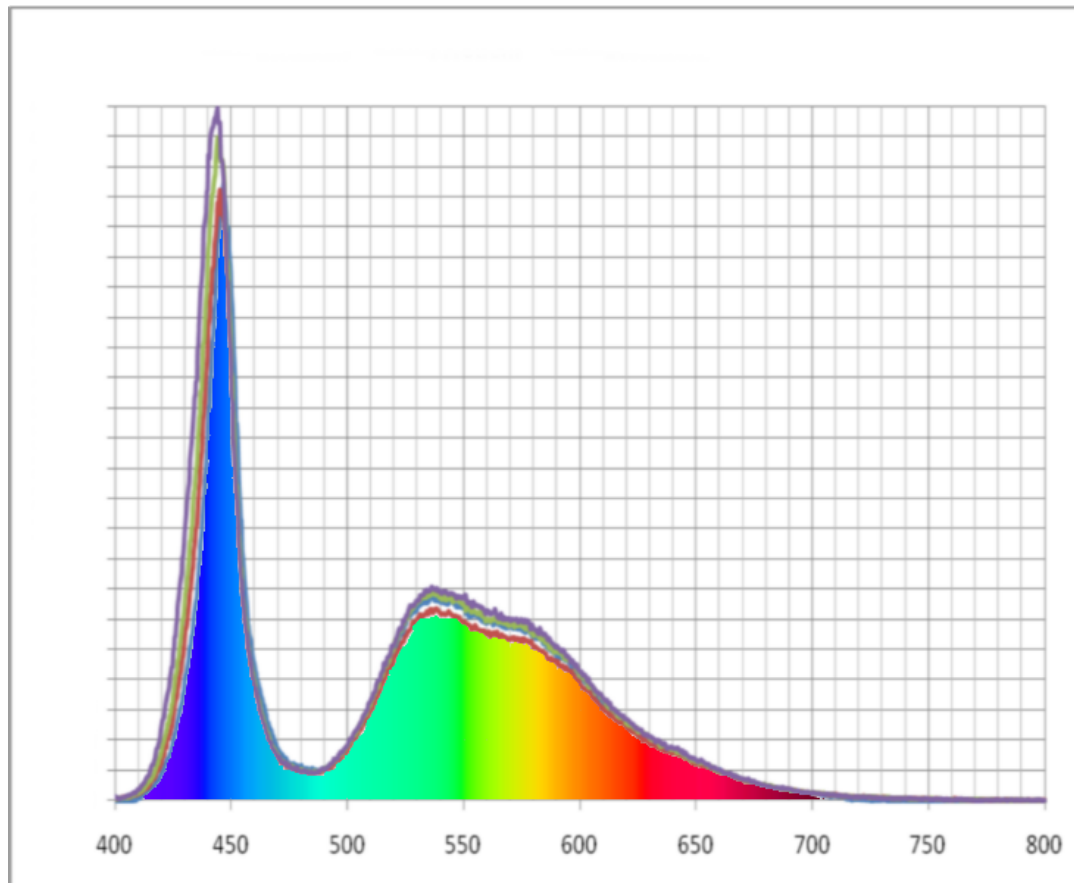


3 Spektrum einer Weißlicht-LED

In Abhängigkeit der Farbtemperatur sind je nach verwendeter Weißlicht-LED Abweichungen in der Betonung der Wellenlängen möglich.

In dem folgenden Diagramm sind drei Kurvenverläufe mit unterschiedlichen Stromstärken dargestellt, hier sind keine signifikanten Verschiebungen der Wellenlängen erkennbar.

Schlussfolgernd kann daraus abgeleitet werden, dass innerhalb einer Farbtemperatur Stromänderungen keinen wesentlichen negativen Einfluss haben.

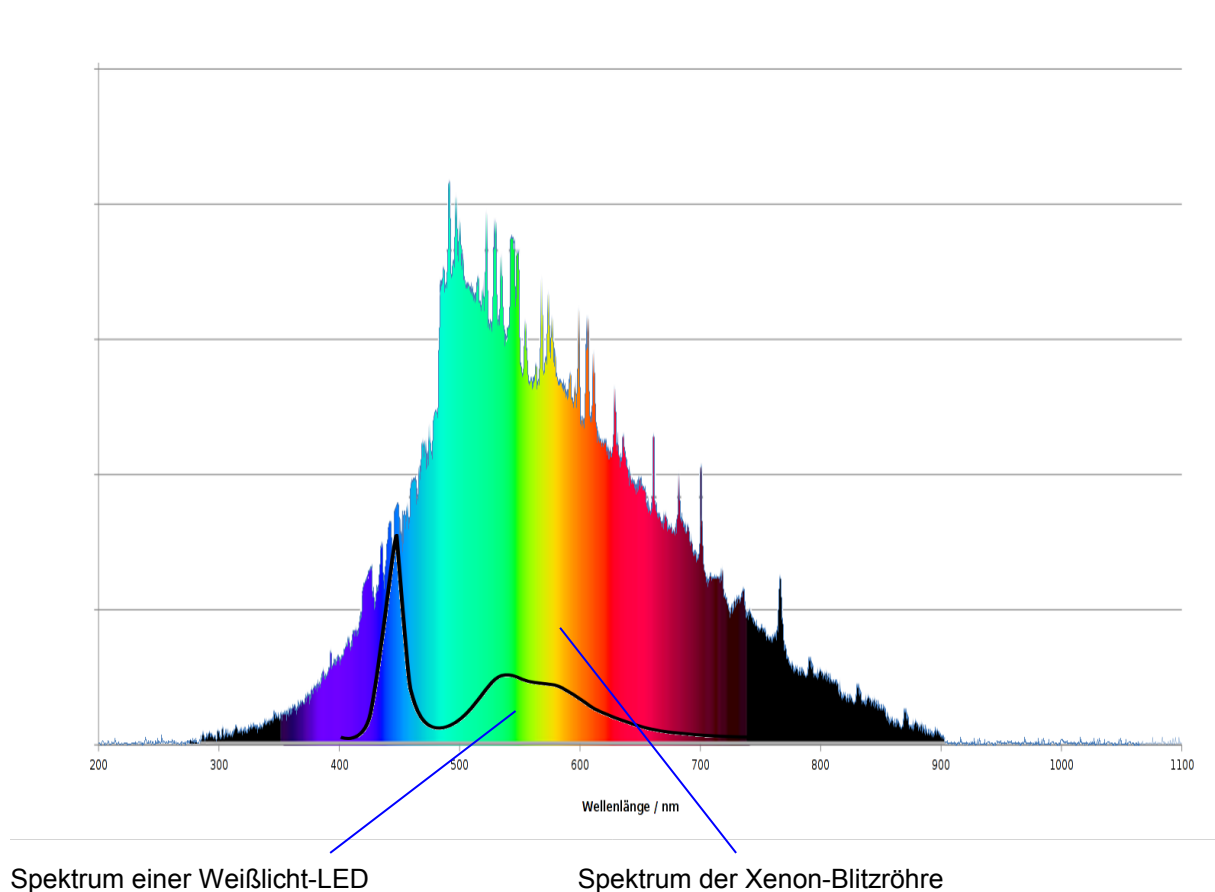


Spektrum einer Weißlicht-LED

Zu erkennen ist jedoch, dass bestimmte Wellenlängen zwischen 460 nm und 500 nm nur sehr gering ausgeprägt sind. Bei genauer Betrachtung erkennt man weiter, dass ab ca. 650 nm der Rotanteil geringer betont ist als bei einer Xenon-Blitzröhre.

Um Ihnen einen Eindruck der spektralen Unterschiede zwischen einer Xenon-Blitzröhre und einer Weißlicht-LED zu vermitteln, haben wir hier beide Spektralverläufe direkt übereinander gelegt.

Damit man den Spektralverlauf beider Lichtquellen zueinander darstellen kann, wurde der Intensitätswert der LED grafisch an die Intensität der Xenon-Blitzröhre (vertikal) angepasst. Dieses ist notwendig, da die Xenon-Blitzröhre um ein Vielfaches heller ist als die Leuchtdiode.



4 Farbtemperatur

Um sowohl aktive und passive Kunstlichtquellen miteinander vergleichen zu können, verwendet man die Farbtemperatur, die uns unbewusst täglich begleitet. Seit je her verbinden wir Farben mit Temperaturen. So weisen wir instinktiv der roten Farbe warme, und der blauen Farbe kalte Temperaturen zu (z.B. farbige Markierung am Wasserhahn).

Als Farbtemperatur bezeichnet man die Temperatur, die ein „*Schwarzer Körper*“ haben müsste, damit dessen Licht den selben Farbeindruck erweckt wie die tatsächlich vorhandene Beleuchtung z.B. im Büro oder im Operationssaal. Die Maßeinheit für die Farbtemperatur ist Kelvin (K).

Ein „*Schwarzer Körper*“ absorbiert vollständig die einfallende Strahlung unabhängig von deren Wellenlänge; reflektiert also keine Strahlung.

Bei ca. 500 °C beginnt Stahl in einer tiefroten Farbe zu glühen. Erhöht man die Temperatur geht die Farbe ins gelbliche, bis der Stahl schließlich weißlich glüht. Wenn das Metall jetzt noch nicht schmilzt, kann man die Temperatur so weit erhöhen bis schließlich eine bläuliche Färbung eintritt.

Ein auf ca. 500 °C erhitzter Stahlkörper glüht rot; den roten Farbeindruck erhält man jedoch bei einer Farbtemperatur von einigen tausend Kelvin.

Wie ist das zu erklären?

Es fehlt noch eine Art Korrekturfaktor, der den theoretischen Wert der Farbtemperatur mit der praktischen Farb-Wahrnehmung in Einklang bringt.

Einen solchen Faktor gibt es; seine physikalische Bezeichnung ist *Absorptionsgrad*. Erinnern wir uns: Die Farbtemperatur gibt die Temperatur eines „*Schwarzen Körper*“ an, die er haben müsste, um einen bestimmten Farbeindruck zu erzeugen.

Ein „*Schwarzer Körper*“ absorbiert sämtliche auf ihn einfallende Strahlung und ist damit ein ideales Gebilde, das es in der Praxis nicht gibt. Ein realer Körper dagegen absorbiert nur einen Teil der einfallenden Strahlung; der Rest wird reflektiert. Den prozentualen Anteil der absorbierten Strahlung gibt man numerisch mit dem Absorptionsgrad an.

Ein Stück Stahl hat einen Absorptionsgrad von 20%, d.h. 80% der einfallenden Strahlung wird reflektiert, 20% wird absorbiert. Das Stück Stahl strahlt also nur mit 20% der Strahlungsleistung des „*Schwarzen Körper*“; näherungsweise bedeutet dies, dass die effektive Farbtemperatur auf ca. 773 K sinkt. Dies erklärt die Tatsache, dass eine Stahlstange bereits bei so niedrigen Temperaturen rot glüht und nicht erst bei tausenden Grad Celsius.

Die Farbtemperatur für rotglühenden Stahl beträgt ca. 3865 K, bei 20% Strahlungsleistung gegenüber einem Schwarzkörper entspricht das 773 K, dies entspricht 500 °C.

Ein „*Schwarzer Körper*“ mit einer Temperatur von 5500 K hat ein Strahlungsspektrum, das in etwa dem des Tageslichts entspricht. Erhöht man die Farbtemperatur von ca. 3000 K bis ca. 9000 K so ändert sich der Farbeindruck von rot über orange, gelb, weiß, hellblau, blau bis violett.

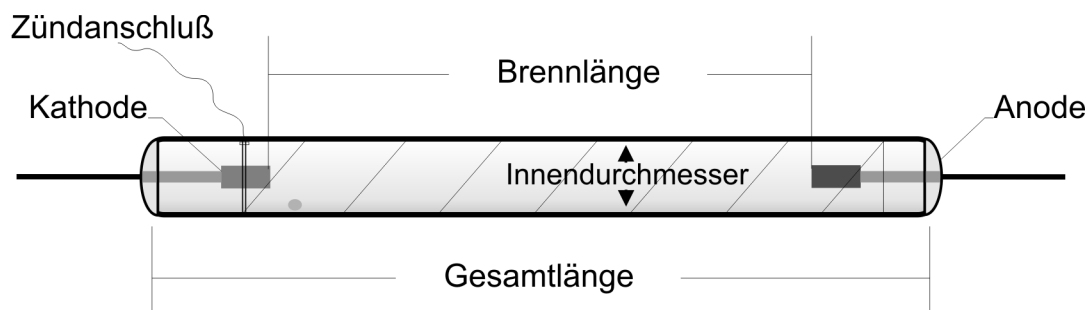
5 Xenon-Blitzröhren

Unter den Gasentladungslampen zählen die Xenon-Blitzröhren zu den Hochdruckentladungslampen und sind speziell für den Pulsbetrieb in Stroboskopen geeignet.

Alle Blitzröhren bestehen aus einem Glas- oder Quarzglasrohr, an dessen Enden die Stromzuführungen (Anode und Kathode) eingeschmolzen sind. Das Glasrohr wird je nach Anwendung als U-Bogen, Ringbogen oder auch in Stabform ausgelegt.

Eine Blitzröhre hat abgesehen vom Glas drei weitere wesentliche Merkmale:

- die Brennlänge, das ist der Abstand zwischen den Elektroden (Kathode, Anode),
- den Rohrrinnendurchmesser,
- den Fülldruck.



Schematische Darstellung einer Xenon-Blitzröhre

Blitzröhren mit einem Verhältnis der Brennlänge zum Innendurchmesser zwischen 5 und 20 heißen „wandstabilisiert“.

Ist das Verhältnis kleiner 5 spricht man von „elektrodenstabilisiert“.

Elektrodenstabilisierte Röhren werden für extrem kurze Lichtpulse mit hoher Leuchtdichte eingesetzt. Bei vielen dieser sogenannten Kurzbogenlampen ist das Verhältnis zwischen Brennlänge und Innendurchmesser deutlich kleiner als 5.

Wandstabilisierte Röhren weisen hingegen den günstigsten Lichtwirkungsgrad auf und werden in der Mehrzahl verwendet.

Mit steigendem Fülldruck des Xenon-Gases wächst generell die Lichtausbeute, jedoch nimmt die Zündwilligkeit umgekehrt proportional ab.

Fast alle Blitzröhren werden mit einer kapazitiven Zündelektrode versehen, die als Draht oder Silberanstrich von außen auf dem Glas angebracht ist. Diese Zündart wird auch als „kapazitive Außenzündung“ bezeichnet.

Der Vollständigkeit halber muss hier die sogenannte Serien- oder indirekte Serienzündung angesprochen werden, die häufig bei den Kurzbogenblitzröhren Anwendung findet.

An dieser Stelle werden wir nicht weiter auf die verschiedenen Zündarten eingehen, da dies nicht unmittelbar Bestandteil der Gasentladungsröhre ist.

5.1 Lebensdauer

Blitzröhren altern eigentlich nur durch den leichten Rückgang ihrer Lichtausbeute, und durch das Nachlassen der Zündwilligkeit. Blitzaussetzer oder der Totalausfall können durch Nachlassen der Zündwilligkeit hervorgerufen werden.

Hochwertige Blitzröhren erreichen je nach Betriebsbedingungen (Blitzenergie, Anodenspannung, Blitzfolge, Blitzkondensator und Abstrahlbedingungen) eine Lebensdauer bis zu 3000 Betriebsstunden.

Die Lebensdauer einer Blitzröhre ist damit von vielen Parametern abhängig und bedarf der genauen Kenntnis der Betriebsbedingungen.

5.2 Blitzdauer und Merkmale

Die Blitzdauer liegt im allgemeinen bei unseren Produkten zwischen 5 μs und 20 μs . Aufgrund der Eigenschaften des Edelgases Xenon sind folgende Merkmale hervorzuheben:

- die Kontinuumstrahlung (breitbandige, lückenlose Strahlung) ist sehr sonnenlichtähnlich und beinhaltet ein nahezu vollständiges Tageslichtspektrum.
- Das Xenon Spektrum besteht aus einem Kontinuum, dessen Verteilung mit der Schwarzkörperstrahlung auffallend übereinstimmt.
- Xenon hat von allen Edelgasen den höchsten photometrischen Strahlungswirkungsgrad von ca. 50 lm/W
- Xenon-Blitzröhren haben die höchste Leuchtdichte aller technischen Lichtquellen, Ausnahmen bilden Laser oder Hochleistungs-LED's für den Gleichstrombetrieb (kein Impulsbetrieb im stroboskopischen Sinne)
- die hohe Leuchtdichte wird innerhalb der Blitzdauer (5–20 μs) umgesetzt und steht vollständig während des Blitzvorgangs zur Verfügung.
- Lebensdauer unserer Xenon-Quarzblitzröhren, bis zu 3000 Betriebsstunden je nach Belastung und Blitzfolge auch höher.

6 LED - Leuchtdiode (Light Emitting Diode)

Leuchtdioden gehören zu den Elektrolumineszenzstrahlern. Sie sind Halbleiterdioden, die nach Anlegen der Durchlassspannung aus der Sperrschicht heraus Licht emittieren.

Die Strahlungserzeugung erfolgt bei der LED durch Rekombination von Ladungsträgerpaaren in einem Halbleiter mit entsprechendem Bandabstand. Der Bandabstand und damit die Wellenlänge des Lichtes sind durch die Wahl der Halbleiterwerkstoffe in Zusammenhang mit dem entsprechenden Dotiermaterial bestimmt. Leuchtdioden können selbst nur Licht mit einer bestimmten Wellenlänge emittieren, z.B. grünes Licht mit einer Wellenlänge von 565 nm. Weißes Licht ist somit nicht direkt zu erzeugen, da weißes, *natürliches* Licht immer eine Mischung aus allen vorkommenden Wellenlängen des für uns sichtbaren Lichts beinhaltet.

Um „*scheinbar*“ weißes Licht durch eine LED zu erzeugen, gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder fasst man mehrere LED-Chips unterschiedlicher Farbe in einem LED-Gehäuse (RGB-LED) zusammen und mischt so die verschiedenen Farbanteile zu scheinbar weißem Licht, oder man versieht eine blau leuchtende LED mit einer internen Leuchtschicht (Phosphorschicht), die einen Teil des blauen Lichts in gelbes Licht umwandelt, um so die Spektralanteile zu erzeugen die für das „*scheinbar*“ weiße Licht erforderlich sind. Durch die additive Farbmischung der Spektralfarben Blau und Gelb entsteht dann das so genannte weiße Licht.

Das blaue Licht (bei etwa 450 nm) wird in ein breites Spektrum von ungefähr $\Delta\lambda = 250$ nm umgesetzt. Auffällig ist, dass verschiedene Wellenlängen im Bereich 480 nm nicht oder nur sehr gering vorhanden sind.

6.1 Definition der Lebensdauer einer LED

Das Ende der Lebensdauer der LED ist erreicht, wenn der Lichtstrom nur noch 50% des Ursprungswertes beträgt, der am Anfang gemessen wurde. Für eine Standard-LED werden bis zu 100.000 Betriebsstunden bei optimalen Umgebungsbedingungen erreicht, das entspricht einem Lebenszyklus von ungefähr 11½ Jahren.

Im Allgemeinen nimmt die Intensität der Emissionsstrahlung (Licht) einer unter konstanten Bedingungen betriebenen Leuchtdiode kontinuierlich ab. Dieses Verhalten wird als Alterung oder *Degradation* bezeichnet.

Eine Hochleistungs-LED erreicht im Standardbetrieb jedoch nur noch 15.000 bis 30.000 Betriebsstunden. Werden diese Hochleistungsleuchtdioden für den stroboskopischen Einsatz verwendet, und mit den dann erforderlichen erhöhten Stromspitzen betrieben, so verringert sich die Lebensdauer nochmals deutlich. Untersuchungen belegen, dass je nach Beanspruchung der LED durch Strom, Wärme und mechanische Einflüsse die Lebenserwartung nur noch zwischen **1.000 und 10.000** Stunden betragen kann.

Eine weitere Ursache für vorzeitige Ausfälle auf Grund von Alterungsvorgängen in den verwendeten Materialien sind z.B. Ermüdungserscheinungen von Klebe- oder Bodenverbindungen. Diese Fehlfunktionen sind auch unter dem Begriff „*Mortality*“ (Totalausfall) bekannt.

7 Xenon- oder LED-Stroboskopbeleuchtung?

Wir beschäftigen uns seit Jahren mit dem Thema der LED-Technologie für den Bereich der Lichtblitzstroboskopie. Spezielle Grundlagenentwicklungen in Zusammenarbeit mit der Hochschule Niederrhein erlauben eine objektive Gegenüberstellung beider Technologien. Seit mehr als 50 Jahren beschäftigen wir uns mit Lichtblitzstroboskopen und sind weltweit in diesem Bereich erfolgreich tätig. Als einer der großen Hersteller von Lichtblitzstroboskopen für den industriellen Einsatz fühlen wir uns dem technischen Fortschritt verpflichtet und entwickeln unsere Produkte ständig weiter, ohne unsere Kunden in ein technologisches Abenteuer zu stürzen. Aus diesem Grund haben wir bisher darauf verzichtet eine Technologie der „Hochleistungsleuchtdioden“ zu verwenden, die für den Bereich der Lichtblitzstroboskopie noch in den so genannten Kinderschuhen steckt.

Die Leuchtdiode hat bei der ersten Betrachtung wesentliche Vorteile gegenüber einer herkömmlichen Xenon-Gasblitzröhre. Schlagworte wie Lebensdauer (50.000 bis 100.000 Betriebsstunden), Homogenität der ausgeleuchteten Fläche, Lichtausbeute und Blitzstabilität sind in aller Munde, selbst das weiße Licht der Leuchtdiode wird oftmals mit dem Tageslicht in Verbindung gebracht.

Hier ein paar Fakten seriös gegenübergestellt:

Xenon-Blitzröhre	LED Blitzleuchte
Lebensdauer: 800–3000 Betriebsstunden	Lebensdauer: 1000–10.000 Betriebsstunden
Lichtstrom: 3.375.000 Lumen@75 KW-Spitzenleistung für 20 µs	Lichtstrom: 4000 Lumen@3,15 A (40 W)
Lichtausbeute: 50 Lumen/Watt	Lichtausbeute: 100 Lumen/Watt
Lichtmenge im Blitzbetrieb pro Blitz: $(3,375 * 10^6 \text{ lm@75 KW}) * 20 \mu\text{s}$ Daraus folgt: 67,5 lms@20 µs	Lichtmenge im Blitzbetrieb pro Blitz: $(4000 \text{ lm@3,15 A}) * 20 \mu\text{s}$ Daraus folgt: 0,080 lms@20 µs
Lichtfarbe weiß: tageslichtähnlich (Breitbandspektrum) / geringe Farbverfälschung da die meisten Wellenlängen für Körper-Objektfarben vorhanden sind.	Lichtfarbe weiß: erzeugt durch z.B. Blau und Gelb, starke Farbverfälschung am Objekt möglich, da Wellenlängen für bestimmte Körper-Objektfarben nicht vorhanden sind.
Lichtverteilung: meist durch Reflektoren gebündelt, für unterschiedliche Arbeitsabstände geeignet.	Lichtverteilung: durch spezielle Optiken oder Reflektoren, je nach System für einen oder unterschiedliche Arbeitsabstände geeignet.
Blitzdauer: meist zwischen 2 µs und 30 µs, daraus folgt, geringe Bewegungsunschärfe bei sehr guten Helligkeitswerten.	Blitzdauer: zwischen 5 µs und 1 ms, je nach Blitzdauer geringe Bewegungsunschärfe, jedoch schlechte bzw. mäßige Helligkeitswerte. Bei einer Blitzfolge von 100 Hz sollten 50 µs nicht überschritten werden, da es sonst zu einer störenden Bildunschärfe kommen kann.
Blitzstabilität (Blitz zu Blitz): zwischen 80% und 95%, je nach Blitzröhre und Schaltungstopologie.	Blitzstabilität (Blitz zu Blitz): größer 98%

8 Fazit

Die Leuchtdiode ist in der Betriebsart „*Dauerlicht*“ bezogen auf den Lichtstrom einer Xenon-Blitzröhre überlegen. Betrachtet man jedoch den Blitzbetrieb, also die in der Praxis vorkommende Betriebsart, kommt man schnell zu dem Ergebnis, dass bei gleicher Einschaltdauer (z.B. 20 μ s) die Leuchtdiode deutliche Nachteile gegenüber dem Xenon-Blitz hat.

Begründet ist dieser Umstand dadurch, dass der erzeugte Lichtstrom, bzw. die erzeugte Lichtmenge in einer Xenon-Gasentladungsröhre durch eine Spitzenleistung im Kilowattbereich erzeugt wird und dadurch der Lichtstrom einen 7-stelligen Lumenwert annimmt.

Keine Leuchtdiode ist zurzeit in der Lage diese Spitzenwerte zu erreichen. Das Xenon-Stroboskopblitzlicht erzeugt eine um das 400–800fache höhere Strahlungsleistung gegenüber der Leuchtdiode bezogen auf kurze Ansteuerzeiten (< 200 μ s). Bei Hochleistung Xenon-Lichtblitzstroboskopen ist der Unterschied zwischen den Lichtquellen nochmals deutlich größer.

Je nach Anwendungen können LED-Lichtblitzstroboskope eine Alternative zu den herkömmlichen bekannten Lichtblitzstroboskopen mit Xenon-Blitzröhrentechnologie darstellen.

In Fällen, in denen keine besonderen Ansprüche an die Farbwiedergabe, Helligkeit oder Bildschärfe gestellt werden, ist ein LED-Lichtblitzstroboskop durchaus eine Alternative zur bekannten Blitzröhrentechnik.

Im Zweifel empfehlen wir, beide Technologien in der eigenen Anwendung zu testen, um durch die gewonnenen Erfahrungen eine optimale Kaufentscheidung treffen zu können.

In den meisten Fällen ist jedoch das Lichtblitzstroboskop mit Xenon-Blitzröhrentechnologie der LED-Technologie für stroboskopische Anwendungen überlegen.

Die Unterhaltskosten sind, betrachtet man ausschließlich das Beleuchtungssystem, bei einer LED-Lösung im ersten Moment günstiger. Fällt jedoch ein LED-MODUL aus, ist oftmals der Austausch der gesamten LED-Beleuchtungseinrichtung vorzunehmen, da alle anderen LED-Elemente deutlich geringere Helligkeitswerte gegenüber den neu verwendeten Leuchtdioden aufweisen.

Dieser Umstand ist auf die natürliche Degradation der Leuchtdioden zurückzuführen. Die Folge sind Hell/Dunkel-Stellen innerhalb der beleuchteten Fläche (Inhomogenität), insbesondere die Farbwerte können unterschiedlich sein, da selbst bei gleicher Farbkennung der LED Abweichungen zwischen älteren und neuen Leuchtdioden entstehen.

Der Aufwand für allgemein anfallende Gerätereparaturen bei LED- und XENON-Stroboskopen, verursacht durch mechanische Beschädigungen oder Fehler während des Einsatzes, unterscheidet sich nicht wesentlich voneinander.

Maßgebend für den Aufwand der Reparaturen sind der applikationsbedingte Einsatz und die Qualitätskriterien bei der Herstellung.

Die durch uns in Zusammenhang mit der Hochschule Niederrhein entwickelten Grundlagen für den Hochstrombetrieb von Leuchtdioden im Stroboskopeinsatz sind Voraussetzung für ein technisch ausgereiftes Produkt und bieten Sicherheit für langjährigen Einsatz unter Industriebedingungen.

Innerhalb des ersten Halbjahres 2011 wird DRELO das im Vergleich zum Wettbewerb leistungsstärkste LED-Handstroboskop in der Preisklasse unter 1.000 € auf den Markt bringen.

In Anlehnung an die dann ausgereifte Technologie werden wir anschließend auch unsere Breitstrahlstroboskope mit LED-Leuchtmitteln ausrüsten.

Wir möchten aber dennoch darauf hinweisen, dass zurzeit keine technische Möglichkeit besteht das Xenon-Lichtblitzstroboskop für alle Anwendungsbereiche zu ersetzen.

Einschränkungen bleiben bedingt durch die fehlende Spitzenhelligkeit, Farbtreue und Blitzdauer weiterhin gültig.

Für die Bewertung von Mehrfarbendruck in der Druckindustrie werden ca. 1500 Lux empfohlen, dieser Wert entspricht der Empfehlung der Arbeitsstättenverordnung.

Für allgemeine Qualitätskontrollen wird ein Wert von min. 1000 Lux empfohlen. Für erhöhte Anforderungen werden Beleuchtungsstärken > 1500 Lux vorausgesetzt.

Eine zu geringe Beleuchtung kann dauerhaft zu Ermüdungserscheinungen führen, Qualitätsprobleme hervorrufen und im schlimmsten Fall das Auge schädigen.

Dirk Preschel, 11.10.2010

Dirk Preschel ist Leiter der Qualitätskontrolle, Mitglied der Beteiligungsgesellschaft und seit mehr als 25 Jahren federführend bei der Entwicklung neuer Stroboskope und Einführung neuer Technologien beteiligt.

Bei den Recherchen für diesen Artikel wurden eigene Untersuchungen und Versuchsreihen, Informationsquellen aus dem „World Wide Web“, einschlägige Fachliteratur und die für uns erstellten Fachberichte der Hochschule Niederrhein verwendet.

Quellen:

Wikipedia, <http://de.wikipedia.org>

Titel: Farbtemperatur und Weißabgleich
Firma ScanDIG; Autor Patrick Wagner

Grundlagen – Lichtquellen; <http://www.led-info.de>
Autor: Hauke Haller

Grundlagen der Beleuchtungstechnik; ISBN 3-486-21335-0
Autor: Priv.-Doz. Dr.lung. habil. Bruno Weis

Fachbericht der Hochschule Niederrhein

Autor: Dipl. Ing. Andreas Joschko

Titel: Übersicht über die elektrischen und spektralen Eigenschaften von Hochleistungs-LED's

Titel: Treiberschaltung für gepulste Hochleistungsleuchtdioden und Übertaktung

Titel: Vorbereitung der Langzeitmessungen der LED's

Heimann Katalog: Technik für Morgen