

RC Light Controller

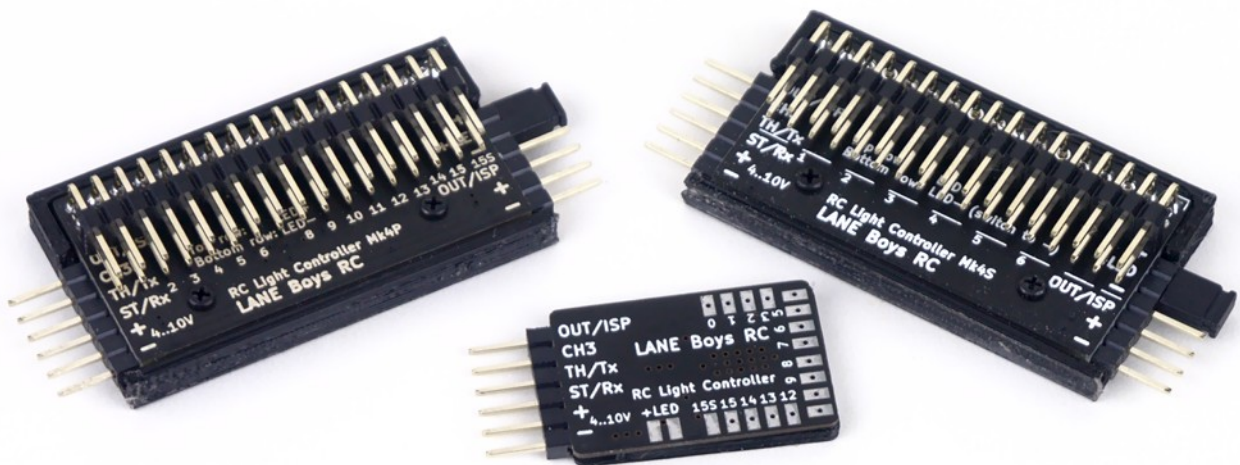


Anleitung

Mk4, Mk4P und Mk4S

Einleitung

Danke, dass Sie den LANE Boys RC Light Controller benutzen!



Der Light Controller unterstützt unter anderem folgende Funktionen:

- **16 LED Ausgänge**, mit **Konstant-Strom** gesteuert um Flickern zu verhindern. Bis zu 20mA pro Ausgang. Zwei Light Controller können kaskadiert werden für insgesamt 32 LED Ausgänge.
(nur Mk4 und Mk4P)
- **1 Schaltausgang**, bis zu **2A** z.B für einen Lichtbalken am Dach. Nicht in der Helligkeit steuerbar.
(Mk4S: 9 Schaltausgänge)
- **Standlicht**, **Abblendlicht**, **Fernlicht** und der **Lichtbalken** können vom Sender aus **manuell ein/ausgeschaltet** werden
- **Brems-** und **Rückfahrscheinwerfer** werden **automatisch** über das Gas-Signal angesteuert. Die Bremslichter schalten sich für eine kurze, zufällig gewählte Zeit ein wenn das Gas in Neutral-Stellung geht.
- **Kombinierte Schlusslicht und Bremslicht** Funktion mit nur einer roten LED durch Ansteuerung der Helligkeit (nur Mk4 und Mk4P)
- Separate Bremslichtfunktion für ein **3. Bremslicht**
- Die **Blinker** schalten sich automatisch nur ein, wenn das Fahrzeug für mindestens

eine Sekunde in Neutral befindet und man dann die Lenkung links oder rechts betätigt. Damit blinken die Richtungsanzeiger während des Fahren nicht andauernd.

- Warnblinker können vom Sender aus ein/ausgeschaltet werden
- **Programmierbarer Servo-Ausgang** um zum Beispiel ein Lenkrad im Fahrzeuginnenraum zu bewegen, oder den Kopf einer Puppe. Der Ausgang kann auch für ein schaltbares Getriebe verwendet werden.
- Automatische Mittelstellung- und Endpunkterkennung für Gas und Lenkung
- **Licht Skripte** (Light Programs) für benutzerdefinierte Lichtanimationen wie z.B. Blaulichter, Lauflichter ...
- Simulation von Glühlampen und schlechter Masse-Verbindung
- Optionaler Pre-Processor (Signalwandler) für **Vereinfachung der Verkabelung**
- **Bis zu 3 AUX Kanäle** bei Verwendung des neuen 5-Kanal Pre-Processor
- Alle Funktionen können im Web-Browser konfiguriert werden
<https://laneboysrc.github.io/rc-light-controller/>
- Hardware und Software sind **Open Source** (MIT Lizenz)
<https://github.com/laneboysrc/rc-light-controller/>

Light Controller Varianten

Es gibt drei verschiedene Ausführungen des Mk4 Light Controller:

Mk4: Der kleinste Light Controller mit Lötanschlüssen

Mk4P: Entspricht dem Mk4, hat aber 2.54mm Stecker für LEDs

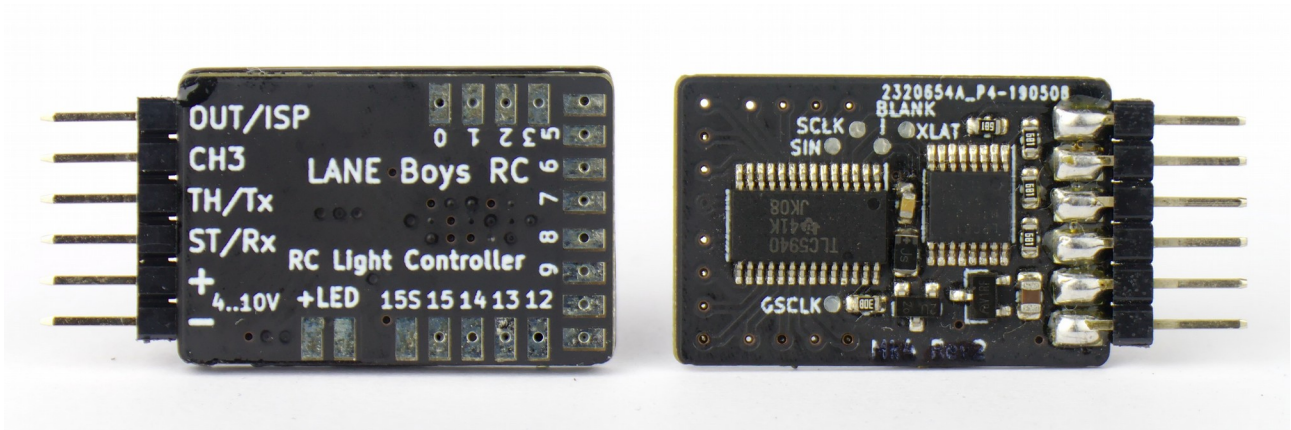
Mk4S: Neun Schaltausgänge (keine Helligkeitsregelung), auf 2.54mm Stecker für LEDs

Alle Ausführungen sind miteinander Kompatibel. Sie können in Verbindung mit dem optionalen Pre-Processor benutzt werden (siehe unten). Jede Ausführung kann kaskadiert werden, wenn mehr als 16 LED Anschlüsse benötigt werden.

Es ist zum Beispiel möglich, einen Mk4 oder Mk4P zu verwenden um Blinker, Rück/Bremslicht und Rückfahrscheinwerfer zu steuern, und zusätzlich einen Mk4S für einen Lichtbalken, Rock Lights, und Scheinwerfer die hohen Strom benötigen.

Mk4

Dies ist die ursprüngliche Version des Mk4 Light Controller. Der Mk4 hat einen 6-poligen 2.54mm Stecker für Stromversorgung und Servo-Signale, sowie Lötanschlüsse für LEDs.

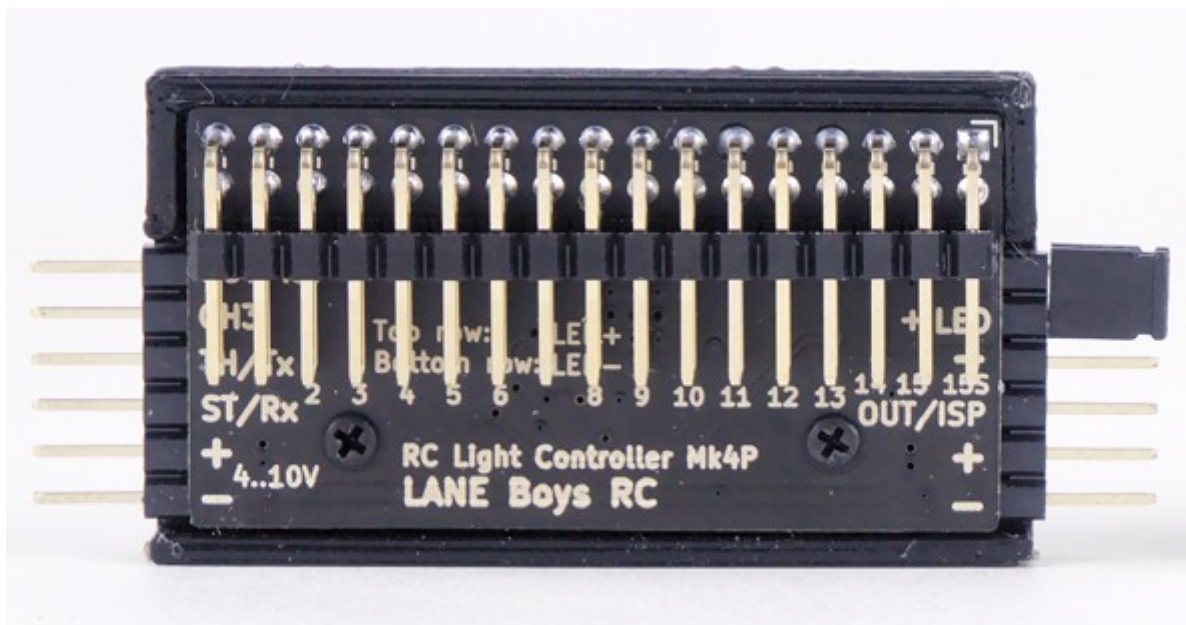


Der Mk4 hat 16 Konstant-Strom Ausgänge. Jeder Ausgang ist gedacht um eine LED mit bis zu 20mA anzusteuern. Des weiteren gibt es einen Schaltausgang, der bis zu 2A schalten kann.

Mk4P

Der Mk4P ist von der Funktion her identisch mit dem Mk4, aber er hat eine Steckerleiste mit 2.54mm Pin-Abstand, das das Anschließen der LEDs erleichtert.

Die LEDs können entweder vom Empfänger, oder von einer separaten Stromquelle versorgt werden. Des Weiteren gibt es einen Anschluss für ein Servo, oder einen zweiten Light Controller (OUT/ISP).



Genau wie der Mk4 hat der Mk4P 16 Konstant-Strom Ausgänge, gedacht um je eine LED mit bis zu 20mA anzusteuern. Zusätzlich gibt es einen Schaltausgang, der bis zu 2A schalten kann.

Mk4S

Diese Variante des Light Controller hat 9 Schaltausgänge, die nicht in der Helligkeit

geregelt werden können. Jeder der 9 Ausgänge kann bis zu 2A schalten.

An allen Ausgängen des Mk4S Light Controller müssen Strombegrenzungs-Widerstände verwendet werden!

Die Helligkeit der LEDs kann beim Mk4S Light Controller nicht gesteuert werden; jeder Ausgang kann nur ein- oder ausgeschaltet werden.

Acht von den Ausgängen (OUT0 .. OUT7) sind auf je zwei LED Anschlüsse geführt. Für OUT8 ist nur ein LED Anschluss verfügbar.



Der Mk4S Light Controller hat nur 9 Ausgänge:: OUT0 .. OUT8. Die Konfiguration anderer Ausgänge (OUT9 .. OUT15) wird intern verarbeitet, steht aber nicht als Anschluss zur Verfügung.

Light Controller Anschlüsse

Die folgende Tabelle zeigt, wie die Ausgänge des Light Controller im Auslieferungszustand konfiguriert sind.

Alle Funktionen können völlig frei konfiguriert werden. Weiter unten wird beschrieben, wie sie die Funktionen auf ihr Fahrzeug anpassen können.

Name	Funktion	Beschreibung
+	Stromversorgung, Plus-Pol	+4..10V Eingangsspannung, kommt normalerweise

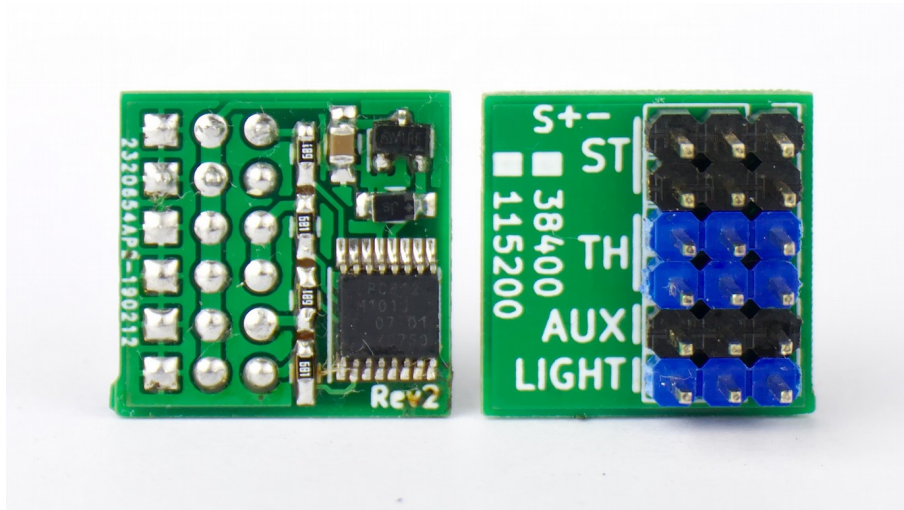
Name	Funktion	Beschreibung
		vom Empfänger (rotes Kabel)
-	Stromversorgung, Minus-Pol (GND)	0-Potential (braunes oder schwarzes Kabel)
ST/Rx	Lenk-Signal Eingang	Lenk-Servo Signal vom Empfänger; oder Pre-Processor-Eingang
TH/Tx	Gas-Signal Eingang	Gas (Fahrtregler, ESC) Signal vom Empfänger. Wenn ein Pre-Processor verwendet wird kann dieser Anschluss auch als Ausgang konfiguriert werden, ähnlich dem OUT/ISP Anschluss.
CH3	CH3/AUX Eingang	Kanal 3 (Schaltkanal, AUX) Signal vom Empfänger
OUT/ISP	Ausgang	Multi-Funktionsausgang: Steuern eines Servo; Anschluss eines 2. Light Controller Die Konfiguration wird weiter unten beschrieben.
+LED	LED Stromversorgung	Ausgang zu den Plus-Polen (+, Anode) der LEDs.
OUT0	LED Ausgang 0	Standlicht vorne links
OUT1	...	Standlicht vorne rechts
OUT2	...	Abblendlicht vorne links
OUT3	...	Abblendlicht vorne rechts
OUT4	...	Fernlicht vorne links
OUT5	...	Fernlicht vorne rechts
OUT6	...	Blinker vorne links
OUT7	...	Blinker vorne rechts
OUT8	...	Kombiniertes Schlusslicht/Bremslicht hinten links
OUT9	...	Kombiniertes Schlusslicht/Bremslicht hinten rechts
OUT10	...	Rückfahrlicht hinten links
OUT11	...	Rückfahrlicht hinten rechts
OUT12	...	Blinker hinten links
OUT13	...	Blinker hinten rechts
OUT14	...	3. Bremsleuchte
OUT15	LED Ausgang 15	Lichtbalken (roof light bar)
OUT15S	Schaltausgang (befindet sich links vom LED Ausgang 15)	Selbe Funktion als LED Ausgang 15, aber anstatt eines Konstant-Strom Ausgang handelt es sich hierbei um einen Schaltausgang nach Minus (GND, „-“) der bis zu 2 A schalten kann.

Verbinden des Light Controller mit dem Fahrzeug

Normalerweise erhält der Light Controller seine Stromversorgung vom Empfänger. Die folgenden Kapitel beschreiben wie man die Servo Signale vom Empfänger mit den anderen elektronischen Komponenten wie Lenk-Servo und Fahrtregler verbindet.

Verwendung eines Pre-Processor

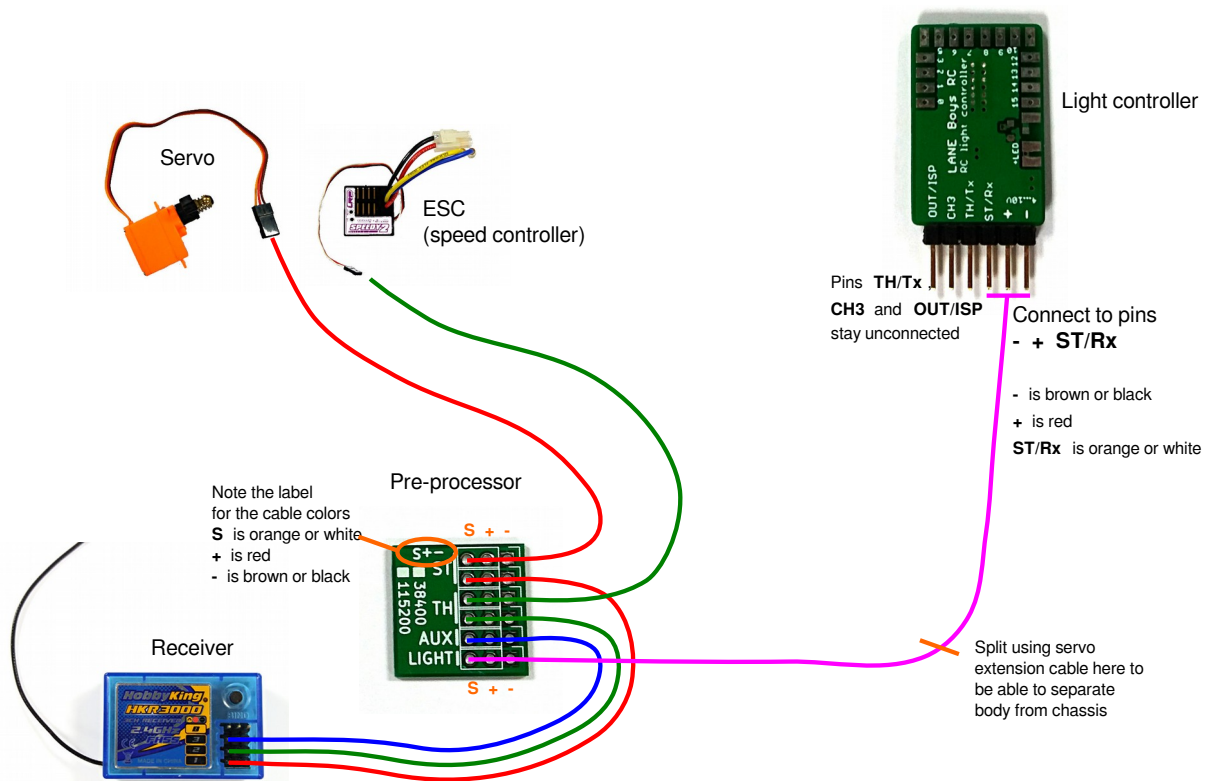
Der Light Controller hat eine Schwesterplatine namens Pre-Processor. Der Pre-Processor agiert als Signal-Multiplexer.



3-Kanal Pre-Processor

Anstatt die Servo Signale des Empfängers direkt mit dem Light Controller zu verbinden, schaltet man den Pre-Processor dazwischen. Der Pre-Processor packt alle Servo Signal in eine einzelne Datenleitung, die dann zum Light Controller geführt wird. Der Pre-Processor hat auch doppelte Anschlüsse für Lenkung und Gas, sodass die umständlichen Y-Kabel wegfallen.

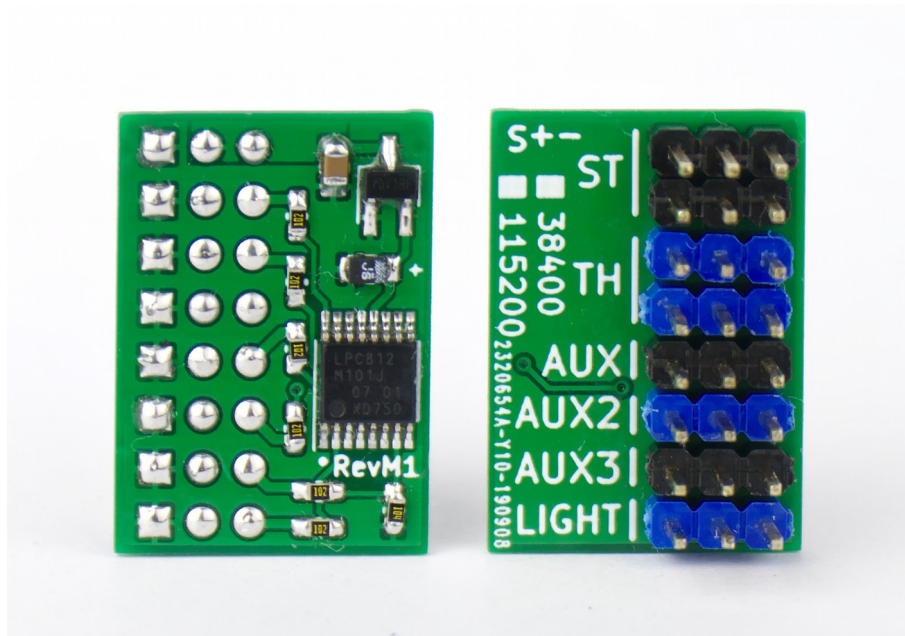
Der Pre-Processor vereinfacht das Verkabeln: Nur ein handelsübliches Servoverlängerungskabel wird vom Chassis des Fahrzeuges zur Karosserie geführt. Im Chassis befinden sich Empfänger, Fahrtregler, Lenk-Servo und der Pre-Processor; und in der Karosserie der Light Controller und die LEDs.



Die Eingänge TH/Tx und CH3 am Light Controller werden nicht benutzt.

Der Pre-Processor ist auch in einer 5-Kanal Variante erhältlich. Dies ermöglicht die Benutzung von zusätzlichen AUX Kanälen, wie man sie oft in modernen Fernsteuerungen findet.

Bei Verwendung des 5-Kanal Pre-Processor kann man separate Schaltkanäle am Sender verwenden um z.B. die Blinker manuell zu steuern, oder die Warnblinker ein/ausschalten. Jeder AUX Kanal kann separat konfiguriert werden.

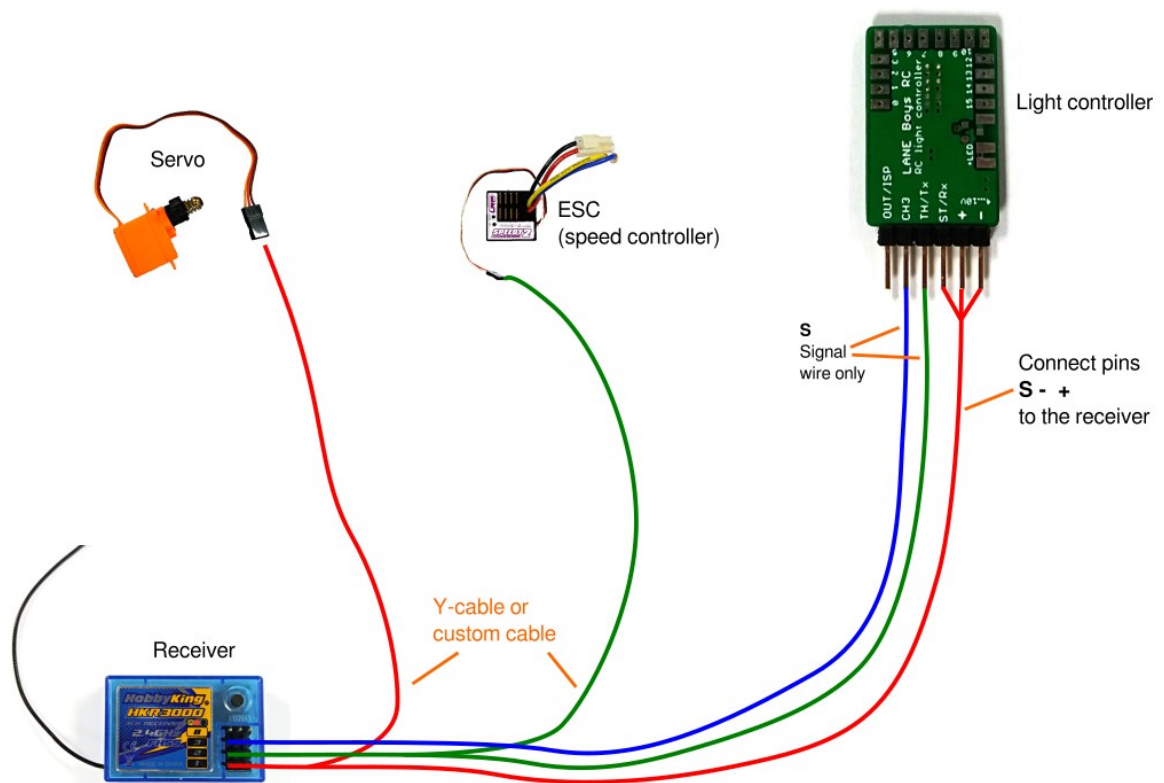


5-Kanal Pre-Processor

Direkter Anschluss des Light Controllers an dem Empfänger

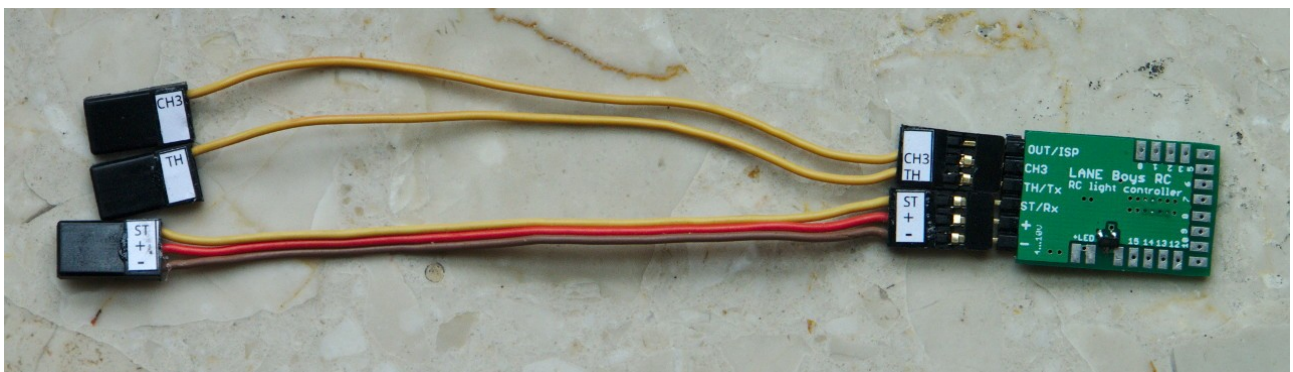
Die Eingänge des Light Controller ST/Rx (Lenkung), TH/Tx (Gas) und CH3 (Schaltkanal) werden direkt mit dem entsprechenden Ausgängen am Empfänger verbunden.

Für Lenkung und Gas benötigt man ein Y-Kabel damit man auch den Fahrtregler und das Lenk-Servo gleichzeitig anschließen kann. Das folgende Diagramm zeigt die Verbindungen:



Nur einer der Kanäle (Lenkung) wird benötigt um die Stromversorgung zum Light Controller zu bringen. Für die anderen Kanäle (Gas, CH3/AUX) ist es ausreichend nur die Signalleitung zum Light Controller zu führen. Die Signalleitung ist meist Orange oder Weiß.

Handelsübliche Servoverlängerungskabel kann man einfach um-konfigurieren, siehe Foto unten:



Verwendung eines im Auto eingebauten Tasters

Wenn nur eine 2-Kanal Fernsteuerung verwendet wird, oder kein AUX Kanal mehr frei ist, dann kann man als Alternative auch einen Taster direkt an den CH3 Eingang des Light Controller anschließen. Der Taster kann irgendwo im Auto versteckt werden.

In der Konfiguration des Light Controller muss die Option „**Push button on the light controller**“ (Taster direkt am Light Controller) eingestellt werden. Das Konfigurieren wird in einem Kapitel weiter unten erklärt.



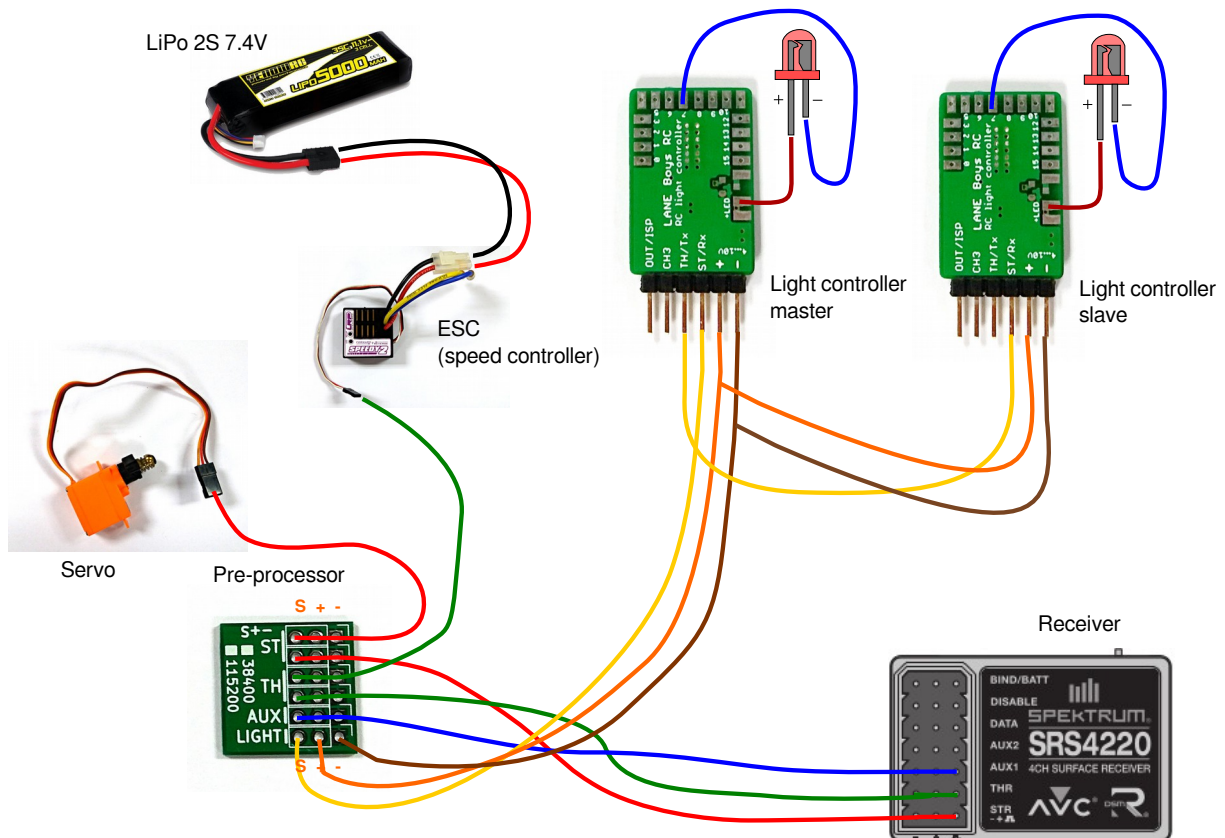
Aus traditionellen Gründen wird dies Master/Slave System genannt. Der Slave Light Controller bekommt eine spezielle Firmware programmiert, die unabhängig von den Lichtfunktionen ist.

Im Master Light Controller wird der Slave-Ausgang freigeschaltet. Damit werden alle 32 Ausgänge konfigurierbar, und es muss nur ein Light Controller mit der Konfiguration des Fahrzeuges versehen werden.

Seite 10

Bei Verwendung des Mk4P oder Mk4S ist der Anschluss des Slave Light Controller sehr einfach, weil ein separater 3-poliger Anschluss zur Verfügung steht, welcher die Verwendung eines handelsüblichen Servokabels zulässt.

Ein handelsübliches Servoverlängerungskabel reicht für die Verbindung zwischen Master und Slave. Der Slave Light Controller kann dadurch bequem nahe der LEDs eingebaut werden, oder sogar in einem Anhänger.



Wenn die Konfiguration für Master und Slave erstellt wird ist darauf zu achten, dass bei beiden die gleiche Baudrate eingestellt wird.

Manche Anwender wollen einen zweiten Empfänger plus Batterie und Light Controller in einen Anhänger einbauen. Davon ist abzuraten, weil die folgenden Probleme entstehen:

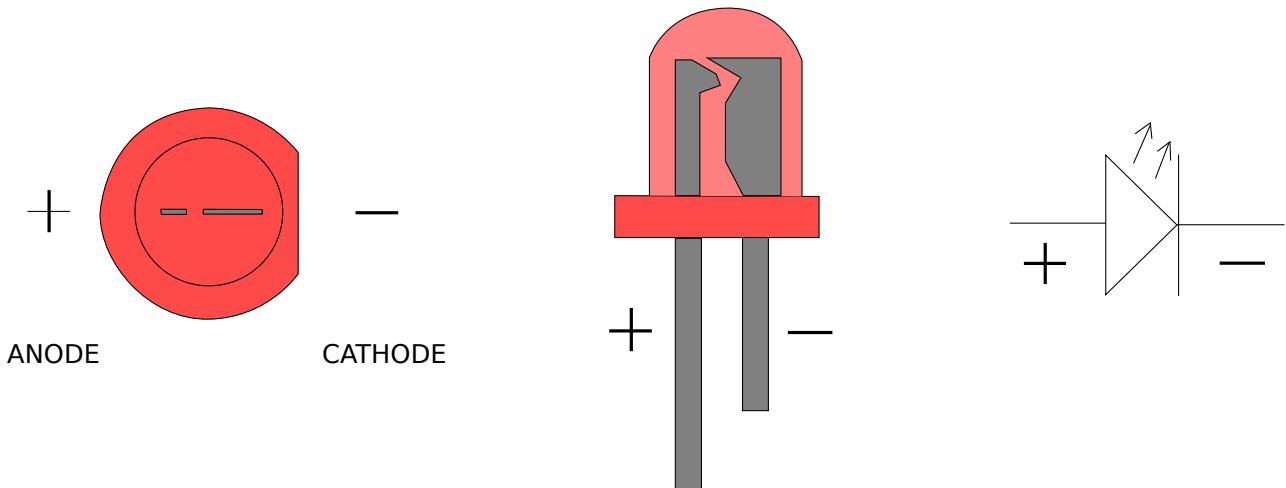
- Die Taktquelle im Light Controller ist nicht sehr präzise und verändert sich mit Zeit und Temperatur. Daher laufen zum Beispiel die Blinker nicht synchron.
- Einige Funktionen, wie zum Beispiel das Aufleuchten der Bremslichter oder Rückfahrscheinwerfer, werden zufalls-gesteuert. Da die beiden Light Controller eine andere Zufallszahl generieren, leuchten diese Lichter dann nicht mehr synchron.

Diese Probleme existieren nicht bei Verwendung des Master/Slave Systems, da der

Master den Takt vorgibt.

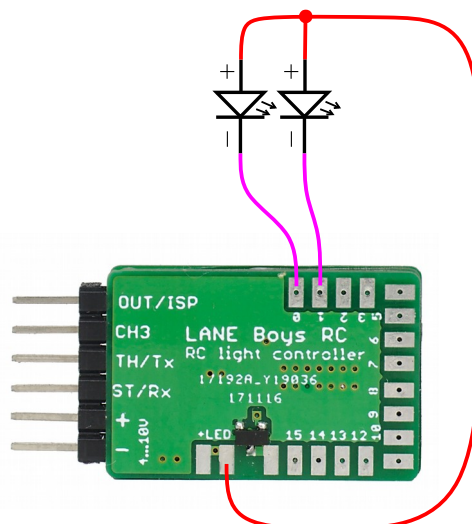
Anschließen der LEDs

Die (+) Anode (normalerweise der lange Anschluss) von allen LEDs wird zusammengeführt und an die Anschlüsse **+LED** angeschlossen.



Konstant-Strom LED Ausgänge

Jeder der LED Ausgänge ist gedacht um eine einzelne LED anzusteuern. Die Ansteuerung erfolgt mit einem konstanten Strom von bis zu 20 mA. Dies gewährleistet die optimale Funktion handelsüblicher LEDs und einheitliche Helligkeit.



Bitte keinen Widerstand in Serie mit den LEDs verwenden (Mk4 und Mk4P); dies ist nicht nötig da es sich um Konstant-Strom Ausgänge handelt!

Die Konstant-Strom Ausgänge sind ideal um normale 3mm oder 5mm (oder SMD) LEDs mit 20mA zu steuern. Sie sind nicht für Hochleistungs-LEDs geeignet.

Für mehr Information lesen sie bitte Kapitel Anhang A: Weiterführende Informationen zu den LED Anschlüssen auf Seite 24.

Schaltausgang OUT15S, und Mk4S

Der Mk4 und Mk4P hat einen Schaltausgang der bis zu 2 Ampere schalten kann. Dieser Ausgang wird oft in Verbindung mit einem handelsüblichen Lichtbalken (light bar) verwendet.

Der Schaltausgang ist als **15S** auf der Leiterplatte identifizierbar und schaltet synchron mit der Funktion, welche dem LED Ausgang 15 zugewiesen wurde.

In der Mk4S Ausführung sind alle Ausgänge solche Schaltausgänge. Jeder der Schaltausgänge kann bis zu 2A verkraften.

Für die Schaltausgänge ist die Verwendung eines Vorwiderstandes nötig um den Strom durch die LED zu begrenzen.

Ohne Vorwiderstand wird die LED sofort durchbrennen.

Ausgangsfunktionen

Der Light Controller kann für bestimmte Hilfsfunktionen auf dem OUT/ISP Anschluss konfiguriert werden. Bei Verwendung des Pre-Processor steht auch der TH/Tx Anschluss als Hilfsausgang zur Verfügung.

Die folgenden Hilfsfunktionen können gewählt werden:

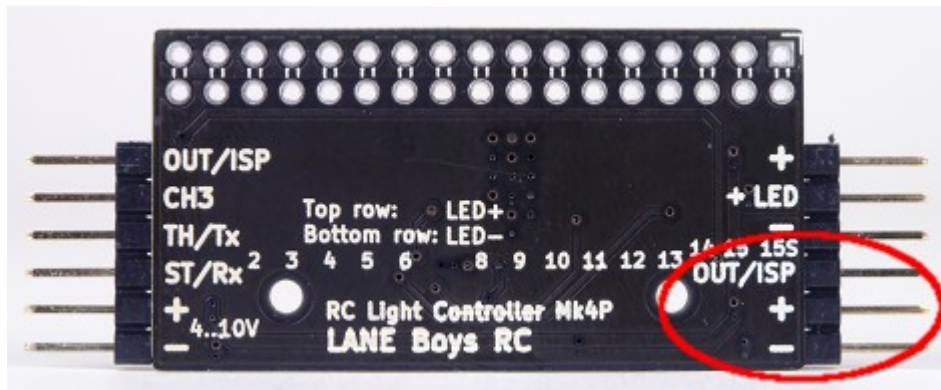
- Servoausgang der dem Lenk-Kanal folgt
- Getriebe-Servo Ausgang
- Servoausgang unter Kontrolle eines Light Programs
- Slave Light Controller Ausgang
- Pre-Processor Ausgang
- (Ausgang für eine Winde)

Diese Hilfsfunktionen können wie folgt gruppiert werden: **Servo Funktionen** und **UART Funktionen** (serielle Schnittstelle).

Der Light Controller kann zur gleichen Zeit nur eine Hilfsfunktion aus jeder Gruppe (eine Funktion aus der Servo Gruppe, und eine Funktion aus der UART Gruppe) ausführen.

Die Mk4P and Mk4S Light Controller haben einen 6-poligen Anschluss auf der rechten Seite. Die unteren drei Pole sind kompatibel mit der Servo-Standardbelegung (Minus,

Plus, Signal). Der Signalanschluss ist mit OUT/ISP verbunden. Dieser Ausgang ist daher sehr gut zur geeignet um direkt ein Servo oder einen Slave Light Controller anzuschließen.



Servo Ausgang der dem Lenk-Signal folgt

Der Light Controller kann ein kleines Servo synchron mit dem empfangenen Lenk-Signal ansteuern. Dies kann handlich sein wenn man zu Beispiel ein Lenkrad im Fahrzeug realistisch mit-bewegen lassen will. Die Endpunkte und Mittelstellung des Servo Ausgangs kann unabhängig von der Lenkung eingestellt werden (siehe unten).

Aus Sicherheitsgründen sollte der Servo-Ausgang nicht für Fahrfunktionen verwendet werden!

Das Signalkabel des Servos muss mit dem **OUT/ISP** Ausgang (oder TH/Tx; abhängig von der Konfiguration) des Light Controller verbunden werden.

Achtung: einige Servos, insbesondere Analog Servos, belasten OUT/ISP stark, was verhindert, dass der Light Controller startet. Digital Servos sind zu bevorzugen da sie dieses Problem nicht verursachen.

Getriebe-Servo Ausgang

Der Servo-Ausgang kann auch zur Steuerung eines 2-Gang oder 3-Gang Getriebes konfiguriert werden. Wenn die Getriebesteuerung ausgewählt wurde, dann schalten 1-Klick und 2-Klicks mit CH3/AUX zwischen den Gängen wie folgt:

2-Gang Getriebe: 1-Klick schaltet auf Gang 1, 2-Klicks auf Gang 2.

3-Gang Getriebe: 1-Klick schaltet in den nächst höheren Gang, 2-Klicks schalten in den nächst niedrigen Gang.

Da 1-Klick und 2-Klicks jetzt für das Getriebe verwendet werden, können die einzelnen Lichtstufen jetzt nicht mehr geschaltet werden. Man kann nur alle Lichter ein/ausschalten mit 3-Klicks an CH3/AUX.

Wenn das nicht gewünscht ist, kann man als Option das Getriebe von einem Light Program steuern. Zum Beispiel kann man ein Light Program schreiben, dass mit 6-Klicks an CH3/AUX zwischen den Gängen schaltet.

Servoausgang unter Kontrolle eines Light Program

Es besteht auch die Möglichkeit ein Servo direkt vom einem Light Program zu steuern. Wenn die entsprechende Konfiguration gewählt wurde, dann kann man in einem Light Program das Servo auf Werte zwischen -100 (linke Endposition), 0 (Mitte) und +100 (rechte Endposition) setzen. Damit lassen sich einfache elektromechanische Animationen ausführen, wie zum Beispiel die zufällige Bewegung des Kopfes einer Puppe.

Servo Endpunkte einstellen

Wenn man ein Servo zum Ansteuern eines Lenkrades im Fahrzeuginneren benutzt, kann man die Mittelstellung und die Endpunkte unabhängig von der eigentlichen Lenkung des Fahrzeuges einstellen. Die gleiche Methode erlaubt auch das Programmieren der Endpunkte für ein Getriebe-Servo.

Dazu macht man **acht** Klicks am Schaltkanal. Die Blinker links leuchten permanent und das Servo folgt direkt dem Lenkrad am Sender. Das Lenkrad am Sender vorsichtig drehen, bis das Servo die Stellung erreicht, die als „voll Links“ programmiert werden soll. Wichtig: Je nach Drehrichtung des Servo kann das auch bedeuten, dass man das Lenkrad am Sender nach *rechts* drehen muss, um die gewünschte Stellung des Servo zu erreichen. Das ist so in Ordnung!

Wenn die gewünschte Stellung des Servo erreicht ist, das Lenkrad festhalten und am Schaltkanal einen Klick durchführen.

Jetzt werden die Blinker auf beiden Seiten leuchten. Das Lenkrad am Sender nun so lange bewegen, bis das Servo die gewünschte Mittelstellung erreicht hat. Wieder einen Klick am Schaltkanal durchführen.

Jetzt leuchten die Blinker auf der rechten Seite auf. Jetzt kann man die rechte Endposition wie beschrieben festlegen und mit einem Klick bestätigen.

Alle Positionen des Servos sollten jetzt korrekt sein. Das Lenkrad sollte dem Fahrzeug korrekt folgen. Die Einstellungen werden gespeichert und werden nicht durch Trimmung der Lenkung beeinflusst.

Wenn man die Endpunkte oder Trimmung der Lenkung am Sender verstellt, muss man den Light Controller neu starten sodass er die neuen Einstellungen „lernen“ kann.

Slave Light Controller Ausgang

Wenn man diese Option konfiguriert kann man einen zweiten Light Controller anschließen um insgesamt 32 von einander unabhängige LED Ausgänge zu steuern.

Pre-Processor Ausgang

Diese Einstellung ist nicht für Benutzer bestimmt, sie wird intern verwendet um die Firmware des Pre-Processor zu erstellen.

Wenn diese Hilfsfunktion eingeschaltet ist, werden Lenk-, Gas- und CH3-Signal im Light Controller zusammengefasst und als serielles Datenpaket ausgegeben. Das Protokoll ist hier dokumentiert:

<https://github.com/laneboysrc/rc-light-controller/blob/master/doc/preprocessor-protocol.md>

Ausgang für eine Winde

Dient zur Steuerung des LANE Boys RC Winden-Kontrollers.

Diese Windensteuerung wird nicht mehr hergestellt. Es ist besser, die Winde über einen eigenen AUX Kanal am Sender zu steuern.

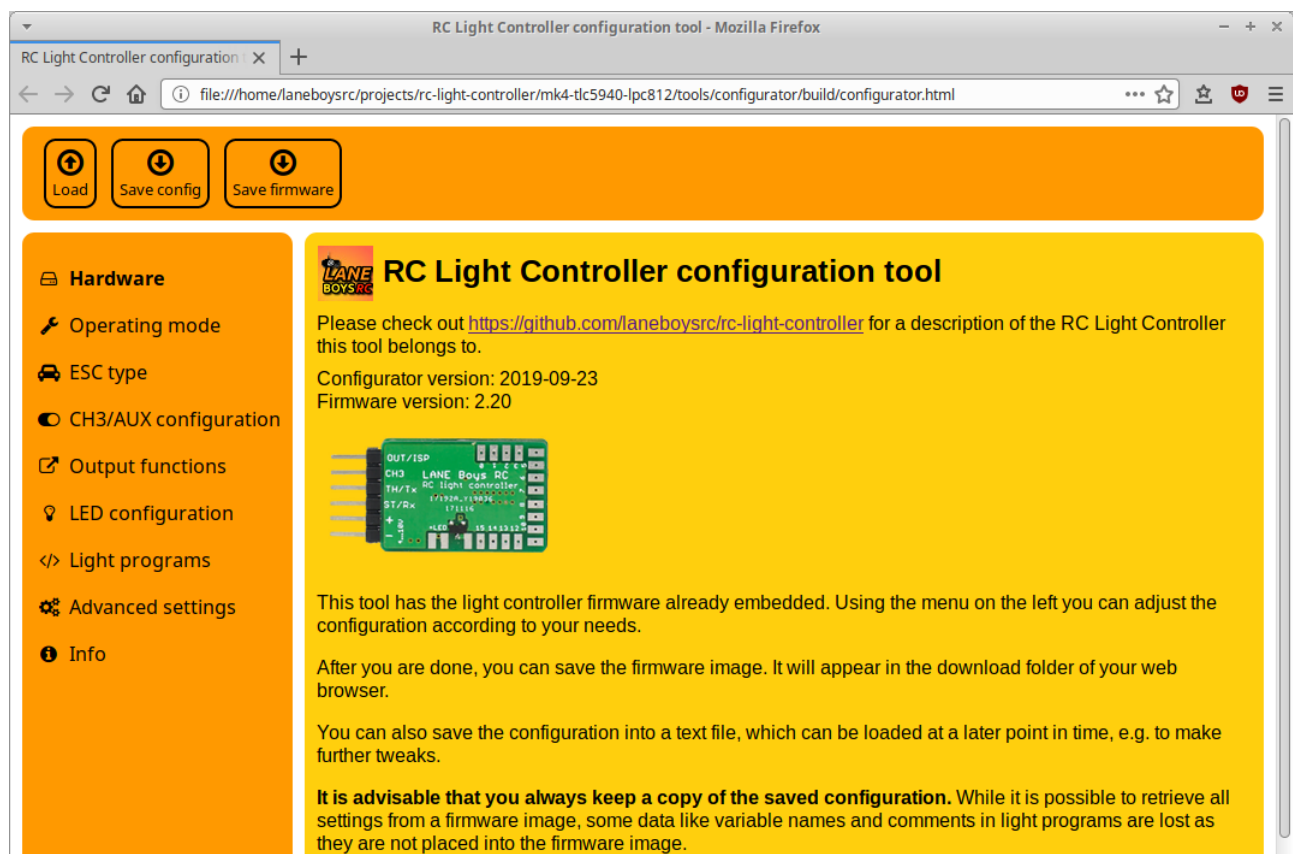
Configurator: Benutzerdefinierte Konfiguration erstellen

Jedes Auto ist anders. Die Funktionen des Light Controller können durch Verwenden eines Programms mit dem Namen **Configurator** an Ihr Fahrzeug angepasst werden.

Der *Configurator* läuft in modernen Web-Browsern wie Mozilla Firefox, Google Chrome und Microsoft Edge.

Die aktuelle Version des *Configurator* ist im Internet unter der folgenden Adresse erreichbar:

<https://laneboysrc.github.io/rc-light-controller/>



Alternativ kann man alles, was zur Programmierung des Light Controller nötig ist, hier herunterladen:

<https://github.com/laneboysrc/rc-light-controller/blob/master/mk4-tlc5940-lpc812/mk4-download-me.zip?raw=true>

Dann benötigt man keine Internetverbindung mehr (z.B im Bastelkeller).

Das Archiv beinhaltet den *Configurator* (Dateiname **configurator.html**) sowie das unten

beschriebene Programmier-Programm.

Das folgende Video zeigt ab 14:09 den Konfigurationsvorgang (nur in Englisch verfügbar):
<https://youtu.be/-VyNAVU3-ok?t=849>

Der *Configurator* hat die Firmware des Light Controller bereits eingebaut. Man selektiert die gewünschten Optionen und drückt auf den **Save firmware** Knopf. Dies lädt eine Datei namens **light_controller.hex** herunter, welches der Web-Browser auf die Festplatte speichert.

Firmware aufspielen

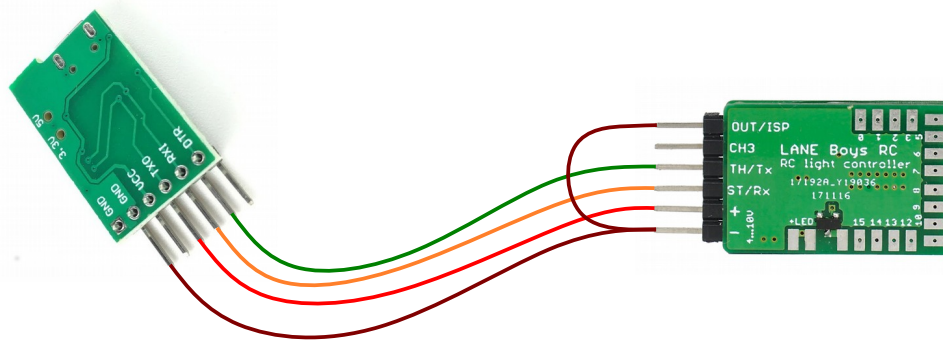
Der Light Controller wird mit einer Standard-Firmware ausgeliefert, dessen Konfiguration in der Sektion Light Controller Anschlüsse auf Seite 4 beschrieben ist.

Viele Installation werden aber einen angepasste Konfiguration benötigen, wie im vorigen Kapitel beschrieben. Nachdem die Konfiguration angepasst wurde, kann man die erstellte .HEX Datei mit dem **LPC81x-ISP Programm** in den Light Controller programmieren.

Dieses Programm ist im oben genannte Archiv mit dabei, oder kann separat hier geladen werden:

<https://laneboysrc.github.io/rc-light-controller/lpc81x-isp-windows-64bit.zip>

Man benötigt einen USB-to-Serial Adapter (USB UART), der an den PC angesteckt wird. Der USB-to-Serial Adapter und der Light Controller müssen wie folgt verbunden werden:

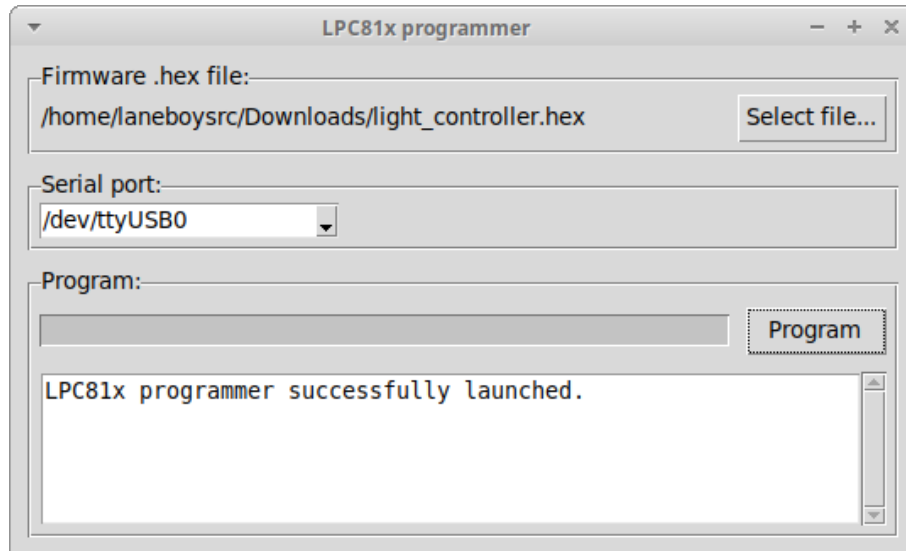


Der Light Controller muss mit dem USB-to-Serial Adapter verbunden werden bevor der USB-to-Serial Adapter an den PC angesteckt wird.

Dies ist notwendig weil der OUT/ISP Pin mit (-) GND während des Einschaltens der Versorgung verbunden sein muss um die Programmierfunktion zu starten.

Jetzt kann man das **LPC81x-ISP** Programm starten, **Select file...** drücken und die

light_controller.hex Datei auswählen, die vom **Configurator** erzeugt wurde.



Auf den Knopf **Program** drücken und das Programmieren beginnt. Fertig!

Alternative: der WebUSB Programmer

Als Alternative zum USB-to-Serial Adapter bieten wir auch eine speziell gefertigte Programmierhardware an die es ermöglicht, die Firmware direkt aus dem *Configurator* heraus zu laden und auch zu testen.

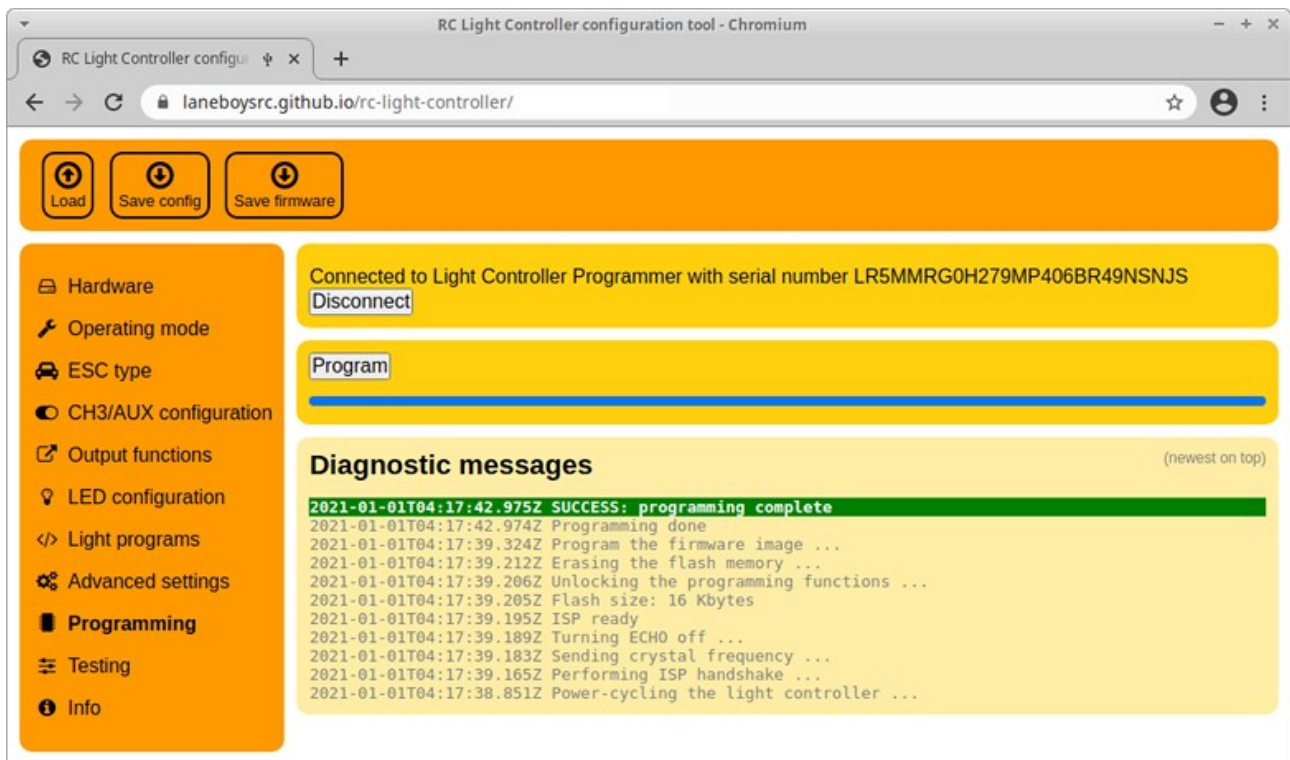
Dieser WebUSB Programmer ist besonders für Apple Mac Benutzer interessant, weil dort das LPC81x-ISP Programm nur als Python-Quellcode verfügbar ist und es fortgeschrittene Computer-Kenntnisse bedarf um das Programm ans Laufen zu bringen.

Der WebUSB Programmer funktioniert direkt in kompatiblen Web Browsern, wie zum Beispiel Google Chrome, und ist für jedermann leicht in Betrieb zu nehmen.

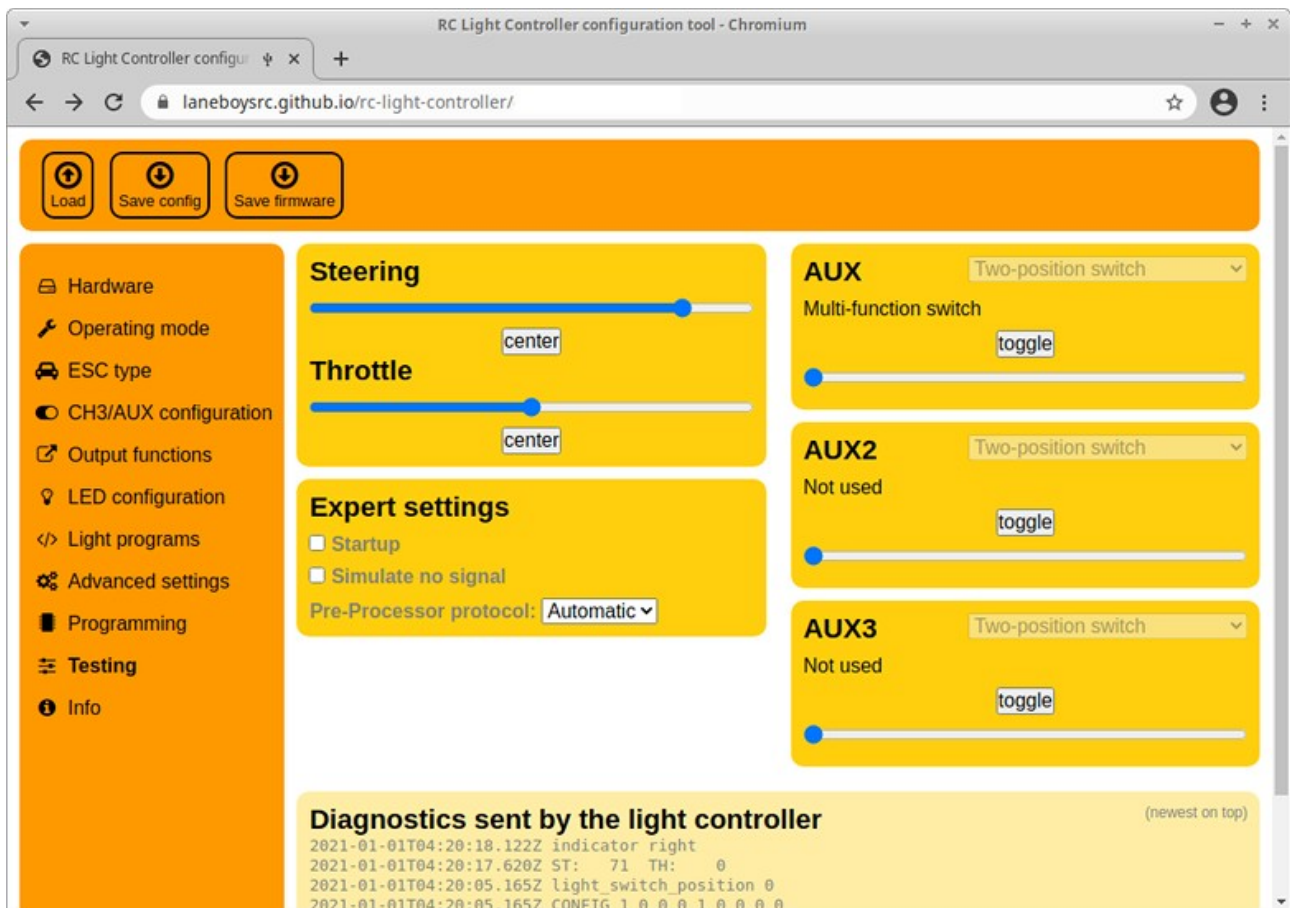
Achtung: Der WebUSB Programmer funktioniert nicht im *Safari* Browser, da Apple den WebUSB Standard nicht unterstützt.



Diese Platine wird speziell für den Light Controller angefertigt und ist daher etwas teurer als ein handelsüblicher USB-to-Serial Adapter.



Das Bild zeigt einen erfolgreichen Programmiervorgang, der direkt im Configurator durchgeführt wurde.



Der Testing Reiter simuliert ein komplettes Fernsteuersystem inklusive Pre-Processor. Damit lässt sich die Konfiguration testen, ohne dass der Light Controller vom Computer getrennt werden muss.

Wichtig: die Testfunktion steht nur zur Verfügung, wenn der Light Controller für Pre-Processor Betrieb konfiguriert ist. Wenn man den Light Controller im Auto direkt mit den Servo-Kabeln verbinden will, kann man temporär die Konfiguration auf Pre-Processor für Testzwecke umstellen, und dann, wenn alles funktioniert, die Konfiguration zurück auf „Servo inputs“ ändern.

Der WebUSB Programmer benötigt einen Web Browser, der WebUSB unterstützt. Auf dieser Seite findet man kompatible Web Browser:

<https://caniuse.com/?search=webusb>

Benutzung

Nachdem die Stromversorgung eingeschaltet wurde, leuchten die Abblendlichter für etwa 2 Sekunden. Während dieser Zeit sollten das Lenk- und Gas-Signal am Sender in Neutral-Stellung sein.

Wenn anstatt des Abblendlichtes die vorderen Blinker leuchten, bedeutet das, dass der Light Controller (oder Pre-Processor) kein Signal vom Empfänger bekommt. Bitte alles ausschalten und die Verkabelung überprüfen.

Nach der Initialisierung gehen alle Lichter aus und das System ist bereit.

Es ist ratsam dem Light Controller jetzt die Endpunkte von Gas und Lenkung beizubringen. Dazu bewegt man das Lenkrad am Sender ganz nach links, und dann ganz nach rechts. Das Auto vom Boden abheben und sicher festhalten, dann das Gas voll auf vorwärts und dann voll auf rückwärts – unter Beachtung dass der Antrieb dadurch nicht beschädigt wird.

Bremslichter, Rückfahrscheinwerfer und Blinker

Während des Fahrens werden die Bremslichter und Rückfahrscheinwerfer automatisch anhand der Gas-Stellung am Sender gesteuert.

Die Blinker können aktiviert werden in dem man Gas und Lenkung für mindestens eine Sekunde in Neutral-Stellung hält, und dann das Lenkrad am Sender in die gewünschte Richtung dreht.

Wenn die Blinker an sind, kann man losfahren und die Blinker bleiben an, bis man einige Zeit gerade aus fährt, oder die Lenkung in die entgegengesetzte Richtung einschlägt.

Lichter schalten

Mehrere Funktionen werden manuell durch den Schaltkanal am Sender, der mit CH3 am Light Controller verbunden wurde, gesteuert.

Das Bedienkonzept ist dem der bekannten Computer-Maus mit mehreren „Klicks“ empfunden. Man kann durch die Anzahl der „Klicks“, also die Betätigung des Schaltkanals am Sender innerhalb einer kurzen Zeit, von verschiedenen Funktionen wählen.

Ein Klick: Lichtschalter eine Stellung weiter. Mit je einem Klick schaltet man vom Standlicht zum Abblendlicht, weiter zum Fernlicht, und dann den Lichtbalken ein

Zwei Klicks: Lichtschalter eine Stellung zurück; Umkehrfunktion zu Ein Klick

Drei Klicks: Umschalten zwischen alle Lichter an und aus

Vier Klicks: Warnblinker ein/ausschalten

Diese Video zeigt die Bedienung (nur in Englisch verfügbar):

<https://youtu.be/-VyNAVU3-ok>

Der Light Controller unterstützt verschiedene Sender-seitige Schalter Typen. Lesen Sie bitte Anhang F: AUX Schalter Typ erkennen für weitere Informationen.

Kanalrichtung ändern

Die Richtung von Gas- und Lenk-Signal kann am Light Controller umgedreht werden, falls die Funktionen nicht mit dem Fahrzeug übereinstimmen.

Dazu macht man **sieben** Klicks am Schaltkanal. Die Blinker vorne und hinten auf einer Seite des Fahrzeuges gehen an, und auch die Abblendlichter leuchten. Sonst sind alle Lichter aus. Jetzt bewegt man das Lenkrad am Sender in die Richtung der leuchtenden Blinker. (Beispiel: wenn die Blinker auf der linken Seite leuchten, dreht man das Lenkrad nach links). Wenn der Light Controller das Lenksignal erkannt hat, gehen die Blinker aus.

Jetzt den Gas-Hebel am Sender in Richtung *vorwärts* betätigen. Wenn der Light Controller das Gas-Signal erkannt hat, gehen die Abblendlichter aus und die normalen Lichtfunktionen sind wieder aktiv.

Die Richtung des Gas- und Lenksignales wird im Light Controller gespeichert, man muss diese Prozedur also nur einmal beim Einrichten eines neuen Fahrzeuges durchführen.

Light Programs sind einfache Skripte, mit denen man fast alle Funktionen und Lichter des Light Controller beliebig programmatisch steuern kann, ohne dass Mikrocontroller Firmware geschrieben werden muss.

Ausführliche Dokumentation zu Light Programs gibt es auf <https://github.com/laneboysrc/rc-light-controller/blob/master/mk4-tlc5940-lpc812/doc/light-programs.md> (nur in Englisch verfügbar)

Mit Light Programs kann man zum Beispiel Lauflichter oder Polizei-Blinklichter erstellen. Eine kleine Sammlung von Light Programs gibt es unter <https://github.com/laneboysrc/rc-light-controller/tree/master/mk4-tlc5940-lpc812/configurations>

Technische Daten

Parameter	Mk4	Mk4P	Mk4S
Versorgungsspannung	4V .. 10V		
Konstant-Strom Ausgänge 20mA pro LED Ausgang	16	16	—
Helligkeitsregelung	63 Stufen DC, kein PWM	63 Stufen DC, kein PWM	(keine Helligkeitssteuerung)
Schaltausgang 2A max pro Ausgang	1	1	9 8 Ausgänge mit je zwei 2-pol Anschlüssen, 1 Ausgang mit einem 2-pol Anschluss
LED configuration	Gemeinsame Anode Gemeinsamer Plus Pol; Minus Pol geht zu den individuellen LED Ausgängen		
Abmessungen	36 × 19 × 3mm	62 × 27.5 × 9.5mm	62 × 27.5 × 9.5mm
Abmessungen (ohne Stecker und Gehäuse)	27 × 18 × 2.5mm	44 × 23 × 3mm	44 × 23 × 3mm

Pre-Processor: 17 × 17 mm
 5-channel Pre-Processor: 24 × 17 mm

Viel Spaß! Werner

laneboysrc@gmail.com

<https://www.youtube.com/user/laneboysrc>

<https://github.com/laneboysrc/rc-light-controller/>

<https://laneboysrc.blogspot.com/>

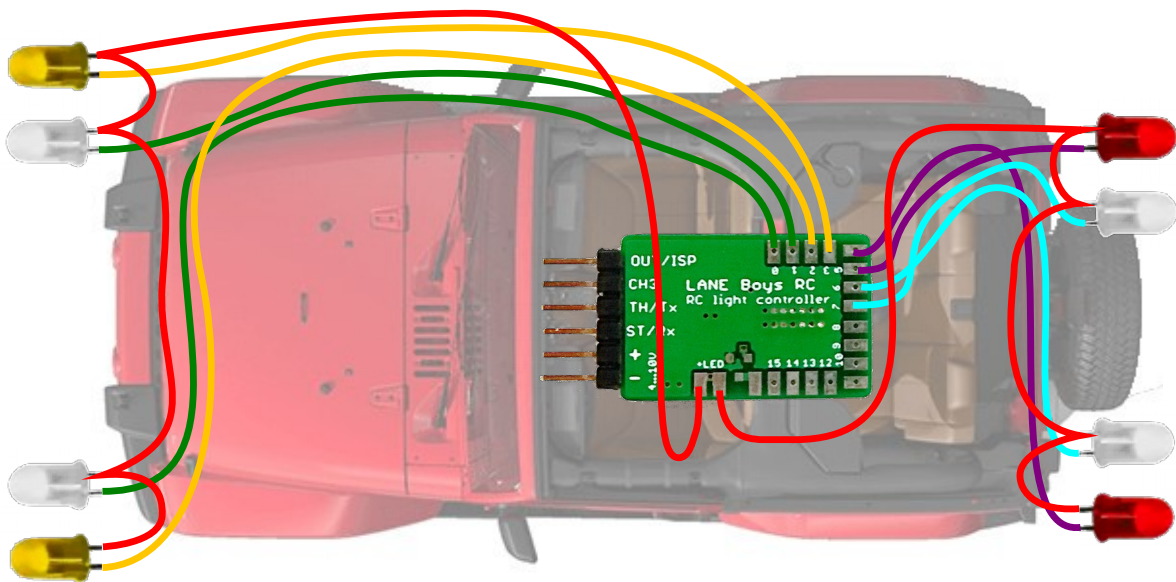
<https://www.flickr.com/photos/78037110@N03/albums/>

Anhang A: Weiterführende Informationen zu den LED Anschlüssen

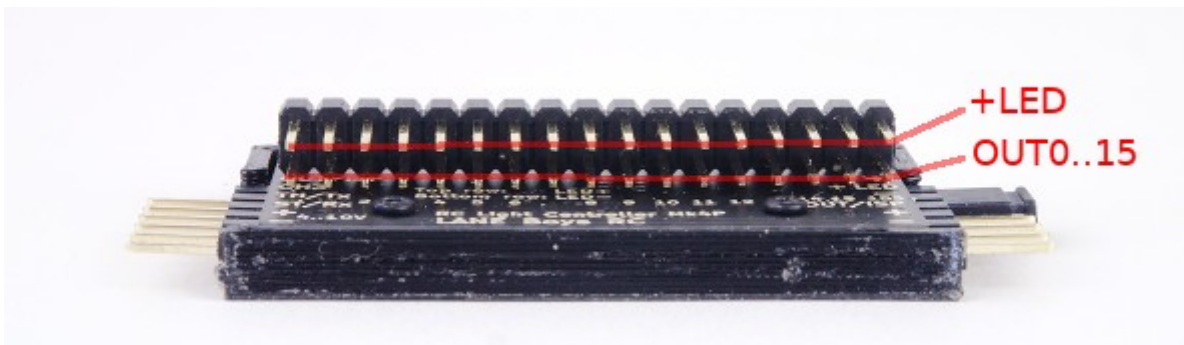
Wie verbindet man das + Kabel von 16 LEDs mit den nur zwei +LED Lötanschlüssen am Mk4 Light Controller?

Der Mk4 Light Controller ist sehr klein und bietet nur zwei **+LED** Anschlüsse.

Die Design-Idee ist, dass die Anode (Plus Pol) der LEDs bereits gleich in unmittelbarer Nähe der LEDs zusammen geschaltet wird. Dann führt man nur ein einziges Kabel von den LEDs vorne und hinten zum Light Controller.



Als Alternative kann man den **Mk4P Light Controller** verwenden, der für jeden LED Ausgang separat einen **+LED** Anschluss bietet.



Verwendung einer separaten Stromversorgung für die LEDs

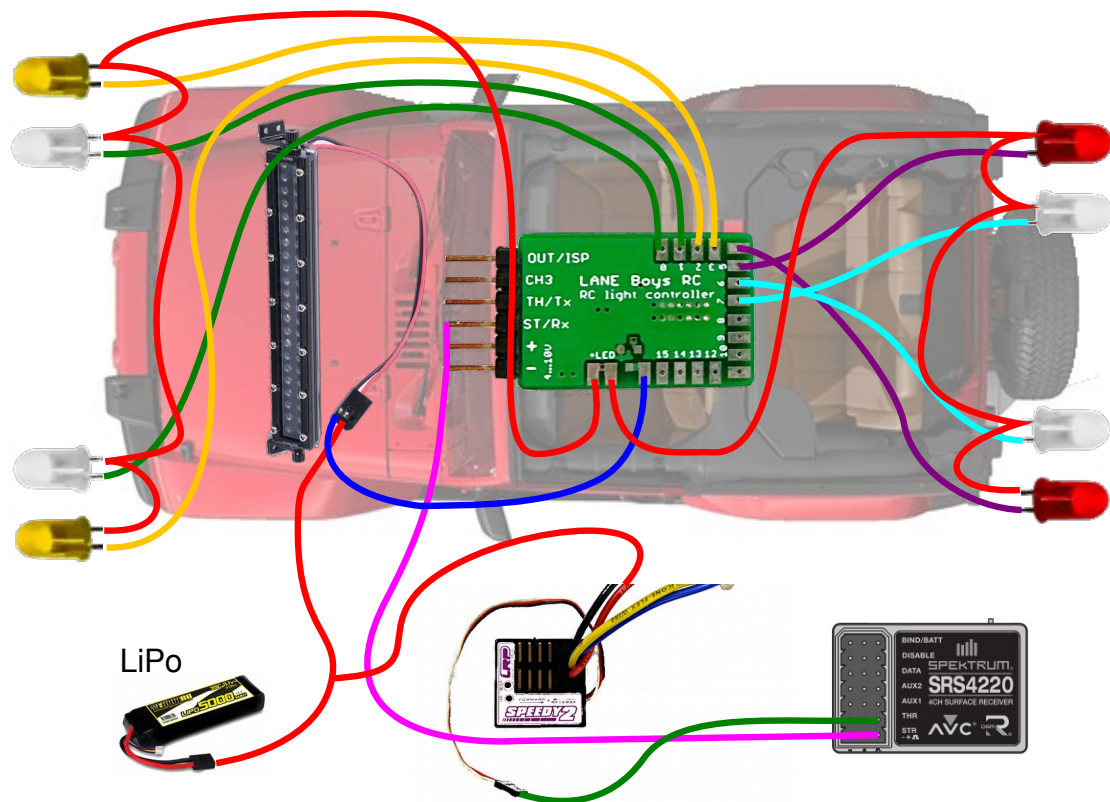
Normalerweise ist es ausreichend wenn der Light Controller vom BEC (meist im

Fahrtregler eingebaut) versorgt wird, wie auch Empfänger und Servos.

Man kann die LEDs aber auch von einer separaten Stromquelle versorgen. Der Light Controller erhält seine Versorgung aber nach wie vor über den BEC.

Dies kann zum Beispiel hilfreich sein, wenn man einen 12V Lichtbalken verwenden will.

Das folgende Schaltbild zeigt einen Lichtbalken, der direkt von der LiPo Batterie des Fahrzeuges versorgt wird. Die anderen LEDs werden weiterhin vom BEC versorgt:



Die Stromquelle kann eine separate Batterie sein, aber auch die Fahrbatterie, oder ein separater DC/DC Spannungswandler.

Diese Methode der LED Stromversorgung kann für alle Ausgänge (Konstant-Strom oder Schaltausgang) angewendet werden.

Bei den Konstant-Strom Ausgängen muss die Gesamt-Verlustleistung beachtet werden. Sie darf 2.5W nicht überschreiten.

Die Verlustleistung für die Konstant-Strom Ausgänge kann wie folgt berechnet werden:

(Versorgungsspannung minus LED-Spannung) mal LED-Strom

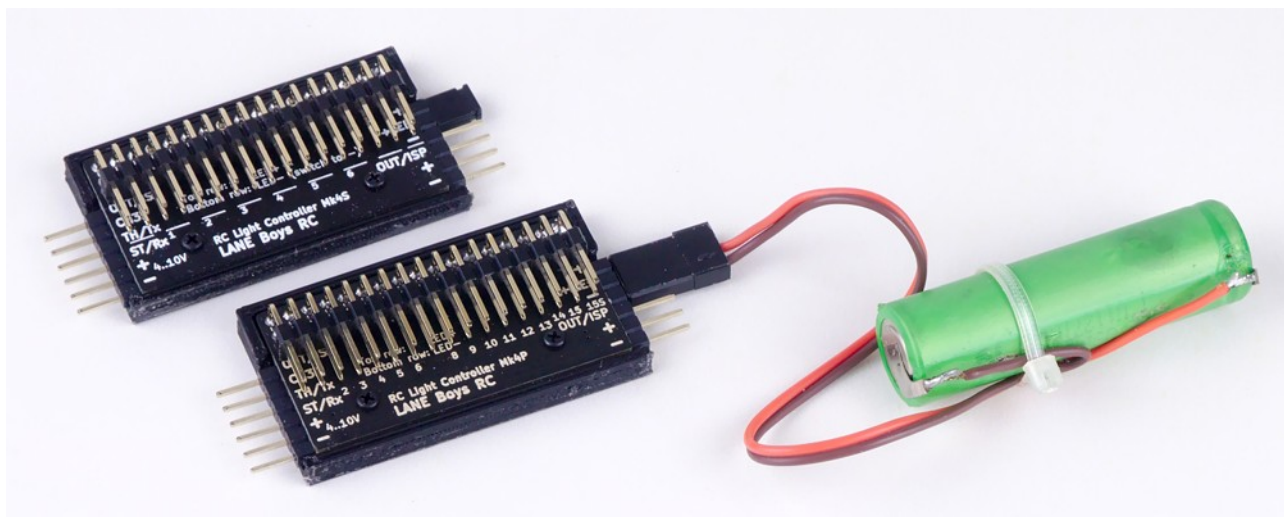
Beispiel: 8.4V Versorgungsspannung, 3V LED Spannung, 20mA LED Strom
 $(8.4V - 3V) \times 0.02A = 0.108W$ (pro LED Ausgang!)

Beim Mk4 Light Controller sind die +LED Lötanschlüsse direkt auf der Platine mit dem +

der Eingangsspannung verbunden. **+LED** darf daher nicht benutzt werden, wenn die LEDs von einer externen Stromversorgung gespeist werden sollen.

Am Mk4P und Mk4S Light Controller ist ein separater Stecker für den Anschluss von **+LED** vorgesehen. Es wird ein Kurzschluss-Stecker (Jumper) mitgeliefert, den man verwendet um **+LED** vom BEC (Fahrregler) zu speisen.

Wenn man den Kurzschluss-Stecker absteckt, kann man **+LED** mit einer externen Stromquelle verbinden.

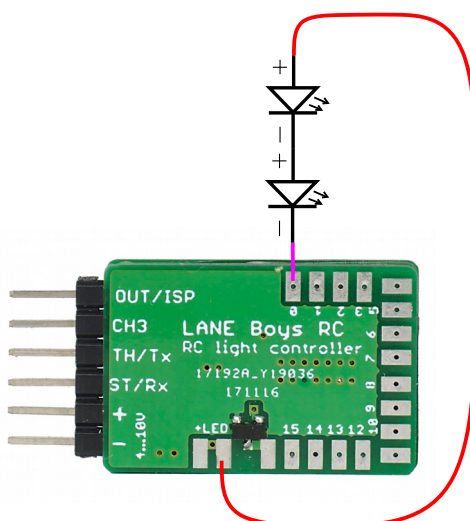


Der Light Controller oben hat den Kurzschluss-Stecker installiert und daher werden die +LED Leitungen über den Fahrregler versorgt.

Der untere Light Controller hat anstatt des Kurzschluss-Steckers eine Batterie an +LED und – angeschlossen.

Serienschaltung von LEDs

Abhängig von der Höhe der Versorgungsspannung und der LED Spannung ist es eventuell möglich zwei LEDs in Serie zu betreiben, um Ausgänge zu sparen:



Die LED Spannung hängt in der Regel von der Farbe ab:

- **Rot** und **Orange** LEDs benötigen etwa **1.8V**
- **Grüne** LEDs etwa **2.2V**
- **Weisse** LEDs etwa **3.2V**
- **Blaue** LEDs können bis zu **3.6V** benötigen

Am besten immer die LED Spannung aus dem Datenblatt der LEDs verwenden.

Der Light Controller selbst benötigt für die Regelung des Stroms mindestens 0.8V. Normalerweise versorgt man den Light Controller über den Fahrtregler, der je nach Modell 5V oder 6V liefert.

Beispiel: **Zwei rote LEDs werden in Serie geschaltet.**

...also ist der Spannungsabfall $1.8V \times 2 = 3.6V$.

Die BEC Spannung ist **5V**.

$5V - 3.6V = 1.4V$, dies ist mehr als die 0.8V, die der Light Controller für die Stromregelung braucht. **Daher funktioniert alles bestens.**

Beispiel 2: **Eine weiße LED und eine blaue LED werden in Serie geschaltet.**

Der Spannungsabfall über beide LEDs ist $3.2V + 3.6V = 6.8V$.

Die Stromversorgung ist **6V**, also **nicht hoch genug um beide in Serie geschaltete LEDs zu versorgen.**

Es ist jedoch möglich den Light Controller direkt von einer 2S LiPo Batterie zu betreiben. Eine volle LiPo Batterie liefert **8.4V**.

$8.4V - 6.8V = 1.6V$, und das ist mehr als die 0.8V, die der Light Controller für die Regelung braucht.

Wenn die LiPo Batterie aber entladen wird und die Spannung unter $6.8V + 0.8V = 7.6V$ fällt, dann werden die LEDs nicht mehr vollständig angesteuert und erscheinen eventuell dunkler als mit einer vollen Batterie.

Wenn der Light Controller direkt von einer 2S LiPo versorgt wird muss man sicherstellen, dass die Installation gut gegen Kurzschlüsse abgesichert ist. Eine LiPo Batterie speichert viel Energie, die im Fehlerfall schnell zu Feuer führen kann.

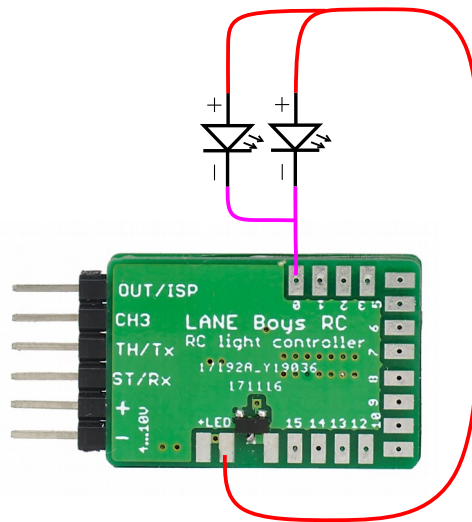
Des Weiteren erhöht sich mit steigender Spannung die Verlustleistung im Light Controller. Der Light Controller kann dann in gewissen Situationen überhitzen.

LEDs parallel schalten

Es ist generell nicht ratsam, LEDs parallel zu schalten. LEDs sind nicht-lineare Bauteile – eine kleine Änderung in der Spannung kann eine große Änderung im Strom verursachen.

Wenn zwei parallel-geschaltete LEDs eine verschiedene Nennspannung aufweisen, dann wird eine LED mehr Strom ziehen als die Andere und daher heller leuchten und mehr erhitzen.

In der Praxis wird das parallel schalten jedoch trotzdem häufig angewendet um Geld zu sparen. Dies wird auch ermöglicht, weil moderne LEDs nur geringe Toleranzen aufweisen.



Nur LEDs vom gleichen Hersteller, Typ und der selben Farbe können parallel geschaltet werden.

Wenn zwei LEDs parallel geschaltet werden, halbiert sich der Strom durch jede LED.

Eine potentielle Anwendung für parallel-schalten sind Begrenzungslichter oder Rückfahrscheinwerfer, wo die volle Helligkeit der LEDs nicht benötigt wird. Damit kann man sich die Verkabelung eventuell erleichtern und Ausgänge sparen.

Trotzdem: im Idealfall wird jede LED auf ihren eigenen Ausgang des Light Controllers angeschlossen. Parallel-schalten sollte nur in Ausnahmefällen angewandt werden.

Anhang B: Berechnen des Vorwiderstand Wertes für LED und Lichtbalken

LEDs sind aktive Halbleiter mit einer nicht-linearen Relation zwischen Spannung und Strom. Eine kleine Erhöhung der Spannung kann eine große Änderung des Stromes verursachen.

Des weiteren wird diese Relation von anderen physikalischen Eigenschaften, wie zum Beispiel Temperatur, beeinflusst. Wenn die LED heiß wird, nimmt sie sich mehr Strom bei gleicher Spannung, und wird dadurch noch heißer – bis sie durchbrennt.

Um dies zu vermeiden verwendet man im allgemeinen einen Vorwiderstand, der den Strom durch die LED begrenzt. Nur so lässt sich eine LED sicher an einer Konstant-Spannungsquelle (wie zum Beispiel einer Batterie, oder dem Fahrtregler) betreiben.

Ausgänge OUT0 bis OUT15 des Mk4 und Mk4P Light Controller sind Konstant-Strom Ausgänge, bei denen der Strom geregelt wird. Daher benötigt man bei diesen Ausgängen keinen Vorwiderstand.

Jedoch für LEDs, die an OUT15S des Mk4 oder Mk4P angeschlossen werden, oder an einen beliebigen Ausgang des Mk4S (Schalt-Version), benötigen unbedingt einen Vorwiderstand zur Strombegrenzung.

Widerstands-Werteberechnung für eine einzelne LED

Die Formel ist sehr einfach:

Widerstandswert = (Versorgungsspannung minus LED-Spannung) geteilt durch LED-Strom

Die LED Spannung entnimmt man am besten dem Datenblatt. Wenn das nicht vorhanden ist, kann man folgende Richtlinie verwenden:

- **Rot** und **Orange** LEDs benötigen etwa **1.8V**
- **Grüne** LEDs etwa **2.2V**
- **Weisse** LEDs etwa **3.2V**
- **Blaue** LEDs können bis zu **3.6V** benötigen

Diese Richtwerte gilt für herkömmliche 3mm und 5mm LEDs, sowie kleine SMD LEDs. Hochleistungs-LEDs können ganz andere Werte haben, da hilft nur das Datenblatt weiter.

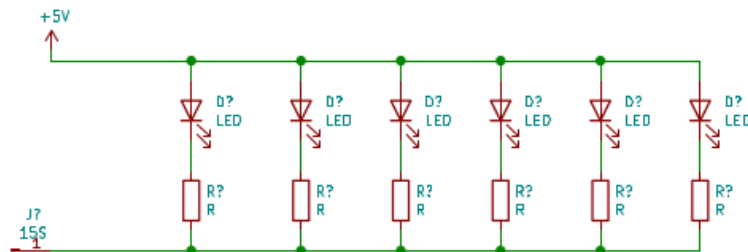
Beispiel: Versorgungsspannung: **6V**. Orange LED mit **2V**. Gewünschter Strom: **20mA**

$(6V - 2V) / 0.02A = 200 \text{ Ohm}$ → nächst-höherer Standard Wert wäre **220 Ohm**

Widerstands-Werteberechnung für Lichtbalken bestehend aus mehreren LEDs

Im Idealfall bekäme jede LED ihren eigenen Vorwiderstand:

Ideal: one resistor per LED
Disadvantage: difficult to wire-up

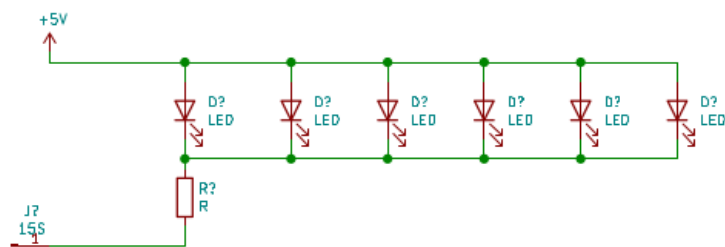


5V: $R = 100 \text{ Ohm}$
6V: $R = 150 \text{ Ohm}$

Dann kann die oben angeführte Formel für einzelne LEDs verwendet werden.

Bei den meisten kommerziellen Dachbalken sind jedoch alle LEDs parallel geschaltet und nur ein einzelner Vorwiderstand wird verwendet. Das „funktioniert“ weil heutige Fertigung enge Toleranzen erlaubt und so der Strom sich *halbwegs gleichmäßig* über alle LEDs verteilt.

Commercial solutions: LEDs in parallel, only 1 resistor
Disadvantage: All LEDs must be of the same type



5V: $R = 18 \text{ Ohm}$
6V: $R = 27 \text{ Ohm}$

Die Formel zur Berechnung des Widerstandswertes ist ähnlich wie oben, allerdings muss der Gesamtstrom durch alle LEDs verwendet werden:

Widerstandswert = (Versorgungsspannung minus LED-Spannung) geteilt durch (LED-Strom mal LED-Anzahl)

Beispiel: Versorgungsspannung: 6V. Weiße LEDs mit einer Spannung von 3V.
Gewünschter Strom pro LED: **20mA**. Anzahl der LEDs: **6**.

$(6V - 3V) / (0.02A \times 6) = 25 \text{ Ohm} \rightarrow \text{nächster Standardwert} = \mathbf{27 \text{ Ohm}}$

Die Verlustleistung des Widerstandes muss beachtet werden!

Die Energie, die der Vorwiderstand vernichten muss, kann sehr hoch sein. Dies führt zu starker Erhitzung und eventuell zum Ausfall des Widerstandes, wenn er nicht richtig dimensioniert wurde.

Die Verlustleistung im Vorwiderstand kann wie folgt berechnet werden:

Verlustleistung = (Versorgungsspannung minus LED-Spannung) mal LED-Strom mal LED-Anzahl

Beispiel: Versorgungsspannung: 6V. Weiße LEDs mit einer Spannung von 3V.
Gewünschter Strom pro: **20mA**. Anzahl der LEDs: **6**.

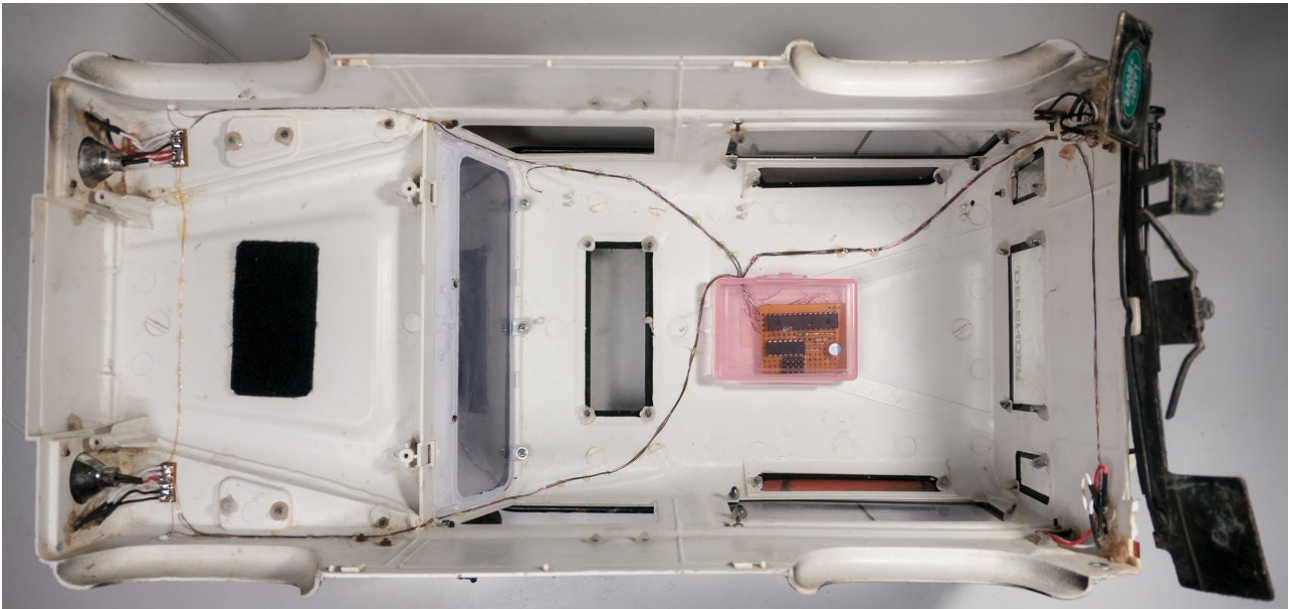
$(6V - 3V) \times 0.02A \times 6 = \mathbf{0.36W}$

In diesem Beispiel wäre mindestens ein Halb-Watt Widerstand nötig. Ein kleiner ¼-Watt Widerstand würde schnell durchbrennen.

Anhang C: Wasserfestigkeit

Der Light Controller ist nicht gegen Wasser geschützt.

Um den Light Controller von Nässe fern zu halten wird er am besten in eine wasserdichte Dose eingebaut, die möglichst hoch im Fahrzeug angebracht wird. Durchführungen der Kabel sollten abgedichtet werden.



Anhang D: LPC81x-ISP und Alternativen

Der Mikrocontroller, der im Light Controller verwendet wird, wurde gewählt weil er einen integrierten Bootloader enthält, der sich mit einem handelsüblichen USB-to-Serial Adapter programmieren lässt.

Das Programmier-Programm zum Laden der Firmware ist meist im Software Development Kit (SDK) des Mikrocontroller enthalten, welcher aber eine große Download-Menge fordert und schwierig zu bedienen ist.

Um das zu umgehen wurde das LPC81x-ISP Programm entwickelt, welches das Laden der Firmware samt Konfiguration in den Light Controller vereinfacht.

Das Programm ist Open Source. Es ist hier verfügbar:

<https://github.com/laneboysrc/LPC81x-ISP-tool>

Das Programm wurde in der Programmiersprache Python entwickelt (<https://www.python.org>).

Das Programm kann unter Windows, Linux und Mac OS ausgeführt werden. Eine direkt ausführbare Datei gibt es aber nur für Windows.

Einige Anwender berichteten, dass der Virus-Scanner das LPC81x-ISP Programm als möglicherweise schädlich erkannt hat. Wenn Sie dem ausführbaren Programm nicht vertrauen, können Sie Python installieren und dann den Quellcode von LPC81x-ISP direkt ausführen.

Der Light Controller kann auch mit jedem anderen Programm, welches den NXP LPC812 Mikrocontroller unterstützt, programmiert werden. Zum Beispiel Flash Magic (<https://www.flashmagictool.com/>).

Wir bieten auch einen WebUSB Programmer an, der direkt in einigen Web Browsern funktioniert. Damit ist keine weitere Software-Installation nötig, die Programmierung findet direkt im *Configurator* statt. Siehe auch: Alternative: der WebUSB Programmer auf Seite 18

Anhang E: Probleme beim Programmieren beheben

Kunden, die den Light Controller über LANE Boys RC beziehen, erhalten mit der Lieferung einen passenden USB-to-Serial Adapter samt Programmierkabel. Vor dem Versand werden alle Teile getestet.

Es kommt trotzdem häufiger vor, dass dann bei Kunden Probleme während des Programmieren mit LPC81x-ISP auftreten.

In fast allen Fällen handelt es sich um ein Problem mit dem verwendeten Micro-USB Kabel (welches nicht mit geliefert wird).

In wenigen Fällen wurde der USB-to-Serial Adapter nicht vom Betriebssystem erkannt. Der USB-to-Serial Adapter, den wir versenden, baut auf den weit verbreiteten CH340 Chip. Alle modernen Betriebssysteme unterstützen diesen Chip und er sollte eigentlich ohne Interventionen funktionieren.

Manchmal ist Windows aber so restriktiv eingestellt, dass der Treiber nicht automatisch geladen wird. Ist das der Fall, dann bleibt nur die manuelle Installation des Treibers, wie hier beschrieben:

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-install-ch340-drivers/all>

Einige Computer haben auch eingebaute serielle Schnittstellen. Das LPC81x-ISP verwendet dann unter Umständen die falsche Schnittstelle und das Programmieren schlägt fehl. Der Benutzer muss im Programm das richtige COM Port des USB-to-Serial Adapters auswählen. Wie man dieses im Gerätemanager findet wird im oben angeführten Link beschrieben.

Einige Benutzer verwenden noch eine 32-bit Version von Windows. Eine LPC81x-ISP Version, die mit 32-bit Windows kompatibel ist, gibt es hier:

<https://laneboysrc.github.io/rc-light-controller/lpc81x-isp-windows-32bit.zip>

Anhang F: AUX Schalter Typ erkennen

Mehrere Funktionen des Light Controllers werden über einen AUX Kanal, der an eine Schaltfunktion am Sender angeschlossen wird, gesteuert.

Die Funktionen werden, wie in Kapitel Lichter schalten auf Seite 21 beschrieben, über einen Multifunktions-Schalter angewählt.

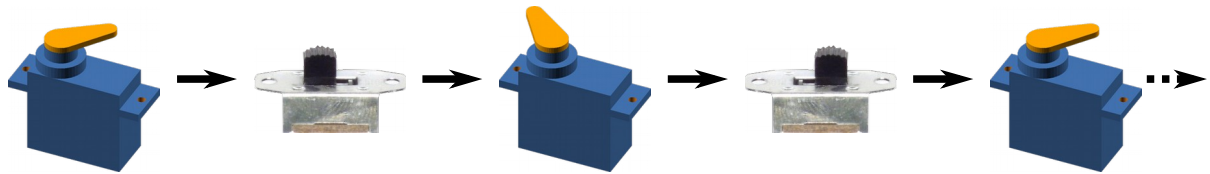
Der Light Controller unterstützt die folgenden Schalter Typen:

- Two-position switch (Zwei-Stufen-Schalter)
- Two-position switch with up/down buttons (Zwei-Stufen-Schalter Funktion, die durch zwei Drucktasten implementiert wird)
- Momentary push button (Drucktaste)
- Push button on the light controller (Drucktaste im Fahrzeug; siehe Kapitel Verwendung eines im Auto eingebauten Tasters auf Seite 9)

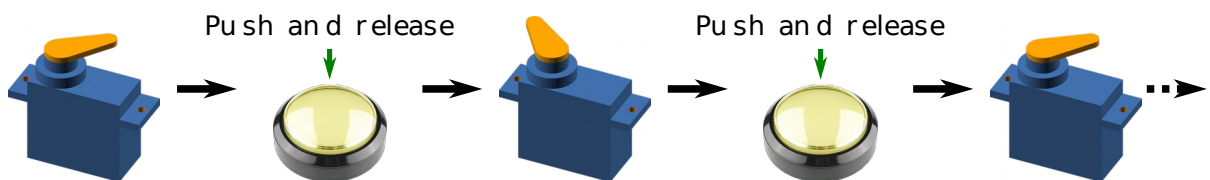
Wenn Sie nicht sicher sind, welchen Schalter-Typ Ihr Sender implementiert, können Sie das wie folgt herausfinden:

Verbinden Sie ein Servo mit dem AUX Kanal am Empfänger. Betätigen Sie den Taster/Schalter am Sender und beobachten Sie, welche Bewegungen das Servo ausführt. Vergleichen Sie die Funktion mit den folgenden Diagrammen:

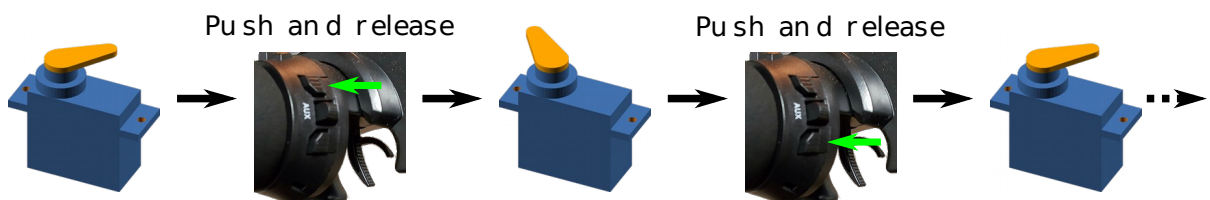
Two position switch:



Push button implementing a Two position switch:



Two-position switch with up/down buttons



Momentary push button:

