



# Light-Emitting-Diodes

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kapitel</b>	<b>Seite</b>
Die Entwicklung des Lichts	3 - 4
Leuchtdioden; wie funktionieren LED	4
Aufbau einer LED	5
Technische Daten	6
Bauformen von LED	7
Vor- und Nachteile von LED	8
Produkte	9 - 10
Referenzbilder	11

---

# Die Entwicklung des Lichts

Das Licht war eine wichtige Voraussetzung für die Entstehung von Leben. Vor etwa 300 000 Jahren wurde erstmals das Feuer als Lichtquelle genutzt. Vor 15 000 Jahren nutzten Menschen, Steine, die primitive Ähnlichkeiten mit einer Öl- oder Talglampe hatten, als Beleuchtungsmittel.

300 v. Chr. schrieb Euklid die Theorie der geometrischen Optik die besagt, dass Licht sich strahlenförmig auf geradlinigen Bahnen im Raum ausdehnt.

Die geradlinige Ausbreitung des Lichtes führte Isaac Newton(1643-1727) dazu, 1675 die Emissionstheorie zu begründen. Danach besteht Licht aus winzigen Korpuskeln oder Partikeln, die von einer Lichtquelle aus geradlinig durch den Raum geschleudert werden. Die Lichtteilchen können von Hindernissen abprallen und die Richtung ihrer Flugbahn verändern.

1690 entwickelte Christian Huygens(1629-1695) eine erste Art Wellentheorie des Lichtes.

Um 1800 konnte Thomas Young (1773-1829) die Wellennatur des Lichtes beweisen. Ebenso wie der Schall kann auch das Licht als ein Wellenphänomen verstanden werden und die Ausbreitung des Lichtes mit allgemeingültigen Gesetzen zur Ausbreitung von Wellen beschrieben werden.

Die Wellentheorie wurde 1815 von Augustin Jean Fresnel(1788-1827) fortgeführt. Er deutete das Licht als Welle in einem schwingendem, elastischem Medium, dem Äther. Die mechanische Äthertheorie wurde

jedoch bereits im Jahre 1864 von dem schottischen Mathematiker Clerk Maxwell(1831-1879) widerlegt, indem er das Licht als ein elektromagnetisches Phänomen darstellte. Seitdem wird das sichtbare Licht als ein relativ schmaler Bereich aus einem weiten Spektrum elektromagnetischer Schwingungen definiert.

Thomas Alva Edison erfand 1879 die Glühlampe. Später wurde die Leuchtstofflampe entwickelt, die aufgrund ihrer verbesserten Lichtausbeute gegenüber der Glühlampe relativ schnell einen Platz vor allem in der Innenbeleuchtung erkämpfte. Durch die Weiterentwicklung entstand die Kompakt- Leuchtstofflampe und mit dem Trend zur Miniaturisierung wurden immer kompaktere Lampen, zur Verbesserung der Farbwiedergabe und des technischen Betriebs hergestellt.

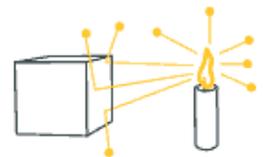
1907 wurde erstmals das Phänomen der Lichterzeugung durch elektrische Anregung eines Festkörpers von H.J. Round entdeckt. Bei diesem Festkörper handelte es sich um ein Siliziumkarbid-Kristall (SiC), der zur Detektion von Radiowellen bestimmt war. Round erkannte, dass es sich um kaltes Licht handelt, denn die Emission erfolgte ohne erkennbare Erwärmung des Kristalls.

1921 entdeckte O.V. Lossev das Phänomen der Lichtemission wieder und erforschte es in den Jahren 1927 und 1942 genauer.

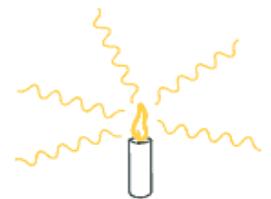
1935 wurde von G. Destriau an Zinksulfid (ZnS) ein ähnlicher Leuchteffekt entdeckt und von ihm als



*Theorie nach Euklid*



*Emissionstheorie nach Isaac Newton*



*Wellentheorie nach Christian Huygens*

---

Lossew-Licht bezeichnet.

Erst mit der Entdeckung des Transistors und der Entwicklung der Halbleiterphysik konnte 1951 die Lichtemission befriedigend erklärt werden.

Während der Erfolg der Weiterentwicklung des Destriau-Effektes (1952 - 1961) ausblieb, brachten 1952 die als Halbleiter erkannten III-V-Verbindungen den Durchbruch.

Etwas 1957 begann man mit intensiven grundsätzlichen Untersuchungen

der Lichterzeugung mit den neuen Halbleitern und mit der Entwicklung einer geeigneten Technologie zur Herstellung von Kristallen und Bauelementen. Von besonderer Bedeutung war die Lichtemission im sichtbaren Bereich auf der Basis eines direkten Mischkristalls aus Galliumarsenid (GaAs) und Galliumphosphid (GaP), die 1962 berichtet wurde.

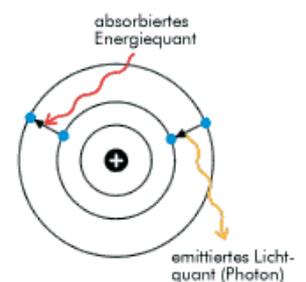
55 Jahre nach der ersten Entdeckung von H.J. Round kam die LED-Entwicklung nun endlich voll in Gang.

## Leuchtdioden

### Wie funktionieren LED?

Leuchtdioden gehören zu den Elektroluminenzstrahlern. Durch eine Rekombination von Ladungsträgerpaaren in einem Halbleiter mit entsprechendem Bandabstand erfolgt die Strahlungserzeugung. Je nach Energieabstand (Bandabstand) der bei der Rekombination überbrückt wird, entsteht bei geeigneten Stoffen, in denen der Energieabfall gross genug ist, unterschiedlich farbiges Licht. So muss z.B. für kurzwelliges Licht (blau oder UV) der Energieabstand grösser sein, als für langwelliges Licht. Eine LED besteht darum aus zwei unterschiedlich gepolten Halbleitern

die miteinander verbunden sind und eine Rekombination ermöglichen. Die bei diesem Vorgang freiwerdende Energie wird als Strahlung abgegeben. Die geeignetsten Halbleiter sind Elemente der 3. und 5. Gruppe des Periodensystems, weil sie passende Bandabstände haben und weil ihre Bandstruktur effektiv strahlende Rekombinationen ermöglichen.



*Quantensprung unter Aufnahme (Absorption) oder Abgabe (Emission) von Energiequanten im Bohr'schen Atommodell*

---

# Aufbau einer LED

Das Ausgangsmaterial für die Herstellung von Lumineszenzdiolen ist ein einkristallines Grundmaterial, das durch ein Schutzschmelzverfahren hergestellt wird. Ein Impf- oder einkristall wird in die Schmelze des Materials eingetaucht und unter dauerndem Drehen wieder herausgezogen. Durch Zonenschmelzverfahren wird der entstandene Kristall gereinigt und die Kristallstruktur verbessert.

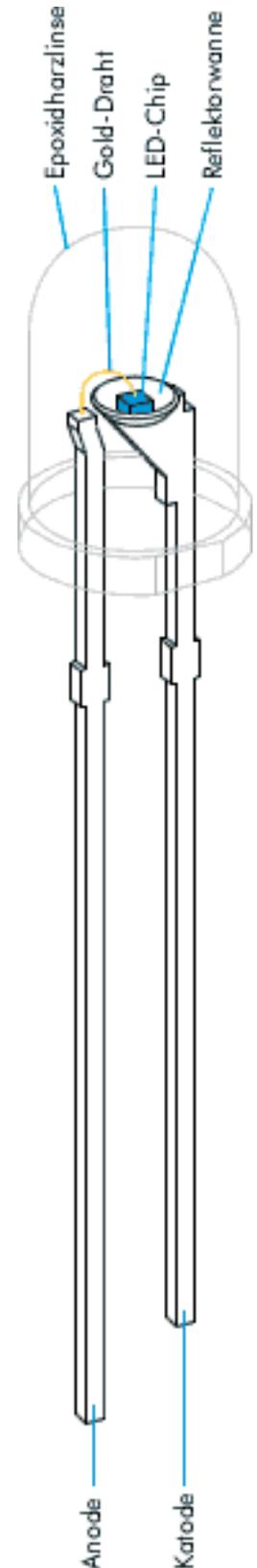
Da diese Kristalle durch die Herstellungstemperaturen verunreinigt werden, können sie nicht direkt zur Herstellung von Lumineszenzdiolen verwendet werden. Diese Verunreinigungen führen zu Kristalldefekten, die zu nichtstrahlenden Rekombinationen führen wodurch der Wirkungsgrad sehr klein wird.

Die Einkristalle werden als tragendes Kristallausrichtungs Substrat verwendet. Dazu werden sie in dünne Scheiben geschnitten. Diese sogenannten Wafern wächst man in Epitaxieverfahren die unterschiedlich dotierten Schichten auf, die die geforderten Lumineszenzeigenschaften haben.

Nachdem nun diese Elektronen-Übergänge hergestellt wurden, werden die Kontaktierungen vorgenommen und der Wafer in Halbleiterplättchen zerschnitten.

Danach wird auf ein Leitermaterial die Halbleiterplättchen aufgeklebt oder aufgelegt. Mit Hilfe eines Golddrahtes wird der zweite Elektrodenstift mit dem Oberseitenkontakt verbunden. Zum Schluss wird die Lumineszenzdiode in

eine Kunststoffumhüllung eingegossen, die zum Schutze der Diode dient. Die Kunststoffhülle dient zugleich der Abstrahlcharakteristik und den verbesserten Lichtaustrittsverhältnissen.



# Technische Daten

## Strom

Normalerweise werden LED mit 20 mA betrieben. Bei einzelnen Produkten kann der Betriebsstrom 70 mA oder sogar 350 mA betragen. Ein stärkerer Strom bewirkt eine erhöhte Wärmeentwicklung. Höhere Temperaturen erzeugt mehr Ladungsträger. Darum steigt der Strom weiter an und der Halbleiter wird noch mehr erwärmt. Oberhalb einer bestimmten Temperaturgrenze wird das Kristallgitter eines Halbleiters zerstört. Deshalb braucht es in jedem Stromkreis mit einer Diode auch einen Widerstand, der den Strom begrenzt und entstehende Wärme ableitet. Die Leitfähigkeit von Halbleitern steigt mit der Temperatur. Die Effizienz von LED jedoch sinkt.

## Spannung

Leuchtdioden vertragen nur geringe Spannung von ca. 5 V. Die Durchlassspannung hängt direkt von der Bandlücke und somit von der Lichtfarbe ab. Die Betriebsspannungen betragen 2V bis 4V.

## Wirkungsgrad

Nicht nur der Prozess der Lichtentstehung, sondern auch die Auskoppelung des Lichts aus dem Halbleiter in die Umgebung, beeinflussen den Wirkungsgrad. Hierbei können Verluste entstehen, die den Wirkungsgrad auf wenige Prozent reduziert. Damit das Licht nicht absorbiert wird, müssen die Halbleiter möglichst dünn und transparent sein. So können Photonen die nach unten emittieren auch aus dem Halbleiter

emittieren. Auch Reflexion aufgrund unterschiedlichem Brechungsindex zwischen Halbleiter und Luft, kommt es zu einem geringeren Wirkungsgrad. Durch Verbesserung mit einer Epoxydharzabdeckung vergrößert sich der Winkel unter dem das Licht aus dem Halbleiter austreten kann.

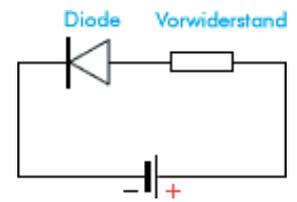
## Alterung

Die Alterung von Lumineszenzdioden, die bei niedriger Stromdichte betrieben werden, verursacht beim Anwender gewöhnlich keine Probleme. Die Lebensdauer von standard LED betragen mindestens 100000 Stunden (das entspricht 11 1/2 Jahre ununterbrochene Leuchtdauer). Durch die zeitliche Veränderung der Emissionseigenschaften, aufgrund der Ausweitung von Störstellen im Kristall, nimmt die Intensität der Emissionsstrahlen bei Lumineszenzdioden jedoch kontinuierlich ab.

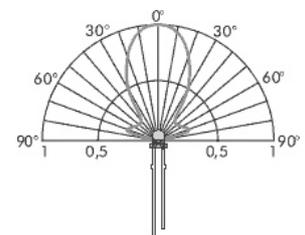
## Farben

Die LED dienen zur Erzeugung einer schmalbandigen (monochromatischen) Strahlung im nahen UV, im sichtbaren oder im Infrarotbereich. Durch die Zugabe von Leuchtstoffen auf den LED-Chip können Mischfarben erzeugt werden. Dadurch sind weisse oder auch pastellfarbene LED möglich

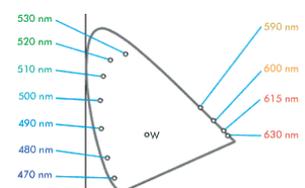
Es sind viele verschiedene Bauformen



Stromkreis mit Diode



Wirkungsgrad



Farbspektrum

---

# Bauformen von LED

möglich. Die Gehäuse sind aus Metall/ Glas oder meistens aus einer Plastikbauform. Das Plastikgehäuse erhöht die aus dem Kristall austretende Strahlungsleistung. Und durch die gekrümmte Oberfläche wirkt sie als Linse und bündelt die Strahlung in Achsrichtung. Dioden sind problemlos in grossen Stückzahlen anzufertigen.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Bauformen von LED aufgrund ihres unterschiedlichen Verlötvorgang. Bei der "Standard-Bauform" werden die elektronischen Bauteile zwischen den auf der Rückseite der Platine verlötet. Bei der zweiten Bauform spricht man von einer SMD (Surface Mounted Device). Die SMD Technologie hat den Vorteil, dass Aufgrund höherer Packungsdicht und Bauhöhe eine Miniaturisierung möglich ist. Durch automatisch Bestückung ergeben sich Kosten- und Zeitersparnisse. Ausserdem wird die Qualität gesteigert. Das Design wird vereinheitlicht. Der Löt- und Bestückungsprozess ist einheitlich und es sind weniger Bohrungen in der Platine nötig.

Neben den oben genannten zwei Bauformen sind LED entwickelt worden, die durch ihre besonderen Gehäuseform den Betrieb mit einem höheren Strom erlauben und die dadurch einen höheren Lichtstrom erzeugen. Für Beleuchtungszwecke besonders geeignet sind die "SuperFlux" die durch den höheren Strom erzeugte Wärme über zusätzliche Lötkontakte

ableitet. Die "Luxon" die ebenfalls für Beleuchtungszwecke geeignet ist, leitet die Wärme durch ein Kühlblech ab.

Möchte man eine besonders enggepackte und gut wärmeableitende LED realisieren, bringt man den LED-Chip direkt auf die Platine. Bei dieser Technologie spricht man von Chip on Board (COB).



3mm LED



SMD (Surface Mounted Device)



„Luxon“- LED

---

# Vor- und Nachteile von LED

## **Wirtschaftliche Vorteile**

- hoher Wirkungsgrad und damit geringer Energieverbrauch
- geringe Wärmeentwicklung
- Reduzierung der Klimatisierungskosten
- nahezu unbegrenzte Lebensdauer der Lampe
- keine Wartungskosten
- keine Reinigungskosten
- geringere Transportkosten
- geringere Entsorgungskosten
- teilweise verfügbare Produktionstechnik

## **Design-Vorteile**

- kleine Bauform, miniaturisierte SMD-Ausführungen
- passen in herkömmlichen Leuchten
- neues, feinstrukturiertes Design
- individuelle Formbarkeit des Leuchtmittels durch unterschiedliche Anordnung der LED
- Dimmen ist ohne Änderung der Lichttemperatur möglich
- Lichtfarbe ist regelbar (bei Verwendung verschiedenfarbiger LED)
- alle Lichtfarben möglich (LUCO-LED oder Farbkombination)
- grosse Typenvielfalt

## **Umwelt-Vorteile**

- geringer Einsatz von Ressourcen
- geringerer Energiebedarf im Betrieb
- stört nicht die Insektenorientierung

## **Technische Vorteile**

- stoß- und vibrationsfest (Fahrzeugtechnik)
- kann nicht implodieren
- plötzlicher Ausfall ist

unwahrscheinlich

- präzise Lichtlenkung ohne zusätzlichen Reflektor durch LED mit definiertem Abstrahlwinkel
- gute Blendungsbegrenzung
- brummfrei
- keine UV Strahlung
- keine IR Strahlung (Wärme)
- Keine Lampenfassungen erforderlich
- Sicherheit durch Schutzkleinspannung
- praktisch trägheitslos schalt- oder modulierbar
- gute Farbwiedergabeeigenschaften bei RGB Mischung

## **Wirtschaftliche Nachteile**

- die angestrebte Effizienz ist noch nicht erreicht
- hohe Stückkosten
- geringere Lebensdauer bei High-Brightness-LED
- große Zahl von LED nötig, um Leuchtstärke konventioneller Leuchtmittel zu erreichen
- Entwicklungskosten der Platinen

## **Umwelt Nachteile**

- hoher Energiebedarf bei der Fertigung? (Energiebilanz?)

## **Technische Nachteile**

- Effizienz und Lichtfarbe ist mehr oder weniger temperaturabhängig
- Lebensdauer ist kritisch zu bewerten
- Farbwiedergabe weißer LED (blaue LED + ein Leuchtstoff) ist nicht in allen Anwendungsfällen ausreichend
- LED müssen farblich selektiert werden um homogene Farben zu erlangen
- Vorschaltgeräte notwendig

---

# Produkte

Der Einsatz von LED-Licht ist uneingeschränkt. Nachfolgen sind die wichtigsten Beleuchtungsobjekt für den Aussenbereich aufgeführt.

## Orientierungsleuchten



Leuchten mit prismatischer Linse als Orientierungslicht. Ein dynamischer Farbwechsel ist möglich. Der Durchmesser beträgt 56 mm und 41 mm.



Die erste Leuchte hat eine ringförmige Lichtlenk Optik und eignet sich als fern wirkendes Orientierungslicht. Auch hier ist ein dynamischer Farbwechsel möglich. Der Durchmesser beträgt bei beiden Leuchten 56 mm. Bei der zweiten Leuchte handelt es sich um ein Bodenfluter für Wandmontage. Die untere Hälfte dient mit dem Reflektor als Bodenfluter und die obere Hälfte als Orientierungslicht.

*ERCO Leuchten GmbH  
Postfach 2460  
D 58505 Lüdenscheid*

## Boden- Wand- oder Decken- Einbaustrahler



Die Leuchten werden an 230 V angeschlossen. Sie sind mit 12 LED in verschiedenen Farben erhältlich. Das Gehäuse und die Abdeckung ist grau und aus lackiertem, korrosionsbeständigem Aluminium. Der Lichtaustritt erfolgt aus 2 oder 4 Fenstern. Die Boden- Einbaustrahler sind bis max. 1000 kg überrollbar.

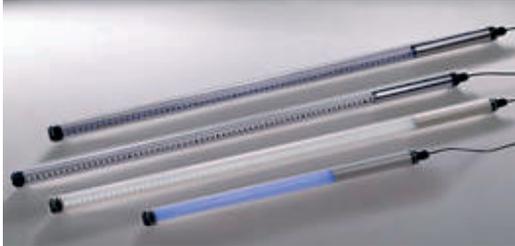


Die Leuchten sind mit 16 LED in verschiedenen Farben ausgestattet. Die Einbauleuchten sind quadratisch oder rund erhältlich. Der Abdeckrahmen ist aus Edelstahl oder aus schwarz lackiertem Aluminium. Ansonsten entsprechen sie den oben genannten Daten.

*Thorn Licht GmbH  
Steinbrinkstraße 61  
D 44319 Dortmund*

---

## LED- Schutzrohrleuchten



Diese Leuchten sind geeignet für den Innen- und Aussenbereich, für Fassaden, für Verkehrszonen und für repräsentative und kreative Lichtkonfigurationen. Die Anschlussspannung beträgt 220 - 240 V. Die Röhren sind mit 64 LED, 2 x 4 W, bestückt. Das Material ist aus polycarbonat, klar oder blend satine. Die Grösse ist 655 mm, 1146 mm.



*H. Waldmann GmbH & Co. KG  
Peter-Henlein-Strasse 5  
D 78056 Villingen-Schwenningen*

