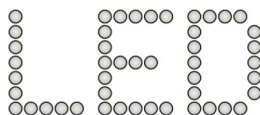


Modell-Bau LED-Grundlagen



Kurze Grundlagen zu LED's

Zu Grundlagen zu LED's kann man im Internet an vielen Stellen nachlesen. Eine sehr einfache und anschauliche Einführung findet man unter: [Praktische Elektronik](#)

Hier soll nur kurz auf Dinge eingegangen werden die beispielsweise zur Beleuchtung von Papiermodellen relevant sind.

Die **Bau-Form**, die **Farbe** und die **Leistung** der LED's sind nahezu unbegrenzt, also sollte es immer die passgerechte Variante für die Modelle geben:



Die in den Bildern dargestellten LED's sind im allgemeinen Einbauvarianten. Es gibt aber auch für spezielle Zwecke LED-Leuchten, z.B. kann man ja schon ohne irgendwelche zusätzlichen Schaltungen 220V Glühlampen ersetzen, die Schaltung befindet sich mit in der Glühlampe.

Faszinierend sind neue Lampen am Fahrrad, mit einer einzigen LED wird Licht erzeugt, was schon Blendeffekte bei anderen Verkehrsteilnehmern hervorrufen kann, demnächst wird es wohl Abblendeinrichtungen am Fahrrad geben.

Beschaltung von LED's

Gemeint ist die elektrische Beschaltung von oben dargestellten "Bastel-LED's"

Grundsätzlich gilt:



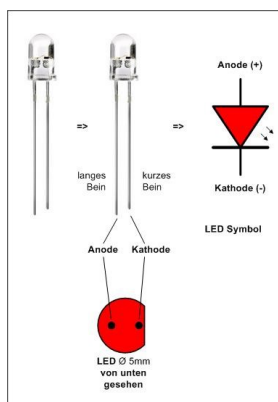
Nach Wikipedia / Kleinspannung

" Bei Spannungen unter 25 Volt AC oder 60 Volt DC kann gänzlich auf einen Schutz gegen Berühren verzichtet werden; diese Spannungen gelten auch für Tiere und Kinder als ungefährlich. "

(AC - Wechselspannung; DC - Gleichspannung)

LED's **sollten nicht mit Wechselspannung** betrieben werden, denn ab einer bestimmten Spannung sind sie nicht in der Lage die Sperrfunktion wie Dioden auszuführen, sie werden zerstört.

Bei Gleichspannung kann man nach der Definition 60V verwenden, besser und üblich ist maximal 12V zu verwenden (geht jedoch nicht immer - später).

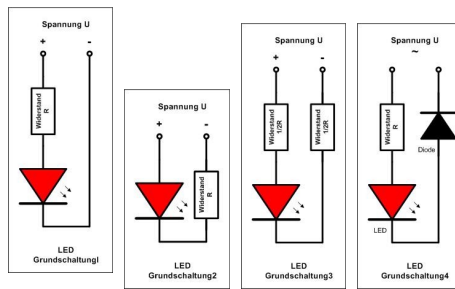


Es ist kein Fertigungsfehler, dass die Beine der LED's unterschiedlich lang sind, es gilt:

langes Bein - Anode; Kurzes Bein Kathode!

An das lange Bein muss der **+Pol** der Spannung gelangen, an das kurze der **-Pol**. Wie das müssen wir gleich beschreiben.

Das Schaltungssymbol entspricht dem einer Diode, nur außen gibt es noch zwei Pfeile, die darauf hindeuten, dass da was raus kommt - eben Licht! Ich fülle das Symbol meist mit der entsprechenden Farbe aus, also hier kommt **rotes Licht** raus!



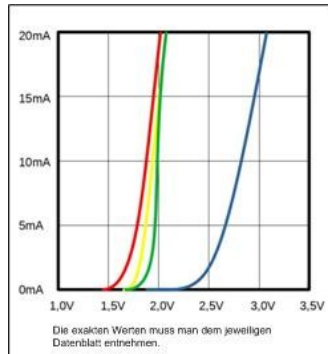
Der Anschluss der LED erfolgt immer über einen Widerstand, dabei ist es egal ob er zur Anode der LED führt (Schaltung1), oder zur Kathode (Schaltung2) oder zur Hälfte zu beiden Anschlüssen führt (Schaltung3).

Muss man Wechselspannung verwenden, empfiehlt sich die Schaltung4.

Hier wird eine normale Diode in Reihe zur LED geschaltet. Die Diode sorgt dafür, dass bei falscher Polung (negative Halbwelle) kaum Strom durch die Anordnung fließt. An welcher Stelle diese Diode in die Schaltung eingebaut wird, ist völlig egal! Nur eine falsche Richtung der Diode könnte wieder für Ärger sorgen, denn die positive Spannung, die zum Leuchten der LED gebraucht wird, wird gesperrt, die negative kommt durch, die LED muss diese Sperren, was wieder, ist sie zu groß, zur Zerstörung der LED führen kann.

Die Helligkeit der LED's kann man nur bedingt durch den Vorwiderstand regeln (nur in kleinen Grenzen, nicht wie bei einer Glühlampe), der LED-Typ legt die Helligkeit fest!

Frage ist, wie groß muss der Widerstand R sein?



Etwas vereinfacht gesagt, braucht jede LED einen bestimmten Spannungswert zur Funktion, fachlich bezeichnet man ihn als Flussspannung, diese ist abhängig von der LED, also Farbe und vom Produkt, rote LED's verschiedenen Typs haben unterschiedliche Flussspannung.

Der Wert kann aus dem zur LED gehörenden Datenblatt und Diagramm (links) abgenommen werden.

Ein Wert im Datenblatt ist beispielsweise auch der zulässige Strom durch die LED. Nach Wikipedia:

Nehmen wir an, die rote LED ist eine Standard-LED, dann würde der Strom etwa 20mA betragen, daraus resultiert eine Flussspannung von etwa 2V. Bei 12V Versorgungsspannung muss über dem Widerstand eine Spannung von 10V verbleiben, die aber einen Strom von nur 20mA bewirken darf.

(Bed.: 12V - 12Volt; 20mA - 20MilliAmpere = $20 \cdot 10^{-3} \text{A} = 2 \cdot 10^{-2} \text{A} = 0,02 \text{A}$; A- Ampere)

Beispiel: rote LED; 20mA; 2V(Flussssp. (U_D)) an 12V (U_V) betreiben

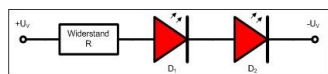
$$R = \frac{U_V - U_D}{I_D} = \frac{12\text{V} - 2\text{V}}{20\text{mA}} = \frac{10\text{V}}{0,02\text{A}} = \frac{10\text{V}}{2 \times 10^{-2}\text{A}} = 5 \times 10^2 \Omega = \underline{\underline{500\Omega}}$$

Das kann man so als Formel formulieren (das ist das Ohmsche Gesetz).

Man braucht also als Vorwiderstand einen Widerstand von mindest 500Ω. Üblicher Weise verwende ich in diesem Fall 1KΩ, die Helligkeit leidet darunter nur wenig.

Bei 5V bleibt also eine Spannung von 3V und damit ein Widerstand von mindest 150Ω (Bed.: Ω - Ohm).

Ein paar Schaltungsvarianten



Will man zwei Räume im Modell-Haus beleuchten (eine LED wäre vielleicht nicht ausreichend), kann man das so schalten. Durch beide LED's fließt der gleiche Strom, der Widerstand hat nun einen geringeren Spannungsabfall.

$$R = \frac{U_V - (U_{D1} + U_{D2})}{I_D} = \frac{12\text{V} - 4\text{V}}{20\text{mA}} = \underline{\underline{400\Omega}}$$

Da an jeder LED bei 20mA eine Flussspannung von 2V entsteht verbleiben am Widerstand nur noch 8V, der Widerstand reduziert sich somit auf 400Ω.

Nimmt man einmal an, dass ich diese Anordnung mit zwei 1,5V Batterien (z.B. LR6 in Reihe) betreiben will, leuchtet keine LED!

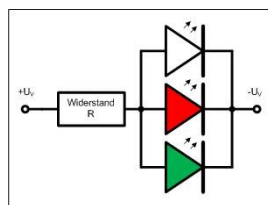
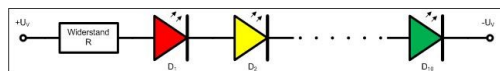
Die sind nicht defekt - setzt man diese Werte (zweimal 1,5V in Reihe = 3V) in die Formel ein (links), entsteht als Ergebnis ein **negativer Wert**, das geht nicht.

Oder anders beschrieben - die 2 in Reihe geschalteten LED's haben zusammen eine Flussspannung von 4V, die Batterien bringen aber nur 3V - das kann nicht funktionieren. Damit ist dann auch verständlich, dass für eine Lichterkette aus 10 gelben, grünen und/oder roten LED's mindest 20V gebraucht werden, also 24V plus Widerstand

! Auch bei genau 20V Spannung wird ein Widerstand gebraucht !

Da der aber auch einen Spannungsabfall erzeugt, funktioniert die Anordnung wieder nicht mit 20V.

$$R = \frac{3\text{V} - 4\text{V}}{20\text{mA}} = -50\Omega \quad \text{!??}$$



Eine weitere Schaltungsvariante?

Problem: welche Flussspannung stellt sich an den unterschiedlichen LED ein?

Für die grüne und rote liegt sie bei etwa 2V, aber die weiße (etwa wie blaue) hat eine Flussspannung von etwa 3V. Man kann das auf einem Steckbrett auch ausprobieren. Schließt man alle 3 LED's an, leuchtet die grüne und die rote. Entfernt man die rote oder grüne LED, ändert sich nichts, die weiße LED bleibt dunkel. Erst **wenn rot und grüne** entfernt sind, leuchtet die weiße LED.

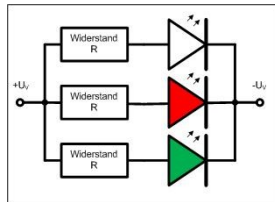
Das kann man am Diagramm (oben) erklären. Die grüne und/oder rote LED haben eine Flussspannung von 2V und stellen diese außen auch bereit - die Flussspannung von 3V der weißen LED wird nicht mehr erreicht, sie leuchtet nicht.

Die letzte Schaltungsvariante ist nicht zu empfehlen, auch nicht wenn nur eine LED-Sorte **verwendet wird**.

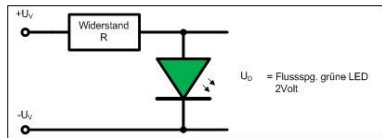
Es ist also keine Schaltungsvariante!

Damit der Strom den richtigen Wert hat, er teilt sich ja in die entsprechende Anzahl von Zweigen auf, muss der Widerstand kleiner sein. Zum Problem kann es somit werden, wenn LED's ausfallen, der Strom wird dann für die restlichen zu groß, was dann zur Zerstörung aller führen kann.

Man braucht eine andere Schaltungsvariante.



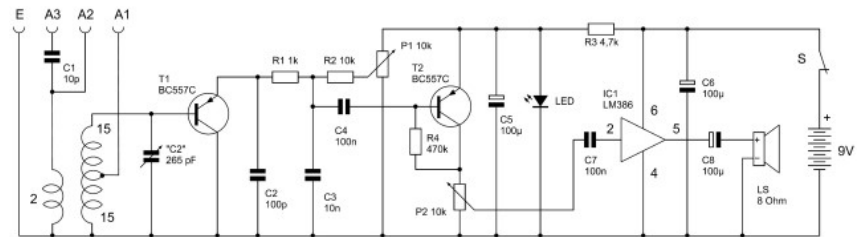
Hier funktioniert jeder Zweig, wie anfangs beschrieben, der Widerstand wird speziell an die LED angepasst.



Man kann das auch noch anders sehen.

Zeichnet man die Anordnung so (links) auf, dann steht die Flussspannung rechts zur Verfügung. Wird das Diagramm gleichfalls genutzt, kann man feststellen, dass die Flussspannung etwa für 2mA bis 20mA nahezu konstant 2V ist. Diesen Effekt stellen alle Dioden bereit, speziell Zehner-Dioden sind darauf getrimmt, es sind im Endeffekt Spannungs-Konstant-Halter. Das kann man nutzen, z.B. man baut so eine Betriebsspannungs-Anzeige und hat danach zugleich eine konstante Spannung von 2V!

z.B. ein [Retro-KW-Empfänger](#) (Firma Conrad):



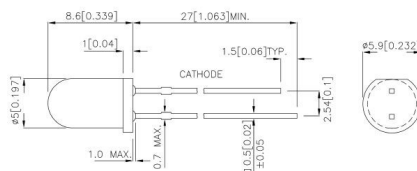
Die LED hinter dem Widerstand R3 dient der Anzeige der Betriebsspannung, stabilisiert zugleich die Versorgungsspannung der beiden Transistoren auf etwa 2V (es ist eine rote LED).

Am Schluss sollen einmal Daten einer realen grünen LED dargestellt werden.

Grüne LED: L-53SGD

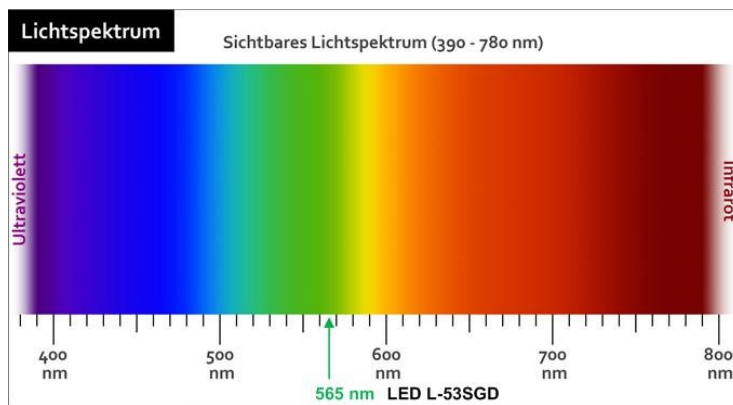
Das ist keine besondere LED, sie wurde nur sofort und leicht im Internet gefunden.

Das ist ein Teil des Datenblatts. Es wird grünes Licht mit einer Wellenlänge von 565nm (nm - Nano-Meter; 565nm = $565 \cdot 10^{-9} \text{m}$ = 0,000 000 565m) erzeugt. Das erfolgt durch eine entsprechende Konstruktion und Material der Diode, durch Änderung des Stromes oder Spannung ist keine Änderung der Farbe möglich!

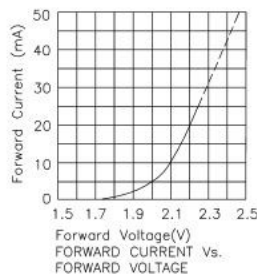


Electrical / Optical Characteristics at $T_A=25^\circ\text{C}$

Symbol	Parameter	Device	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
λ_{peak}	Peak Wavelength	Super Bright Green	565		nm	$I_F=20\text{mA}$
λ_D	Dominate Wavelength	Super Bright Green	568		nm	$I_F=20\text{mA}$
$\Delta\lambda_{1/2}$	Spectral Line Half-width	Super Bright Green	30		nm	$I_F=20\text{mA}$
C	Capacitance	Super Bright Green	15		pF	$V_F=0\text{V}, f=1\text{MHz}$
V_F	Forward Voltage	Super Bright Green	2.2	2.5	V	$I_F=20\text{mA}$
I_R	Reverse Current	Super Bright Green		10	μA	$V_R=5\text{V}$



So sieht das gesamte Farbspektrum des sichtbaren Lichts aus. Mit dem Pfeil wurde einmal auf die Stelle im Spektrum gezeigt.



Das ist die bekannte Kennlinie, nun aber genau für diese LED.

Man kann die Flussspannung in Abhängigkeit vom Strom ablesen:

bei 5mA - 2V; bei 10mA - 2,1V und bei 20mA - 2,2V

Das Diagramm zeigt auch weitere Werte, die sind aber außerhalb des Betriebsbereiches der LED, vielleicht kann man sie kurzzeitig bei 50mA betreiben, wie lange sie das durchhält, ist unbekannt.

Um die LED bei 5V mit 10mA zu betreiben rechnet man:

$$(5V - 2,1V) / 10 \cdot 10^{-3} A = 2,9V / 10^{-2} A = 2,9V \cdot 10^2 A = 290\Omega$$

also 290Ω braucht man minimal als Vorwiderstand. Den wird es kaum geben, aber 300Ω könnte es geben - der tut es auch (größer geht immer, aber kleiner niemals!).

Zum Abschluß gibt es aber noch eine wichtige Bemerkung:

LEDs, mit Vorwiderstand

Kingbright

Artikel-Nr.: LED 3MM 12V RT
LED, 3 mm, bedrahtet, 12 V, rot, 20 mcd, 60°

- Typ: LED
- Farbe: rot
- Lichtstärke: 8 ... 20 mcd
- Abstrahlwinkel: 60°
- Gehäuseausführung: diffus
- Betriebsspannung: 12 V
- Betriebsstrom: 8,5 mA
- Ø: 2,9 mm
- Wellenlänge: 625 nm

Das ist ein Ausschnitt aus einem Katalog für elektronischen Bauelemente und man sieht sofort die weitere Entwicklung - es gibt zunehmend LED's, bei denen schon ein Vorwiderstand integriert ist, so dass nun für das Bauelement die konstruierte Betriebsspannung angegeben wird. Das hat Vorteile, aber für bestimmte Anwendungen werden weiterhin solche ohne integriertem Widerstand benötigt.

Man muss also genau hinschauen wenn man LED's kauft, an der äußeren Form gibt es keine Unterscheidungen, offensichtlich ist das nur an der angegebenen Spannung sichtbar (12V).

Allerdings sind die mir zur Verfügung stehenden 5mm LED's mit Widerstand nur etwa 6mm lang, im Gegensatz zu denen ohne Widerstand mit 9mm Länge!