

# Softstartmodul für KFZ Scheinwerferlampen mit P- Kanal Power MOSFET.

## 1. Einleitung und Vorbereitung

Ziel der Schaltung war es, eine Lösung zu finden um die Lebensdauer der sehr Überspannungsempfindlichen Hochleistungsglühbirnen von KFZ Scheinwerfern wie z.B. die „OSRAM Nightbreaker“ u. Ä. zu erhöhen.

Dabei sollte die Schaltung mit geringem Bauelementeaufwand einfach nachzubauen sein.

Gleichzeitig aber ein hohes Maß an Zuverlässigkeit und Sicherheit besitzen.

Durch den Einsatz von geeigneten Power MOSFETs konnte eine Softstartschaltung mit äußerst geringem Bauelemente Aufwand realisiert werden. Auch die gesamten Abmessungen der Schaltung sind sehr gering.

Die gesamte Schaltung wurde unter dem Aspekt von hoher Sicherheit und Zuverlässigkeit, aber trotzdem geringem Bauelemente Aufwand ausgerichtet.

Zum Anderen war mir wichtig möglichst keinen direkten Eingriff am Fahrzeug vornehmen zu müssen.

Das entstandene Modul ist nun so konzipiert, dass das Softstartmodul einfach anstelle der originalen Lampensicherung eingesetzt wird. Dazu ist einfach die original Sicherung zu entfernen und das Modul über einen selbst gebauten Sicherungsadapter einzusetzen. Das Modul verfügt selbstverständlich über eine eigene Sicherung.

Nur eine zusätzliche Masseverbindung muss noch hergestellt werden.

Diese Leitung ist aber elektrisch vollkommen unbedenklich, da hierrüber nur ein sehr geringer Steuerstrom fließt (weniger als 1mA). Als Masseleitung kann ein einfacher Abgriff einer vorhandenen Masseleitung genutzt werden.

Aus Brandschutz- und Sicherheitsgründen wurde in die Eingangsleitung wieder eine Sicherung eingefügt.

Durch den Softstart der Lampe fließt ein wesentlich geringerer Anlaufstrom. Damit kann der original Sicherungstyp (15A), problemlos gegen eine kleinere 10A Sicherung ersetzt werden.

Damit werden den vom Hersteller geforderten Sicherheitsanforderungen eingehalten und unterboten.

Da die benutzten MOSFETs bereits eine integrierte Schutzdiode enthalten, ist damit gleichzeitig ein Verpolschutz realisiert.

Im Falle der Vertauschung von „+Ba“ und „+La“ (Adapter falsch herum eingesetzt), wirken die Schutzdioden und bewirken, dass die Lampe sofort mit voller Helligkeit leuchtet.

Der Softstart funktioniert dann zwar nicht, aber am Modul und am Fahrzeug kann kein Schaden entstehen.

## 2. Allgemeiner Aufbau des Moduls

Die gesamte Schaltung beschränkt sich auf zwei P- Kanal Power MOSFETs vom Typ IRF 4905 oder IRF 5305, drei kleinen Widerständen und drei Elektrolyt Kondensatoren (Elkos).

Alle relevanten Bauelemente wurden stark überdimensioniert. Die MOSFETs sind 75 A Typen mit 55 V, bzw. die IRF5305 35 A mit 55 V.

Alle Elkos werden für eine Spannungsfestigkeit von mindestens 25V ausgelegt.

Um den Innenwiderstand der Schaltung so klein wie möglich zu halten und ein großes Maß an Sicherheit zu erreichen, wurden zwei MOSFETs parallel geschaltet. Durch die Parallelschaltung der MOSFETs verringert sich außerdem die Verlustleistung, da sich der Innenwiderstand der Schaltung halbiert.

Der Spannungsverlust über der gesamten Schaltung liegt bei Verwendung des IRF4905 bei ca. 0,1V.

Beim IRF 5305 liegt der Spannungsabfall etwa doppelt so hoch (0,2V).

Eine 55 W Scheinwerferglühbirne hat bei einer maximalen Bordspannung von 14 V eine Stromaufnahme von knapp 5A.

Damit liegt die Verlustleistung jedes MOSFET unter 0,3W. Es wäre also theoretisch kein Kühlkörper nötig.

Da während der Softstartphase jedoch kurzzeitig (für ca. 1 Sekunde) eine Verlustleistung bis zu 25W auftritt, sind beide MOSFETs gemeinsam auf einem kleinen U- Profilkühlkörper montiert (15 x 20x 40 mm).

Im U- Profil des Kühlkörpers sind auch aus praktischen Gründen die wenigen passiven Bauelemente mechanisch untergebracht, so dass die gesamte Schaltung auch vom Volumen sehr kompakt ist.

Für den Moment der Softstartzeit reichen die thermische Trägheit der Bauelemente und die des Kühlkörpers vollkommen aus um die Wärme mühelos abzuleiten.

Um der Schaltung auch eine hohe mechanische Stabilität zu geben, habe ich den Kühlkörper nach dem kompletten elektrischen Aufbau (inklusive der Anschlussleitungen) mit einer Heißklebepistole vergossen.

Damit ist ein mechanisches Abreißen von Bauelementen oder den Anschlussleitungen durch Vibrationen ausgeschlossen.

Da der Kühlkörper spannungsführend ist, habe ich nochmals alles mit einem dicken Schrumpfschlauch überzogen. Die Gesamte Schaltung ist somit mechanisch, elektrisch und thermisch sicher verpackt.

### 3. Die Schaltungsbeschreibung

Im spannungslosen Zustand sind alle Elkos entladen.

Im Einschaltmoment sind die beiden MOSFETs eigentlich voll gesperrt, da am Gate die Betriebsspannung „+Ub“ (+12 V) anliegt. Über den Widerstand „R2“ wird nun der Elko „C1“ aufgeladen.

Dabei sinkt die Spannung am Gate exponentiell ab (wird negativer). Ab einer Spannung von ca. 4 V unter +Ub beginnen die MOSFETs langsam zu leiten. Im Bereich von -4 V bis -6 V steuern die MOSFETs dann immer weiter durch. Ab -7 V und weniger (fast Masse) sind die MOSFETs gesättigt und voll durch gesteuert.

Der eigentliche Übergangsbereich wird dabei jedoch sehr schnell durchlaufen.

Die Verwendung eines wesentlich größeren „C1“ würde zu einer sehr unnötig langen Anlaufzeit führen, was außerdem zu einer wesentlich höheren Wärmeentwicklung während des Softstarts führen würde.

Deshalb habe ich zu einem kleinen Schaltungstrick gegriffen.

Durch das Einfügen von „C2“ + „C3“ in Verbindung mit „R3“ wird im Einschaltmoment ein kurzer Masseimpuls erzeugt, denn „C2“ und „C3“ wirken dem „C1“ entgegen.

Dieser Impuls reicht von der Länge aus um im Einschaltmoment den Elko „C1“ soweit schnell vorzuladen, dass die beiden MOSFETs bereits in den Bereich des leicht leitenden Zustandes kommen (ca. 3 bis 4 V).

Im weiteren Zeitverlauf sinkt die Spannung an „C1“ dann wie oben beschrieben weiter ab (C1 lädt sich weiter auf), bis die beiden MOSFETs in die Sättigung kommen und völlig durch steuern.

Im gesättigten Zustand der MOSFETs (volles Licht) beträgt der Spannungsabfall über der Schaltung nur noch 0,1V und ist vernachlässigbar.

Die Verlustleistung der Schaltung beträgt bei Dauerlicht somit knapp 0,5W.

Die gegensinnige Reihenschaltung der beiden Kondensatoren ist aus Sicherheitsgründen notwendig.

An Stelle der beiden normalen Elkos kann aber ein bipolarer Elko mit einer Kapazität von 10µF bis 15µF und min. 25V eingesetzt werden.

Beim Einsatz **eines** einfachen Elkos würde er normalerweise so eingefügt, dass Plus des Elkos an Drain (D) liegt und Minus am Gate (G), denn im durch gesteuerten Zustand liegt am Gate Minus (Masse über „R2“) und an Drain die Betriebsspannung (+ Ub Lampe).

Im Einschaltmoment liegt jedoch an Drain „**Minus**“ und am Gate „**Plus**“ und der Elko ist kurzzeitig falsch gepolt.

Unter normalen Bedingungen ist das kein Problem, aber wenn die zusätzliche Masseverbindung fehlt (Worst Case), führt der entstehende Leckstrom des verpolten Elkos dazu, dass die MOSFETs halb durch gesteuert bleiben und nicht vollständig sperren.

Dies hätte erhebliche thermische Probleme zur Folge, da dann ständig über 25W verbraten werden würden, die der kleine Kühlkörper über längere Zeit nicht mehr ableiten kann. Zum Anderen würde die Lampe nur mit halber Helligkeit leuchten.

Das gegensinnig in Reihe schalten von Elkos ist zulässig und wird u. a. in der Audio Industrie (z.B.: in Frequenzweichen von Lautsprecherboxen) häufig praktiziert.

Nach dem Ausschalten des Lichts entladen sich die Elkos über „R1“ (für C1) bzw. über „R2“ und R3“ sowie der Lampe (für C2 + C3).

Die Schaltung ist nach ca. 40 Sekunden wieder im Ausgangszustand.

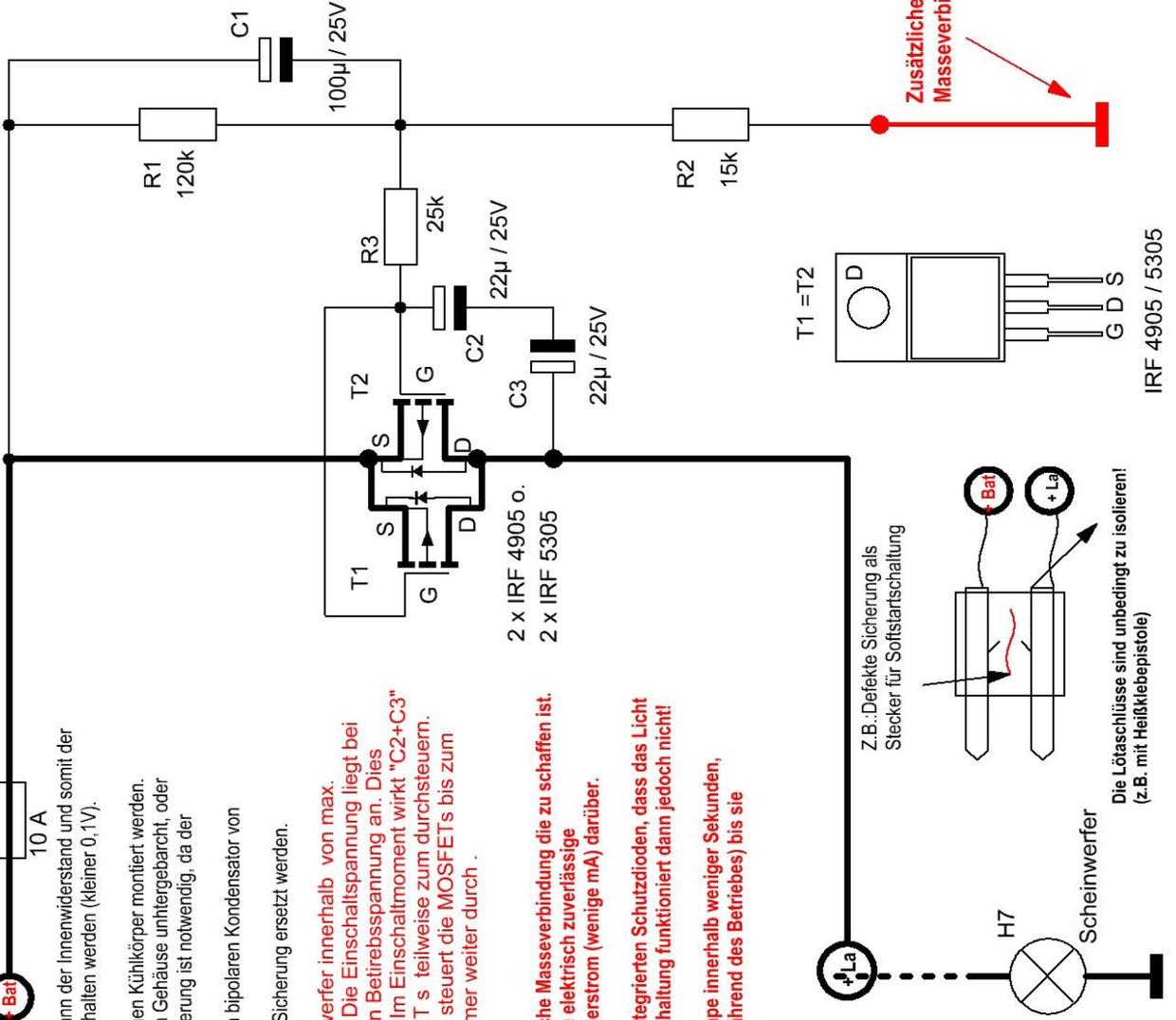
Bei ganz kurzzeitigen und schnellen Ein- und Ausschaltern des Lichts, kann es vorkommen, dass der Softstarteffekt nicht erkennbar ist, da die Elkos noch nicht vollständig entladen sind und die MOSFETs noch weiter als sonst durchgesteuert sind. Dies hat jedoch keinen negativen Einfluss auf die Schaltung oder auf die Glühbirne, da der Glühfaden ja noch heiß ist.

# Die Schaltung

**Die Schaltung ist umfangreich im Labor und in der Praxis getestet. Der Einbau in ein KFZ erfolgt aus rechtlichen Gründen ohne Gewähr und auf eigenes Risiko!**

vom Scheinwerfer Relais

**Sicherungsanschluss**  
Scheinwerfer: 15 A (original)  
Hier Eingang der + 12V Ltg.  
vom Scheinwerferrelais kommt



Mit der Parallelschaltung von 2 Power MOSFETs kann der Innenwiderstand und somit der Bauelemente bedingte Spannungsabfall sehr klein gehalten werden (kleiner 0,1V). (Bei Verwendung von IRF 5305 etwa 0,2V)  
Beide MOSFETs können gemeinsam auf einen kleinen Kühlkörper montiert werden. Die Schaltung mit Kühlkörper sollte in einem kleinen Gehäuse unhitzegebräht, oder mittels Schrumpschlauch, isoliert werden. Eine Isolierung ist notwendig, da der Kühlkörper Spannungsführend ist (+12V).  
Die beiden Elkos "C2" und "C3" können durch einen bipolaren Kondensator von 10µF bis 15µF ersetzt werden.  
Die 15A Sicherung kann problemlos durch eine 10A Sicherung ersetzt werden.

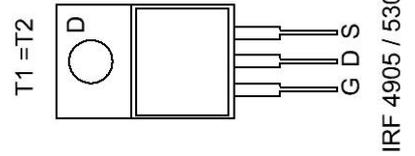
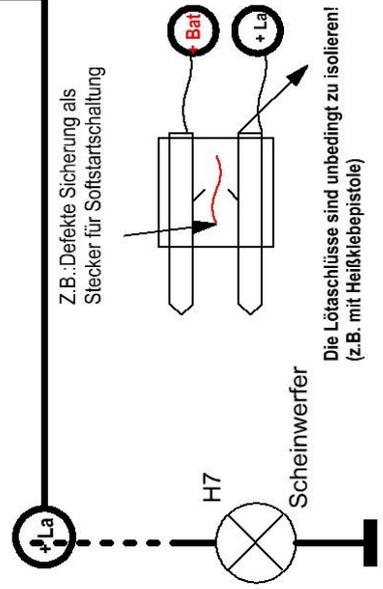
Bei richtigem Anschluss muss der Scheinwerfer innerhalb von max. 2 Sekunden die volle Helligkeit erreichen. Die Einschaltspannung liegt bei ca. 6 V und steigt dann stetig bis zur vollen Betriebsspannung an. Dies wird durch einen Schaltungstrick erreicht. Im Einschaltmoment wirkt "C2+C3" dem "C1" entgegen und bringt die MOSFETs teilweise zum durchsteuern. "C1" lädt sich danach stetig weiter auf und steuert die MOSFETs bis zum Erreichen der vollen Betriebsspannung immer weiter durch.

Die rot gekennzeichnete Leitung ist eine zusätzliche Masseverbindung die zu schaffen ist. Es kann entweder eine "Minus" Leitung oder eine elektrisch zuverlässige Karosserieverbindung sein. Es fließt nur der Steuerstrom (wenige mA) darüber.

Bei Verpolung ("Bat" und "+La") bewirken die integrierten Schutzdioden, dass das Licht sofort mit voller Helligkeit brennt. Die Sofortschaltung funktioniert dann jedoch nicht!

Bei fehlender Masseverbindung verflucht die Lampe innerhalb weniger Sekunden, bzw. wird langsam dunkler (bei Unterbrechung während des Betriebes) bis sie ganz aus geht.  
Die Schaltung nimmt dabei **keinen Schaden!**

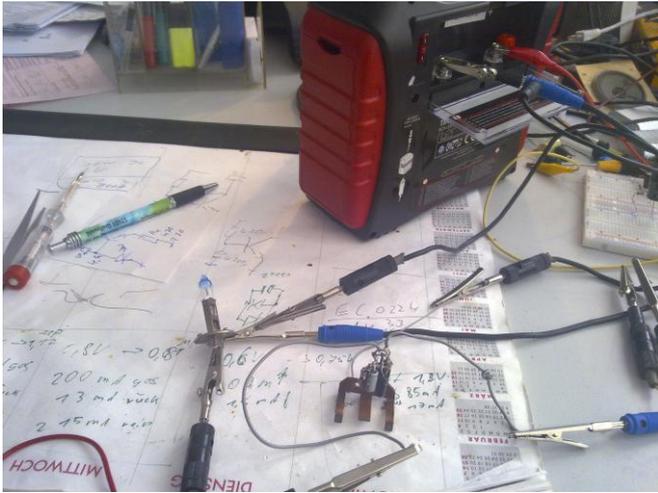
**Sicherungsanschluss**  
Scheinwerfer: 15 A (original)  
Hier Ausgang zum Scheinwerfer



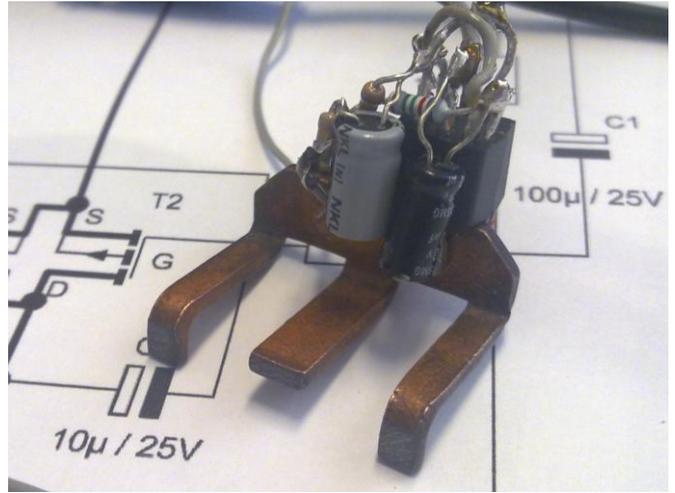
IRF 4905 / 5305

## 4. Praktischer Versuchsaufbau

In einem Versuchsaufbau wurden die MOSFETs trotz mehrfacher Einschaltvorgänge hintereinander (10-mal innerhalb von zwei Minuten) sowie über zwei Stunden Dauerbetrieb maximal handwarm (mit IRF 5305).



Versuchsaufbau mit 12 Power Station + 12V Ladegerät  
Verbraucher ist ein 12V / 55W H1 Glühlampe



Die gesamte Versuchsschaltung mit allen Bauelementen,  
ein kleiner Fingerkühlkörper für beide MOSFETs. Beide  
Transistoren wurden direkt hintereinander geschraubt

## 5. Worst Case Test

Der härteste, von mir getestete Fall tritt auf, wenn bei eingeschaltetem Licht die Masseverbindung unterbrochen wird. In diesem Fall entlädt sich der Elko „C1“ nur langsam über „R1“.

In dieser Zeit von ca. 50 Sekunden regeln die MOSFETs nur langsam herunter, wobei über diesen Zeitraum eine Verlustleistung von bis zu 25W auftritt. Nach einem zweimaligen Test innerhalb von zwei Minuten stieg die Temperatur des Kühlkörpers doch schon auf ca. 60 bis 70 Grad Celsius an.

Aber ein solcher Fall dürfte kaum zu erwarten sein.

Ein Ausfall der MOSFETs (Unterbrechung) bewirkt, dass das Licht aus bleibt.

Bei einem Kurzschluss der MOSFETs (Anschluss D und S durchgebrannt) brennt die Glühlampe sofort mit voller Helligkeit.

Bei einem Kurzschluss nach Masse brennt die 10A Sicherung durch und das Licht geht aus.

Ich habe auch einen Kurzschluss an der Lampe simuliert.

In diesem Fall wird wie vorausgesetzt die Sicherung (10A) zum Schmelzen gebracht.

Die Schaltung wird durch den kurzzeitig sehr hohen Strom zwar heiß, aber nimmt keinen Schaden.

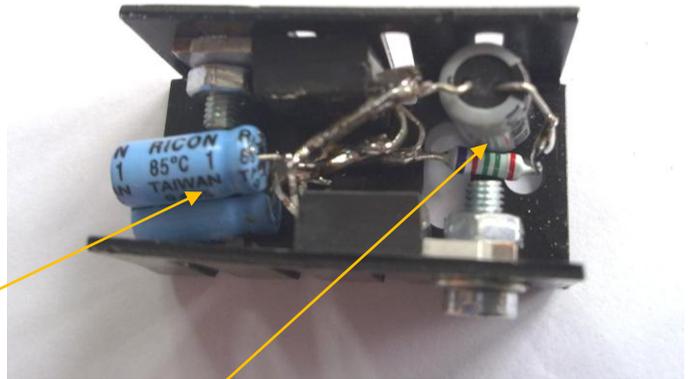
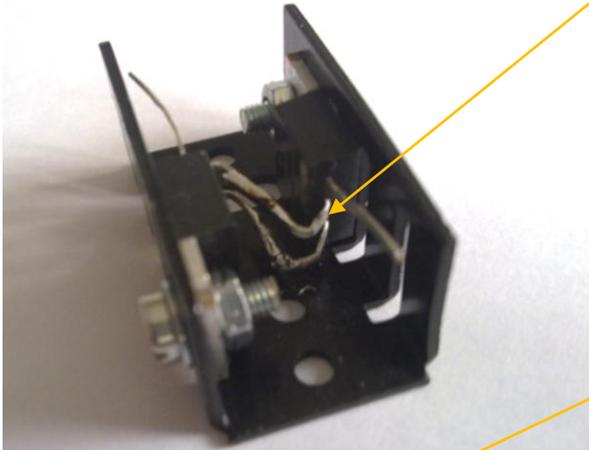
Es können also keine unerwarteten Zustände eintreten, die nicht bekannt sind oder auch im Originalzustand auftreten.

## 5. Mechanischer Aufbau der Schaltung

**Achtung!** Es ist darauf zu achten, dass keine Anschlüsse oder Leitungen mit dem Kühlkörper in Verbindung kommen!

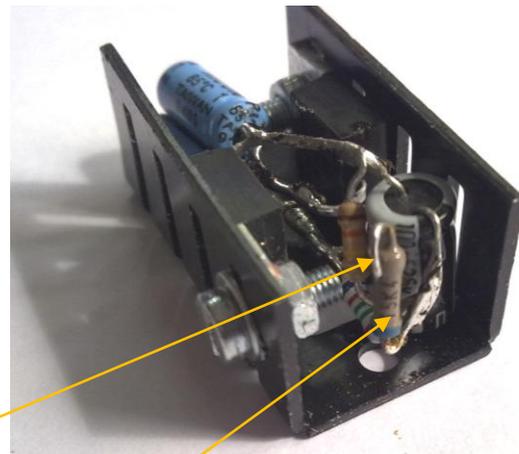
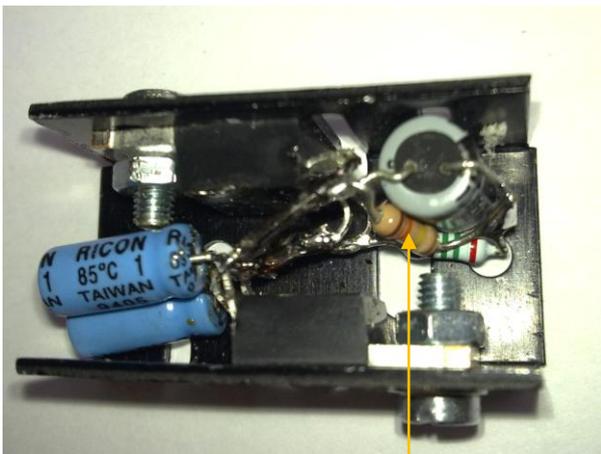
Als Erstes werden die beiden MOSFETs montiert.

Sie sind gegenüberliegend so angeordnet, dass die Anschlüsse direkt miteinander verbunden werden können.



Als Zweites wurden die Elkos „C2“ + „C3“ und

anschließend „C1 und“R3“ eingelötet.

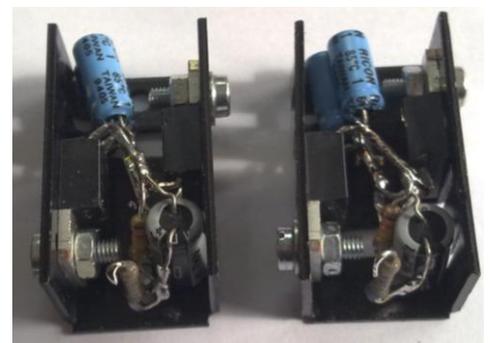


Danach wurden die Widerstände „R1“

und

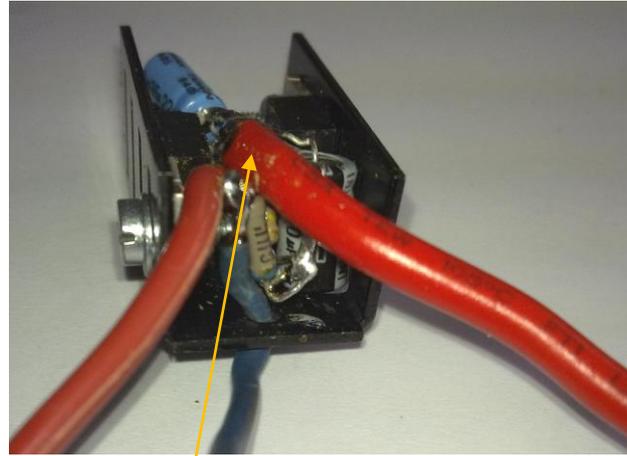
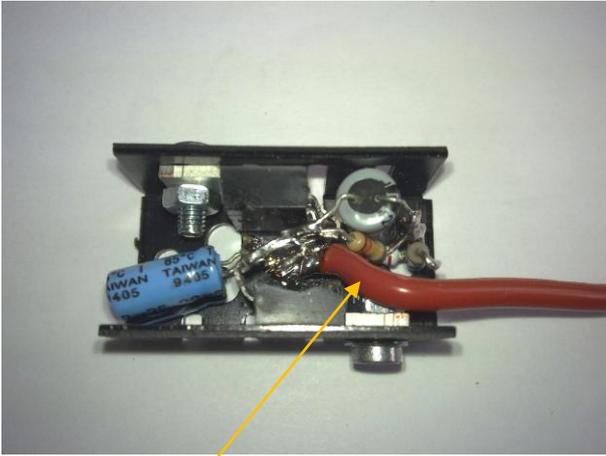
„R2“ bestückt.

Der offene Anschluss für die Masseanschlussleitung ist deutlich zu erkennen.



Hier die Abmessungen eines fertigen Modules und die ersten zwei identisch aufgebauten Module.

Es fehlen nur noch die Anschlussleitungen.



Als Erstes die Anschlussleitung (zur Lampe). Danach die Zuleitung des Sicherungselementes(+BAT). Da diese sehr dick ist und sich nicht problemlos verlöten ließ (Fremdberührungsgefahr), habe ich sie um ca.50 % ausgedünnt (einen Teil der Litze abgeschnitten). Dies hat auf die Funktion und Sicherheit jedoch keinen Einfluss und ist nur mechanisch bedingt.

Auf Grund der Enge der beiden Hauptanschlussleitungen ist unbedingt auf ein sauberes Verlöten und eine sichere Trennung und Isolierung der Leitungen zu achten.

### **Damit ist das Softstartmodul elektrisch fertig aufgebaut.**

Nun sollte man die Module einem Funktionstest unterziehen.

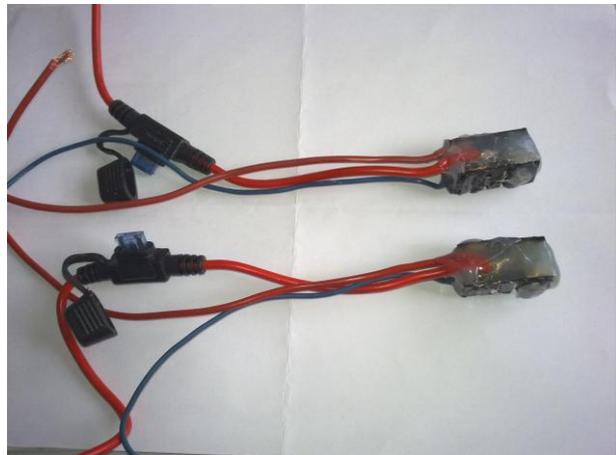
### **Mechanische Stabilität**

Um der Schaltung auch mechanisch Stabilität zu geben habe ich das gesamte U- Profil der Schaltung mit Klebmasse einer Heißklebepistole ausgegossen.

Damit sind alle Bauelemente und Anschlüsse sowohl mechanisch fixiert als auch elektrisch isoliert.



Ein fertig vergossenes Modul



De ersten beiden vergossenen Module mit Anschlüssen und Sicherung

### **Thermischer Schutz für das Fahrzeug**

Um die Umgebung in der die Module untergebracht sind (z. B.: IPDM M/R Modul) thermisch vor den Modulen zu schützen (Kurzschluss nach Worst Case), habe ich die vergossenen Module nochmals mit Schrumpfschlauch (selbstklebend, extra stark) überzogen.

Bei einem ernsthaften Modulcrash (Dauerkurzschluss mit thermischem Supergau) können somit keine Nissan Originalbaugruppen beschädigt werden.

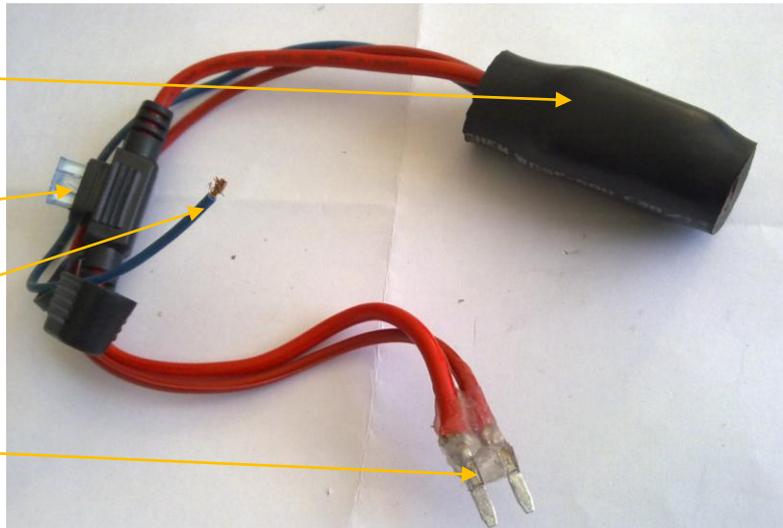
## Und so sieht das einbaufertige Softstart Modul aus.

Die vergossene Schaltung wurde nochmals mit Schrumpfschlauch überzogen

Das Sicherungselement (10 A)

Das zusätzliche Massekabel

Der Sicherungsadapter  
Als Grundlage dient eine defekte Sicherung.



Die oberen Kontaktstellen wurden vorsichtig mit einer Schlüsselfeile frei gelegt

Nach dem Anlöten der Anschlusskabel wurden die Lötstellen mit der Heißklebepistole vergossen.  
Auch hier musste die Anschlussleitung des Sicherungselementes wieder verjüngt werden.

**Achtung:** Breite und Dicke des Adapters beim vergießen beachten!

Die Verklebung darf nicht zu dick ausgeführt werden, da der Adapter sonst nicht in die Sicherungsaufnahme passt.

## 6. Praktischer Einbau

Die hier aufgezeigte Einbaulösung ist nur ein Vorschlag. Selbstverständlich kann die Schaltung auch direkt vor der Glühbirne untergebracht werden, dann kann auch die Sicherung entfallen. Die Schaltung müsste dann jedoch durch Auftrennen der original zuleitungen eingefügt werden und kann im Bedarfsfall nicht so einfach entfernt oder gewechselt werden.

### Hier meine Variante mit Bildern zum mechanischen Einbau in das IPDM M/R Modul im Motorraum

Das IPDM M/R Modul mit den Sicherungen und Relais für die Scheinwerfer (Das Luftansaugrohr muss entfernt werden)



Die beiden original Sicherungen (15A) für Abblendlicht im IPDM M/R Modul



Möglicher Abgriff für die zusätzliche Masseverbindung (die dünne schwarze Leitung genügt)

Die eingesetzten Sicherungsadapter (je Lampe ein Modul) und der hergestellte Masseabgriff (Oben ist „+UBAT“)



Zusammengeklebten Masseverbindungen der beiden Softstartmodule



Die beiden fertig eingebauten Softstartmodule

Das IPDM M/R Modul wieder schließen und das Luftansaugrohr wieder montieren. Bei einem Funktionstest hört man bei ausgeschaltetem Motor, die Stell- Servos für die Scheinwerferhöhenregulierung ganz kurz anlaufen. Dies ist normal, da die KFZ Elektronik im Einschaltmoment einen Sicherheitsdefekt (MOSFETs sind gesperrt) annimmt und die Höhenregulierung sich anschließend erst initialisiert. Nach Aussage meines Automechanikers, hat das keine Bedeutung und auch keine negativen Auswirkungen auf das Fahrzeug.

Die Höhenregulierung von Autos mit Xenon Licht fahren beim Ausschalten generell herunter und beim Einschalten wieder hoch.