

Schaltungen mit LEDs

Version 1.0
Stand 18.12.2012

Ingenieurbüro Olaf Schmidt
www.blauzahn-rc.de

I. Einleitung.....	2
II. Berechnung von LED-Vorwiderständen.....	3
A. Eine LED.....	3
B. Reihenschaltung.....	3
C. Mehr LED's pro Ausgang.....	4
III. Tricks mit LED-Schaltungen	5
A. Bilux.....	5
B. Nachglimmen	5
IV. Komplette Lichanlage	6
A. Einfachste Version.....	6
B. Luxus-Version.....	7
V. Wenn mehr als 8 Schaltausgänge benötigt werden.....	8
.....	8
VI. Letzte Änderungen.....	9

I. Einleitung

Wie schlieÙe ich LEDs an. Und wie bekomme ich die Werte für die Vorwiderstände? Was tun wenn mehrere LEDs gemeinsam leuchten sollen, beispielsweise beim Fahrlicht? Und wie lässt sich die Helligkeit von LEDs beeinflussen? Dies sind Fragen die bei fast jedem Modellbauer auftauchen. Die folgende Abhandlung zeigt an typischen Beispielen aus dem Truckmodellbau den praktischen Einsatz von LEDs und vermittelt die notwendigen Grundlagen.

Die Schaltungsbeispiele sind zwar auf die Blauzahn-Fernsteuerung bezogen, lassen sich aber prinzipiell mit allen Schaltbausteinen unabhängig vom Hersteller verwenden.

Das letzte Kapitel erläutert wie sich mit Servo-Anschlüssen Schaltfunktionen realisieren lassen – das freilich geht nur mit speziellen Empfängern wie Blauzahn oder Brixl.

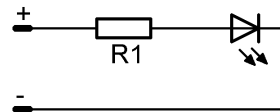
II. Berechnung von LED-Vorwiderständen

Während Glühlämpchen direkt an einer Spannungsquelle (z.B. Akku oder Schaltausgang der Blauzahn-Empfänger) betrieben werden können, muss bei einfachen Leuchtdioden *IMMER* ein Vorwiderstand zur Strombegrenzung vorgesehen werden. Grundregel bei LED's ist: der Modellbauer gibt den Strom (und damit die Helligkeit) vor, die Spannung stellt die LED ein. Im Folgenden wird erklärt, wie dies funktioniert:

A. Eine LED

Die einfachste Schaltung mit einer LED besteht aus einer Spannungsquelle (in diesem Fall an den Kontakten links angeschlossen), dem Vorwiderstand (hier R1) und der LED selbst. Um den Widerstand zu berechnen, brauchen wir die Spannung, welche er „vernichten“ muss, und den Strom, der dabei fließen soll.

Nennstrom für LED's ist $20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$. Je nach gewünschter Helligkeit der LED kann man aber auch viel weniger nehmen, manchmal sind schon $5 \text{ mA} = 0,005 \text{ A}$ genug. Mehr als $30 \text{ mA} = 0,03 \text{ A}$ sollten normalen LED's nicht auf Dauer zugemutet werden. Besonders leistungsstarke LED vertragen dagegen viel mehr Strom, das steht dann im jeweiligen Datenblatt.



Je nach Farbe und Temperatur stellt nun die LED eine Spannung von ca. 1,5 Volt (rot), 2 Volt (grün und gelb) oder 3,5 Volt (blau, weiß) ein. Diese Spannung über der LED ist fast unabhängig vom Strom. Um den Widerstand zu ermitteln, bildet man einfach die Differenz zwischen Versorgungsspannung und der Spannung an der LED, das ist dann die Spannung, die der Widerstand „vernichten“ soll.

Auf den Widerstandswert kommt man danach, indem diese Spannung durch den gewünschten Strom geteilt wird.

Beispiel: Gelbe LED (also ca. 2 Volt), $20 \text{ mA} (=0,02 \text{ A})$ Strom und Versorgung aus dem Empfänger-BEC (5 Volt). Über dem Widerstand liegen also 3 Volt ($5 \text{ Volt} - 2 \text{ Volt}$). Der Wert ergibt sich dann als 3 Volt dividiert durch $0,02 \text{ A}$ zu 150 Ohm .

Diesen Wert gibt direkt zu kaufen. Wenn krumme Werte herauskommen, nimmt man einfach den nächstgelegenen Standardwert.

Liste der Standardwerte für Widerstände:

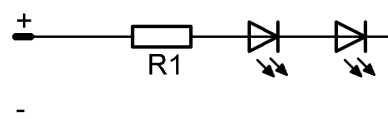
1; 1,1; 1,2; 1,5; 1,8; 2; 2,2; 2,7; 3; 3,3; 3,9; 4,7; 5,6; 6,8; 7,5; 8,2; 9,1; 10...

Diese Werte gibt es in den Zehnerpotenzen von 0,01 bis 1 Million, also 10 Milliohm bis 10 Megaohm.

Bleibt die Frage, wie herum die LED angeschlossen wird. Plus- und Minusanschluss sind auf zwei Arten gekennzeichnet: Länge der Anschlussdrähte, was nach Einbau und Kürzen auf das benötigte Maß recht nutzlos ist, und Größe der Kontaktflächen im Kunststoff. Schaut man sich die LED von der Seite genau an, dann fällt auf, dass ein Anschluss im LED-Körper zu einer größeren Fläche wird, der andere hingegen zu einer feinen Spitze. Die Fläche trägt den Chip und stellt den Minus-Anschluss dar, also den Strich im Schaltsymbol. Die Spitze ist der Plus-Anschluss, entsprechend dem Pfeil im Schaltsymbol.

B. Reihenschaltung

Hat man beispielsweise bei Scheinwerfern oder Rücklichtern mehrere LED's, die stets zusammen in Betrieb sind, dann lässt sich durch Reihenschaltung eine Menge Strom einsparen. Die Berechnung des



Vorwiderstands erfolgt wie oben beschrieben, dabei wird aber die Spannung aller in Reihe geschalteten LED's berücksichtigt.

Beispiel: 2 weiße LED's als Scheinwerfer (je 3,5 Volt), 30 mA Strom und 12 Volt Betriebsspannung aus dem Fahrakku. Die LED's brauchen dann zusammen 7 Volt (= $2 \cdot 3,5$ Volt), bleiben für den Widerstand noch 5 Volt (= $12 \text{ Volt} - 7 \text{ Volt}$). Der Wert ergibt sich (5 Volt durch $0,03\text{A}$) zu $166,66 \text{ Ohm}$. Man wählt 150 oder 180 Ohm.

Man braucht so nur einen Widerstand für 2 LEDs und hat auch noch die Gewähr dass durch beide LED's exakt gleich viel Strom fließt, sie also gleich hell leuchten.

Dabei lassen sich aber nicht beliebig viele LED's hintereinander setzen. Im obigen Beispiel ließen sich ja theoretisch noch zwei rote LED als Rücklichter mit in Reihe schalten. Das ergäbe dann mit $2 \cdot 3,5$ Volt plus $2 \cdot 1,5$ Volt gleich 10 Volt, bleiben 2 Volt für den Widerstand – bei Nennspannung des Akkus.

Ein voller Bleiakku hat aber nicht 12, sondern rund 14 Volt. Nun müsste der Widerstand statt 2 Volt plötzlich das Doppelte, nämlich 4 Volt verbraten – das kann er, aber der Strom wird dabei auch doppelt so hoch, aus den 30 mA würden eben 60 mA. Die LED's quittieren das mit deutlicher Wärmeentwicklung und herabgesetzter Lebensdauer.

Was aber noch viel unschöner ist: unter Belastung (Anfahren) bricht die Spannung jeden Akkus etwas ein, man kann mit etwa 10 Prozent rechnen. Wenn dann die Spannung für den Vorwiderstand so knapp kalkuliert ist wirkt sich jede Belastung auf den Strom für die LED's und damit auf deren Helligkeit aus. In dem Beispiel mit den vier hintereinandergeschalteten LED's würde das Licht beim Anfahren oder in Steigungen fast ganz ausgehen – nicht sehr realistisch.

Faustregeln für die maximale Anzahl in Reihe geschalteter LED:

2 weiße LED in Reihe ab 9,6 Volt;

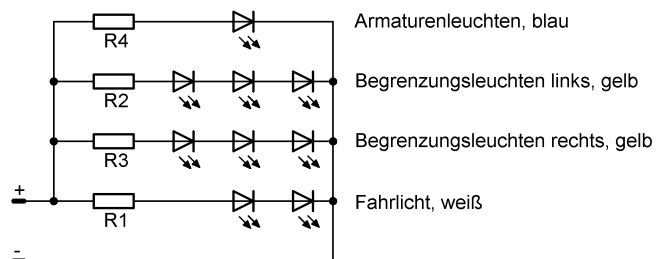
2 rote LED in Reihe ab 5 Volt, 3 rote LED in Reihe ab 7,2 Volt;

2 gelbe LED in Reihe ab 6 Volt, 3 gelbe LED in Reihe ab 9,6 Volt;

C. Mehr LED's pro Ausgang

Wenn mehrere LED's an einem Ausgang betrieben werden sollen können einfach mehrere Zweige parallel geschaltet werden. Wichtig ist dass in jedem Zweig ein Vorwiderstand mit dem richtigen Wert eingesetzt wird:

Hier sind als Beispiel am Ausgang für das Fahrlicht sowohl die Scheinwerfer (2 weiße LED) als auch die seitlichen Begrenzungsleuchten (je Seite 3 gelbe LED) und die Armaturenbeleuchtung (eine blaue LED) angeschlossen.



Bei 9,6 Volt Akku-Nennspannung ergeben sich die folgenden Widerstandswerte:

R1: $(9,6\text{V} - (2 \cdot 3,5\text{V})) / 0,02\text{A} = 130 \text{ Ohm}$, gewählt 120 Ohm;

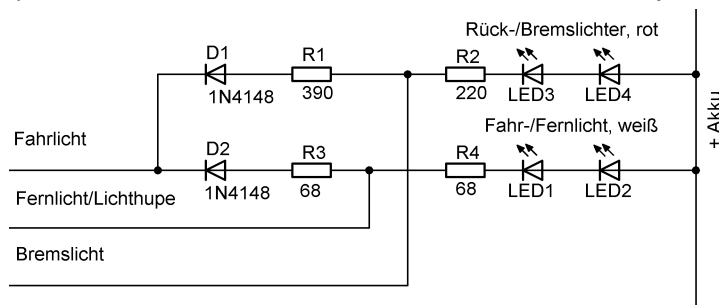
R2,R3: $(9,6\text{V} - (3 \cdot 2,0\text{V})) / 0,02\text{A} = 180 \text{ Ohm}$;

R4: $(9,6\text{V} - 3,5\text{V}) / 0,02\text{A} = 305 \text{ Ohm}$, gewählt 330 Ohm;

III. Tricks mit LED-Schaltungen

A. Bilux

Eine beliebte Vereinfachung der Elektrik im Modell sind kombinierte Rück-/Bremsleuchten. Wo im Original Bilux-Birnen nötig sind reicht bei uns eine Diode und zwei Widerstände um mit einem Leuchtmittel beide Funktionen zu realisieren. Ebenso lässt sich die Lichthupe mit den LED's vom Fahrlicht simulieren. Der folgende Plan zeigt eine solche Schaltung der LED's am Blauzahn-Empfänger (die Widerstandswerte sind für 9,6 Volt Akkuspannung berechnet):



Über D1, R1 und R2 bekommen die Rücklichter ca.10 mA bei eingeschaltetem Fahrlicht. Der Bremslicht-Ausgang speist die roten LED's dagegen direkt über R2, sie bekommen dann unabhängig vom Fahrlicht ca. 30 mA und leuchten heller. Die Diode D1 verhindert dass beim

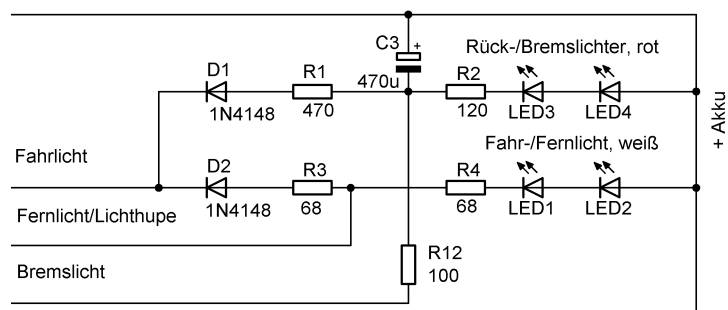
Bremsen die Scheinwerfer aufglimmen. Das gleiche Prinzip kommt auch bei der Lichthupe zur Anwendung: Über D2, R3 und R4 werden die weißen LED's für normales Fahrlicht gespeist (ca. 14 mA). Der Fernlicht/Lichthupe-Ausgang versorgt die Scheinwerfer direkt über R4, sie leuchten dann mit ca. 38 mA deutlich wahrnehmbar heller auf.

Wer selbst rechnen möchte: Zuerst werden R2 bez. R4 berechnet mit dem gewünschten Strom für Bremslicht bzw. Fernlicht. Anschließend werden die Widerstandswerte ermittelt die bei Fahrlicht vor den Rücklichtern bzw. den Scheinwerfern sitzen müssten. Dabei ist jeweils der zusätzliche Spannungsabfall an der Diode mit 0,7 Volt zu berücksichtigen. Die Werte für R1 bzw. R3 bekommt man indem von den eben ermittelten Widerständen die schon vorhandenen R2 bzw. R4 abgezogen werden.

B. Nachglimmen

Für besonders realistische Lichteffekte lässt sich noch mehr Aufwand treiben: Echte Glühlampen im Bremslicht glimmen sichtbar nach, die LED's im Modell gehen aber bisher sofort aus.

Das lässt sich mit je einem Zusätzlichen Widerstand und Elektrolytkondensator ändern: Der Elko C3 wird beim Einschalten des Bremslichtes über R12 langsam aufgeladen, die Bremslichter leuchten nicht Plötzlich sondern langsam auf (das dauert zwar nur 0,1 Sekunden, ist aber



wahrnehmbar). Wenn das Bremslicht wieder abschaltet versorgt der Kondensator die LED's noch kurze Zeit mit Strom, sie „glimmen nach“. Auch das dauert nur Bruchteile von Sekunden, wirkt aber realistisch. In dieser sehr einfachen Schaltung glimmen die Rücklichter auch beim Abschalten des Fahrlichtes nach – was aber nicht weiter stört.

Wer will kann das gleiche Prinzip auch bei den Blinkern und sogar bei der Lichthupe anwenden. Der Kondensator muss mindestens die volle Akkuspannung vertragen.

IV. Komplette Lichtanlage

A. Einfachste Version.

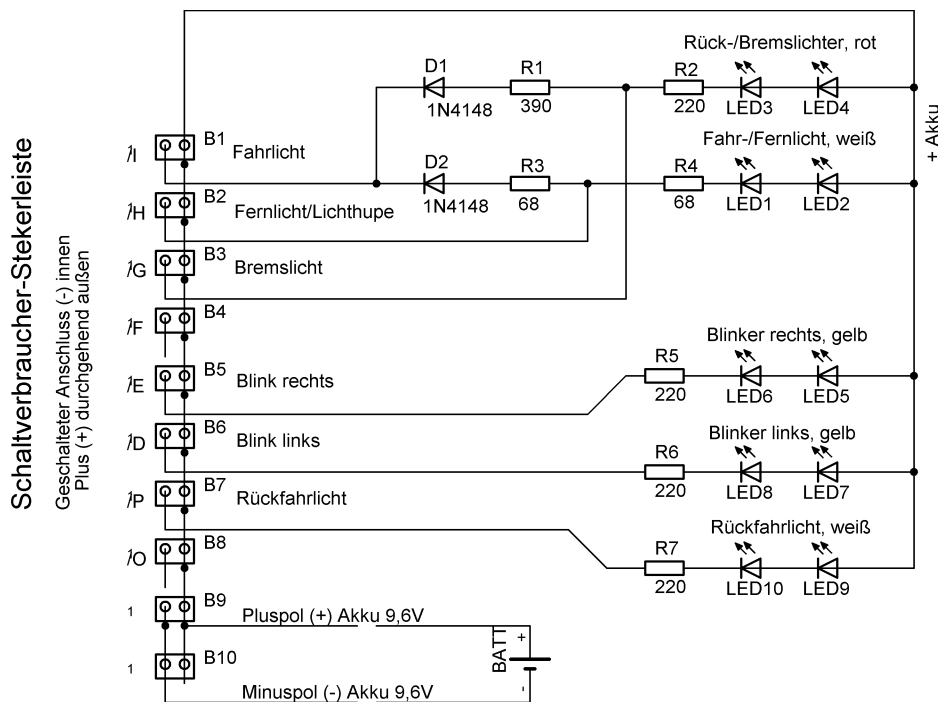
Diese Schaltung ist so ausgelegt dass möglichst wenig LEDs im Modell eingebaut werden müssen, aber trotzdem die grundlegenden Lichtfunktionen wie im Straßenverkehr zur Verfügung stehen. Die Widerstandswerte sind für 9,6 Volt Akkuspannung berechnet.

Fahr/Fernlicht über gemeinsame LED's vorne, Rück/Bremslicht über gemeinsame LED's hinten, Blinker rechts/links und Rückfahrcheinwerfer.

Für die Blinker sind jeweils die vordere und hintere gelbe LED Seitenweise in Reihe geschaltet.

Für Rück/Bremslicht sind die hinteren roten LED in Reihe geschaltet.

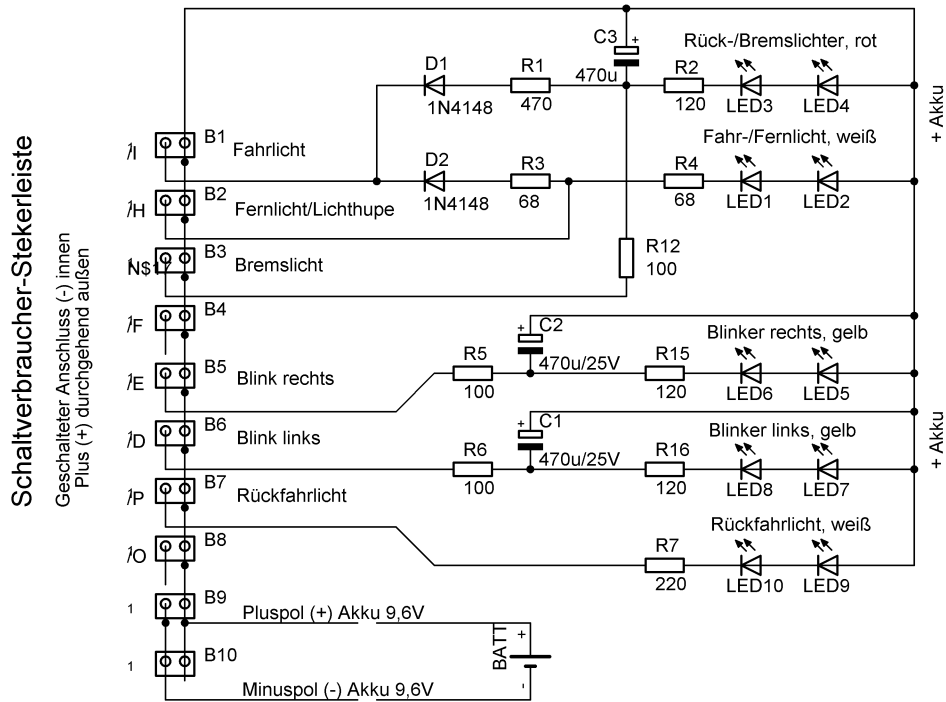
Für Fahr/Fernlicht sind die vorderen weißen LED in Reihe geschaltet:



B. Luxus-Version

Wie oben, aber mit nachglimmenden Blinkern und Bremslicht.

Die Nachglimm-Funktion wird durch Kondensatoren erreicht, wie in Abschnitt III B beschrieben:



V. Wenn mehr als 8 Schaltausgänge benötigt werden

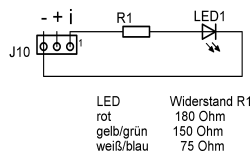
Jeder der mit einem Servostecker versehenen Anschlüsse von Blauzahn-Empfängern lässt sich auch als Schaltausgang nutzen. Dazu muss lediglich in der Anschlussprogrammierung der Betriebsmodus entsprechend der gewünschten Funktionsweise eingestellt werden.

Ein bis zwei LED's können mit entsprechendem Vorwiderstand direkt an einem Servoausgang betrieben werden (beispielsweise als Bremsleuchten bei Fahrzeugen ohne Anhänger, für die Innenbeleuchtung o.ä.)

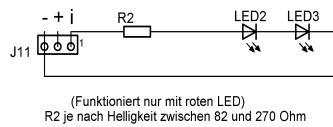
Werden mehr als 30 mA oder Spannungen von mehr als 5 Volt benötigt ist zusätzlich ein Transistor als Verstärker vorzusehen. Werden mehrere zusätzliche Ausgänge gebraucht ist es günstiger einen weiteren ULN2803 als Schaltverstärker zu benutzen da Basisvorwiderstände und Dioden bereits integriert sind.

Beispiel: für aktives Abbiegelicht genügt pro Fahrzeugseite eine weiße LED. Diese kann direkt mit einem Servoausgang betrieben werden, es ist kein Schaltverstärker notwendig (siehe Schema ganz links)

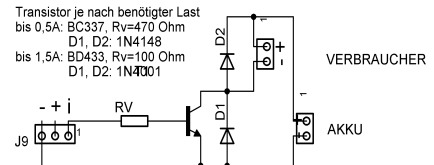
Betrieb einer LED am Servoausgang



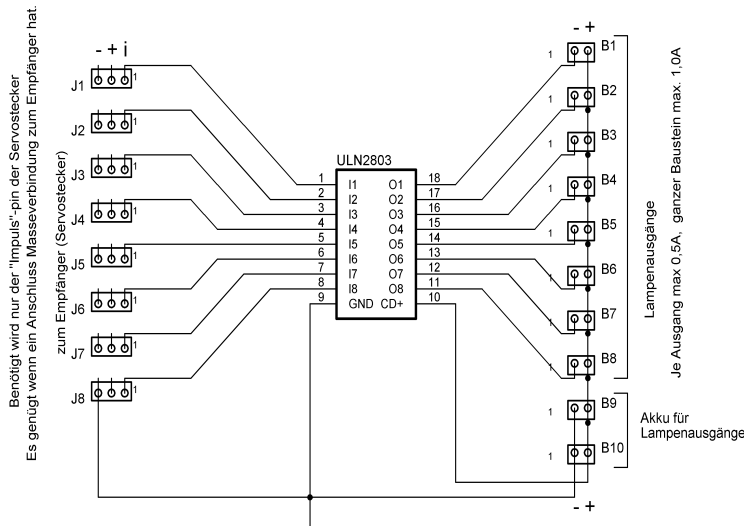
Betrieb von 2 roten LED am Servoausgang



Zusätzlicher Schaltausgang für Verbraucher



Variante für bis zu 8 zusätzliche Schaltausgänge



VI. Letzte Änderungen

V1.0 (18.12.2012)

- Erste Version als eigenständiges Dokument