

<https://www.conrad.de/de/ratgeber/technik-einfach-erklart/led-leuchtdiode.html>

1 LED » Die Leuchtdiode kurz erklärt

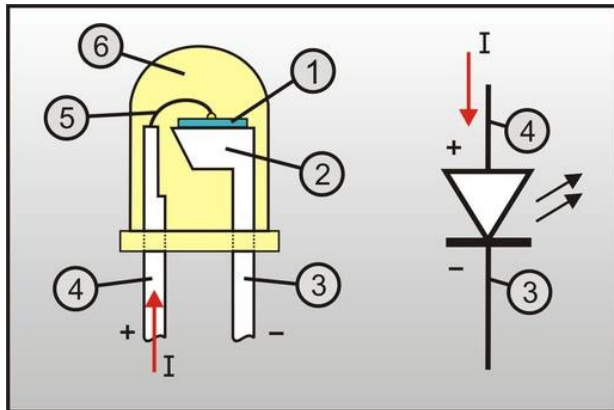
Aktualisiert 25.05.2022 | Lesedauer: 9 Minuten

Die drei Buchstaben **LED** stehen als Abkürzung für **Light Emitting Diode**, was so viel wie **Licht aussendende Diode** bedeutet. Ursprünglich wurden LEDs oder auch **Leuchtdioden** als optische LED-Anzeigen in Geräten oder Schaltungen verwendet und es gab sie nur in den Farben Rot, Grün und Gelb. Doch mittlerweile gibt es auch blaue und weiße LEDs. Zudem wurde die Leuchtkraft der LEDs so weit erhöht, dass LEDs als **effiziente Leuchtmittel** zum Beispiel in [LED-Scheinwerfern](#) oder [Taschenlampen](#) fungieren. Deshalb begegnen uns LEDs überall: Egal ob Ampeln, Displays oder bei der modernen LED-Beleuchtung von privaten und geschäftlichen Räumen. Durch ihre lange Lebensdauer, ihre geringe Größe sowie die variantenreichen Formen und Farbspektren haben LED-Lampen in kurzer Zeit [Glühlampen](#), [Halogen-](#) und [Energiesparlampen](#) ersetzt. Doch hinter jeder LED steckt ein ganzes Stück cleverer Technik, die wir Ihnen im Folgenden gerne erklären.

1.1 Aufbau einer Leuchtdiode

Eine LED gehört zu den **Halbleiter-Bauelementen in die Gruppe der III/V-Halbleiter**. Das heißt, dass sie aus Materialien besteht, die zur dritten und fünften Gruppe im Periodensystem gehören. Die verwendeten Halbleitermaterialien bilden eine **Diode**, die den **Strom (I) nur in eine Richtung** fließen lässt. Bei einer LED fließt der Strom von der Anode aus Richtung LED-Chip. Der Kern einer LED ist der **Halbleiterkristall**, der in einer Reflektorwanne sitzt.

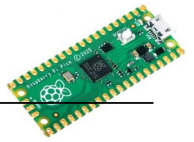
Der Aufbau einer Leuchtdiode lässt sich am Beispiel einer bedrahteten LED leicht erläutern.



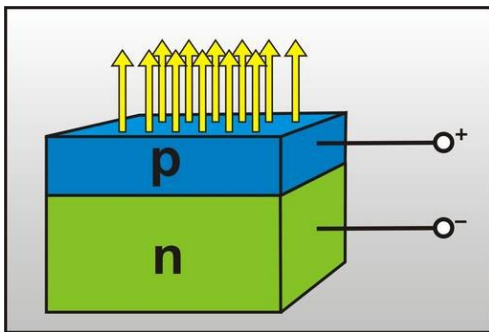
Aufbau einer Leuchtdiode am Beispiel einer bedrahteten LED.

- (1) Der **Halbleiterkristall (auch LED-Chip)** ist das Herzstück der LED und erzeugt Licht mittels physikalischer Prozesse.
- (2) Die **Reflektorwanne**, in die der LED-Chip eingebaut ist, erhöht sowohl Wirkungsgrad als auch Lichtausbeute.
- (3) Die **Kathode (-)** ist mit der Reflektorwanne verbunden.
- (4) Über die **Anode (+)** fließt Strom in Richtung Halbleiterkristall.
- (5) Ein **dünner Draht (Bond Draht)** verbindet den LED-Chip mit der Anode.
- (6) Eine **Kunststofflinse** umschließt den Aufbau und beeinflusst Strahlungswinkel und Lichtausbeute. Je nach Verwendungszweck ist sie oval, dreieckig, gewölbt oder abgeflacht.

Das Schaltsymbol (Abbildung rechts) verdeutlicht den Stromfluss von Anode nach Kathode und die entstehenden Lichtwellen (Pfeile). Damit eine LED in einer Schaltung funktioniert, muss sie richtig gepolt eingebaut werden. Damit die LED richtig eingesetzt wird, ist der Anschlussdraht der Anode im Regelfall etwas länger.



1.1.1 Aufbau des LED-Chips:



Grün ist die **negativ dotierte Schicht** eines Halbleitermaterials (n-Schicht).

Blau ist die **positiv dotierte Schicht** eines Halbleitermaterials (p-Schicht).

Aus der p-Schicht treten **Lichtwellen** aus.

Übrigens: Bei einer **Dotierung** wird der Halbleiterkristall gezielt mit Fremdatomen "verunreinigt", um seine Leitfähigkeit zu verändern. Dies führt zu einem Elektronen-Überschuss in der p-Schicht und zu einem Elektronen-Mangel (Elektronenlöcher) in der n-Schicht. Dies ist die Grundlage für die Prozesse, die zur Lichterzeugung führen.

1.2 Funktionsweise einer LED

Wie bereits aufgezeigt, befinden sich auf dem Halbleiterkristall zwei Schichten von Halbleitermaterialien. Eine **n-dotierte Schicht** besitzt einen **Überschuss an Elektronen**, eine zweite, dünnere **p-dotierte Schicht** verfügt über zu viele **Defektelektronen**, auch **Elektronenlöcher** genannt. Wird über die beiden Schichten eine **Spannung in Flussrichtung der LED** angelegt, wandern die überschüssigen Elektronen in Richtung p-Schicht. In der sogenannten Sperrschicht treffen sie auf die Elektronenlöcher. Dort beginnen sich die ausgewanderten Elektronen und die Elektronenlöcher zu rekombinieren. Das bedeutet: Beide Ladungsträger vereinigen sich. Somit stellt die **Rekombination** den Umkehrprozess der Ionisation dar.

Im Gegensatz zur Ionisation, die Energie benötigt, wird bei der Rekombination **Energie frei**, die in Form von Lichtblitzen (Photonen) über die dünne p-Schicht abgegeben wird. Der LED-Chip gibt diese Lichtblitze nach außen weiter, wobei die Innenseiten der Reflektorwanne das austretende Licht verstärken. Dieser Vorgang läuft kontinuierlich weiter, solange über die Spannungsquelle freie Elektronen zugeführt werden. Neben den Lichtblitzen entsteht während der Rekombination außerdem eine kleine Menge an Abwärme.

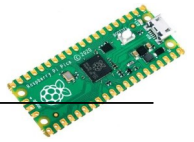
Das folgende Video erklärt die Funktionsweise einer Leuchtdiode noch einmal sehr anschaulich:

[Hier geht's zum YouTube Video](#)

1.3 Entstehung der Lichtfarben

Die Lichtfarbe der LED Leuchtdiode ist von den **Dotierungen der Schichten sowie von den verwendeten Halbleiterstoffen** abhängig. Diese unterschiedlichen Kombinationen weisen unterschiedliche Energie-Levels auf. Während der Rekombination der Elektronen werden **Photonen mit unterschiedlichen Energiemengen freigesetzt**. Diese bestimmen die **Lichtfarbe** bzw. die **Wellenlänge des sichtbaren Lichtes**.

So entsteht beispielsweise **kurzwelliges blaues Licht** bei einer hohen Energieabgabe und **langwelliges rotes Licht** bei einer niedrigen Energiemenge. Mittlerweile gibt es zahlreiche geeignete Materialsysteme, sodass Leuchtdioden nahezu alle Farben **monochromatisch** (einfarbig) wiedergeben können.



Folgende Stoffe finden häufig Verwendung, um entsprechende Farben zu erzeugen:

Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs): Rot mit 650 - 750 nm Wellenlänge

Galliumarsenidphosphid (GaAsP): Gelb mit 575 - 585 nm Wellenlänge

Galliumphosphid (GaP): Grün mit 490 - 575 nm Wellenlänge

Indiumgalliumnitrid (InGaN): Blau mit 420 - 490 nm Wellenlänge

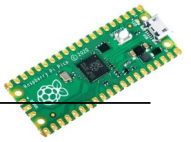
Neben den aufgezeigten Farben wie Rot, Grün, Gelb oder Blau gibt es auch LEDs, die mit nicht sichtbarem Infrarotlicht arbeiten. Diese **IR-LEDs** sind in den Fernbedienungen von [Fernsehern](#), [DVD-Playern](#) oder [SAT-Receivern](#) zu finden. Aber auch am anderen Ende des sichtbaren Bereiches gibt es LEDs, die im UV-Bereich arbeiten. IR- und UV-LEDs werden zum Teil auch in [Lichtschranken](#) verwendet, um Störungen durch das sichtbare Licht zu minimieren.

1.3.1 Unser Praxistipp: IR-Fernbedienungen prüfen

Wenn die Fernseh-Fernbedienung trotz neuer Batterien nicht funktioniert, können Sie leicht prüfen, ob die **IR-LED** der Fernbedienung Lichtsignale aussendet. Dazu muss lediglich eine Taste der Fernbedienung betätigt und dabei die IR-LED betrachtet werden. Da das menschliche Auge aber keine Infrarot-Lichtsignale erkennen kann, wird zusätzlich die **Kamera eines Smartphones** genutzt. Im Regelfall funktionieren Kameras nicht nur mit Licht im sichtbaren Frequenzbereich. Teilweise können die Kameras auch Licht im IR-Bereich erkennen, wodurch die Lichtsignale der IR-LED am Display des Smartphones gut sichtbar werden. Zu Testzwecken kann einfach eine funktionierende Fernbedienung mit der Smartphone-Kamera gescannt werden.

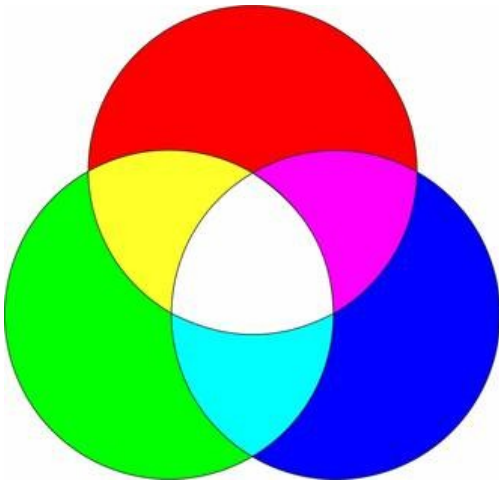
1.3.2 Entstehung von weißem LED-Licht

Besonders für Beleuchtungszwecke ist es erforderlich, weißes Licht zu erzeugen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden zwei unterschiedliche Verfahren genutzt:



1.3.2.1

Additive Farbenmischung



So wie ein Prisma [weißes Licht in seine unterschiedlichen Spektralfarben](#) aufteilt, kann dieser Vorgang auch rückwärts genutzt werden. Dazu werden verschiedenfarbige LEDs kombiniert. Durch die Überlagerung der drei Primärfarben Rot, Blau und Grün entsteht weißes Licht. Die Farben Rot und Grün ergeben Gelb, aus Rot und Blau wird Magenta und Grün und Blau ergeben Cyan.

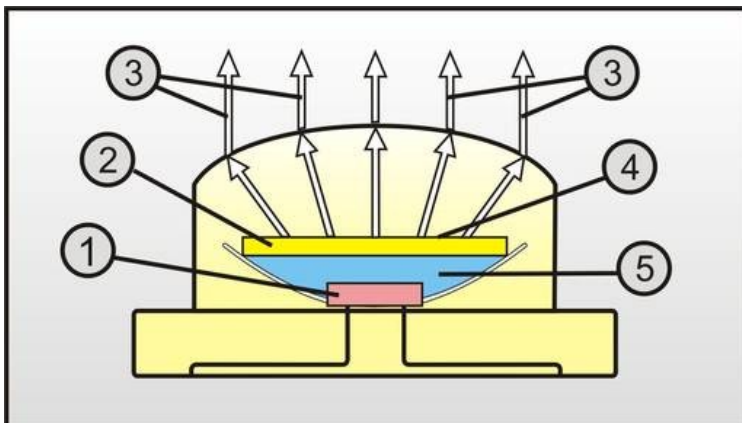
Innerhalb einer Multicolor-Leuchtdiode befinden sich also drei Halbleiterkristalle die jeweils eine der drei Primärfarben erzeugen. Diese LEDs werden auch als [RGB-LEDs](#) bezeichnet. RGB-LEDs sind in [LED-Streifen mit Farbwechselfunktion](#) zu finden. Denn durch unterschiedlich intensiv leuchtende Primärfarben kann eine scheinbar grenzenlose Farbvielfalt erzeugt werden.

1.3.2.2

Lumineszenz

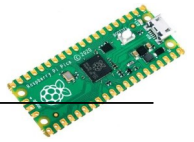
Eine **blaue Leuchtdiode** wird innen mit einer dünnen Phosphor-Schicht überzogen. Ein Teil der energiereichen, blauen Lichtwellen regen das **Phosphor zum Leuchten** an, wodurch energieärmeres, **gelbes Licht** ausgestrahlt wird. Durch die **Mischung von gelbem und blauem Licht** entsteht ein für das menschliche Auge weißes Licht.

Aufbau eines LED-Chips mit Lumineszenz-Technik:



1. Halbleiterkristall
2. Gelbe Phosphorschicht
3. Weißes Licht
4. Konversionsschicht
5. Blaues Licht

Je nach Dicke der Phosphorschicht der weißen Leuchtdiode entsteht Licht in einem **mehr oder weniger starken Gelbton** (warmweißes Licht).



Die Kombination mit den blauen Lichtwellen ergibt ein gelbstichiges oder blaustichiges Licht, das wärmer oder kälter wirkt. Die „Farbigkeit“ vom weißen Licht wird als [Farbtemperatur in Kelvin](#) angegeben.

Teilweise werden RGB-LEDs noch mit weißen LEDs zu RGBW-LEDs ergänzt, um neben farbigen Licht auch optimal weißes Licht zu erzeugen.

1.4 LED-Bauformen

Da sie sich in vielen Bereichen nutzen lassen, sind verschiedene LED-Bauformen notwendig. Momentan gehören bedrahtete LEDs, SMD-LEDs sowie COB-LEDs zum Standard.

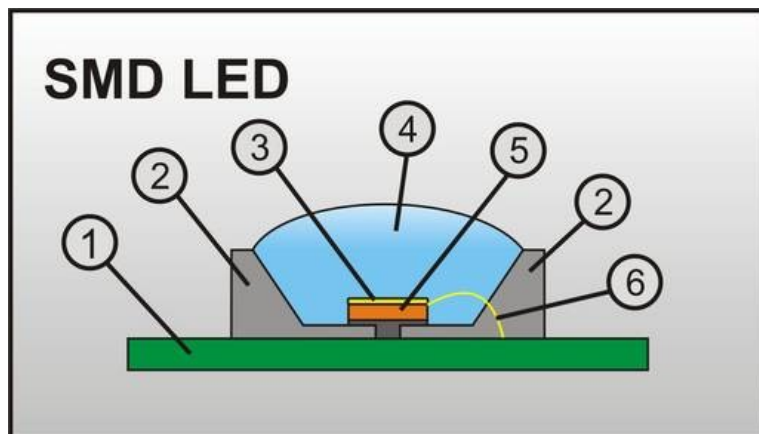
1.4.1 Bedrahtete LED



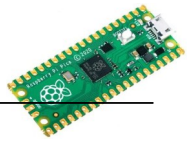
Die [bedrahtete Leuchtdiode](#) war die **erste Bauform** auf dem Markt und ist für Hobby-Techniker leicht zu verlöten. Man findet sie beispielsweise in Schaltern von Elektrogeräten.

1.4.2 SMD-LED

In der Industrie findet man oft die [SMD-LED](#), mittlerweile ist sie auch in privaten Haushalten im Gebrauch. Ihre Bezeichnung SMD (Surface Mounted Device) hat sie von der Art ihrer Befestigung, denn sie lässt sich **auf eine Platine löten**. Ihre Bauform macht sie **flacher, kleiner und damit vielseitiger** als beispielsweise eine bedrahtete LED. Deshalb sind auch LED-Streifen mit SMD-LEDs ausgestattet, da sich eine große Anzahl dieser Bauform leicht gruppieren lässt.

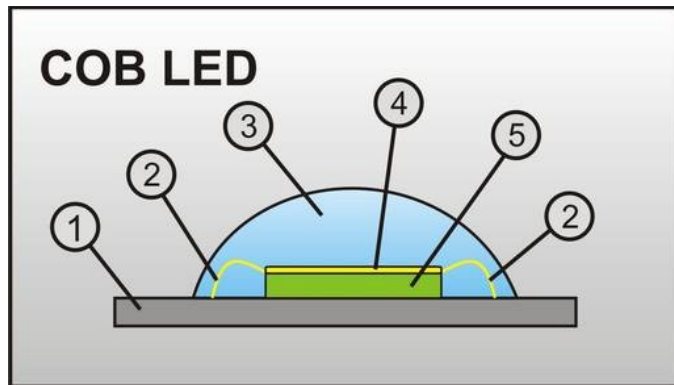


1. Platine
2. Kühlkörper
3. Phosphorschicht
4. Optik
5. LED-Chip
6. Bond Draht



1.4.3 COB-LED

Eine dritte Variante ist die COB-LED (Chip On Board), welche direkt auf Platinen zu verlöten ist. Dabei verbinden ein oder zwei Golddrähte die Chip-Anschlüsse mit der Platine. Diese LED gilt als **leistungsstark** und eignet sich für **eng gepackte LED-Module**. Diese befinden sich beispielsweise in LED-Röhren. Im Gegensatz zur bedrahteten LED und zur SMD-LED, die bereits verkapselt sind, muss bei einer COB-LED eine **Epoxylinse** auf die Leuchtdiode geklebt werden. Der Vorteil: Mit dieser Linse lässt sich der Abstrahlwinkel des Lichts flexibel gestalten. Darüber hinaus dient die Platine gleichzeitig der **Kühlung**. Empfehlenswert ist das Aufbringen von Wärmeleitkleber auf die Platine, um die Leuchtdiode zu befestigen und die Wärme noch besser abzuleiten.



1. Platine, die auch der Kühlung dient
2. Bond Draht
3. Epoxylinse
4. Phosphorschicht
5. Halbleiterkristall

1.4.4 HighPower LED

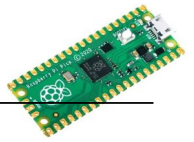
Viele LED-Hersteller nennen manche ihrer Produkte [High Power LED](#). Gerade wenn es darum geht, **sehr helles Licht auf kleiner Fläche zu erzeugen**, beispielsweise bei Taschenlampen oder Scheinwerfern. Dabei gilt jedoch zu beachten, dass es keine offizielle Definition einer High Power LED gibt. Deshalb variieren die Lumen-, Watt- und Ampere-Angaben bei dieser Gruppe stark.

1.5 Vorwiderstand oder Vorschaltgerät

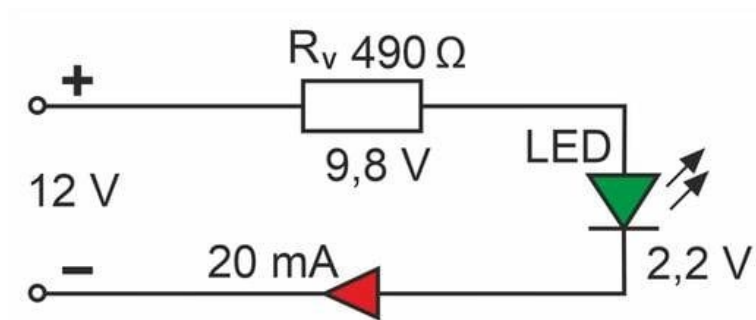
LEDs sind nicht für hohe Spannungen ausgelegt. Mit welcher Spannung eine Diode betrieben werden muss, ist auch von der Farbe abhängig:

- IR-LEDs haben eine Betriebsspannung von 1,2 – 1,8 V
- Rote LEDs haben eine Betriebsspannung von 1,6 – 2,2 V
- Grüne oder gelbe LEDs haben eine Betriebsspannung von 1,9 – 2,5 V
- Blaue oder weiße LEDs haben eine Betriebsspannung von 2,7 – 3,5 V
- UV-LEDs haben eine Betriebsspannung von 3,1 – 4,5 V

Die genauen Spannungswerte als auch der Strom muss den technischen Unterlagen der Diode entnommen werden.



1.5.1 LED-Vorwiderstand berechnen



Wenn beispielsweise eine bedrahtete **Standard-LED mit 2,2 V** und **20 mA** an 12 V betrieben werden soll, muss mit einem Vorwiderstand die Spannung als auch der Strom begrenzt werden.

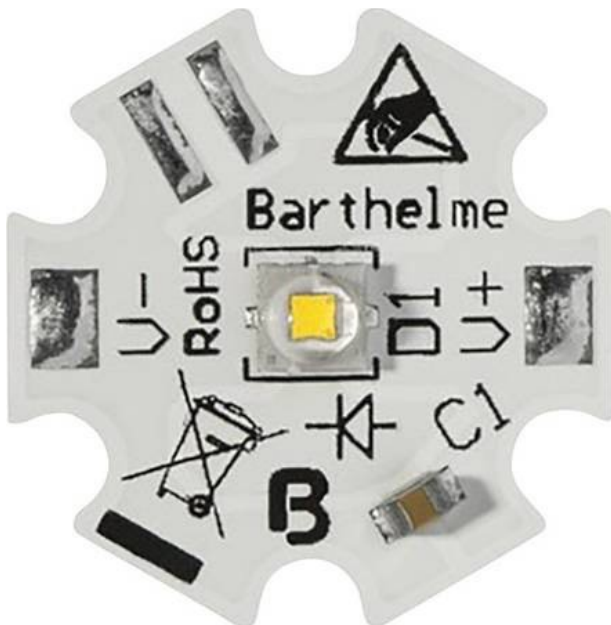
Dabei sollte der Widerstand so ausgelegt sein, dass an ihm eine Spannung von $9,8\text{ V}$ ($12\text{ V} - 2,2\text{ V}$) abfällt, wenn ein Strom von 20 mA fließt. Der Widerstand kann nach dem Ohmschen Gesetz $R = U : I$ ($9,8\text{ V} : 0,02\text{ A} = 490\ \Omega$) berechnet werden. Je nach [Widerstandsreihe](#) wird in der Praxis dann ein Widerstand mit $510\ \Omega$ oder $560\ \Omega$ verwendet.

1.5.2 Vorschaltgerät oder LED-Treiber auswählen

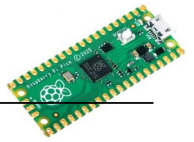
Bei superhellen Hochleistungs-LEDs hingegen geben die Hersteller neben dem Spannungsbereich auch den **konkreten Betriebsstrom** vor. In diesem Fall sind spezielle [LED-Treiber](#) oder [Vorschaltgeräte](#) zu verwenden, die exakt diesen Strom liefern. **Wichtig dabei:** Die gesamte Leistung aller angeschlossenen LEDs darf die Leistung des Vorschaltgerätes nicht übersteigen.

1.6 Temperaturentwicklung bei Leuchtdioden

Ein besonderes Augenmerk gilt es bei einer LED auf die Temperatur zu richten, gerade wenn Sie selbst **lichtstarke Leistungs-Leuchtdioden** verbauen möchten, da LEDs sehr empfindlich auf eine zu große Wärmeentwicklung reagieren.



Funktioniert eine Leuchtdiode nicht mehr, liegt es selten direkt an einem fehlerhaften Halbleiterkristall. Vielmehr ist oftmals eine **zu hohe Temperaturentwicklung** verantwortlich, die durch einen zu großen Betriebsstrom oder einer mangelhaften Verarbeitung entstehen kann. Die entstehende Hitze zerstört beispielsweise die komplexe Konstruktion im Inneren des Halbleiterkristalls.



Dies scheint verwunderlich. Denn wer eine leuchtende Leuchtdiode anfasst, wird eine sehr geringe Wärmeentwicklung spüren. Das liegt daran, dass bei der LED-Technik wenig Abwärme produziert wird, da das Licht durch das Emittieren von Photonen entsteht. Eine **Glühbirne erzeugt vergleichsweise viel Wärme**, da das Licht durch die Erwärmung eines Materials entsteht, und strahlt diese aus.

Aber auch wenn außen kaum zu merken: Im Inneren einer lichtemittierenden Diode steigt die Temperatur, weil eine geringe Menge an Wärme als Nebenprodukt anfällt. Dies geschieht beispielsweise durch einen zu hohen Stromdurchfluss in Folge eines zu kleinen Vorwiderstandes oder eines falschen Schaltaufbaus.

Je kühler im Betrieb ihre Umgebung ist, desto besser ist es für eine LED hinsichtlich Funktionsweise und Lebensdauer. Eine zu warme Umgebungstemperatur kann die Lebensdauer der Leuchtmittel deutlich verkürzen. Je nach Bauform gibt es unterschiedliche Mittel der Kühlung. In der Regel wird die **Wärme über ein weiteres Material wie Aluminium oder Keramik** abgeleitet. So bestehen beispielsweise die Sockel von LED-Leuchtmitteln aus einem der beiden Materialien. Bei SMD-LEDs bildet der Chip eine Einheit mit dem Kühlkörper.

1.7 Vorteile und Nachteile von LEDs

1.7.1 Vorteile von Leuchtdioden

1.7.1.1 Wirtschaftlichkeit

Geringer Energieverbrauch dank hohem Wirkungsgrad, also **hellere Beleuchtung bei geringerem Stromverbrauch**. Zu erkennen ist dies an der geringen Wattzahl im Vergleich zu herkömmlichen Glühbirnen.

Hohe Lebensdauer: Abhängig von Halbleitermaterialien und Betriebsbedingungen hält eine LED in der Regel zwischen 15.000 und 50.000 Stunden.

Dies entspricht bei einem Betrieb von 3 Stunden täglich einer Lebensdauer von 14 bis 45 Jahren.

1.7.1.2 Design

Kleine Bauform, dadurch beispielsweise geringere Lieferkosten.

Große Flexibilität durch Formenvielfalt, beispielsweise passen sie in herkömmliche Leuchten.

Durch Typen und Farbenvielfalt sowie durch ihre Dimmbarkeit sind Leuchtdioden in vielen **unterschiedlichen Bereichen einsetzbar**. Nicht nur in Leuchten, sondern auch als Hintergrundbeleuchtung von LC-Displays, als Infrarot-LED in Lichtschranken, in der Optoelektronik oder in Signalanlagen.

1.7.1.3 Technik

Sicherheit durch **geringe Spannung**.

Stoß- und vibrationsfest.

Geringe Einschaltverzögerung.

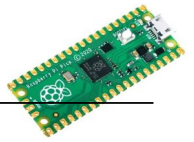
Kaum Ausfallzeiten.

Praktisch **wartungsfrei** während der gesamten Einsatzzeit.

1.7.1.4 Umweltverträglichkeit

LEDs enthalten **keine Giftstoffe**.

Dadurch zeichnen sich LEDs durch eine sehr hohe Umweltverträglichkeit aus.



1.7.2 Nachteile von Leuchtdioden

1.7.2.1 Wirtschaftlichkeit

Höhere Anschaffungskosten

1.7.2.2 Technik

Beim Einsatz in Räumen, in denen viel **Feuchtigkeit** entsteht, beispielsweise Bad oder Küche, können **Bestandteile der LED-Leuchten korrodieren**.

Die LED kann so ausfallen. Gerade Metallteile, Anschlüsse und elektronische Bauteile sind empfindlich.

Achten Sie beim Kauf auf den [IP-Standard](#) der LED, um eine Korrosion zu vermeiden.

1.7.2.3 Umweltverträglichkeit

Seltene Erden sind nötig.

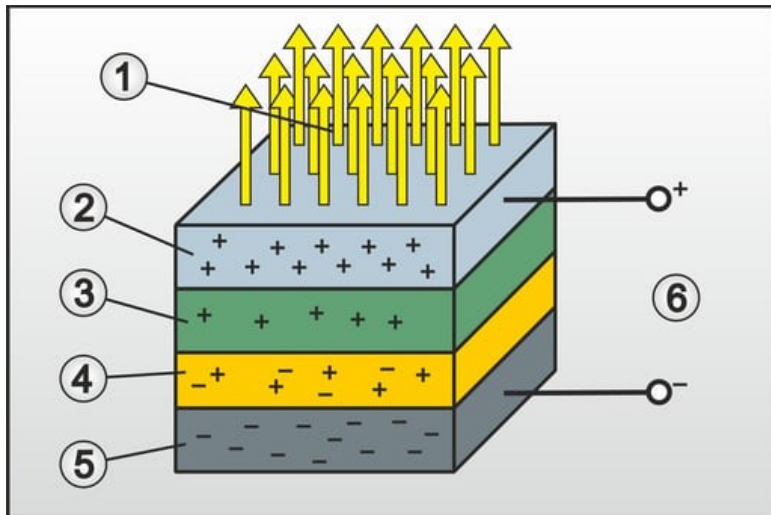
Entsorgung bei **Müll-Sammelstellen**, nicht im Hausmüll.

In vielen LED-Leuchten sind die Leuchtmittel fest verbaut. Das bedeutet, dass sie **komplett zu entsorgen** sind, sobald das Leuchtmittel defekt ist.

1.8 OLEDs, so funktionieren die organischen LEDs

In Verbindung mit Displays oder Fernsehgeräten ist immer wieder der Begriff OLED oder organische Leuchtdioden zu finden. Im Prinzip arbeitet eine organische LED wie eine herkömmliche LED, nur dass sich zwischen den Elektroden eine Struktur aus einem oder mehreren organischen Filmen befindet.

1.8.1 Aufbau eines OLED-Chips



1. Abgegebenes Licht

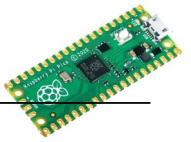
2. Transparente Anode

3. Lochleitungsschicht

4. Organisches Polymer Leuchtschicht

5. Kathode

6. Spannungsanschluss



Beim Anlegen einer Spannung rekombinieren die Ladungsträger in der organischen Schicht und geben dabei durch die transparente Anode das Licht ab.

Im Gegensatz zu LCD-Displays, die zwangsläufig eine Hintergrundbeleuchtung benötigen, leuchten Displays mit organischen LEDs selbsttätig. Wenn die LEDs nicht angesteuert werden, bleiben sie einfach dunkel, wodurch **schwarze Bereiche** in einem Bild **hervorragend dargestellt** werden können. Da eine Hintergrundbeleuchtung nicht vorhanden ist, gibt es bei der Farbe Schwarz auch keinen störenden Durchschimmer-Effekt.