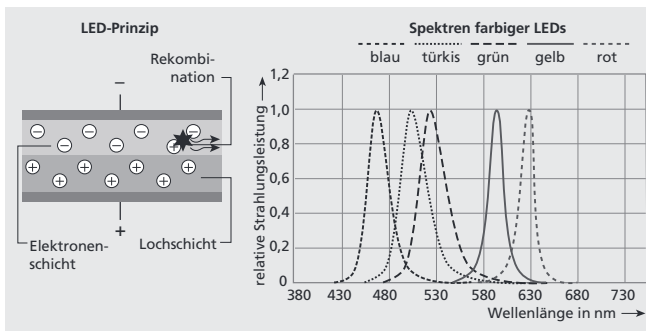


## Aufbau von Leuchtdioden (LED)

Technisch betrachtet ist die LED eine Diode – ein Halbleiter-Element, das aus zwei dünnen Schichten besteht. Diese sind so dotiert, dass in der einen Schicht, der „*n*-Schicht“, ein Überschuss an freien Elektronen besteht und bei der anderen, der *p*-Schicht, ein Mangel – man spricht hier auch von Löchern. Beide Schichten können über Kontakt-Flächen in einen Stromkreis eingebracht werden. Bei der richtigen Auswahl der Materialien kann diese Diode Strahlung im sichtbaren Bereich, also Licht, aussenden. Dies geschieht, wenn die *n*-Schicht mit dem negativen Pol einer Gleichspannungsquelle verbunden wird und die *p*-Schicht entsprechend mit dem positiven. Beim Überschreiten einer Mindestspannung der vom Material abhängigen Schwellspannung  $U_s$  (engl.: threshold voltage  $V_t$ ), kommt es zum Stromfluss. An der Grenzschicht zwischen den *n*- und *p*-dotierten Schichten hat dies einen Ausgleich der überschüssigen Elektronen und Löcher zur Folge. Ähnlich wie bei den Gasentladungslampen wird auch hier die durch diese „Rekombination“ freigesetzte Energie als Strahlung ausgesandt. Wir sprechen dann von einer Licht emittierenden Diode – kurz LED – auch wenn wie z.B. bei UV-LEDs die Strahlung nicht immer zwingend im sichtbaren Lichtbereich von 370 nm bis 780 nm liegt. Die Auswahl der verwandten Materialien bestimmt die Schwellspannung und die Rekombinationsenergie und damit auch die Wellenlänge der Strahlung, welche zunächst immer schmalbandig, fast monochromatisch mit einer geringen systembedingten Streubreite ist.



Halbleitermaterial	Abkürzung	Farbe
Alluminium-Galliumarsenid	AlGaAs	Rot
Alluminium-Indium-Gallium-Phosphid	AlInGaP	Rot, Orange, Gelb
Galliumarsenid-Phosphid	GaAsP	Rot, Orange, Gelb
Indium-Gallium-Nitrid	InGaN	Grün, Blau

## Weißer LED

Weißes Licht setzt sich aus einer ausgewogenen Strahlungsverteilung im Wellenlängenbereich zwischen 380 nm und 780 nm zusammen, wobei, vereinfacht ausgedrückt, die Qualität der Farbwiedergabe ansteigt, wenn möglichst alle Wellenlängen im Spektrum vertreten sind, d.h. die spektrale Strahlungsverteilung weitgehend kontinuierlich ist.

Prinzipiell kann weißes Licht durch die Kombination von mindestens drei farblich unterschiedlichen LEDs vorzugsweise in Rot, Grün und Blau – RGB – erzeugt werden. Um ein Weiß mit reproduzierbarer Lichtfarbe zu erzeugen, müssen diese in ihrer Intensität sorgfältig abgestimmt und eingestellt werden.

LEDs unterschiedlicher Farben (d. h. mit unterschiedlichen Halbleiter-Materialien) altern auch unterschiedlich. Dies bedeutet u. a., dass die Lichtausbeute abhängig vom Halbleitermaterial deutlich unterschiedliche Alterungsverhalten aufweist. Um einen stabilen Weißton zu gewährleisten, muss ein RGB-Modul daher ständig nachgeregelt werden.

Einen anderen Weg der Erzeugung von weißem Licht mit LEDs nutzt die Photolumineszenz. Ähnlich wie bei der Leuchtstofflampe regt hierbei das Licht einer blauen LED gelbliche oder rote und gelbliche/grüne Farbstoffe an. Diese Konversions-Farbstoffe werden entweder direkt auf die LEDs aufgetragen oder befinden sich – örtlich und damit thermisch von der LED entkoppelt – in einem Filter oberhalb der LED. In beiden Fällen wird die Lichtfarbe durch das Verhältnis aus umgewandeltem breitbandigen gelblichen Licht und dem durchgelassenen schmalbandigen blauen Licht bestimmt. Da die Umwandlung durch den Leuchtstoff immer mit Verlusten verbunden ist und langwellige, d. h. rote Strahlung durch die Hellempfindlichkeitsfunktion  $V(\lambda)$  nur gering bewertet wird, sinkt die Lichtausbeute mit steigendem Rot-Anteil.

