

LEDs für Nichtelektroniker

**Autor: Rudolf Rautert (Dipl. Ing. Elektrotechnik)
Geschäftsführer der Fa. Daschke Ltd.**

***** Leicht verständliche Erklärungen ***
*** Berechnung von Widerständen für LEDs ***
*** Eine Einführung in die Welt der LEDs ***
*** und vieles mehr *****

Inhaltsverzeichnis:

1. Vorwort
2. Vor- & Nachteile der LEDs
3. Was sind Strom, Spannung, Widerstand und LED?
4. LED-Begriffe (Vorwärtsspannung, Verbrauch, Leuchtstärke, Abstrahlwinkel)
5. LEDs und ihre Anwendungen (mit Widerständen und Konstantstromquellen)
6. Low current LEDs (sparsame LEDs) – Anwendung & Aufklärung von Irrtümern
7. Serien- & Parallel-Schaltung
8. Duo-LEDs (Zweifarb-LEDs)
9. Tipps, Tricks, Erfahrungen aus der Praxis

1. Vorwort – Wozu dieses Manuskript? Und für wen überhaupt?

Immer wieder wurde ich im Alltag mit Kundenproblemen konfrontiert, die ich zu lösen versucht habe. Oft gab es Lösungen, manchmal auch nicht.

Ich war aber oft erstaunt, wie viel Unwissen oder gar falsches Wissen bei manchen Kunden war. Auch fand ich manche Behauptungen in Internetforen falsch.

Wozu dieses Manuskript?

Da ich im Laufe der Zeit immer wieder auf ähnliche Kundenprobleme gestoßen bin und oft dieselben Erklärungen abgeben musste, kam die Zeit, die Erfahrungen nieder zu schreiben. Dazu wurde ich teilweise von Kunden angesprochen (teils gar gedrängt), mal dies und jenes als Wissen zu Papier zu bringen.

Für wen ist dieses Manuskript gedacht?

Die nachfolgenden Abschnitte behandeln Teile der Elektronik aus der Praxis. Es sollen keine wissenschaftlichen Abhandlung werden. Die Lösungen sind nicht für den Elektrotechniker gedacht, der die Note 1 in seinem Studium hatte. Vielmehr richten sich die Anmerkungen an unbedarfte Leser, deren Beruf gar nicht, oder nur wenig mit der Elektronik zu tun hat. Dies ist keine Anleitung zum Nachbauen. Sie soll die Sachverhalte zum Thema LEDs auf einfache und leicht verständliche Weise darstellen.

Wenn Sie zum Beispiel wissen wollen, wie man LEDs anschließt, betreibt und wie man die Vorwiderstände berechnet, ist dies das richtige Manuskript für Sie.

Den endgültigen Anstoß zu diesem Manuskript gaben mir Kunden, die keinerlei (oder nur wenige) Kenntnisse über die LEDs und die Elektrotechnik hatten. Sie waren jedoch bastlerisch tätig und verstanden irgendwann die Zusammenhänge nicht mehr.

Es hieß „Mensch, solch einfachen Erklärungen müsste man als Nichtelektrotechniker nachlesen können. Meistens findet man Hinweise im Internet, die nicht so einfach und gebündelt dargestellt werden. Oder man findet etwas und weiß nicht, ob es richtig ist“. Deshalb finden Sie hier die theoretischen Angaben mit praxisnahen Beispielen erläutert.

Updates:

Dieses Manuskript wird stets erweitert und wird im Laufe der Zeit immer mehr Kapitel enthalten. Sie können jederzeit über das neueste Manuskript verfügen, wenn Sie es per Email verlangen. Spätere Updates sind für Käufer des Skriptes kostenlos.

Notwendige Vorkenntnisse:

Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren und Dividieren von Zahlen.

2. Vor- & Nachteile der LEDs

Wer erwartet, dass die LED das Wundermittel der Beleuchtung ist, wird irgendwann enttäuscht sein. Wie jedes System bietet sie Vor- & Nachteile.

Hier einige Vorteile:

- a. LEDs sind recht günstig und leicht zu beschaffen.
- b. Sie arbeiten mit niedrigen Strömen und Spannungen, verbrauchen also relativ wenig Energie. Die niedrige Betriebsspannung erleichtert den Umgang mit LEDs, was deren Akzeptanz erhöht.
- c. LEDs sind in verschiedenen Farben vorhanden (rot, gelb, grün, blau, weiß). Entsprechend viele Einsatzmöglichkeiten sind gegeben.
- d. LEDs werden heute in unterschiedlichen Größen und Formen sowie in verschiedenen Leuchtstärken angeboten.
- e. Bis auf die stark leuchtenden LEDs gibt es kaum Hitzeentwicklung.
- f. Sie sind relativ umweltfreundlich (frei von schädlichen Gasen & Schwermetallen).
- g. Lange Lebensdauer.

Nachteile der LEDs:

- a. LEDs liefern relativ wenig Licht. Deshalb wird weltweit geforscht, um den Wirkungsgrad von LEDs zu erhöhen.
- b. Bei erhöhter Lichtausbeute (oft als Power LEDs am Markt an zu treffen) erhitzen sich LEDs, was die Effizienz wieder sinken lässt.
- c. Zum Betrieb der LEDs ist eine Vorschaltung notwendig. Mindestens muß man den Strom, der durch die LED fließt, mittels eines Widerstandes begrenzen.
- d. Da LEDs das Licht gebündelt ausstrahlen (mehr oder weniger – je nach Typ), lässt sich eine rundum Beleuchtung nur durch den Einsatz mehrerer LEDs realisieren.

Wenn man also die LED korrekt und zweckmäßig einsetzt, wird man die Vorteile der LEDs erkennen, nutzen und schätzen.

3. Was sind Strom, Spannung, Widerstand, LED?

Bitte keine Sorge, ich habe nicht vergessen, dass dieses Manuskript einfach und verständlich bleiben soll. Dennoch muss ich zuerst einige Begriffe für Jedermann erklären. Außerdem sind einfachste Berechnungen (Addition, Multiplikation und Division) notwendig, um die Arbeitsweise der LEDs zu verstehen.

Und diese Grundrechenarten können nun wirklich kaum jemanden erschrecken.

Als elektrischen Strom versteht man den Fluss von Elektronen in einem Medium. Wenn Elektronen von einem Atom zum anderen in einem Kupferdraht beispielsweise fließen, dann fließt ein elektrischer Strom.

Die Stromstärke wird in A (Ampere) gemessen, die Formelbezeichnung ist „I“. Für Leuchtdioden findet man oft die Angabe mA (Milliampere, was einem Tausendstel Ampere entspricht).

Die elektrische Spannung ist eine treibende Kraft, die eine Bewegung der Elektronen überhaupt verursachen kann. Die Spannung wird in V (Volt) gemessen, die Formelbezeichnung ist „U“.

Als elektrischen Widerstand versteht man eine Kraft, die dem Fluß der Elektronen entgegen wirkt. Demnach wird ein Strom, der durch einen Widerstand fließt, durch den Widerstand begrenzt. In der Elektrotechnik werden unterschiedliche Widerstände als Bauelemente angeboten. An den Anschlüssen eines Widerstandes fällt eine Spannung ab, wenn ein Strom durch ihn fließt. So wird man vor einem Widerstand eine höhere Spannung als hinter ihm messen, wenn durch ihn ein Strom fließt.

Der Widerstand wird in Ω (Ohm) gemessen, die Formelbezeichnung für den Widerstand ist „R“.

(Bild 1)



So oder ähnlich finden Sie Widerstände in Zeichnungen. R1 bedeutet, dass es Widerstand Nr. 1 in der Schaltung ist. Der Wert des Widerstandes beträgt 10 Ohm.

In der Praxis sehen bedrahtete Widerstände wie folgt aus:

(Bild 2)



Sie bestehen aus einem länglichen Körper, an dessen Enden jeweils ein Draht angeschlossen ist.

Man kann nun zwischen den Größen Strom, Spannung und Widerstand hin und her rechnen, wenn zwei Größen bekannt sind.

Die Formel, die den Zusammenhang zwischen diese Größen beschreibt, lautet:

$$I = \frac{U}{R} \quad (\text{Formel 1})$$

Der Strom errechnet sich also, wenn man die Spannung durch den Widerstand teilt.

Man kann diese Formel umstellen und erhält:

$$U = I * R \quad (\text{Formel 2})$$

Also Spannung gleich Strom mal Widerstand.

Beispiel:

An einer 9 Volt Batterie ist ein Widerstand von 1000 Ohm angeschlossen.

Frage: Welcher Strom fließt durch den Widerstand?

Gemäß der ersten obigen Formel errechnet man den Strom, indem man die Spannung durch den Widerstand teilt.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9V}{1000 \Omega} = 0,009A$$

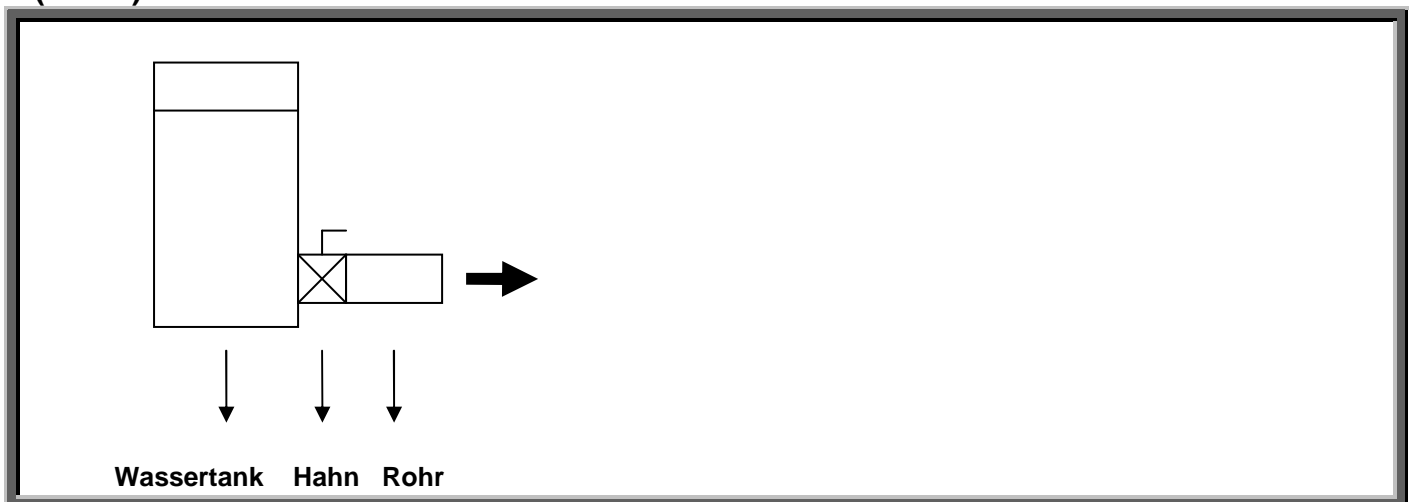
Der Strom beträgt also 0,009A oder 9mA (9 Tausendstel Ampere).

Wenn man also den Spannungswert der Batterie und den Widerstandswert des Verbrauchers kennt, lässt sich sehr leicht die Stromstärke errechnen.

Es ist nun durchaus möglich, dass die Begriffe Spannung, Strom und Widerstand nicht exakt verstanden wurden. Bitte keine Sorge. Selbst für Elektrotechniker sind diese Begriffe manchmal nebulös, auch wenn der Elektrotechniker sehr wohl versteht, was es damit auf sich hat. Deshalb will ich versuchen, diese Begriffe durch einen Vergleich mit dem Medium Wasser zu erklären.

Stellen wir uns einen Wassertank vor. An seinem unteren Ende befindet sich ein Wasserhahn gefolgt von einer Rohrleitung.

(Bild 3)



Als Analogie zur Veranschaulichung nehmen wir nun an:

- * Die Höhe der Wassersäule im Tank entspricht der elektrischen Spannung.
- * Das aus dem Rohr heraus fließende Wasser (in der obigen Skizze mit einem dicken Pfeil nach rechts markiert) entspricht dem elektrischen Strom.
- * Der Hahn entspricht dem elektrischen Widerstand.

Je höher die Wassersäule im Tank ist, umso höher ist der Druck am Boden des Tanks. Das Verhalten kennt man aus dem Schwimmbad bzw. aus dem Meer. Je tiefer man taucht, umso höher wird der Druck.

Als Analogie definieren wir:

Mehr Wasser im Tank = höherer Druck am Boden = höhere elektrische Spannung

Nehmen wir an, dass der Hahn geschlossen ist. Demnach wird durch die Rohrleitung kein Wasser aus dem Tank fließen.

Unsere Analogie ergibt:

Hahn geschlossen = kein Wasser fließt aus dem Tank = Widerstand unendlich hoch = kein Strom fließt

Nun drehen wir den Hahn auf und durch die Rohrleitung beginnt Wasser zu fließen. Je mehr wir den Hahn aufdrehen, umso schneller fließt das Wasser heraus. Je weniger Widerstand der Hahn dem Wasser entgegen setzt, umso schneller fließt das Wasser.

Wiederum analog betrachtet:

Wasserhahn auf = Wasser fließt = Strom fließt

Und:

Hahn weiter aufgedreht (weniger Widerstand dem Wasser entgegengesetzt) = mehr Wasser fließt heraus (der Druck in der Wasserleitung erhöht sich) = weniger elektrischer Widerstand (der elektrische Strom erhöht sich).

Wichtiger Hinweis:

Die obigen Analogien zwischen Wasser und Elektrizität entsprechen keineswegs den physikalischen Gegebenheiten. Man kann wissenschaftlich keinen Vergleich in dieser Art und Weise zwischen Wasser und Strom machen.

Die Vergleiche sollen lediglich eine bildliche Darstellung bzw. eine Art Eselsbrücke bilden, um die elektrotechnischen Begriffe wie Spannung, Strom & Widerstand besser zu verstehen.

WICHTIGE Anmerkung:

In der Elektrotechnik findet man Begriffe wie Gleichspannung / Gleichstrom und Wechselspannung / Wechselstrom, auf die wir hier nicht näher eingehen wollen.

Bei LEDs reden wir immer von Gleichspannung / Gleichstrom...

an zu treffen bei Batterien, Autobatterien. Ein Netzteil für LEDs sollte eine Gleichspannung liefern. Auf Netzteilen befinden sich Angaben wie beispielsweise „Ausgang = 5VDC“. Das bedeutet, dass das Netzteil „5V direct current“ liefert und zum Umgang mit LEDs geeignet ist.

Nicht geeignet sind Netzteile, die beispielsweise „5VAC“ also „5V alternate current“ liefern, was Wechselstrom bedeutet. Diese Spannung muss gleichgerichtet und gesiebt werden, um das Netzteil mit LEDs verwenden zu können.

In der Praxis liefern die meisten Netzteile, die man erwerben kann, eine DC-Spannung.

Nun verlassen wir die Grundlagen und widmen uns den LEDs zu.

Die Abkürzung LED steht für „Licht Emittierende Diode“. Wie unschwer zu erahnen, handelt es sich um eine Diode, die Licht aussendet, sobald Strom durch sie fließt. Eine Diode ist ein Bauelement, das den Strom nur in eine Richtung fließen lässt. Schließt man also die LED in Vorwärtsrichtung an eine Stromquelle an, wird sie leuchten. Schließt man sie umgekehrt – als in Sperrrichtung – an, so wird sie nicht leuchten.

Symbolschaltbild für eine LED:

(Bild 4)

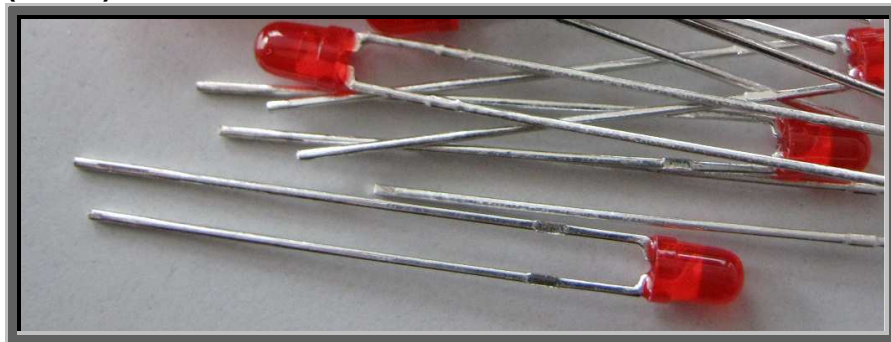


Da in der Praxis die LED in Fließrichtung angeschlossen werden muss, um zu leuchten, verdeutlicht man dies in einer Skizze so, dass die Anschlüsse der LED die Bezeichnung A = Anode und K = Kathode erhalten.

Die LED leuchtet, wenn A an den Pluspol und K am Minuspol einer Stromquelle angeschlossen sind.

Aussehen vieler LEDs mit 3mm oder 5mm Durchmesser:

(Bild 5)



Eine LED besteht also aus einem Kunststoffkörper, an dessen Rundung das Licht ausströmt und aus zwei Drahtanschlüssen.

Wichtig bei derart gebauten LEDs ist die Länge der Anschlüsse.

Generell gilt:

Kurzer Anschluß = Kathode = Minus

Langer Anschluß = Anode = Plus

4. LED-Begriffe

Um LEDs besser zu verstehen, ist es ab und an notwendig, in die Datenblätter der LEDs nach zu sehen.

Einige Datenblätter der LEDs sind dieser CD als pdf-File beigelegt. Sie können eine beliebige Datei öffnen und mal einen Blick auf solch ein Datenblatt werfen. Sie werden feststellen, dass die Hersteller sehr viele Angaben machen, die einem das Lesen des Datenblattes nicht unbedingt erleichtern.

Worauf kommt es also an? Was muss man unbedingt wissen und was ist weniger wichtig? Wo fange ich überhaupt an?

Sie werden sehen, dass wenige Begriffe und Angaben Sie schnell weiter bringen werden. So schwer ist es nicht, wenn man weiß, wonach man suchen muss.

Apropos „suchen“. In den pdf-Readern haben Sie die Möglichkeit, nach Begriffen zu suchen. Versuchen Sie bitte dabei die Tastenkombination „Strg“ also Steuerung (manchmal auf der Tastatur auch als „CT“ oder „CTL“ = Control) und „f“ wie „find“ zu drücken.... Also Taste „Strg“ gedrückt halten und Taste „f“ drücken. Dann sollte sich in Ihrem pdf-Reader ein Eingabefeld öffnen, um Suchbegriffe eingeben zu können. So gelangen Sie schneller zu den gesuchten Begriffen, müssen nicht das ganze Dokument durchsuchen und ich kann es mir ersparen, jedes Mal die Umgebung zu beschreiben, wo Sie die Begriffe finden.

Und noch eine Besonderheit: Die Hersteller von LEDs veröffentlichen die Datenblätter in englischer Sprache.

Um nicht trocken zu üben, werde ich mich nachfolgend auf die Datei L-53LGD.pdf beziehen. Es ist das Datenblatt einer grünen Low Current LED mit 5mm Durchmesser. Analog dazu finden Sie die Begriffe in allen Spezifikationen unabhängig vom Hersteller.

Begriff Vorwärtsspannung:

Eine LED stellt im Betrieb automatisch eine Spannung an ihren Anschlüssen ein.

Diesen Automatismus können Sie selbst kaum beeinflussen.

Im Datenblatt finden Sie diese Angabe unter dem englischen Begriff „Forward Voltage“.

Da die LEDs einer gewissen Schwankung unterliegen, wird diese Angabe oft als Min-Wert, Typischer Wert und Max-Wert angegeben. Aus dem Datenblatt der LED L-53LGD ist zu entnehmen, dass die Vorwärtsspannung zwischen 2.2V (Typisch) und 2.5V (max.) liegt.

Generell gilt als Faustformel für die Vorwärtsspannung der LEDs:

Rote LED: ca. 2V bis 2.5V

Gelbe LED: ca. 2.1 bis 2.5V

Grüne LED: ca. 2.2V bis 2.5V

Blaue LED: ca. 2.9 bis 3.3V

Weißer LED: ca. 2.9 bis 3.5V

Diese Angaben können leicht variieren und sollten nicht erraten, sondern den Angaben des jeweiligen Herstellers entnommen werden. Manche Hersteller geben die Vorwärtsspannung mit „VF“ oder „FV“ an.

Man kann allerdings (wenn Genauigkeit keine so große Rolle spielt) annehmen, dass die Vorwärtsspannung bei rot/grün/gelben LEDs bei etwa 2.3V (bei den roten LEDs ist sie meistens etwas kleiner als bei den gelb/grünen LEDs) und bei den blau/weißen bei etwa 3V liegt. Es erspart das Suchen und oft ist es unerheblich, ob die LEDs um 5% mehr oder weniger leuchten werden.

Begriff Vorwärtsstrom:

Selbstverständlich ist es wichtig, wie viel Strom eine LED verbraucht. Diese Angabe finden Sie im Englischen unter „Forward Current“ oder „DC Forward Current“. Viele Standard-LEDs haben einen Vorwärtsstrom von etwa 20mA. Die Leuchtkraft der LEDs hängt direkt vom durchfließenden Strom ab. Je mehr Strom eine LED verbraucht, umso heller wird sie leuchten und umgekehrt.

Diesen Parameter kann man bei LEDs ändern. Wie einfach dies geht, erläutere ich in einem späteren Kapitel.

Begriff Lichtstärke:

Die Lichtstärke wird in cd (Candela), mcd (Millicandela) Flux oder Lux angegeben. In den Spezifikationen finden Sie diese Angabe unter „Luminous Intensity“. Auch werden Sie die Angabe „lv“ für die Lichtstärke finden – also eine Art Intensität des Lichtes, was in mcd meist angegeben wird.

Bei Standard LEDs wird die Lichtstärke in mcd angegeben, bei Power-LEDs in Flux oder Lux. Eine Umrechnung der einzelnen Maßeinheiten ist schwierig, unübersichtlich und

sehr verwirrend. Suchen Sie bitte im pdf-Datenblatt ruhig nach dem Begriff „mcd“ und Sie landen bei der besagten Angabe der Lichtintensität, die aber oft gekoppelt ist an Randparametern wie der durchfließende Strom. Auf irgendetwas muss die Lichtstärke bezogen werden und da man den Strom in einer LED ändern kann, ändert sich auch die Leuchtstärke.

Begriff Maximalwerte:

Bisher haben wir Angaben zu LEDs gemacht, die oft im sogenannten Arbeitsbereich einer LED lagen. Es ist allerdings von enormer Wichtigkeit, die Maximalwerte zu kennen, unter denen eine LED noch arbeitet. Insbesondere ist es wichtig, diese maximalen Werte nicht zu überschreiten.

Daher finden Sie manche Angaben in den Datenblättern doppelt aufgelistet: ein Mal sind es Angaben zum Betrieb der LED und ein weiteres Mal stehen diese Angaben in einer extra Tabelle, die oft die Überschrift „Absolute maximum ratings“ trägt.

Die Angaben in dieser (zuletzt genannten) Tabelle sollten NIEMALS überschritten werden, denn Sie beschreiben Parameter, die maximal für eine LED gelten.

So kann der Hersteller angeben, dass eine LED einen Strom von 20mA verbraucht. In der Tabelle „Absolute maximum ratings“ steht dann beispielsweise für „Forward current“ ein maximaler Strom von 30mA. Das heißt, dass man die LED durchaus mit mehr als 20mA Strom betreiben kann, dass aber die 30mA nicht überschritten werden dürfen!

Außerdem haben die LEDs die Eigenschaft, dass ihre Lebensdauer mit steigendem Strom sinkt. Insbesondere werden LEDs kurzlebig, wenn der Strom am oberen Betriebslimit einer LED liegt.

Begriff Ausstrahlwinkel:

Weniger für den Betrieb als mehr für die Optik finden Sie in den Spezifikationen den Begriff „Viewing angle“ – also direkt übersetzt Blickwinkel.

Damit ist eher der Winkel gemeint, in dem sich der Lichtkegel der LED befindet. Je nach Ausstrahlwinkel kann eine LED mehr oder weniger stark leuchten. Dieser Parameter ist konstant und kann vom Anwender nicht verändert werden.

Für unser leichtes und einfaches Verständnis mit LEDs genügen diese Anmerkungen seitens der Spezifikationen. Demnach wollen wir uns nachträglich mit der Praxis von LEDs befassen.

5. LEDs und ihre Anwendungen

Eine wichtige Eigenschaft der LED soll hier noch erwähnt werden. LEDs haben generell einen extrem niedrigen Innenwiderstand. Dies hat zur Folge, dass der Strom durch eine LED begrenzt werden muss, ansonsten wird die LED zerstört.

Eine simple Betrachtung zur Verdeutlichung.

Nehmen wir ein Mal an, dass wir eine LED direkt an eine 9V Batterie anschließen, ohne den Strom zu begrenzen. Was passiert dann und wieso?

Die Erklärung ist denkbar einfach. Erinnern Sie sich bitte an unsere erste Formel:

$$I = \frac{U}{R}$$

Die Spannung U ist mit 9V bekannt. Der Widerstand einer LED ist sehr niedrig. Dies ist physikalisch bedingt und wir können es nicht ändern. Nehmen wir mal an (rein rechnerisch), dass der Innenwiderstand der LED 0,001 Ohm beträgt, also ein Tausendstel Ohm.

Dann ergibt sich aus der obigen Formel der Strom von $I = U/R = 9V/0,001\Omega = 9.000A$

Wir haben also errechnet, dass durch die LED etwa 9000 Ampere fließen sollen! Aber geht das denn überhaupt?

Der Hersteller gibt an, dass durch eine LED maximal 30mA fließen dürfen, also 30 tausendstel Ampere. Man kann sich leicht vorstellen, dass keine LED das aushält.

Was passiert tatsächlich?

Die LED mit ihrem sehr niedrigen Innenwiderstand wirkt beinahe wie ein Kurzschluss. Am Anfang wird sie kurz aufleuchten, da ja ein Strom zunächst fließt. Innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde steigt der Strom an und erreicht sehr schnell den zulässigen Maximalwert von 30mA. Die LED leuchtet also sehr stark, aber der Strom steigt weiterhin in kurzer Zeit rasant an. Irgendwann kann die LED den erhöhten Strom nicht aushalten, erhitzt sich schlagartig und wird zerstört. Danach ist im Inneren der LED einiges geschmolzen und es tritt eine Unterbrechung des Stromkreises auf. Die LED erlischt für immer.

In einem Versuch mit mehreren LEDs an einer Spannungsquelle (ohne den Strom durch die LED zu begrenzen) ist es mir sogar passiert, dass eine LED regelrecht explodiert ist. Die enorme Hitzeentwicklung hat zum Zerplatzen der LED geführt.

WICHTIG:

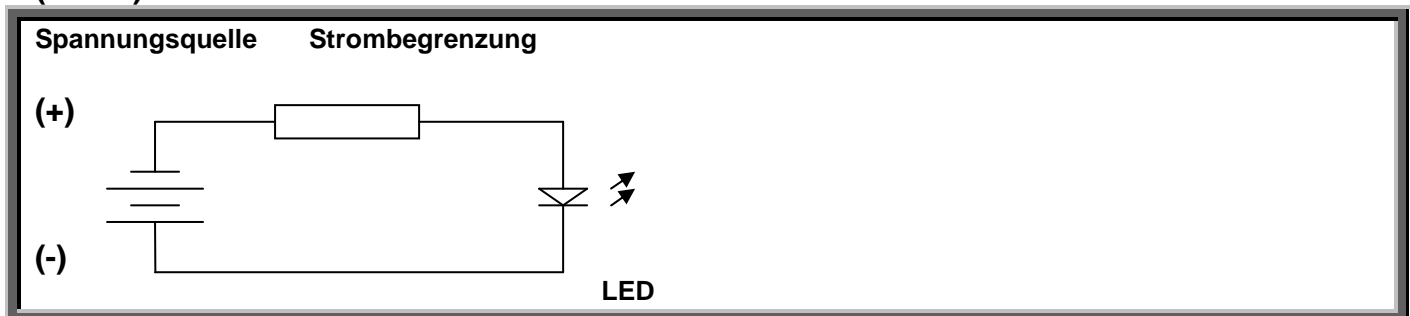
Niemals eine oder mehrere LEDs direkt und ohne Strombegrenzung an eine Spannungsquelle anschließen. Dies kann zum Zerstören der LED führen und das Zerplatzen kann Unfälle und Verletzungen verursachen!

Bleibt also die Frage, wie man den Strom durch eine LED begrenzen kann.

Im Folgenden werden wir uns diesem Thema widmen. Außerdem erfahren Sie die Möglichkeiten verschiedener Beschaltungen von LEDs mit den Vor- und Nachteilen. Vorab gesagt: Einfache Strombegrenzungen realisiert man mit Widerständen. Mittels Konstantstromquellen lassen sich ebenfalls effektive Strombegrenzungen realisieren.

Die Beschaltungen sehen immer gleich aus:

(Bild 6)



Vorteile von Widerständen als Strombegrenzung:

- * Preiswert und leicht erhältlich
- * Verschiedene Widerstandswerte bewirken unterschiedliche Ströme. Dadurch lassen sich leicht unterschiedliche Helligkeiten erreichen
- * Leichte mechanische Handhabung
- * Niedriger Platzverbrauch
- * Leichte Behebung von Fehlern

Nachteile von Widerständen als Strombegrenzung:

- * Durch den Spannungsabfall am Widerstand wird Energie „vernichtet“, indem der Widerstand Wärme erzeugt (wenn auch oft unmerklich)
- * Die einzige Möglichkeit, die Helligkeit der LED zu ändern, ist, den Widerstand gegen einen anderen zu tauschen. Keine Helligkeitssteuerung ohne mechanischen Eingriff.
- * Helligkeit der LEDs schwankt mit der Versorgungsspannung

Vorteile von Konstantstromquellen als Strombegrenzung:

- * Hohe Effektivität, hoher Wirkungsgrad. Nur wenig Energie wird in Wärme umgewandelt
- * Helligkeitssteuerung durch PWM oft möglich (Extra Eingang dafür notwendig)
- * Gleichbleibende Helligkeit der LEDs auch bei schwankender Spannungsversorgung

Nachteile von Konstantstromquellen als Strombegrenzung:

- * Wesentlich teurer als Widerstände
- * Erhöhter technischer Aufwand
- * Erhöhter Platzbedarf

5.1 Eine LED mittels Widerstand betreiben

Der einfachste Weg, eine LED zum Leuchten zu bringen, ist es, sie wie im obigen Bild 6 an zu schließen.

Wir sprechen in der Schaltung im Bild 6 von der Serienschaltung (oder auch in Reihe geschaltet). Man schließt an den Pluspol einer 9V Batterie ein Bein des Widerstandes an. Das andere Beinchen des Widerstandes führt man auf die Anode der LED (langer Anschluss = Anode). Den kurzen Anschluss der LED (also die Kathode) führt man zurück auf den Minuspol der Batterie. Fertig – die LED leuchtet.

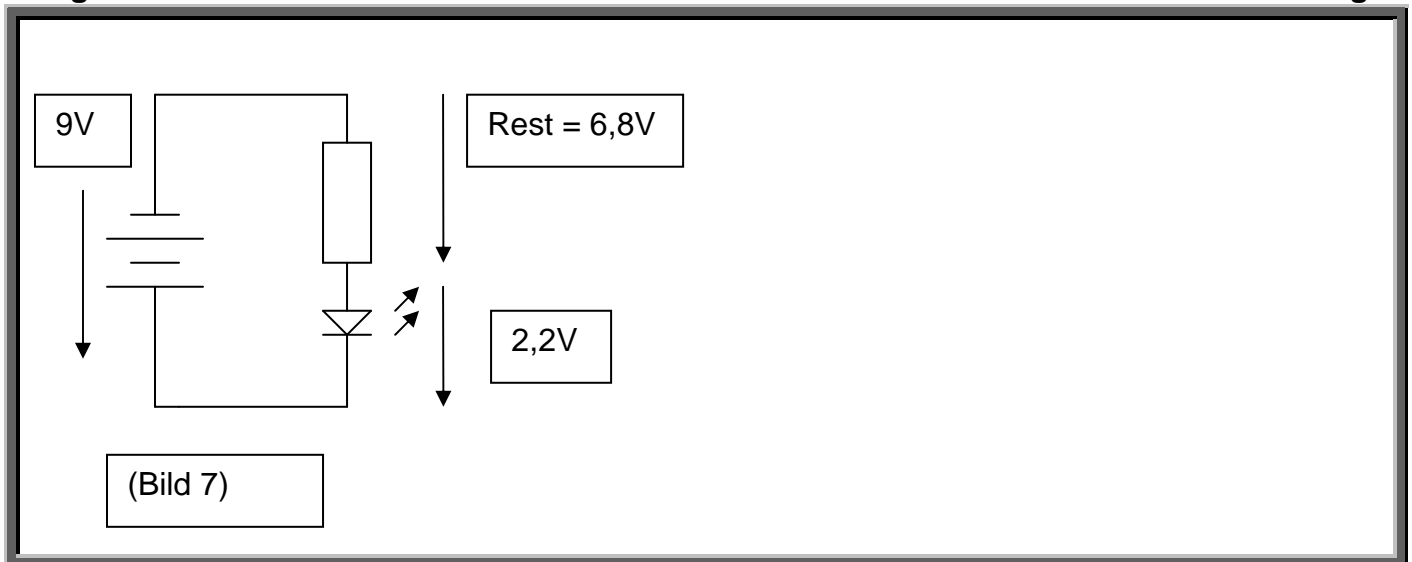
Es bleibt nur noch die Frage offen, welchen Widerstand wählt man aus. Welchen Wert muss der Widerstand haben, damit die LED leuchtet und in ihrem Arbeitspunkt arbeitet?

Merken Sie sich bitte folgende Fakten:

- * Wir gehen davon aus, dass die verwendete Batterie die Spannung von 9V aufrecht erhält (zumindest für eine lange Zeit).
- * Am Widerstand fällt eine Spannung ab, die wir zuerst nicht kennen
- * Die LED ihrerseits stellt beispielsweise 2.2V Spannung an ihren Anschlüssen automatisch ein.
- * Faustregel: Batteriespannung ist gleich der Spannung am Widerstand + der Spannung an der LED

Und nun rechnen wir:

Spannung am Widerstand + Spannung an der LED sollen 9V ergeben. Aber an der LED liegen automatisch 2.2V an. Bleiben also für den Widerstand 9V minus 2.2V = 6.8V übrig.



(Bild 7)

In Bild 7 haben wir den Widerstand und die LED senkrecht gezeichnet, die Beschaltung ist identisch mit Bild 6.

Das Bild 7 soll die oben zuletzt genannten Zusammenhänge besser verdeutlichen: Die Batteriespannung ist konstant bei 9V und die LED Spannung bleibt konstant bei 2,2V. Demnach bleibt für den Widerstand die Restspannung von 6,8V übrig.

Jetzt wissen wir zwar, welche Spannung am Widerstand anliegt, aber den Widerstandswert kennen wir immer noch nicht.

Allerdings ist uns bekannt, dass der Strom, der durch die LED fließen soll, bei 20mA liegt. Dieser Strom fließt auch durch den Widerstand.

Nach der Formel 1 ist $I = U / R$ und nun stellen wir diese Formel um.

Es ergibt sich der Zusammenhang:

(Formel 3)

$$R = \frac{U}{I}$$

Wenn wir uns diese Formel 3 ansehen, stellen wir fest, dass die Größen U und I bekannt sind. Die Spannung (U) am Widerstand haben wir durch Subtraktion zu 6,8V ermittelt und der Strom (I) durch LED und Widerstand soll 20mA betragen (Also 0,02A).

Dann lässt sich der Widerstandwert leicht errechnen zu:

$$R = 6,8V / 0,02A = 340 \text{ Ohm.}$$

Fazit in zwei sehr einfachen Schritten:

Erstens:

Man nehme den Wert der Versorgungsspannung und ziehe davon die LED-Spannung ab. Der Rest ist die Spannung, die am Widerstand abfällt.

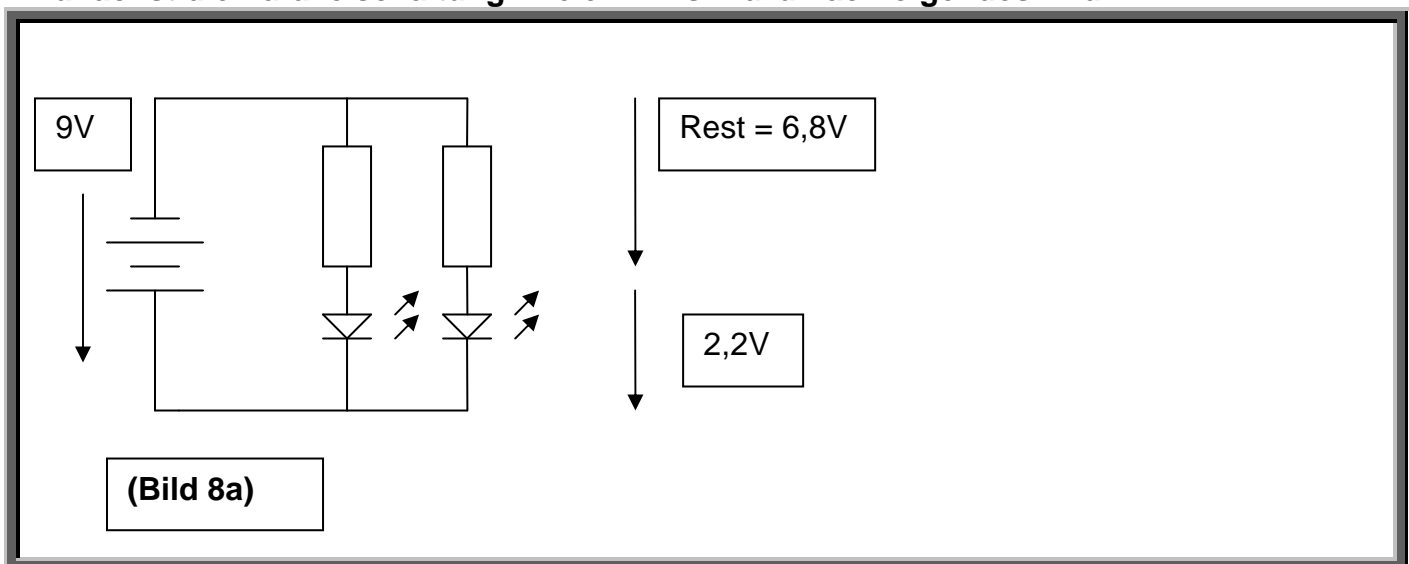
Zweitens:

Nun teile man diese Restspannung am Widerstand durch den Strom und man erhält den Widerstandswert.

5.1 Zwei LEDs mittels Widerstand betreiben

Es gibt zwei Arten, mehrere LEDs an einer Spannungsquelle zu betreiben: parallel und seriell.

Zunächst die Parallelschaltung zweier LEDs. Dazu nachfolgendes Bild:



Wie es ersichtlich ist, hat sich im Bild 8a im Vergleich zu Bild 7 nicht viel geändert. Lediglich ein Strang bestehend aus Widerstand und LED ist hinzugekommen. Dieses Gebilde von LED + Widerstand wird zum vorhandenen Strang (Widerstand + LED) hinzu geschaltet. Wir sprechen von der Parallelschaltung zweier LEDs.

Der Nachteil dieser Methode besteht darin, dass nun in zwei Widerständen relativ viel Energie in Wärme umgewandelt und somit vergeudet wird.

Allerdings bringt die gesonderte Speisung einer jeden LED durch jeweils einen Widerstand auch einen Vorteil mit sich. Man kann nun 2 LEDs unterschiedlicher Farbe betreiben (z.B. die eine rot oder gelb, die andere blau).

Den Widerstand der roten bzw. gelben LED haben wir zuvor berechnet.

Für die blaue LED müssen wir lediglich eine höhere Vorwärtsspannung in die Berechnung einfließen lassen.

Entsprechend unseres Fazits zuvor kommen wir schnell ans Ziel.

Versorgungsspannung 9V minus LED-Spannung 3,3V = Restspannung am Widerstand von 5,7V.

$5,7V / 0,02A = 285 \text{ Ohm}$.

Die errechneten Werte sind also: 340 Ohm für die gelbe/rote LED und 285 Ohm für die blaue LED.

Die Hersteller der Widerstände bieten nicht jeden beliebigen Widerstandswert an. Zu groß wäre die Auswahl. Es werden am Markt nur gewisse Werte angeboten, z.B. die so genannte E12-Reihe. Es gibt aber am Markt auch Zwischenwerte. Ein gut sortierter Lieferant könnte folgende Werte liefern:

Ohm:

1,0 / 1,2 / 1,3 / 1,5 / 1,6 / 1,8 / 2,2 / 2,7 / 3,3 / 3,9 / 4,7 / 5,6 / 6,8 / 8,2 /

10 / 12 / 13 / 15 / 18 / 22 / 24 / 27 / 33 / 36 / 39 / 47 / 56 / 68 / 82 /

100 / 110 / 120 / 150 / 180 / 220 / 270 / 330 / 360 / 390 / 430 / 470 / 560 / 680 / 820 / 910 /

Ohm

Man sieht leicht aus dieser Liefertabelle, dass die von uns errechneten Werte 340 Ohm und 285 Ohm nicht lieferbar sind. Man wählt dann die nächststehenden Werte aus.

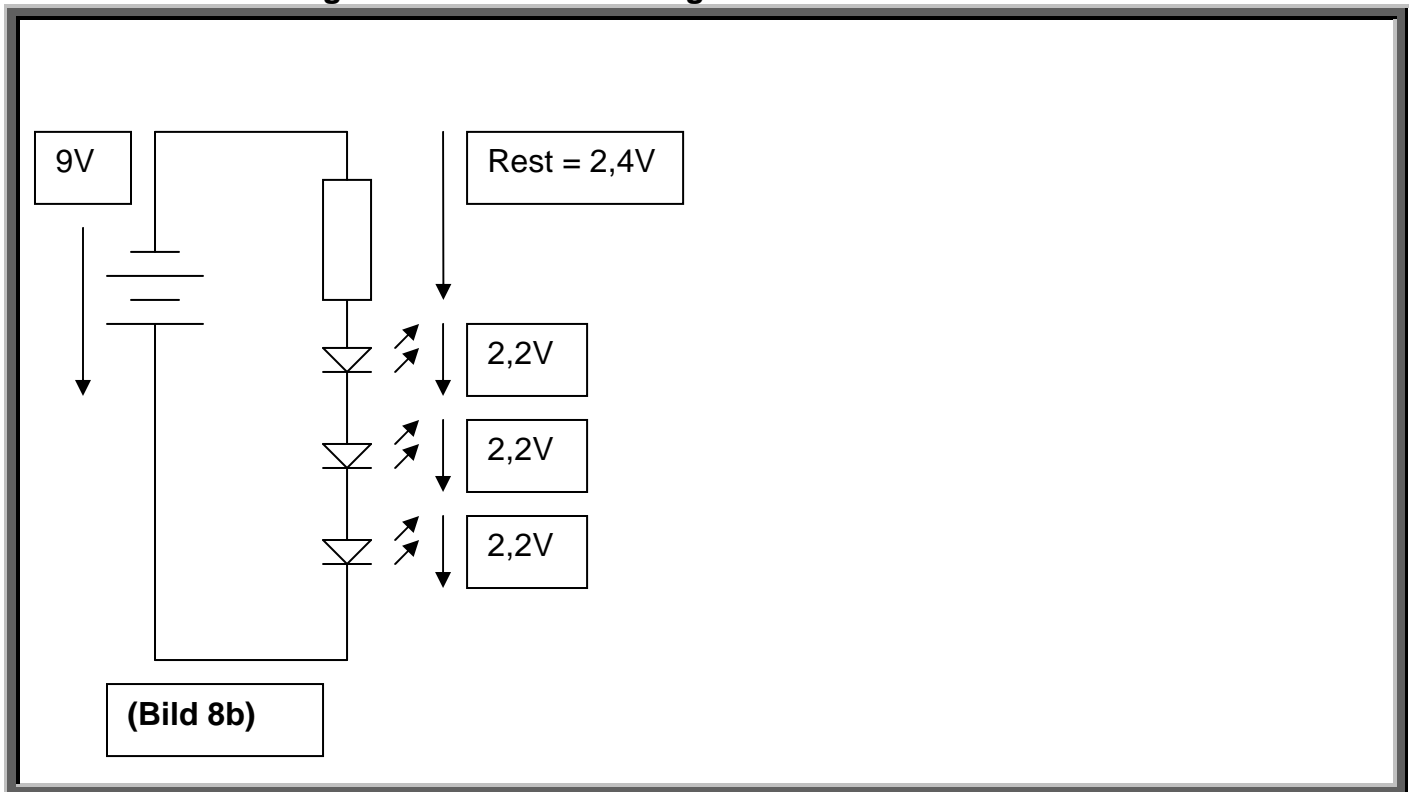
Anstatt 340 Ohm nimmt man 330 Ohm, was dazu führt, dass die rote LED etwas heller leuchten wird. Und anstatt 285 Ohm setzt man 270 Ohm ein, was ebenfalls die Helligkeit der blauen LED minimal erhöhen wird.

Man kann aber auch den nächst höheren Widerstandswert einsetzen. Es hat zur Folge, dass die LEDs minimal schwächer leuchten, dafür ist der Stromverbrauch auch niedriger.

Will man hingegen 2, 3 oder gar 4 rote LEDs an unserer Spannungsquelle (Batterie) von 9V betreiben, so empfiehlt es sich nicht, 2, 3 oder 4 Stränge (LED + Widerstand) an zu schließen. Denn zu viele Widerstände würden zu viel Energie vergeuden.

Mehrere LEDs in Serie mit einem Widerstand sind also sinnvoller, als jeweils eine LED + ein Widerstand parallel zu schalten.

Die Serienschaltung mehrerer LEDs mit folgendem Bild:



In Bild 8b sind 3 LEDs in Serie zzgl. einem Widerstand geschaltet. Ob man nun 2, 3, oder 4 LEDs betreibt, die Betrachtungen und Berechnungen gestalten sich analog.

Aus den Angaben zuvor wissen wir, dass die Summe der Spannungen an einer LED plus die Spannung am Widerstand 9V ergeben müssen.

Analog rechnen wir nun für 3 LEDs, wobei jede LED eine Vorwärtsspannung von 2.2V einstellt.

Die Gesamtspannung an den LEDs beträgt $3 \times 2,2V = 6,6V$.

$9V - 6,6V = 2,4V = \text{Restspannung am Widerstand.}$

Der Strom von 20mA fließt durch alle LEDs. Demnach rechnen wir den Widerstand wie folgt aus (wie zuvor auch berechnet):

$2,4V \text{ Spannung am Widerstand geteilt durch } 0,02A = 120 \text{ Ohm.}$

Die Anzahl der LEDs, die man hierbei in Serie schalten kann, ist begrenzt durch das Verhältnis der Versorgungsspannung (in diesem Falle 9V) zur Vorwärtsspannung der LEDs.

Stellen Sie sich im Gegenteil vor, Sie möchten 10 rote LEDs in Serie an die 9V Batterie schalten. Aber 10 LEDs in Reihe geschaltet bedeutet doch, dass die Vorwärtsspannung an allen LEDs zusammen $10 \times 2,2V = 22V$ rechnerisch sein wird. Aber die Batterie liefert nur 9V. Es steht also eine zu niedrige Speisespannung zur Verfügung.

Abhilfe: Speisung mit 24V oder man schaltet die Stränge (4 LEDs + Widerstand) zwei Mal und ein Mal den Strang (2 LEDs + Widerstand) an die Batterie.

Wie viele LEDs kann ich an der 9V Batterie betreiben?

Dazu folgende einfache Berechnung:

9V Speisung geteilt durch die Spannung der LEDs ergibt die max. Anzahl der LEDs, die man in Reihe beschalten kann.

Beispiele:

Rote LEDs mit 2,2V Vorwärtsspannung

$9V / 2,2V = 4,090909...$ Es lassen sich also 4 rote LEDs anschließen. Deren Gesamt-Vorwärtsspannung wird $4 \times 2,2V = 8,8V$ betragen. Für die Restspannung von 0,2V (um auf 9V zu kommen) am Widerstand ergibt sich der Widerstandswert zu $0,2V / 0,02A = 10 \text{ Ohm}$.

Blaue LEDs mit 3.2V Vorwärtsspannung

$9V / 3,2V = 2,8125....$ Es lassen sich also 2 blaue LEDs in Serie anschließen. Deren Gesamt-Vorwärtsspannung wird $2 \times 3,2V = 6,4V$ betragen. Für die Restspannung von 2,6V (um auf 9V zu kommen) am Widerstand errechnet sich der Widerstandswert zu $2,6V / 0,02A = 130 \text{ Ohm}$.

Praktische Hinweise:

1. In der Praxis werden Widerstände mit $\pm 1\%$ Toleranz eingesetzt. Zwar sind Widerstände mit $\pm 5\%$ Toleranz günstiger, aber um annähernd gleiche Leuchtverhältnisse zu erzielen, empfiehlt es sich, niedertolerante Widerstände einzusetzen. $\pm 1\%$ Helligkeitsunterschiede merkt das menschliche Auge kaum oder gar nicht, hingegen $\pm 5\%$ Helligkeitsunterschiede schon.

2. Die Widerstände sollten 0,6 Watt Leistung bieten. Dies reicht für derart Anwendungen aus, so dass die Widerstände nicht erhitzt werden. Dazu kommt, dass 0,6 Watt Widerstände immer noch recht klein sind. Leistungswiderstände (1W, 2W oder gar 5W) sind teuer, schwer zu beschaffen und haben wesentlich größere Abmessungen.

3. Die obigen Berechnungen lassen sich leicht mit einem Taschenrechner aufstellen. Wer es jedoch einfacher & schneller haben möchte, kann die mitgelieferte Excel-Datei namens „LED-Rechner.xls“ zur Berechnung der Widerstände einsetzen. Die Excel-Tabelle verfügt auch über eine Mini-Anleitung, die alles erklärt.

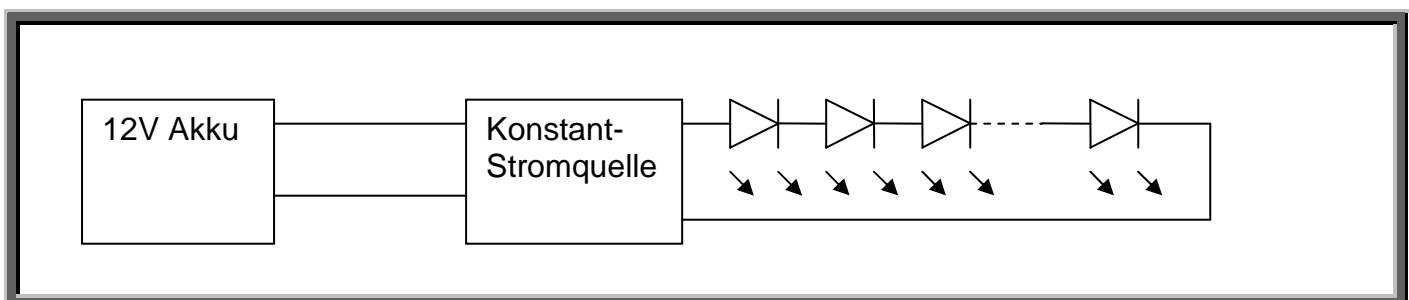
Geben Sie bitte in den grünen Feldern die Parameter ein (Speisespannung, Vorwärtsstrom und Vorwärtsspannung sowie die Anzahl der LEDs, die in Serie betrieben werden sollten). Im grau markierten Feld erhalten Sie den berechneten Widerstand. Achten Sie bitte immer auf die Angabe im rosa Feld „Fehlermeldung“. Ohne Fehlermeldung ergibt sich im grauen Feld der korrekte Widerstandswert. Ansonsten bitte auf die Fehlermeldungen achten und entsprechend reagieren.

ACHTUNG: Bitte geben Sie Daten nur in die grünen Felder ein und überschreiben Sie sonst keine weiteren Felder, da der Rest der Felder Berechnungen enthalten können.

5.3 Konstantstromquellen

Eine moderne und elegante Methode LEDs zu betreiben sind Konstantstromquellen. Sie begrenzen den Strom durch die LEDs in der Art, dass der Strom weitgehend konstant gehalten wird. Dies führt zur gleich bleibender Helligkeit der LEDs, auch wenn die Versorgungsspannung schwanken sollte.

Nehmen wir als praktische Beispiele ein Motorboot oder einen Wohnwagen. So lange das Gefährt steht, liefert der Bleiakku eine Spannung von 12V (oder 24V). Nach einiger Zeit sinkt die Versorgungsspannung. Sobald man den Hauptmotor startet, erhöht sich die Spannung an Board auf beispielsweise 13V, da die Lichtmaschine den Bleiakku lädt. Diese Schwankungen in der Versorgungsspannung wirken sich auf die LED-Helligkeit aus, wenn die LEDs mittels Widerständen betrieben werden. Hingegen halten Konstantstromquellen die Helligkeit konstant, egal, ob die Spannung 11V oder 13V beträgt.



(Bild 9)

Bild 9 zeigt den prinzipiellen Aufbau für den Betrieb von einer oder mehrerer LEDs mittels Konstantstromquelle.

Viele Konstantstromquellen besitzen zusätzlich einen PWM-Eingang (PWM = Puls Weiten Modulation), um die Helligkeit der LEDs von einer übergeordneten PWM-Schaltung zu variieren.

Aufgrund des technischen Aufwandes ist es ersichtlich, dass der Betrieb einer oder zwei LEDs in einer kleinen Applikation mit Hilfe von Konstantstromquellen nicht immer sinnvoll ist.

Anhand der zuvor erwähnten Vor- und Nachteile von Widerständen und Konstantstromquellen sollte der Anwender selbst entscheiden, welche Schaltung es Wert ist, eingesetzt zu werden.

Die Beschreibung zum Aufbau einer Konstantstromquelle sprengt den hier gesetzten Rahmen und soll nicht verfolgt werden.

6. Low Current LED von Kingbright

A: Frage

Leuchten Low Current LED von Kingbright genauso hell bei niedrigeren wie bei höheren Strömen?

Hierbei herrscht oft die falsche Meinung, dass die LEDs (Low Current Typen L-934LID, L-934LGD, L-934LYD, L-53LID, L-53LGD und L-53LYD) sehr hell bei niedrigen Strömen leuchten. Deshalb ja auch die Bezeichnung „Low Current“.

B: Antwort

Die Low Current LED leuchten schwächer bei niedrigeren Strömen.

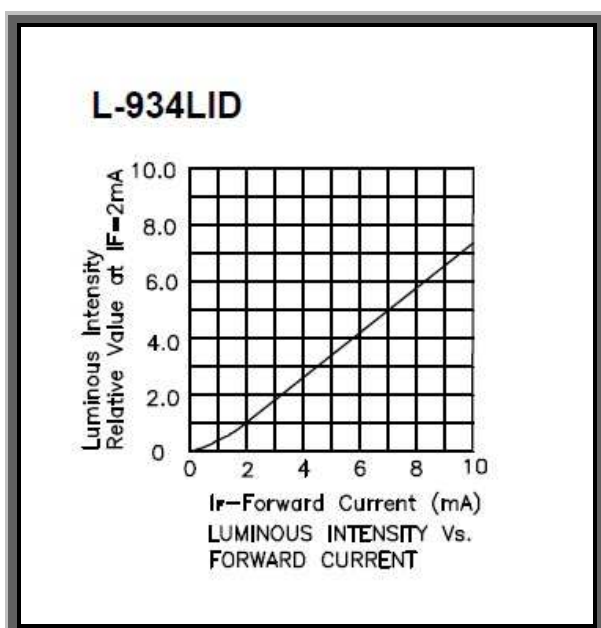
C: Erklärung

„Normale“ LED haben ihren optimalen Betrieb bei einem Strom von ca. 20mA. Ihre Leuchtkraft sinkt mit absinkendem Strom und bei etwa 10-12mA leuchten sie gar nicht mehr (je nach Typ). Kingbright Low Current LED haben die Eigenschaft, mit weniger Energie aus zu kommen und leuchten (schwächer) noch bis herunter auf 2mA. Sie lassen sich also mit Strömen von 2mA bis etwa 20mA betreiben.

Dass dies so ist, zeigt die Grafik aus den LED-Spezifikationen. Auf der waagerechten Achse ist der Strom eingetragen. Auf der senkrechten Achse findet sich die Leuchtstärke relativ zur Leuchtstärke bei 2mA. Bei 2mA Strom wird die Leuchtstärke als 1 definiert, also als Einheit.

Man sieht leicht, dass z.B. bei 3mA die relative Leuchtstärke von 2 herrscht, also 2 Mal heller als die definierte Einheit der Leuchtkraft bei 2mA. Bei 6mA ist die Leuchtstärke etwa 4 Mal höher, als bei 2mA u. s. w.

Ein Praxistest bestätigt diese Grafik und das beschriebene Verhalten der LED.



(Bild 10) Benutzung der Grafik mit freundlicher Genehmigung von Kingbright Deutschland, Herrn Udo Reinhold, telefonisch erteilt am 04.12.2014 um 08:15 Uhr.

Kingbrights Low Current LED bieten also die Möglichkeit, LEDs auch bei niedrigen Strömen (bis hinab zu 2mA) ein zu setzen. Dafür sind sie gebaut worden. „Normale“ LED leuchten bei niedrigen Strömen von 2mA nicht mehr. Jedoch hat sich in der Praxis gezeigt, dass die Leuchtstärke bei 2mA sehr schwach ist. Meine Empfehlung (wenn die Umstände es erlauben): betreiben Sie diese LEDs mit 3-4mA. Die Leuchtstärke ist wesentlich höher, als bei 2mA und die Schaltung spart immer noch Strom

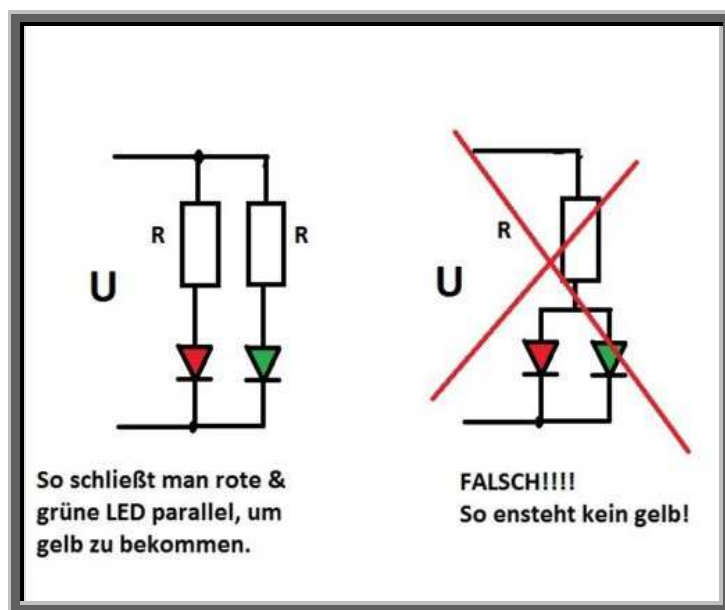
7. Serien- & Parallel-Schaltung

Die serielle und parallele Beschaltung von LEDs haben wir im Kapitel 5 weitgehend behandelt. Außerdem sei nochmals auf die Excel-Datei „LED-Rechner.xls“ hingewiesen, womit eine schnelle Berechnung von Vorwiderständen möglich ist.

Dennoch sind zu beiden Betriebsarten noch einige Anmerkungen genereller Art angebracht.

Die Serienschaltung von LEDs verwendet man, wenn man mehrere LEDs gleicher Farbe möglichst effizient einsetzen möchte.

Für den Einsatz verschieden farbiger LEDs sollte die Parallelschaltung verwendet werden. Dabei schalten Sie gleichfarbige LEDs über jeweils einen Widerstand.



(Bild 11)

Bild 11 verdeutlicht den Sachverhalt beim parallelen Anschluss verschieden farbiger LEDs. Ob nun eine oder mehrere rote LEDs in Serie angeschlossen sind, ist unerheblich. Wichtig ist nur, dass die roten LEDs ihren Strang behalten und die grünen auch. Das Mischen von verschiedenfarbigen LEDs in einem Strang ist nicht ratsam (siehe linke Seite des Bildes 11). Ein Strang für rote, ein Strang für gelbe, ein Strang für weiße LEDs etc.

Man könnte auch geneigt sein, Widerstände zu sparen, indem man die LEDs parallel zueinander schaltet und diese Konstruktion über einen Widerstand betreibt (siehe rechte Seite in Bild 11). Da aber unterschiedliche LEDs auch unterschiedliche Vorwärtsspannungen haben und diese automatisch einstellen, ist die Frage, welche Spannung stellt sich dann ein? Die für die rote oder die für die grüne LED? Vielleicht ahnen Sie es bereits... eine LED wird leuchten, die andere nicht.

8. Duo-LEDs (Zweifarb-LEDs)

Duo-LEDs sind Leuchtdioden, die in einem Bauelement zwei LEDs integriert haben. Eine LED leuchtet grün, die andere rot. Es gibt die aber auch in anderen Farbkombinationen. Rot/grüne LEDs sind deshalb so beliebt, da beide Farben zusammen gelb ergeben.

Duo-LEDs besitzen 3 Anschlüsse. Einen gemeinsamen Anschluss und jeweils einen für die Ansteuerung der gewünschten Farbe. Sie sind mit gemeinsamer Anode oder gemeinsamer Kathode zu haben. Prinzipiell gilt für deren Ansteuerung die Schaltung in Bild 11.

Vorteile der Duo-LEDs:

- * Zwei Farben in einer LED spart Platz in der Schaltung.
- * Es lassen sich zwei Farben (z.B. rot und grün) in einer LED erzeugen. Steuert man beide LEDs an, ergeben die Farben grün und rot die Farbe gelb.
- * Steuert man die LEDs analog an und variiert die Ströme beider LEDs, so lässt sich das gesamte Farbspektrum zwischen rot über gelb bis grün erzeugen

Mehrfarb-LEDs werden auch in der Variante RGB (rot / grün / blau) angeboten, womit sich das gesamte sichtbare Farbspektrum darstellen lässt.



(Bild 12)

Dem obigen Bild kann man entnehmen, dass die Duo-LEDs Typ L-59EGW-CA von Kingbright einen milchigen Leuchtkörper besitzen. Dies ist sinnvoll, da man damit beim Mischen der Farben grün und rot nicht zwei LEDs sieht, sondern die Mischung aus rot und grün – also gelb.

9. Tipps, Tricks, Erfahrungen aus der Praxis

Es bleiben also noch einige Anmerkungen offen, die auf meine langjährige Erfahrung basieren.

a. Rot ist nicht gleich rot und grün nicht gleich grün.

Marken LEDs haben folgende Vorteile:

- * Die Verfügbarkeit ist oft lange Jahre gegeben.
- * Die Qualität ist tadellos.
- * Farbgleichheit innerhalb verschiedener Chargen ist über Jahre gegeben.

Bei „no name“ LEDs ist es mir schon vorgekommen, dass nach einigen Jahren die Farben der neu bestellten LEDs anders waren, als die Farben der alten LEDs. Ich will damit die günstigen LEDs nicht schlecht machen. Jedoch habe ich diesen Sachverhalt bei den Markenherstellern noch nicht erlebt.

Wechselt man den Hersteller, dann wird der Sachverhalt noch ersichtlicher. Rot von Hersteller A ist nicht immer gleich rot von Hersteller B. Farbvariationen sind dabei eher die Regel, als es die Ausnahme ist.

b. Low current LEDs.

Low current LEDs sind minimal teurer als Standard-LEDs. Trotzdem sind sie die von uns am meisten verkauften LEDs. Es liegt nicht nur an deren Fähigkeit, mit weniger Strom aus zu kommen, sondern auch an den Gründen, die in Punkt a. aufgeführt sind.

c. LED an einer Batterie betrieben.

Ich telefonierte mit einem Kunden und er teilte mir irgendwann mit, dass er LEDs direkt an einer 9V-Blockbatterie betreibt und keine Widerstände zur Strombegrenzung einsetzt. Ich wies ihn auf die Gefahren hin, die in diesem Manuskript in den Kapiteln zuvor beschrieben sind.

Jedoch beharrte er auf seine Meinung, man müsste keine Widerstände in Serie zu LEDs schalten, dies sei sogar Ressourcen- und Zeitverschwendung. Und meine Meinung sei sowieso falsch, denn er hat es ja mehrmals in der Praxis getestet.

Der Sachverhalt ließ mir keine Ruhe und ich besorgte mir eine 9V-Blockbatterie und einen 9V Akku mit relativ viel Energie (250mAh), um den Versuch des Kunden durch zu führen.

Ich ahnte, dass seine 9V-Blockbatterie schwach war und dass sie „in die Knie“ gehen würde, sobald er eine LED direkt und ohne Strombegrenzung anschließen würde. Deshalb verursachte ich an der 9V-Blockbatterie für etwa 2 Minuten einen Kurzschluss, damit die Batterie schnell Energie verliert und nicht mehr „ganz frisch“ ist. Als ich die LED direkt an die Batterie klemmte, leuchtete diese sehr hell auf, wurde aber nicht zerstört. Der Sachverhalt war damit klar. Die teilweise entleerte Batterie wies nicht mehr 9V auf und lieferte auch relativ wenig Strom.

Die Batterie bildete die Einheit = Batterie + Vorwiderstand, da sie über sehr wenig Energie verfügte. Da sie nur noch in der Lage war, relativ wenig Strom zu liefern, wurde die LED auch nicht zerstört. Die Batterie begrenzte ihrerseits den Strom automatisch, den man sonst durch einen Widerstand begrenzen würde. Dies lag an der niedrigen Energiemenge, die sie noch in der Lage war zu liefern.

Nun schloss ich dieselbe LED an den 9V-Akku an. Die LED blitze kurz auf war zerstört. Auch dieser Sachverhalt lässt sich erklären. Da die LED keine Strombegrenzung hat und der 9V-Akku relativ viel Energie liefern konnte, stieg der Stromverbrauch in der LED so stark an, dass eine Überhitzung stattfand.

Es bleibt also dabei, wie in den Kapiteln zuvor erwähnt: LEDs benötigen eine Strombegrenzung.

WICHTIG: Stellen Sie derartige Versuche nie nach. Es kann sogar zum Platzen der LED kommen, da die Hitzeentwicklung in der LED enorm hoch ist. Dies kann zu Schäden und Verletzungen führen.

d. Nicht in leuchtende LEDs blicken.

So einfach und banal, denken Sie? Da mögen Sie Recht haben, denn man blickt ja auch nicht in die Sonne oder in die Autoscheinwerfer direkt hinein.

Aber Sie glauben kaum, wie oft ich genau dieses Verhalten von Kunden schon mitgeteilt bekommen habe. Man könnte denken: Was ist schon so eine kleine LED im Vergleich zum Autoscheinwerfer?

Manche LEDs bieten 10mcd und manche 1000mcd (viele auch mehr) an Leuchtkraft. Haben Sie ein Gefühl für 10mcd und 1000mcd oder für noch höhere Leuchtkraft? So ist man geneigt, fahrlässig mit LEDs um zu gehen. Außerdem leuchten LEDs sehr stark, wenn man sie versehentlich mit erhöhten Strömen speist. Dann wird eine „normal“ leuchtende LED zum Minischeinwerfer. Sorgfalt ist also geboten.

Selbst im Normalbetrieb kann eine LED sehr stark leuchten. Die Leuchtkraft hängt auch vom Abstrahlwinkel der LED ab. Je niedriger der Abstrahlwinkel, umso gebündelter ist das ausgestrahlte Licht und umso gefährlicher kann die LED fürs Auge werden.

**Sicherheitshinweise:**

1. Bauteile und Baugruppen sind Kleinteile und gehören nicht in Kinderhände. Bewahren Sie diese an kindersicheren Orten auf. Beachten Sie auch, dass Kleinteile von Kindern verschluckt werden können. Auch können Bauteile und Baugruppen zu Verletzungen von Kindern führen, wenn diese damit spielen oder in den Mund nehmen. Ebenfalls ist der Betrieb von Baugruppen außerhalb der Reichweite von Kindern zu gewährleisten.
2. Sollten Bauteile von Personen verschluckt werden, so konsultieren Sie sofort einen Arzt.
3. In Schulen, Werks- und Ausbildungsstätten, Selbsthilfegruppen, Vereinen sowie überall dort, wo kollektive Aufbauten der Baugruppen stattfinden, muss der Aufbau und der Betrieb der Baugruppen von geschultem Fachpersonal überwacht werden.
4. Baugruppen, die mit einer Versorgungsspannung höher als 24V betrieben werden, dürfen nur von geschulten und fachkundigen Personen angeschlossen werden.
5. Der Betrieb der Baugruppen in Umgebungen, die Gase, Stäube, Flüssigkeiten oder Dämpfe enthalten, ist verboten. Ebenfalls ist der Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen (Ex-Zonen) aller Art untersagt.
6. Baugruppen dürfen nur betrieben werden, wenn sie vorher in einem berührungssicheren Gehäuse untergebracht wurden. Beim Einbau ins Gehäuse sowie vor der Entnahme der Module aus Gehäusen müssen die Baugruppen stromlos sein.
7. Reparaturen von Baugruppen dürfen nur von fachkundigen Personen erfolgen (Elektrofachmann). Die Reparatur darf nur mit originalen Ersatzteilen durchgeführt werden. Andernfalls können Personen- oder Sachschäden entstehen.
8. Veränderungen der Baugruppen beim Aufbau und/oder der Reparatur sind nicht gestattet. Diese Art Veränderungen können zu Personen- oder Sachschäden führen.
9. Der Betrieb der Baugruppen außerhalb der technischen Spezifikation ist nicht erlaubt.
10. Manche Baugruppen können – technisch bedingt – warm werden. Vermeiden Sie daher Berührungen aller Art.
11. Die Sicherheitsbestimmungen beim Löten elektronischer Komponenten sind zu befolgen.
12. Beim Betrieb und dem Aufbau von Geräten, die eine elektrische Spannung benötigen und einen elektrischen Strom führen, müssen die VDE-Vorschriften und -Richtlinien beachtet werden. Dies sind insbesondere die VDE0100, VDE0700, VDE0711 und für Audio-/Videogeräte die VDE 0860.

© 2015 Daschke Ltd.

Vervielfältigung und die Weitergabe dieser Unterlagen (schriftlich, als Kopie oder im Internet) oder von Teilen davon ist nur mit unserer schriftlichen Genehmigung erlaubt. Für eigene Zwecke ist eine mehrfache Vervielfältigung sowie Ausdrücke davon - ohne Einschränkung - gestattet.

Für Angaben und deren Folgen auf den von uns verlinkten Webseiten distanzieren wir uns ausdrücklich. Verantwortlich für den Inhalt verlinkter Webseiten sind alleine deren Inhaber.

Verantwortlicher Mitarbeiter:

Dipl. Ing. Rudolf Rautert, Geschäftsführer der Fa. Daschke Ltd.

Krusenhof 42

45731 Waltrop

Tel.: +49 (0) 2309 - 540 99 42

Mobil.: +49 (0) 163 - 33369 17

Email : info@daschke-ltd.de

www.daschke-ltd.de