

# 3 LED-Systeme – Grundlagen

## 3.1 LED – Strahlungserzeugung, Eigenschaften und Binning

### 3.1.1 Funktionsweise einer LED

Bei einer LED handelt es sich um ein Halbleiterbauelement [24] mit einem pn-Übergang (Bild 3.1). Wenn ein konstanter Strom eingekoppelt wird und die Diode in Durchlassrichtung betrieben wird, findet eine Lichtemission in der aktiven Schicht statt.

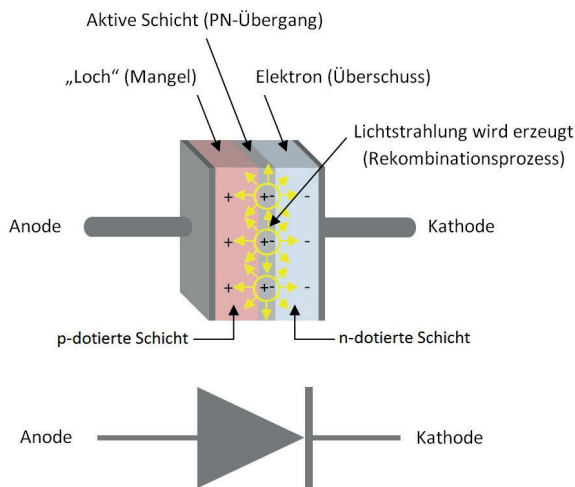


Bild 3.1 pn-Übergang der LED mit Strahlungserzeugung (Grafik: led institut)

### 3.1.2 Strahlungserzeugung in einer LED

Das Prinzip der Lichterzeugung in einer LED beruht auf einem Halbleiterkristall, der so dotiert ist (Einbringen von Fremdatomen), dass in einem Bereich ein Elektronenüberschuss existiert und in einem anderen Bereich ein Mangel beziehungsweise Löcher vorhanden sind [113]. Hierbei werden die Elektronen der positiv dotierten Seite in die Übergangsschicht (Sperrschicht oder auch Junction genannt) injiziert,

verbinden sich dort mit den Löchern (Rekombination) und geben dabei Energie in Form von Licht ab. Dieser **Rekombinationsprozess** ist stark temperaturabhängig. Je höher die Temperatur im Halbleiter, desto weniger Strahlung wird erzeugt. Je nach Bandabstand im Kristall wird eine bestimmte Wellenlänge ausgesendet. Diese kann also durch geeignete Wahl mit der angelegten Spannung zu großen Teilen als sichtbares Licht emittiert werden. Hierbei legt die Wahl des Kristalls die Wellenlänge des Lichtes fest. In der Allgemeinbeleuchtung ist dies der blaue Chip (InGaN-Chip) mit einer blauen Lichtemission. Deshalb befindet sich im Spektrum einer weißen LED immer ein blauer Peak. Der gelbe Leuchtstoff (oft auch Phosphor genannt) wird in den Strahlengang des Chips gelegt und wandelt dann blaues in weißes Licht um. Im Spektrum ist dieser Anteil als großer Hügel sichtbar (siehe Bild 3.2) [132]. In der Physik wird der Lichterzeugungsvorgang auch als **Elektrolumineszenz** bezeichnet.

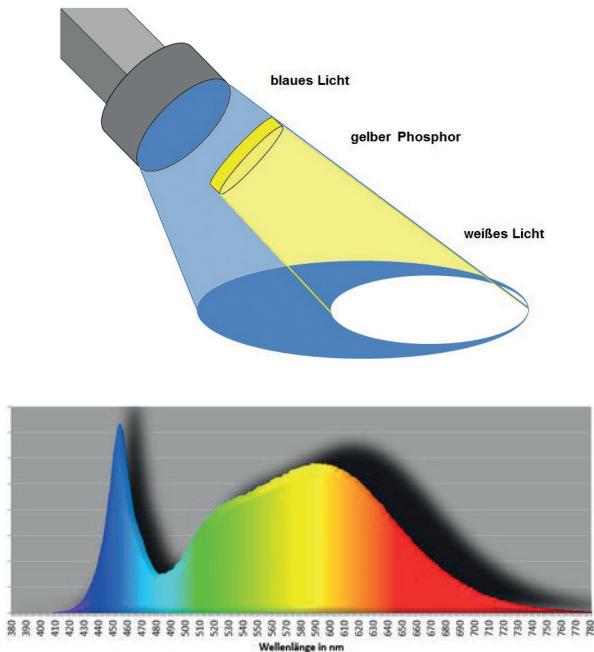


Bild 3.2 Strahlungserzeugung durch additive Farbmischung (oben) und Spektrum der LED (unten) (Grafik: led institut)

## 12 Installationstechnik bei LED-Lampen und Leuchten

### 12.1 Elektrische Installation

In der elektrischen Installation von LED-Leuchten treten immer wieder typische Fehler auf, die auch in der konventionellen Technik bekannt sind. So ist das spannungsfreie Arbeiten zwar nicht neu, aber wegen des „hot plugging“ auch in der LED-Technik zu beachten (Abschnitt 8.2.2). Das heißt, wenn die LED-Leuchte mit einem externen Betriebsgerät ausgestattet ist, wie z. B. bei Downlights üblich, darf die Leuchte oder das LED-Modul nicht mit dem Vorschaltgerät unter Spannung verbunden werden, außer der Hersteller gibt das Verfahren frei. Die Leerlaufspannung kann zum Anschlusszeitpunkt kurzzeitig für das LED-Modul bedeutend höher sein als erlaubt. Aufgrund der exponentialförmigen LED-Kennlinie entstehen hier sehr hohe Ströme am LED-Modul, die die LEDs kurz- oder langfristig schädigen.

Der sogenannte **Inrush Current** (Abschnitt 8.2.1) kann mit einer Vorschädigung der LED verbunden sein. Das sehr unterschiedliche Einschaltverhalten der Leuchten und EVGs in der Installation muss geprüft werden. Der Hersteller der Leuchten gibt hier einen Hinweis in der Montageanleitung. Bei Leuchten, die nicht in der Schutzkleinspannung betrieben werden (SELV,  $AC \leq 50\text{ V}$  und  $DC \leq 120\text{ V}$ ), ist das Thema für den Monteur auch sicherheitsrelevant. Die maximale Belastung sowie die Dauerbelastung der Leitungsschutzschalter sind bei der elektrischen Installation zu berücksichtigen.

Eine **Reihen- oder Parallelschaltung** von EVGs ist aufgrund der Asymmetrie des Ausgangskreises nicht erlaubt, außer wenn sie ausdrücklich vom Hersteller freigegeben wurde (Bild 12.1).

Überhaupt sollten alle Komponenten im richtigen **Spannungsbereich** eingesetzt werden. Beim Konstantspannungsbetrieb von LED-Streifen mit 24 V zum Beispiel kommt es immer wieder vor, dass Leuchten für den Betrieb an 230 V angeschlossen werden oder Sekundär- mit Primärkreis des Vorschaltgerätes vertauscht wird.

Die Summe der Leistungen der LED-Leuchten muss immer kleiner sein als die Leistung des Vorschaltgerätes, um damit den **Überlastbetrieb** zu vermeiden. Auf die Angaben des Vorschaltgerätes ist hier zu achten.

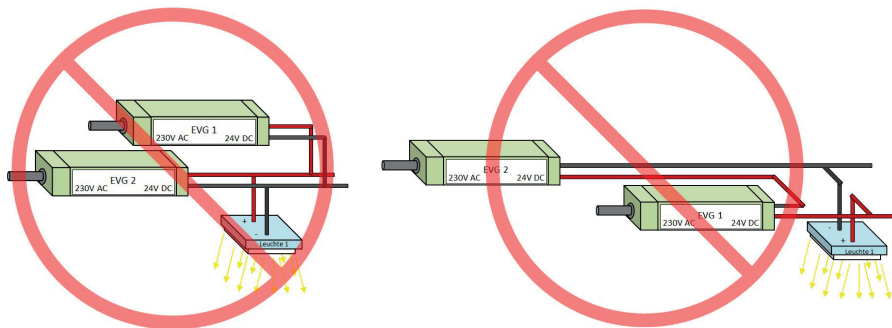


Bild 12.1 Falsche Verschaltung von Vorschaltgeräten (Grafik: led institut)

Beim Einsatz von LED-Streifen ist ferner eine gewissenhafte Planung der **Strom-einkopplung** vorzunehmen. Zum Beispiel muss alle 5 m Streifenlänge eine neue Einspeisung in den LED-Streifen gelegt werden, da sonst die Leiterbahnen im Einkoppelbereich auf dem LED-Modul eine zu hohe Strombelastung bekommen. Es sind aber auch schon Lösungen auf dem Markt mit größeren Abständen der Stromeinkopplung. Der Spannungsfall über die Leitungslängen ist zwar überwiegend kleiner als bei Halogendrahtseilsystemen, kann bei großer Leistung aber auch bedeutend sein und muss bei der Planung berücksichtigt werden. Auch hier sind die Herstellerangaben zu lesen.

Aufgrund der teils niedrigen Leistungsfaktoren ( $< 25 \text{ W}$ ) im unteren Leistungsbereich der LED-Komponenten sollte auf eine ausreichende **Kompensation** [110] geachtet werden. Bei hoher Anzahl an LED-Komponenten im Strang kann die Blindleistung der LED-Leuchten sehr hoch ausfallen, dies kann dann vom Energieversorger dem Kunden in Rechnung gestellt werden.

Die **Schalzhäufigkeit** für die LED ist eher als unkritisch zu bewerten, da LEDs auch beim Dimmen mit PWM mit hohen Frequenzen und damit sehr häufigen Ein-/Ausschaltvorgängen betrieben werden und dies keinen Einfluss auf die Lebensdauer hat. Aber auf die Lebensdauer der Vorschaltgeräte kann das häufige Schalten zum Beispiel bei der Treppenhausbeleuchtung negativen Einfluss haben.

Bei der Verschaltung von mehreren Leuchten miteinander müssen diese Leuchten herstellereitig auch für eine **Durchgangsverdrahtung** vorgesehen sein. Das Gehäuse sollte dazu über zwei Einführungen verfügen, und die Abzweigklemmen, also die Verbindungsklemmen, müssen an der Leuchte befestigt sein. Die Klemmen müssen so ausgeführt sein, dass ein direktes Berühren aktiver Teile nicht möglich ist. Auch die entfernteste Leuchte muss die Mindestspannung von 207 V erreichen und der Spannungsfall von unter 4 % gewährleistet sein.