



Skript

LED.- Neue Lichttechnik im Krippenbau

LED: Das Licht der Zukunft

INHALTSVERZEICHNIS

1. LEDs verändern die Welt
2. Was ist eine Leuchtdiode?
3. Aufbau einer gedrahteten Leuchtdiode
4. Geschichte der LED
5. Funktionsweise einer LED im Vergleich zur Glühbirne
6. Funktionsprinzip einer Leuchtdiode
7. Vorteile der Leuchtdiode, speziell beim Krippenbau
8. Die wichtigsten technischen Grundbegriffe der LED
9. Krippenbeleuchtung und Besonderheiten

1. LEDs verändern die Welt

Lichtquellen sollen möglichst klein sein, sehr effizient Licht erzeugen und eine lange Lebensdauer haben. Das schaffen nur Licht emittierende Dioden (LEDs), auch Leuchtdioden genannt. Sie sind das lichtplanerische Ideal einer punktförmigen Lichtquelle. Keine andere Lampe besitzt vergleichbar geringere Abmessungen. Die Miniaturform erfordert kleine Optiken und schafft neue Herausforderungen für die Lichtlenkung. Optische Systeme aus Kunststoffen mit hohen Brechungsindizes ersetzen beim LED-Licht den klassischen Metallreflektor.

Die Lichtausbeute der LEDs wächst weiter. Sie verdoppelt sich etwa alle zwei Jahre. Bereits heute hat sie die mit Glüh- und Halogenlampen erreichbaren Werte überschritten. Dass LEDs in 10 bis 15 Jahren alleinige Spitzenreiter unter den effizienten Lichtquellen sein werden, ist keine unrealistische Annahme.

LEDs haben mit bis zu 100.000 Betriebsstunden eine sehr lange Lebensdauer. Als Lebensdauer (Licht-Degradation) einer LED wird die Zeit bezeichnet, nach der die Lichtausbeute auf die Hälfte des Anfangswertes abgesunken ist. Leuchtdioden werden nach und nach schwächer, fallen aber in der Regel nicht plötzlich aus. Die Lebensdauer



hängt vom jeweiligen Halbleitermaterial und den Betriebsbedingungen (Wärme, Strom) ab. Die von den Herstellern angegebene Leuchtdauer bezieht sich in der Regel auf die Anzahl der Betriebsstunden, bis die Leuchte noch mit 70 % der ursprünglichen Leuchtkraft arbeitet.

Für das Leuchtdesign und die Leuchtentwicklung ergibt sich daraus ein neuer konzeptioneller Ansatz: Die Leuchte benötigt keine Vorrichtung zum Austausch des Leuchtmittels. Bei LED-Leuchten werden Lampe und Leuchte vereint. Beide werden zusammen ausgetauscht, wenn die Leuchte ihr Lebensdauerende erreicht hat — ausgenommen sind Einzelfälle, in denen die Reparatur der Leuchte möglich sein muss.

2. Was ist eine Leuchtdiode?

Leuchtdiode, auch Lumineszenzdiode genannt

Englisch: light-emitting-diode (LED)

Deutsch.: Licht-emittierende Diode

Die Leuchtdiode, kurz LED genannt, ist ein elektronisches Halbleiterbauelement. Sie besteht aus einem Kristall, der zu leuchten beginnt, sobald elektronische Spannung angelegt wird.

In der Natur sind solche Kristalle nicht vorhanden. Sie werden daher in einem aufwändigen Prozess aus Halbleitermaterial hergestellt.

Sie bieten UV- und infrarotfreies Licht bei einem minimalen Stromverbrauch und einer sehr hohen Lebensdauer von 50.000 und 100.000 Stunden (entspricht einem Dauerbetrieb von 12 Jahren), gepaart mit einer extrem kompakten Bauweise.

Durch den wissenschaftlichen Fortschritt wird die Lichtausbeute der LEDs alle zwei bis drei Jahren verdoppelt.

Der große Vorteil für uns Krippenbauer ist vor allem, dass eine Standard-LED kaum eine Wärmeentwicklung aufweist.



Verschiedene Leuchtdioden



LED

3. Aufbau einer gedrahteten

Betrifft Standard-LEDs 3/5/10 mm

Eine LED besteht aus dem eigentlichen LED-Chip, einem Reflektor, einem Kontakt-Draht und einem Kunststoffgehäuse, welches die Lichtabstrahlung wie eine Linse bündelt

Der LED-Chip selbst ist ein Halbleiter-Kristall, der elektrisch zum Leuchten angeregt wird. Die diversen Lichtfarben rot, grün, blau, gelb und amber beruhen auf der Verwendung unterschiedlicher Halbleitermaterialien.

Der Halbleiterkristall vieler LEDs ist auf den Boden einer kegelförmigen Vertiefung in einem Metallhalter gelötet. Die Innenseiten der Vertiefung wirken als Reflektor für das aus den Seiten des Kristalls austretende Licht. Die Lötstelle bildet einen der beiden elektrischen Anschlüsse des Kristalls.

Gleichzeitig nimmt er die Abwärme auf, die entsteht, weil der Halbleiterkristall nur einen Teil der elektrischen Leistung in Licht umsetzt. Der Halter mit dem Reflektor ist bei gedrahteten LEDs als rechteckiger Draht ausgeführt, der als elektrischer Anschluss dient. Anders als sonst bei Elektronikbauteilen üblich, besteht der Anschlussdraht nicht aus verzinnem Kupfer, sondern aus verzinnem Stahl. Die Wärmeleitfähigkeit von Stahl ist vergleichsweise gering. Dadurch wird der Halbleiterkristall beim Einlöten des Bauteils in eine Leiterplatte nicht überhitzt.

Ein dünner Bonddraht stellt den zweiten elektrischen Anschluss des Halbleiterkristalls her. Er verbindet einen weiteren Stahldraht mit der Oberseite des Kristalls. Auf diese Weise wird möglichst wenig Licht vom Anschluss absorbiert. Die Kathode (—) ist durch eine Abflachung rechts am Gehäusesockel markiert. Bei fabrikneuen LEDs ist zudem der Anschluss der Kathode kürzer (Merkregel: Kathode kurz = Kante). Bei den meisten LEDs ist der Reflektor die Kathode (4, dann gilt auch die Merkregel, dass die (technische) Stromrichtung von dem Pfeil, den die Anode (+) durch ihre Form bildet, „angezeigt“ wird. In seltenen Fällen ist der Aufbau umgekehrt.

4. Geschichte der LED

1907 — Die Geschichte der LED beginnt: Der Engländer Henry Joseph Round entdeckt, dass anorganische Stoffe unter elektrischer Spannung leuchten können. Seine Erfindung veröffentlichte er in der Zeitschrift „Electrical World“. Da Round aber hauptsächlich mit der



Entwicklung eines neuen Funktionsverfahrens für die Seefahrt beschäftigt war, geriet die Entdeckung zunächst wieder in Vergessenheit.

1921 — Der russische Physiker Oleg Vladimirovich Losev beobachtete diese Lichtemission erneut. Da er darin die Umkehrung des Einstein'schen photoelektrischen Effektes vermutete, untersuchte er das Phänomen in den Folgejahren bis 1942 genauer.

1935 — Georges Destriau entdeckt eine Lichtemission Zinksulfid und nennt sie „Losev-Licht“ zu Ehren des russischen Physikers Losev.

1951 — Ein technischer Fortschritt in der Halbleiterphysik wird mit der Entwicklung des Transistors erreicht, Damit konnte die Lichtemission erklärt werden. Vorerst untersuchten die Wissenschaftler weiterhin Zinksulfid. Ab 1959 konzentrierten sie sich dann ganz auf die Lichterzeugung durch Halbleiter. Sichtbare Lichtemissionen auf Basis eines direkten Mischkristalls von Galliumarsenid (GaAs) und Galliumphosphid (GaP) spielten eine besondere Rolle. Die ersten LEDs haben eher geglimmt als geleuchtet und waren sehr empfindlich gegen Überlastung und falsche Polung. Die Lichtausbeute betrug 0,1 Lumen pro Watt, heute sind es über 150.

1962 - Die erste rote Lumineszenzdiode Typ GaAsP kommt auf den Markt, entwickelt von dem Amerikaner Nick Holonyak. Sie markiert die Geburtsstunde der industriell gefertigten LEDs.

1971- Die Entwicklung der LED geht weiter und wird bunter. Dank verbesserter Halbleitermaterialien gibt es LEDs nun in den Farben Grün, Orange und Gelb. Gleichzeitig verbessert sich die Leistung und die Effizienz.

80er — frühe 90er-Jahre — Mit dem neuen Halbleitermaterial Galliumnitrid (GaN) kommen verschiedene Nuancen von Grün bis Ultraviolett ins Spiel. Auf dieser Grundlage entwickelte Shuji Nakamura 1993 in Japan die erste hellstrahlende und kommerziell erfolgreiche blaue LED. Er brachte auch die erste sehr effiziente grüne Indium-Galliumnitrid-Leuchtdiode (InGan-LED) heraus und in der Folge auch eine weiße LED.

1995 - Eine LED wird vorgestellt, die durch Zugabe von Leuchtstoffen weißes Licht aus Lumineszenzkonversion gewinnt.

1997 - Weiße LEDs kommen auf den Markt.

2006 — Die ersten LEDs erreichen eine Lichtausbeute von 100 Lumen pro Watt. Ihre Effizienz wird zu diesem Zeitpunkt nur noch von Gasentladungslampen übertroffen.

Der Wirkungsgrad der LEDs hat sich inzwischen weiter erhöht. LEDs sind dabei, nahezu



alle Lichtenwendungen zu erobern. Die Entwicklung geht weiter.

5. Funktionsweise einer LED im Vergleich zu einer Glühbirne

Die Funktion einer LED basiert auf einem physikalisch komplett anderen Aufbau als bei einer gewöhnlichen Glühlampe.

Während bei einer Glühlampe aufgrund eines hohen Stromflusses ein Wolframdraht zum Glühen gebracht wird, erfolgt die Lichterzeugung bei der LED ausschließlich durch die Bewegung von Elektronen in einem Halbleitermaterial. Dadurch entsteht bei der LED kaum Wärme, während bei der Glühlampe 90% der Energie in Wärme umgewandelt wird. So gesehen sind LEDs kleine Micro-Chips, die in einen Stromkreis eingebunden sind.

FUNKTIONSWEISE	
LED	GLÜHBIRNE
Bewegung von Elektronen im Halbleitermetall > Licht	Wolframdraht, Strom > Glühen
Kaum Wärmeentwicklung	90 % der Energie = Wärme
Kleine Mikrochips i Stromkreis, Strom nur in eine Richtung	

6. Funktionsprinzip einer LED

Der Aufbau einer LED entspricht dem einer pn Halbleiterdiode. Die LED besitzen daher die gleichen Grundeigenschaften wie diese. Der Strom fließt nur in eine Richtung. Ein Unterschied besteht im Halbleitermaterial. Wird eine Spannung in Durchflussrichtung angelegt, wandern Elektronen von der n-dotierten Seite auf die p-dotierte. Bei diesem Übergang wird Licht ausgesandt.

LEDs sind winzige Elektronik-Chips aus speziellen Halbleiterverbindungen. Fließt Strom durch diesen Festkörper, beginnt er zu leuchten; er „emittiert“ Licht. In der Lichttechnik wird dieser Prozess „Elektrolumineszenz“ genannt. Mit einer Kantenlänge von etwa einem Millimeter gehören LEDs zu den kleinsten verfügbaren Lichtquellen. Sie strahlen ein nahezu punktförmiges Licht ab.

Schon wenig Energie reicht aus, um die Halbleiter zum Leuchten anzuregen. Das Rohmaterial für LEDs bilden Halbleiterkristalle, die auf einem sogenannten Wafer aufgebaut und dann zu Chips geschnitten werden. Die Leuchtdioden bestehen aus einem negativ leitenden Grundhalbleiter mit einem Überschuss an Elektronen. Darüber kommt eine sehr dünne, positiv leitende Halbleiterschicht mit einem



Mangel an Elektronen, „Löcher“ genannt. Unter Spannung wandern die überzähligen Elektronen und „Löcher“ aufeinander zu und rekombinieren in der sogenannten Sperrschicht. Die freigesetzte Energie wird im Halbleiterkristall in Licht und Wärme umgesetzt.

Um die elektrische Kontaktierung zu vereinfachen und die LED vor Umwelteinflüssen zu schützen wird der LED-Chip in eine Kunststoffhülle gegossen, die zugleich den Lichtaustritt verbessert. Reflektoren sorgen dafür, dass das Licht in einem Ausstrahlungswinkel bis zu 180° in den oberen Halbraum des Gehäuses ausgestrahlt wird. Linsen übernehmen die primäre Lichtlenkung.

6. Vorteile der LED speziell beim Krippenbau

Geringer Energieverbrauch bei Standard-LEDs 0,40 und damit jedem anderen Leuchtmittel überlegen.

Lange Lebensdauer, bis zu 100.000 Stunden, d.h. für uns Krippenbauer, dass 1 LED in einer Krippe nie mehr ausgetauscht werden muss. Dadurch kann man sie an Stellen anbringen, die man bei einer fertigen Krippe nicht mehr erreichen kann. Stoß- und vibrationsfest, da kein Wolframwendel und kein Glas vorhanden ist.

Höchste Sicherheit. LED können ab einer Spannung von 3 V in der Regel mit 6 bis 12V betrieben werden. Da die LED kaum eine Wärmeentwicklung haben, kann man sie auch an „gefährlichen“ Stellen anbringen, wie beispielsweise in der Nähe von leicht brennbarem Material (Heu, Papier, Stroh usw.)

Kleinste Bauformen bei Standard-LEDs 3,5 oder 10 mm. Bei SMD-LEDs ab 1 mm mit einer Leuchtkraft, die jede Taschenlampenbirne in den Schatten stellt

Die Helligkeit der LED ist mit einem Potentiometer leicht zu regeln.

Hohe Farbsättigung	Stufenlos dimmbar	Hohe Effizienz
Dynamische Steuerung	Umweltfreundlich	Lange Lebensdauer
Gute Farbwiedergabe	Stoß und vibrationsfest	Geringer Wartungsaufwand
Kompakte Bauformen	Keine Infrarotstrahlung	

Wenn man eine solche Krippenbeleuchtung angefertigt hat, sollte man eigentlich ein Leben



lang Freude damit haben.

Denn normale Leuchtdioden leben voraussichtlich länger als Menschen!!!

7. Die wichtigsten technischen Grundbegriffe bei LEDs

Wie überall in der Technik üblich, sind auch bei Leuchtdioden Begriffe zur Bewertung der LEDs festgelegt und entsprechende Maßeinheiten standardisiert:

- Lichtstärke in mcd
- Abstrahlwinkel
- Effizienz
- Weiße LED
- Farbtemperatur

Lichtstärke:

Abkürzungen: Mcd (millicandela) - Cd (candela) - 1 000 mcd = 1cd

Die Bezeichnung Candela ist ein Indikator für die Helligkeit einer LED. Eine Candela entspricht in etwa der Helligkeit einer Kerze (engl.: candle). Eine LED mit 10 000 mcd entspricht so der Helligkeit von ca. 10 Kerzen. Ein genauer Vergleich ist jedoch schwierig, da Kerzen in alle Richtungen strahlen, während die LED das Licht meist in einem engen Winkel abstrahlt (z.B. 20 Grad). Die Lichtstärke bei LEDs wird in mcd oder cd angegeben, bei helleren LEDs auch in Lumen (lm). Die angegebene Lichtstärke bezieht sich auf die Ausleuchtung einer begrenzten Fläche (Raumwinkel). Sie berücksichtigt dabei nicht die globale Lichtleistung. Je kleiner dabei der Abstrahlwinkel ist, desto größer ist die Lichtstärke, d.h. je größer der Abstrahlwinkel, desto kleiner die Leuchtkraft.

Abstrahlwinkel:

Der Abstrahlwinkel gibt an, in welchem Winkel das Licht nach vorne abgegeben wird. Da die LED-Kuppel wie eine Linse wirkt, wird je nach gewünschtem Abstrahlwinkel die Verdrahtung des Chip höher oder tiefer in das Gehäuse eingelassen. Die Entfernung zwischen Chip und Linse sowie die Linsenkrümmung verursachen verschiedene Winkelabstrahlungen. Standard-LED haben in der Regel meist einen Abstrahlungswinkel von 20 Grad. Es gibt auch Ausführungen in 75 und 80 Grad. Lumi-Led und Superflux haben eine Abstrahlung von 90 bis 140 Grad. Je breiter der Abstrahlungswinkel ist, desto geringer wird die Lichtstärke in mcd. Die gesamte Lichtleistung in Lumen bleibt gleich. Der Abstrahlwinkel stellt bei vielen LEDs nur einen Richtwert dar. Der erzeugte Lichtkegel strahlt nicht immer eine kreisförmige, sondern nur eine annähernd kreisförmige Fläche aus. Wie sich diese Eigenschaften bei den einzelnen LEDs in der Praxis auswirken, muss man



ausprobieren. Zur Erprobung nehme man einen weißen Karton, aufgestellt in einem dunklen Raum und projiziere das Licht einer zu testenden LED auf den Karton. So kann man die Lichtwirkung der verschiedenen LEDs testen. Bei Leuchtdioden, die als Strahler oder Scheinwerfer verwendet werden, ist auf den Abstrahlwinkel und auf die Größe der zu beleuchtenden Fläche zu achten.

Effizienz = Lichtausbeute:

Mit der Lichtausbeute wird angegeben, wie effizient ein Leuchtkörper die elektrische Leistung = Watt in Licht = Lumen umwandelt

Bei fast allen Leuchtkörpern wird der Großteil der Energie in Wärme umgewandelt (z. B. Glühlampe 90%) LEDs haben keinen Glühfaden und erzeugen dadurch kaum Wärme. Sie werden daher als effizient bezeichnet. Aufgrund der technischen Entwicklung ist die LED ein Leuchtkörper, dessen Lichtausbeute sich alle 2 bis 3 Jahre verdoppelt. Vor einigen Jahren hatte eine weiße LED eine Lichtausbeute von 20 Lumen/Watt, heute sind es über 70 Lumen/Watt.

Beispiele:	Kohlenbogenlampe	8 Lumen/Watt
	Luftstofflampe	60 Lumen/Watt
	Glühlampe	15 Lumen/Watt
	Halogen-Spot	30 Lumen/Watt
	Standard-LED	70 Lumen/Watt

Die physikalische Höchstgrenze der Lichtausbeute wäre 683 Lumen/Watt.

Laut Angabe in einem Katalog aus dem Jahre 2010 ist die effizienteste LED derzeit 160 Lumen/Watt. Es handelt sich dabei um eine Super-Flux weiß: 3,1V, 50mA, 25,5Lumen Abstrahlwinkel 100 Grad

Weißer LED:

Um mit LED weißes Licht erzeugen zu können, gibt es verschiedene Verfahren zur Farbmischung. Für Beleuchtungszwecke wird fast immer eine blaue LED verwendet, über deren Chip eine gelblich fluoreszierende Schicht angebracht wird. Um die Farbwiedergabe zu verbessern, kann man mehrere Farbschichten aufbringen, was natürlich den Preis erhöht. Billige LEDs haben manchmal einen Blaustich. Eine weiße LED ist nicht gleich eine weiße LED, Es gibt verschiedene Farbtemperaturen in Kelvin.

Kaltweiß:	5.500 bis 44.000 Kelvin
Warmweiß:	ca. 2.700 bis 3.000 Kelvin



Farbtemperatur = Kelvin (K):

Die Farbtemperatur wird in Kelvin angegeben. Diese Angabe haben wir nur bei weißen und warmweißen LEDs, da diese keine Wellenlängen haben. Weiß ist keine Farbe, sondern eine totale Reflektion. Wie schon erwähnt, stammt das Licht einer weißen LED von einem blauen LED, über deren Chip eine Phosphorschicht angebracht ist. Die Farbtemperatur In Kelvin ist ein Vergleichswert, der besagt, dass bei Erhitzung von Titan dieses zu leuchten beginnt, in den Farben rot, gelb und weiß. Wenn also bei einer weißen LED eine Farbtemperatur von 12.000 K angegeben ist, dann heißt das, dass die LED so hell leuchtet wie Titan bei einer Erhitzung von 12.000 Grad Celsius.

Beispiele:	Kerzenlicht	1.500 K
	Glühlampe	2.800 K
	Halogen	3.400 K
	Mondlicht	4.100 K
	Abendsonne	5.000 K
	Sonnenlicht	6.000 bis 8.000 K
	Himmelslicht	9.000 bis 18.000 K

LEDs und Qualitätsmerkmale

Nur Produkte guter Qualität können die Vorteile der LED gegenüber anderen Lichtquellen voll nutzen. Sie bieten:

- ✓ optimale Lichtqualität
- ✓ hohe Lichtausbeute
- ✓ lange Lebensdauer
- ✓ elektrische Sicherheit

Wichtige Qualitätsmerkmale von LEDs:

- ✓ effektives Thermomanagement, das die Leitungswärme abführt
- ✓ einheitliche Lichtfarben und homogene Helligkeit
- ✓ Eine strenge Selektion im Produktionsprozess (= Binning) garantiert gleichbleibende Qualität minimale Frühausfälle (2:1 Mio.).
- ✓ „Billigware“ bietet oft nicht die gewünschte Qualität. Hilfestellung geben Verbrauchertests und der Fachhandel

Produktionsstufen einer LED-Leuchte:



KRIPPENBELEUCHTUNG

Allgemeines:

Die Beleuchtung einer Krippe dient dem Hervorheben einzelner Schwerpunkte. Der Mittelpunkt des Geschehens soll damit verdeutlicht werden. Bei der Darstellung von mehreren Szenen können diese schwerpunktmäßig durch eine richtige Beleuchtung in den Mittelpunkt gerückt werden. Es ist allerdings darauf Bedacht zu nehmen, dass die Krippe nicht zu bunt oder gar kitschig wirkt. Mit einer ausgewogenen Beleuchtung kann das Stimmungsbild einer Krippe wesentlich beeinflusst werden. Beim Ausleuchten bestimmter Teile einer Krippe soll darauf geachtet werden, dass keine Schatten entstehen. Diese stören besonders am Hintergrund und zerstören die Tiefenwirkung.

Sicherheit:

Generell sollte, um Gefahren zu vermeiden, bei der Beleuchtung einer Krippe mit Kleinspannungen gearbeitet werden, bei Wechselspannung unter 50 Volt und bei Gleichspannung unter 120 Volt.

Bei alten Krippen wurde noch vielfach mit 220 Volt gearbeitet. Achten sie besonders auf blanke stromführende Leitungen. Die Gefahr eines Stromschlages ist hier besonders groß.

Planung:

Die Planung der Beleuchtung einer Krippe beginnt mit der Platzierung des Mittelpunktes des Geschehens und sie sollte stets, je nach Baufortschritt, im Auge behalten werden. Spätestens vor dem Verputzen der Krippen sollten alle benötigten Lämpchen und



Leitungen (oder Leerrohre) eingebaut sein. Die Lämpchen und Leitungen sollten möglichst nicht sichtbar sein.

Platzierung der Beleuchtungskörper:

Die Beleuchtungskörper sollten stets so platziert werden, dass diese nicht gesehen werden oder dass gar der Betrachter geblendet wird.

Die Geburtsgruppe:

Der Stall oder die Grotte bilden bei der Weihnachtskrippe den Mittelpunkt des Geschehens und soll besonders hervorgehoben werden. Beim Ausleuchten des Stalles ist darauf zu achten, dass die Figuren und insbesondere die Gesichter keine Schatten aufweisen. Der Leuchtkörper wird möglichst im vorderen Bereich angebracht. Damit werden auch die Figuren von Vorne angestrahlt und wirken prachtvoll.

Zeichnung Stall mit Licht

Der Stall kann zusätzlich auch von Vorne beleuchtet werden (beispielsweise hinter einer Wurzel versteckt). Doch Vorsicht, hier können leicht Schatten entstehen. Eventuell vor dem Stall stehende Figuren (Anbetung der Hirten, Heilige Drei Könige) werden zu grell beleuchtet oder werfen auf die Hauptfiguren Schatten.

Die Beleuchtung ist so anzubringen, dass der beleuchtete Gegenstand von vorne, von der Seite, von unten oder von oben angestrahlt wird, aber niemals von hinten.