

Teil 2 Kleiner Projektbericht „Ersatz für 6V Biluxlampe“

1: Inspiriert von LED statt Halogen im Elektor Heft Nr. 517/518 Jan/Feb 2014
von Sebastian Guttke ; Kontakt: sebastian.guttke@htwk-leipzig.de

Zweiter Versuch mit LED XLamp XP-E Q2 (warmweiß)

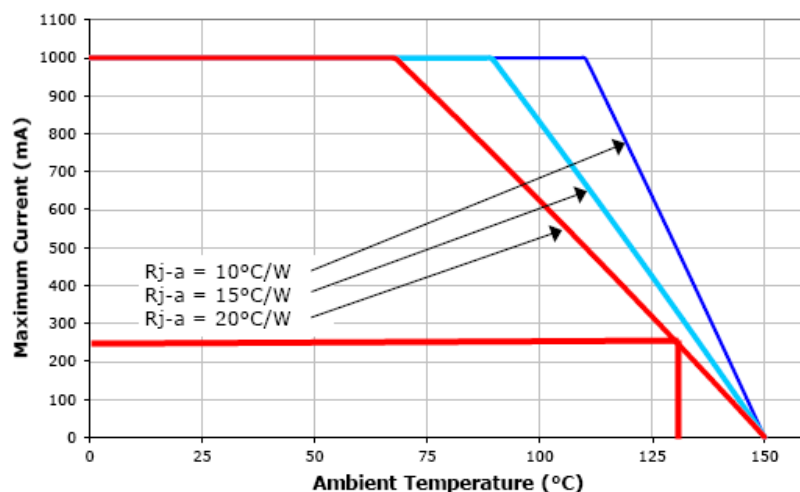
(Die LEDs waren bei LUMITRONIX 68212 für günstige 0,79 € pro Stück zu bekommen.)

IDEE: Die LED soll bei kleineren Strömen wie in der Taschenlampe betrieben werden, damit die Kühlungsproblematik entschärft wird. (Natürlich sinkt damit auch der mögliche Lichtstrom.)

Eine offene Frage ist, ob sich zwei LEDs im Scheinwerferbetrieb an 6V in Reihe betreiben lassen. Theoretisch (laut Excel-Dimensionierungsprogramm von MAXIM Integrated) NEIN!

Weitere offene Frage: Ist die abgegebene Lichtintensität im praktischen Einsatz noch größer als die 15W Glühlampe? (Das soll im Labor getestet werden, wenn sich die zwei Lampen im Reflektor und im Nennbetrieb befinden.)

Vorteil: Bei geringerem Strom darf die Umgebungstemperatur der LED höher ($\leq 130^{\circ}\text{C}$) sein!



Typ und Bezeichnung der verwendeten LED:

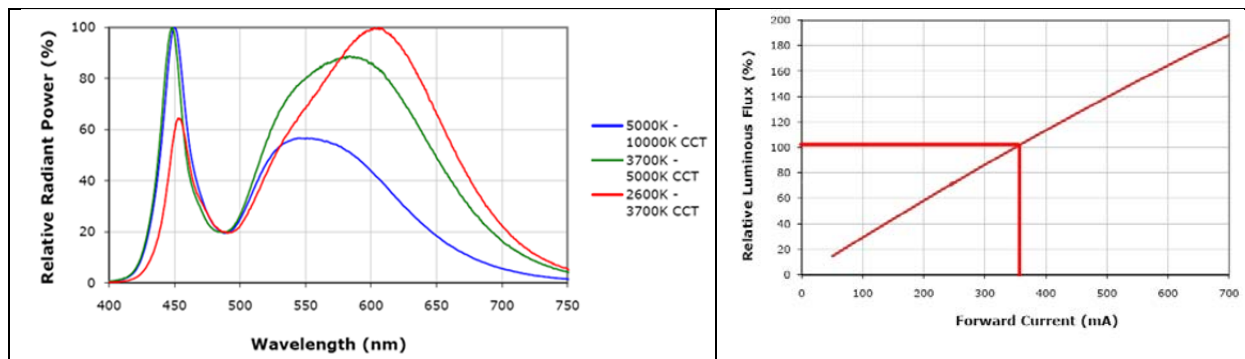
Color	CCT Range		Base Order Codes Min. Luminous Flux (lm) @ 350 mA		Order Code
	Min.	Max.	Group	Flux (lm)	
Cool White	5000 K	10,000 K	Q4	100	XPEWHT-L1-0000-00C01
			Q5	107	XPEWHT-L1-0000-00D01
			R2	114	XPEWHT-L1-0000-00E01
			R3	122	XPEWHT-L1-0000-00F01
Outdoor White	4000 K	5300 K	Q4	100	XPEWHT-01-0000-00CC2
			Q5	107	XPEWHT-01-0000-00DC2
			R2	114	XPEWHT-01-0000-00EC2
			R3	122	XPEWHT-01-0000-00FC2
Neutral White	3700 K	5300 K	Q3	93.9	XPEWHT-L1-0000-00BE4
			Q4	100	XPEWHT-L1-0000-00CE4
			Q5	107	XPEWHT-L1-0000-00DE4
80-CRI White	2600 K	4300 K	P4	80.6	XPEWHT-H1-0000-009E7
			Q2	87.4	XPEWHT-H1-0000-00AE7

Technische Daten und Einsatzbedingungen:

LED-Strom $I_F \leq 1A$, gewünschter LED-Strom $I_F \leq 0.35 A$

Arbeitspunkt: $U_F = 3,05V$ bei $I_F = 350mA$

Spektrale Intensität und Lichtstrom im Arbeitspunkt:



Es werden 100% Lichtstrom generiert bei 350 mA.

Berechnungen mit dem Design Calculator for the MAX16819/MAX16820 von Maxim Integrated:

MAX16819 Inductor and Sense Resistor Design Tool

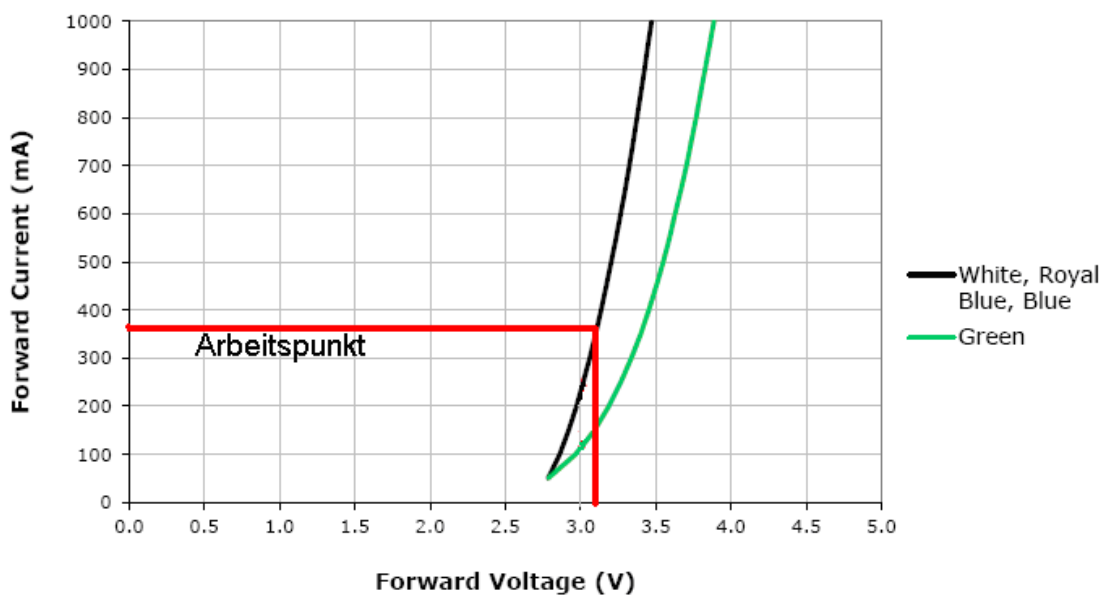
Input Definition	Parameter	Input	Unit
Input DC	Vin	6	V
Forward Voltage Freewheel Diode	Vdiode	0,38	V
LED forward Voltage	VLED	3,05	V
No. of LED	n	1	Integer
Output Current	Io	0,3	A
Switching Frequency	fs	0,1	MHz

Ouput Definition	Parameter	Output	Unit
------------------	-----------	--------	------

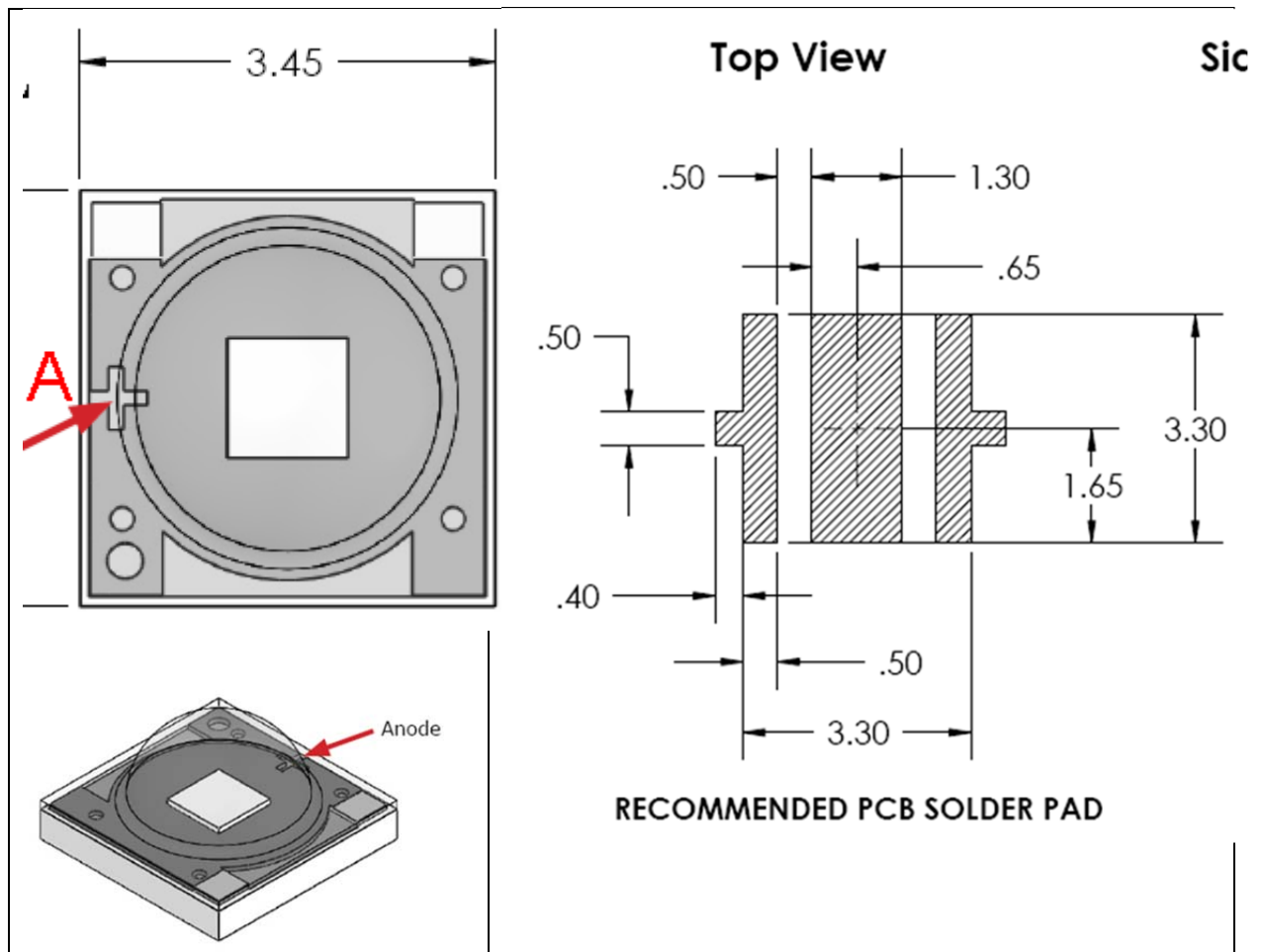
Adjustment Work Condition	Yes/No	Can design	
Ripple Current	ΔI	0,11	A
Sense Resistor	R_s	0,67	Ω
Designed Minimum Inductor	L	35,58	μH

Enter Input Voltage, Output Voltage, Output Current, Ripple Current and Initial Switching Frequency.

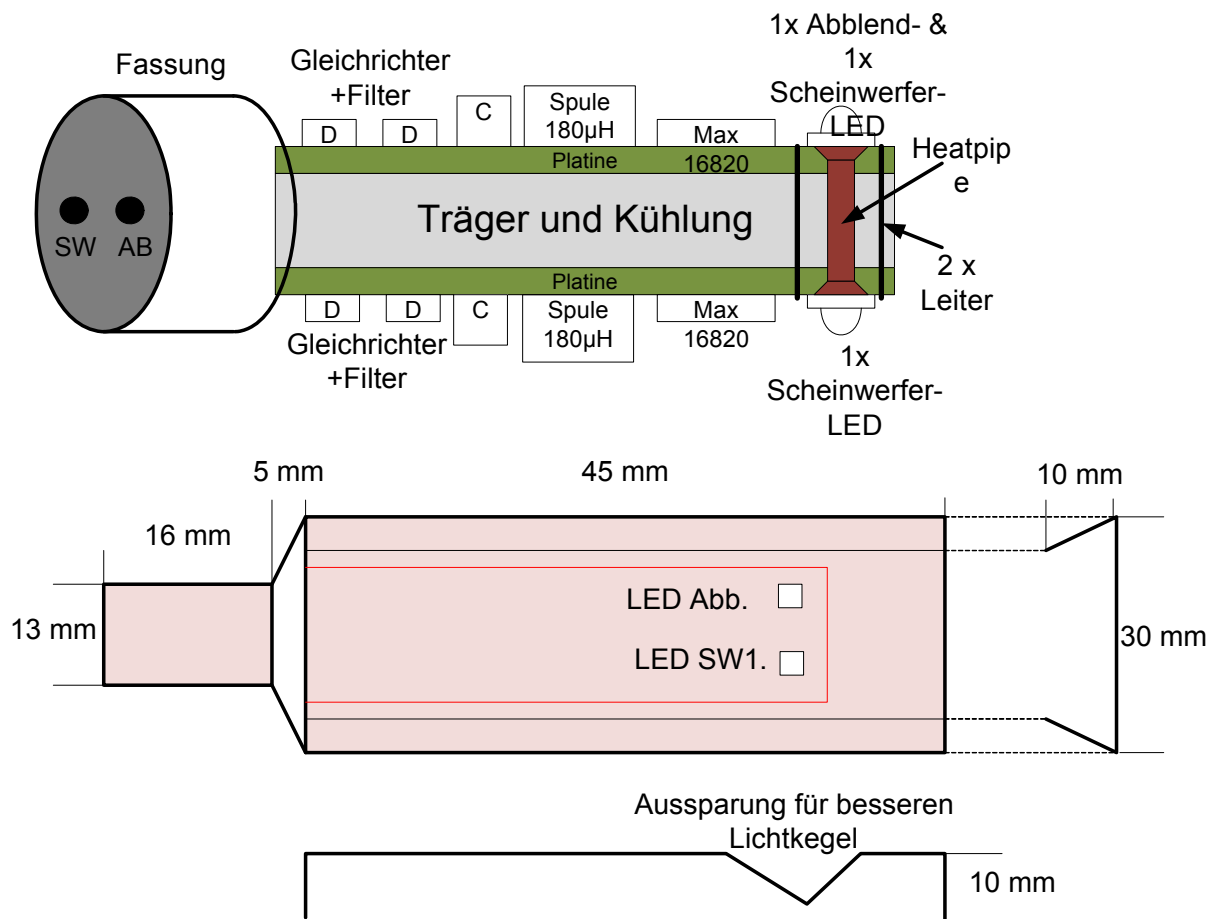
Strom-Spannungskennlinie:



Maße und Anschluss (noch kleiner als die LED Cree XlampT6):



Modell der Lampe und Maße des Kühlkörpers (0,3mm dickes Kupferblech).



Schaltung:

Es werden zwei vollständige gleiche Schaltungen zur Regelung des LED-Stromes aufgebaut, damit der Abblend- und Scheinwerfer-Betrieb umgesetzt werden können. Die DC-Masse hinter dem Gleichrichter darf keinen Kontakt zur Fahrzeugmasse haben. Es wäre einfacher, mit einer Einweggleichrichtung zu arbeiten, aber es wäre so nur eine Halbwelle der Spannung genutzt. Es wurde aus technologischen und konstruktiven Gründen nur eine einlagige Platine entworfen. Es konnte mit einer LPKF-Fräse gefräst werden und das Kühlblech sollte isoliert zwischen den zwei Platinen platziert werden. Daher sind drei null Ohm Widerstände in der Schaltung verwendet worden. (Perspektivisch könnte pro Seite eine einlagige Folienplatine direkt auf das Kupferblech geklebt werden und nur noch die Durchkontaktierungen für die LEDs nötig sein. Die Kühlung könnte bei diesem Konzept schon ausreichend sein.)

Der einzige Unterschied zwischen den zwei Schaltungen ist, dass beim Scheinwerferbetrieb zwei LEDs in Reihe betrieben werden. Eine LED leuchtet nach oben und die andere nach unten. Es sind entgegen der Theorie zwei LEDs in der Schaltung an 6 V betreibbar! Der FET bleibt durchgesteuert und der LED-Strom wird durch die Betriebsspannung begrenzt. Es wurden LEDs vom Typ *CREE XP-EQ2* ($I_{LED} \leq 1 \text{ A}$) verwendet. Der Strom wurde über den Shunt (parallel $4 \times 1,5 \text{ } \Omega = 0,375 \text{ } \Omega$ als SMD Bauform 0805) experimentell auf etwa 330 mA eingestellt. Laut Berechnungsprogramm wären 0,670 Ohm nötig gewesen. Der Stromverbrauch der gesamten Schaltung liegt im Mittel um $300 \text{ mA} \pm 30$

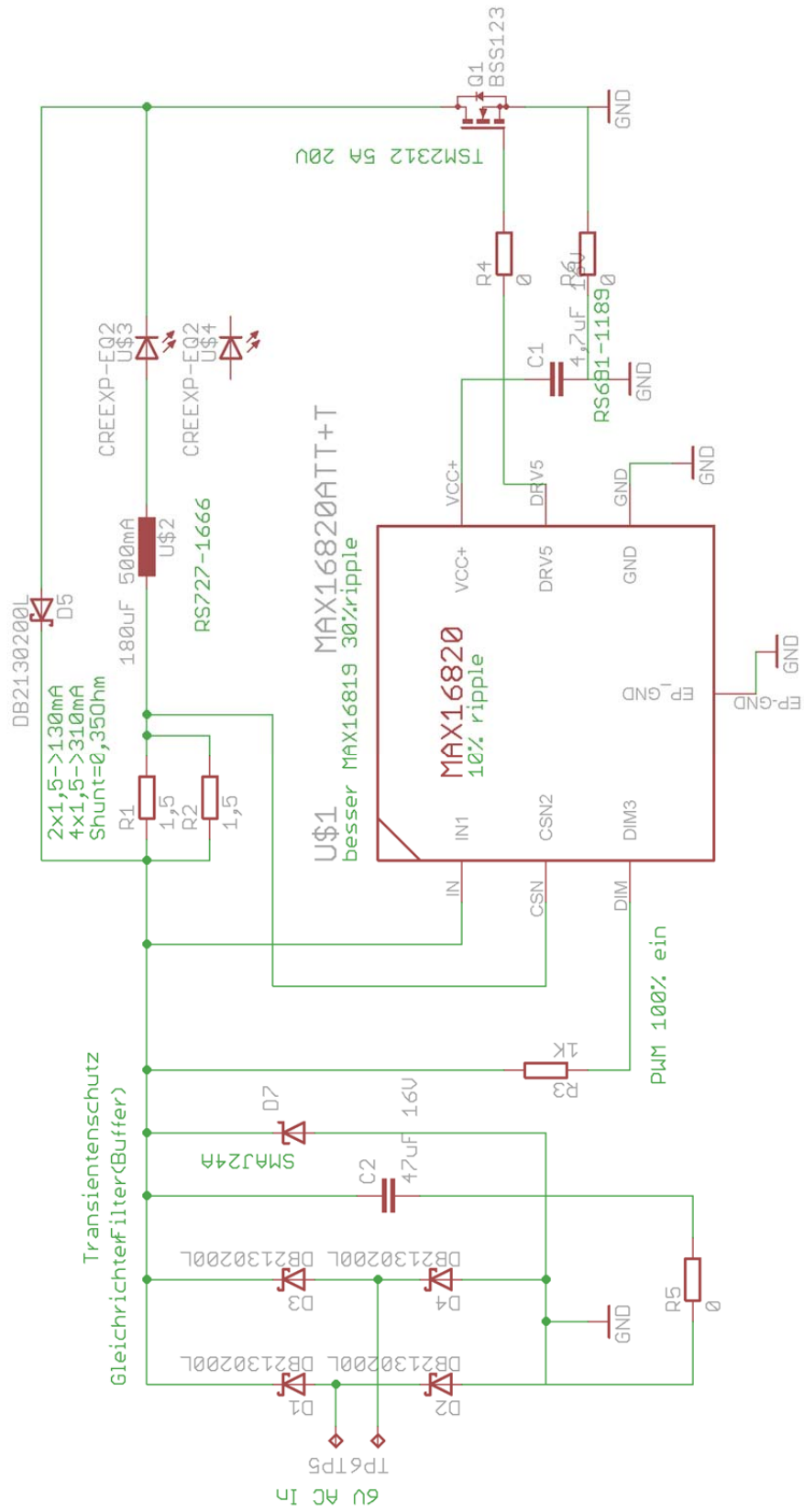
mA je nach angelegter Betriebsspannung. Bei kleinen Spannungen von etwa 6V wird der LED-Strom direkt durch die Betriebsspannung begrenzt und nicht mehr durch den Regler. Der Regler Max 16819 hat sich als geeignet erwiesen. Er hat eine etwas höhere Toleranz von 30% für die Schwankung des LED-Stromes. Der Regler Max 16820 ist aber auch verwendbar.

Die Schaltung enthält einen Zweiweg-Brückengleichrichter, damit die von der (Moped-) Lichtmaschine abgegebenen Wechselspannungen gleichgerichtet werden. Hierfür wurden sehr kleine und schnelle Shottky-Dioden *DB2130200L* von *Panasonic* (30 V, 1 A) verwendet, die laut Diodentester nur 100 mV Spannungsabfall erzeugen. Bei einem Strom von 0,7 A beträgt der Spannungsabfall laut Datenblatt 0,35 V. Der Vorteil ist, dass der Spannungsabfall geringer ausfällt als bei den Silizium-Gleichrichtern ($\geq 0,6V$). Das ist vorteilhaft bei der zu erwartenden geringen Betriebswechselspannung mit minimal 6 V Amplitude. Der Bauraum des Gleichrichters ist trotzdem sehr gering. Diese Shottky-Diode wird auch als Freilaufdiode für den LED Strompfad verwendet, damit die Stückzahl an gleichen Bauteilen steigt. Bei der Freilaufdiode ist die Schnelligkeit interessant.

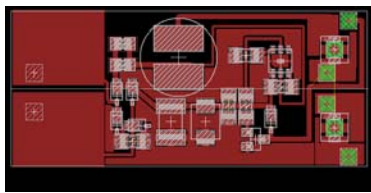
Die Suppressordiode (Bi-Directional TVS-Diode) *SMAJ15CA-E3/61*, von *Bourns* mit der Durchlassspannung von 24,4 V soll die Schaltung vor evt. auftretenden Spitzenspannungen über 24,4 V schützen. Der Schaltkreis ist bis max. 28 V Betriebsspannung zugelassen.

Die Spule *SDR0805-181KL* von *Bourns* (180uH 0,51A 10% 5MHz) wird als Energiespeicher verwendet, damit der Strom gedämpft sinkt, wenn der FET abgeschaltet wird. Das gibt dem Regler die Möglichkeit, den FET langsamer zu schalten. Es gibt noch Spulen mit kleinerer Bauform. Die Erwärmung der Spule ist bei ca. 300...350 mA nur gering ($< 50^{\circ}C$).

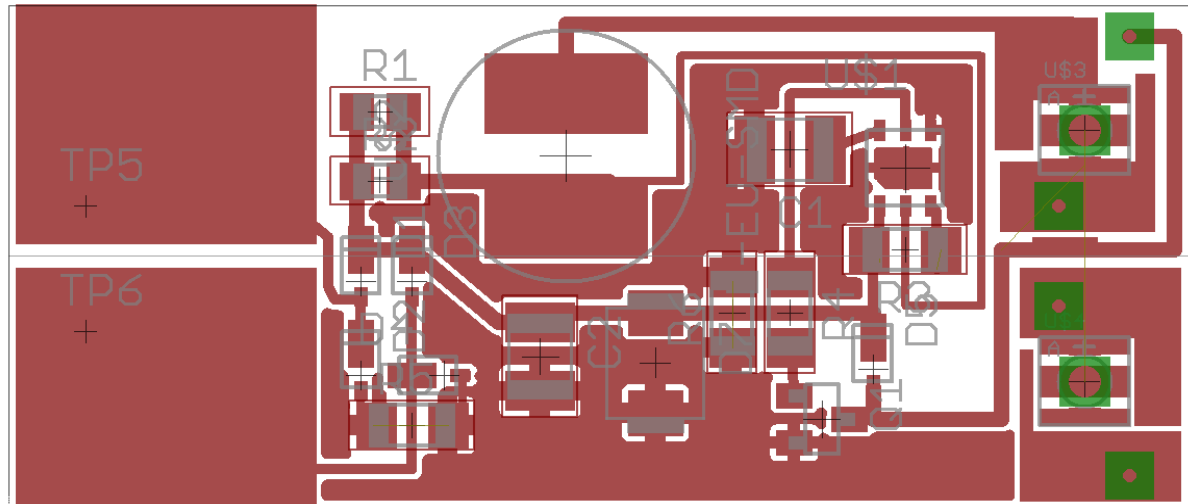
Beim Auflöten der LEDs ist Vorsicht geboten. Sie sind für bleifreies Reflowlöten vorbereitet und man muss beim Verzinnen und Auflöten sehr aufpassen, damit bei Erwärmung die Kunststofflinse nicht kaputt geht. Es wurden 5 Stück von 10 Stück der beschafften LEDs bei der Herstellung des ersten Prototypen verbraucht. Die kleine Bauform und die Lichtfarbe sind sehr angenehm.



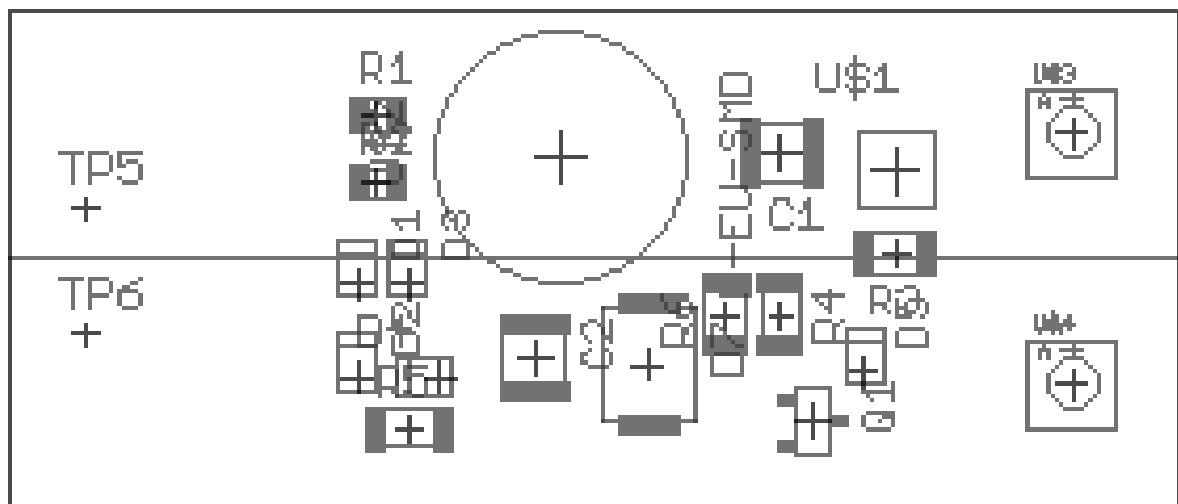
Layout:

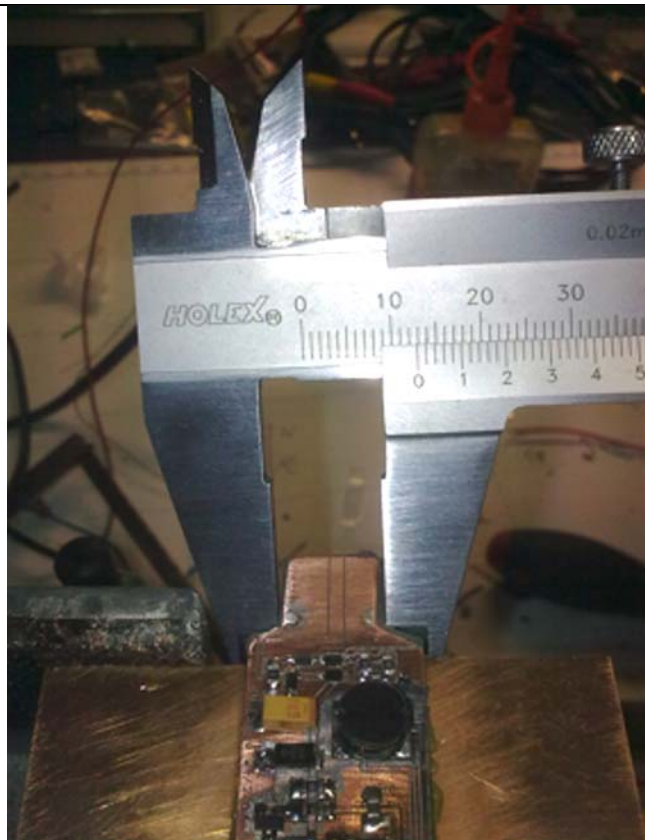


Originalgröße der Platine

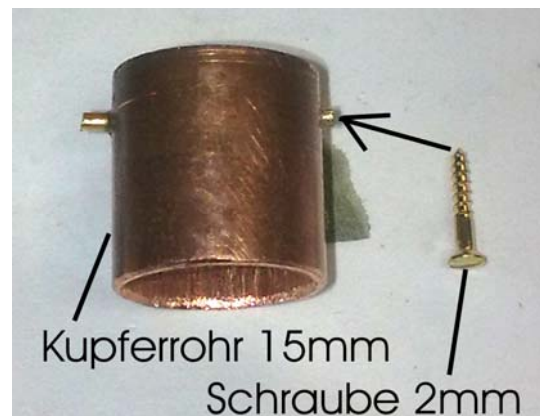


Vergrößertes Layout





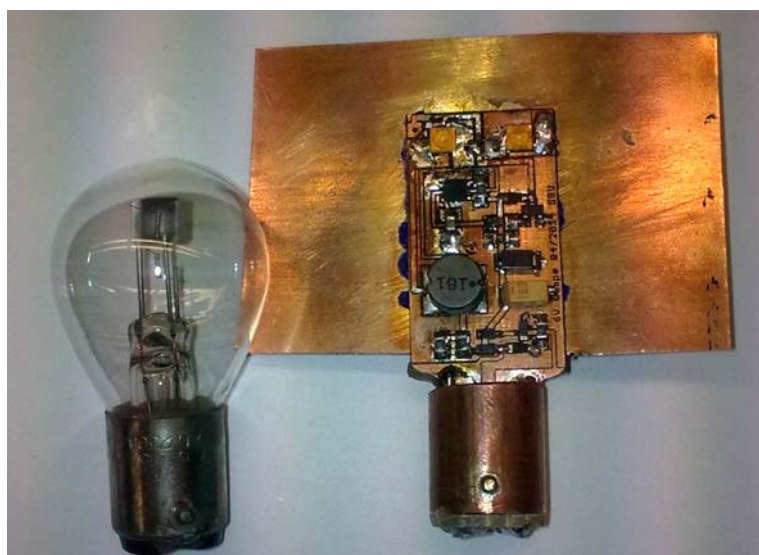
Platine am Rand zuschneiden auf 13 mm Breite, damit sie in die Fassung passt. Die Leiterbahn am Rand etwas entfernen, damit beim Anschluss für Abblender und Scheinwerfer kein Kontakt zur Fahrzeugmasse entsteht. Die Masse in der Mitte zwischen den Anschlüssen kann entfernt werden, da sie dort keinen Nutzen hat.



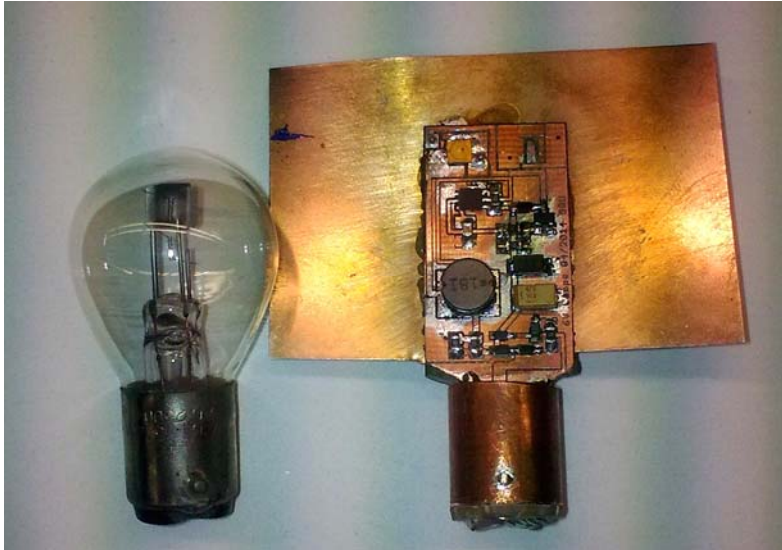
Die Fassung wird einfach aus 15 mm Kupferrohr gebaut. Es wird auf 16 mm Länge abgesägt. Mittig werden 2mm Löcher durchgebohrt bei 3 mm?? Abstand vom Rand für die 2mm Fixierstifte Hier kleine Holzschrauben aus Messing

Lampe ist zum Einbau in die Fassung vorbereitet. Die Anschlüsse aus Blankdraht wurden noch mal umgelötet, da die Pads für Abblender und Scheinwerfer die jeweils anderen sind.	Anschlüsse wurden getauscht, damit es zur originalen Fassung passt.

Aufbau der LED-Lampe:



Lampenansicht der Abblendlichtseite: Hier sind zwei LEDs platziert, damit bei Scheinwerferbetrieb auch eine LED nach oben leuchtet. Das Kühlblech kann noch thermisch optimiert, verkleinert und umgebogen werden.



Lampenansicht: Scheinwerferseite. Hier befindet sich nur eine LED, die bei Scheinwerferbetrieb nach unten leuchtet

Die Lampe funktioniert von ca. 5,5 V bis mindestens 14V mit Gleich – oder Wechselspannung. Erstaunlich ist, dass die zwei in Reihe geschalteten LEDs trotz ihrer Spannung von 3,05 V pro LED mit dem Regler bei 6V funktionieren. Der FET bleibt voll durchgesteuert bei diesem Betrieb.



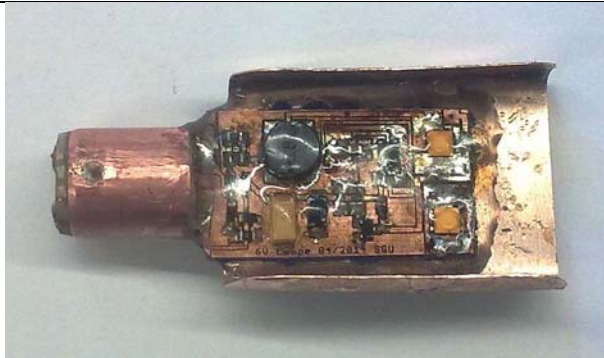
Stromverbrauch der originalen Lampe bei Nennlast an $U_{eff} = 6\text{ V}$ und $f = 50\text{ Hz}$ $I_{eff} = 2,8\text{ A}$!



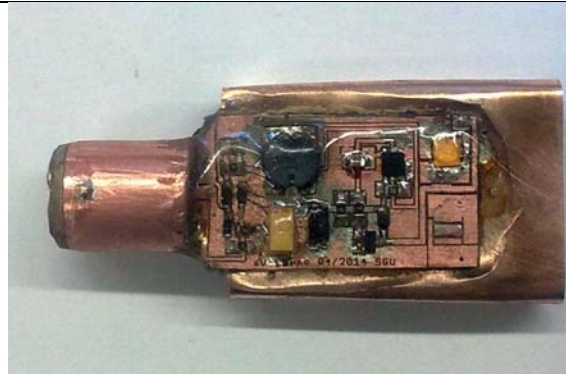
Abblendlicht original (nicht sehr blendend)



Abblendlicht LED (genauso hell, ander Optik)



Lampe fertig vergossen, Abblendseite



Lampe fertig vergossen, Scheinwerferseite

	
Scheinwerfer original (nicht seh hell)	Scheinwerfer LED (nicht dunkler, andere Optik)
	
Abblender original Boden (guter Fokus)	Abblender LED Boden (streut etwas mehr)

Scheiwerfer original Boden (sehr schwach)	Scheinwerfer LED Boden (leider nicht heller)

Lampe vor der Montage in den Reflektor. Die Fassung passt sehr gut und hat auch gerade genügend Spiel.

Seitlich ist eine größere Bauform nicht möglich, höchstens in der Länge gibt es noch 10...15mm Platz im Reflektor. Zu beachten ist aber, dass eine größere Länge durch Vibrationen beim Fahren auch mehr Drehmoment in der Platine verursacht. Dadurch kann die Platine brechen. Das Kühlblech sollte zukünftig als Träger bis in die Fassung hinein geführt werden:



Lampe in Fassung montiert vor dem Einbau

Stückliste

Nr.	Bezeichnung	Stck	RS-Nr.	Preis / netto	Artikelnummer Hersteller	Bemerkung
1	CREE XP-E Q2 Typ::	3	757-0587	1	XPEWHT-H1-0000-00AE7	warm White
2	Schottky-Diode	10	787-7523	0,1	DB2130200L 0,38V	40V 1.5A SMini2-F4-B-B
3	TVS Diode SMAJ15CA-E3/61	2	710-3434	0,23	16,7...24V 16A bidirektional	SMP gehäuse
4	Widerstände als Shunt 0,375 Ohm (330mA)	8			4x 1,5 Ohm parallel	
5	(Leistungswiderstand SMD)	2	664-1534	0,95	TE Connectivity SMW5R10JT	5W R10 R=100mOhm
6	N-Kanal Mosfet Ch 20V 5A	2	743-6059	0,24	1,25W 0,033R	SOT23 20V 5A 50mOhm
7	Induktivität 180uH 0,51A 10% 5MHz	2	727-1666	0,38	SDR0805-181KL	0,77Ohm
8	MAX16820ATT	2	751-2626	1,82	LED-Treiber 3x3mm	4,5V → 28 V dimmbar
9	Kupferblech 45mm x 50mm , 0,3mm dick	1				
10	1kOhm SMD Widerstand 0805	2				

11	Kondensator 47 μ F 16V	2				
12	Kondensator 4,7 μ F 16V SMD 1206 Gehäuse	2				
13	00hm Widerstand SMD 0805 oder 1206	6				
14	Platine für Schaltung	2				
15	Draht 1,3mm x 0,2m länge Anschluss	1				
16	Kupferrohr D=15 mm Länge 16mm	1				

Fazit:

Das gesamte Konzept mit zwei Schaltungen für Abblender und Scheinwerfer und drei LEDs funktioniert unter Laborbedingungen von 6...12V. Es ist von der Bauform kompatibel zur originalen Lampe ohne einen nötigen Umbau am Fahrzeug. Die Helligkeit ist bei beiden Lampen etwa gleich. Die Energieeinsparung beträgt 90%, da der Stromverbrauch nur 300 mA anstelle von 3 A beträgt.

Die Helligkeit ist noch nicht besser als beim Original aber man kann die Schaltung durchaus bei höherer Temperatur betreiben und den Strom auf 500...600 mA erhöhen. Weiterhin sollte eine kaltweiße LED vom Typ XPEWHT-L1-0000-00F01 (cool white oder auch Outdoor white)) verwendet werden, da diese 122 Lumen anstelle von 87,4 Lumen abstrahlt. Das ist ein erheblicher Effekt von etwa 30% mehr Lichtstrom. Die Herstellungskosten sind noch nicht konkurrenzfähig, da allein der Materialpreis für alle Bauteile über 30€ liegen dürfte. Die originale Lampe kostet lediglich 2,50€.

- ➔ Im praktischen Einsatz im Moped brannte die Scheinwerferschaltung schön hell, war aber nach etwa 30 Sekunden defekt (Kurzschluss am 12V Akku I = 6 A) und die Abblendschaltung hatte im Moped auch eine Rauchentwicklung nach etwa 20s im Einsatz. Nach Ausbau und beim Funktionstest an einem 12V Akku funktionierte sie aber noch. Die Spannung ohne Last geht extrem in die Höhe $U_{eff} > 30V$, so dass die Spannungsschutzdiode überlastet wird.
- ➔ Die Spannungen vom Generator müssen bei verschiedenen Lasten zunächst mit einem Oszilloskop analysiert werden, bevor weitere Schritte in der Schaltungsentwicklung unternommen werden können. Das Problem einer evt. stark ansteigenden Versorgungsspannung durch Induktion im „Leerlauf“ wurde etwas unterschätzt.
- ➔ Wohin mit der überschüssigen Energie? ☺

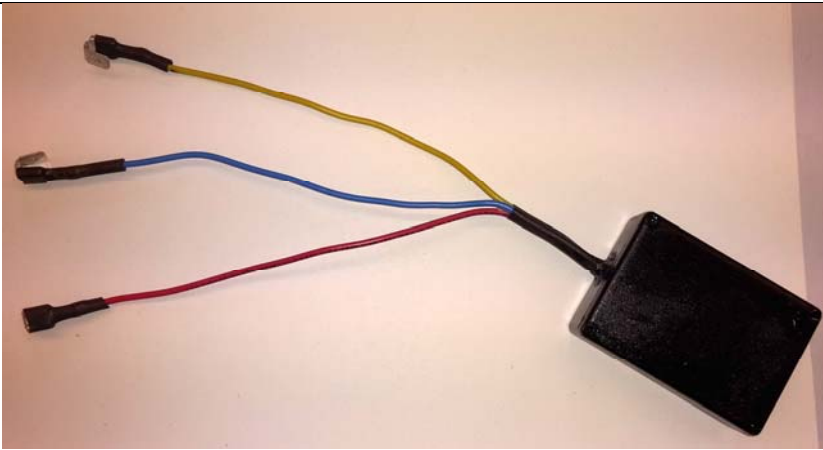
Stand der Entwicklung 2015:

Die Lösung ist inzwischen gefunden: unter dem Suchbegriff „**LED 6V 25/25W Schwalbe**“ finden sich für <20€ geeignete LED Lampen. Der Sockel 20mm, Bajonett Ba20d erfordert ggf. den Kauf eines neuen Reflektors mit Fassung. Mit einem geeigneten Vorschaltgerät (siehe unten) lässt sich die LED-Lampe sicher in der 6V oder auch 12V Simson betreiben.

Wenn das Rücklicht auch eine LED sein soll, muss es auch über das Vorschaltgerät betrieben werden.

Die erhältlichen LED –Lampen werden thermisch zerstört.

Nebenbei kann bei Einbau von LEDs in die Blinker zusammen mit einem neuen universellen Blinkgeber **UB63W** mit der nicht mehr genutzten Energie auch ohne eine Batterie geblinkt werden.

Vorschaltgerät für 6V LED-Scheinwerfer, geeignet für U = 6...12V	Universeller Blinkgeber UB63W
	



Was will man mehr, als gut im Straßenverkehr gesehen zu werden.

Evt. Technische Anfragen können gerne an den Autor gestellt werden.