

Kleiner Projektbericht „Ersatz für 6V Biluxlampe“

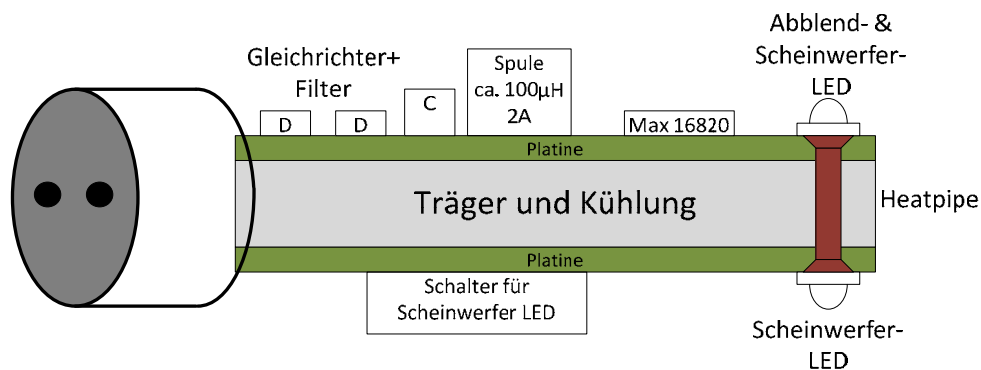
Treiberschaltung für LED CREE XM-L T6 mit MAX 16820¹

1: Inspiriert von LED statt Halogen im Elektor Heft Nr. 517/518 Jan/Feb 2014

Sachnummer: XMLAWT-00-0000-0000T6051

Ziel des Projektes (2 wöchiges Schülerpraktikum) war einen modernen Ersatz für eine Biluxlampe (6V / 15W oder 25W) zu entwickeln, um an alten Mopeds Strom zu sparen und zugleich ein helleres Licht zu erhalten. Die Lichtausbeute sollte möglichst größer werden als bei den Originalen 6V Biluxlampen. Die LED sollte mit etwa $I_{LED} = 2\text{ A}$ betrieben werden. Damit würde der Nennstrom bei Nennspannung $U_D = 3,2\text{ V}$ in der LED fließen und die elektrische Leistung von nur (im Vergleich zu 15 oder 25W) $P = 6,4\text{ W}$ umgesetzt werden. Der Lichtstrom Φ_v ist dann vergleichbar oder sogar etwas höher als bei der 15W Biluxlampe. (Definition und Rechenbeispiel für Begriffe: Lichtintensität, Beleuchtungsstärke, Photostrom: siehe Tietze Schenk : *Halbleiterschaltungstechnik*).

Die Idee: Betrieb einer LED als 1:1 Glühbirnenersatz mit Abblendlicht (1 LED) und Scheinwerfer (2 LEDs) in Abmaßen einer klassischen 6V/15W oder 25W Biluxlampe ohne zusätzlichen Aufwand.



Einseitige Platine des Funktionsmusters mit einer LED (Eigenproduktion an der HTWK Leipzig)



Wichtig zu wissen ist, dass die Scheinwerfer in den alten 6V-Mopeds wie Schwalbe, Star, Habicht, S50, S51, usw. mit einer sinusähnlichen Wechselspannung betrieben werden. Die Spannung muss also zuerst gleichgerichtet werden. Bei 6V MZ- Motorrädern RT, ES, TS wird schon eine Gleichspannung eingespeist. Hier sind aber ausreichend große Leitungen verbaut (45W).

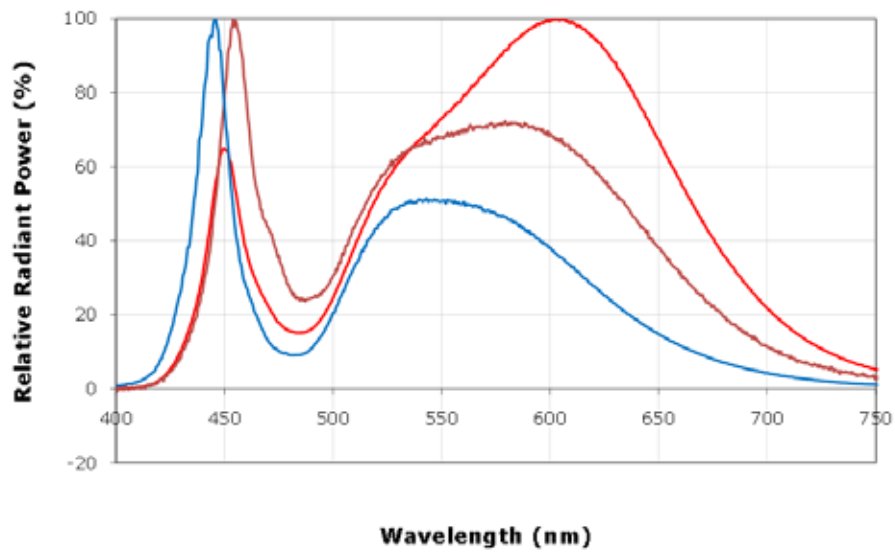
Technische Daten der LED:

Abstrahlwinkel:	125°	 <p>Quelle der Bilder: Datenblatt CREE XLamp XM-L LEDs</p>
Höhe:	3.02mm	
Breite:	5.00mm	
Tiefe:	5.00mm	
Leuchtfarbe:	weiss	
Lumen min.:	280	
Lumen max.:	975	
Kelvin min.:	5700	
Kelvin max.:	6100	
mA min.:	700 mA	
mA test.:	700 mA	
mA typ.:	700 mA	
mA max.:	3000 mA	
V min.:	2,9 V	
V typ.:	2.9 V	
V max.:	4 V	
Sperrspannung:	5 V	
Watt:	2,03 W	

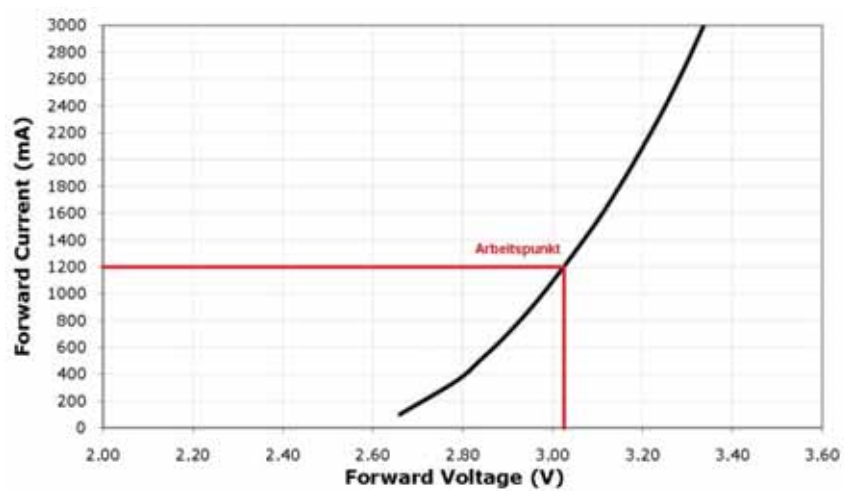
LED-Typen mit Hersteller-Sachnummern

Color	CCT Range		Base Order Codes Min. Luminous Flux @ 700 mA (lm)		Order Code
	Min.	Max.	Group	Flux (lm)	
Cool White	5,000 K	8,300 K	T5	260	XMLAWT-00-0000-0000T5051
			T6	280	XMLAWT-00-0000-0000T6051
Neutral White	3,700 K	5,000 K	T4	240	XMLAWT-00-0000-000LT40E4
			T5	260	XMLAWT-00-0000-000LT50F4
80-CRI White	2,600 K	3,700 K	T2	200	XMLAWT-00-0000-000LT20E7
			T3	220	XMLAWT-00-0000-000LT30F7
Warm White	2,600 K	3,700 K	T2	200	XMLAWT-00-0000-000LT20E7
			T3	220	XMLAWT-00-0000-000LT30F7

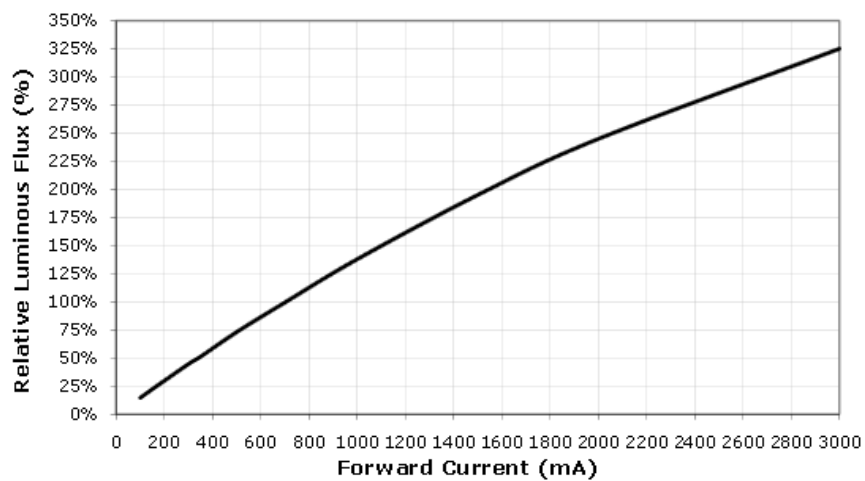
Spektrale Leistungsdichte Verteilung



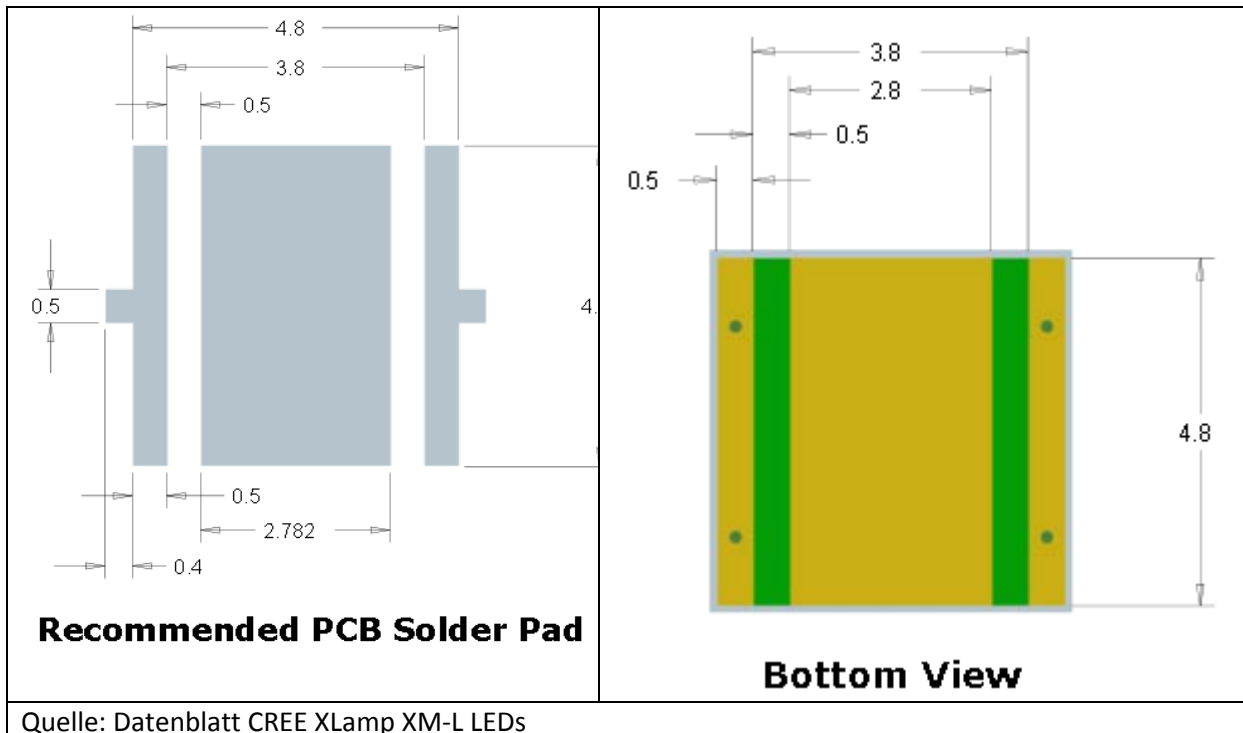
Kennlinie der Diode



RELATIVE FLUX VS. CURRENT ($T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$)

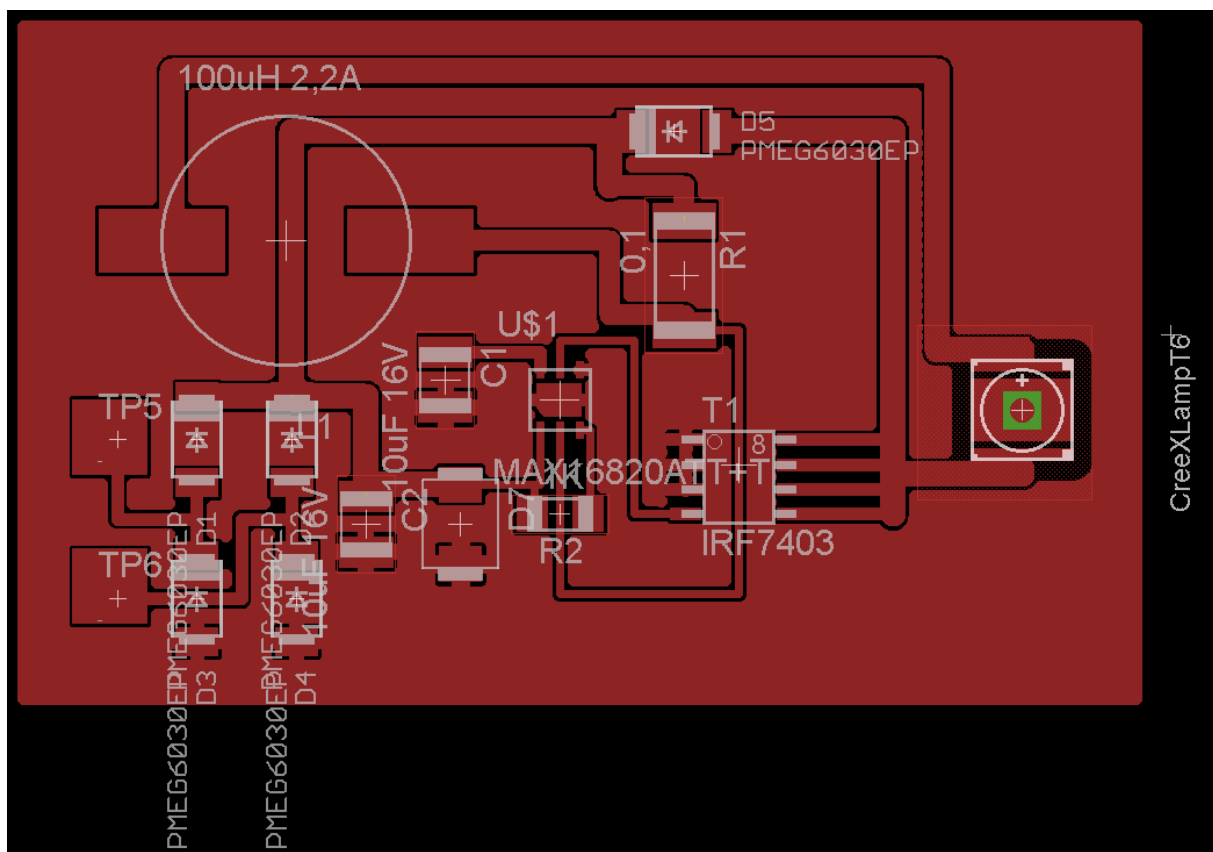


Dimensionen der LED und Anordnung der Löt pads. **Beachte:** Große **Kühlfläche** in der Mitte der LED



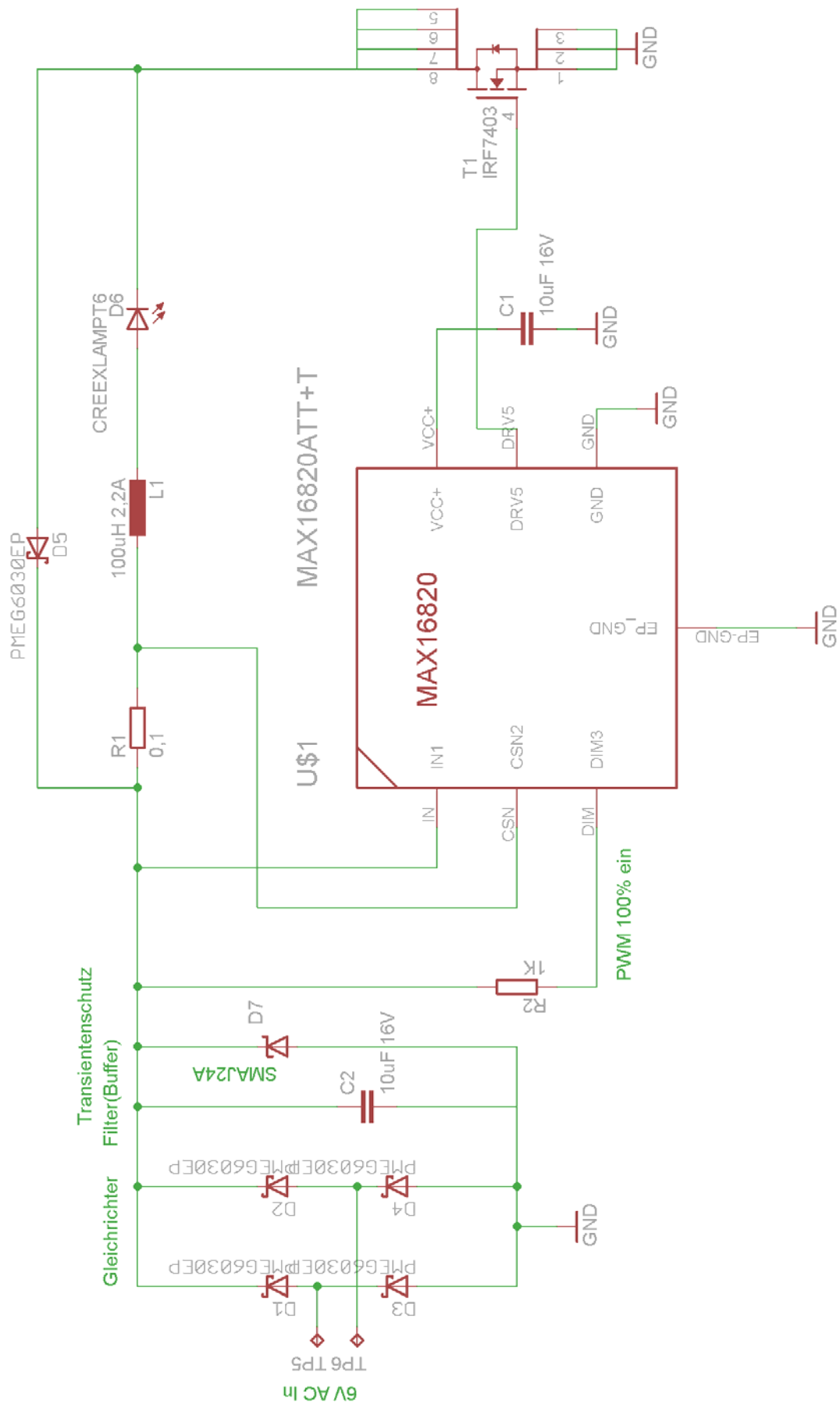
Quelle: Datenblatt CREE XLamp XM-L LEDs

Layout und Schaltung in Eagle Light Version 6.1.0 für Windows:

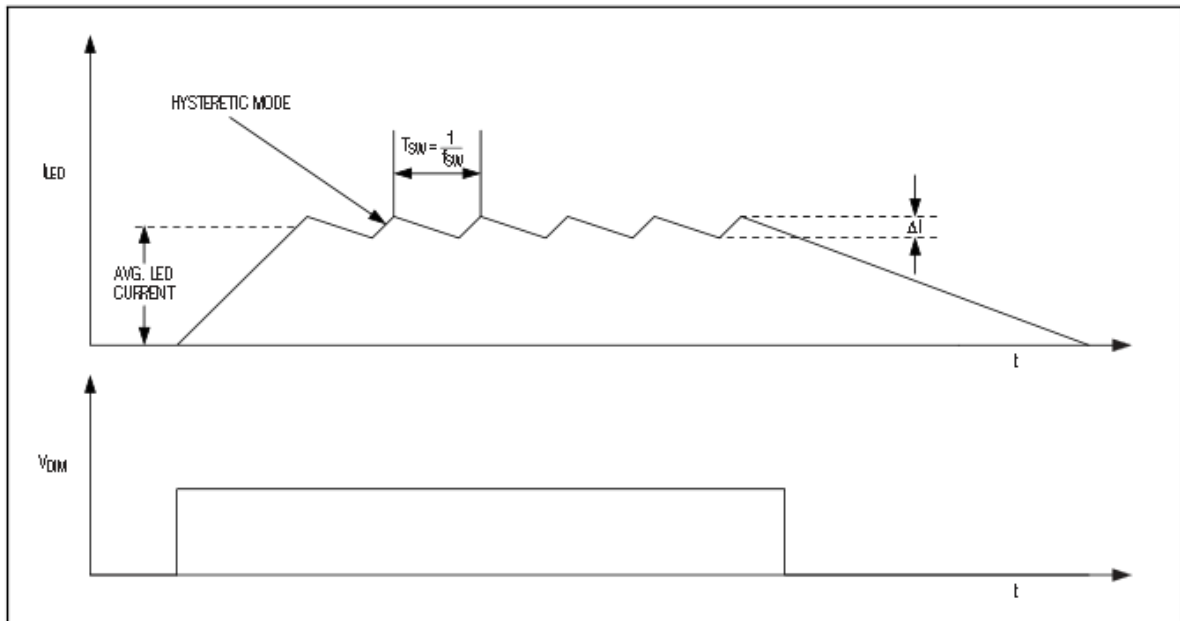


Maße 35x60 mm (als „gemütliche“ Anordnung) Datei: LED_Lampe1.brd

Schaltung Datei: LED_Lampe1.sch



Dimensionierung des Messwiderstandes für die Stromregelung:



$$R_{\text{SENSE}}(\Omega) = \frac{1}{2} \frac{(V_{\text{SNSHI}} + V_{\text{SNSLO}})(V)}{I_{\text{LED}}(\text{A})}$$

SENSE COMPARATOR						
Sense Voltage Threshold High	V _{SNSHI}	(V _{IN} - V _{CSN}) rising from 0V until V _{DRV} < 0.5V (MAX16820)	195	210	225	mV
		(V _{IN} - V _{CSN}) rising from 0V until V _{DRV} < 0.5V (MAX16819)	213	230	246	
Sense Voltage Threshold Low	V _{SNSLO}	(V _{IN} - V _{CSN}) falling from 0.26V until V _{DRV} > (V _{CC} - 0.5V) (MAX16820)	176	190	204	mV
		(V _{IN} - V _{CSN}) falling from 0.26V until V _{DRV} > (V _{CC} - 0.5V) (MAX16819)	158	170	182	

Man gebe den mittleren LED-Strom vor und berechne die mittlere Spannung über dem Widerstand. Die zunächst einfache Rechnung lautet $R_{\text{sense}} = 200 \text{ mV} / 2 \text{ A} = 100 \text{ m}\Omega$. Es wurde ein SMD Widerstand in der Bauform 2512 verwendet und es gab keine fühlbare Erwärmung.

Im Betrieb betrug der Stromverbrauch der gesamten Schaltung dann $I_{\text{ges}}=1,2 \text{ A}$. Dabei wurden ca. $P_V \approx 3,6 \text{ W}$ an der LED umgesetzt. Es ist also eine Feinjustage des Messwiderstandes nötig, um den gewünschten Laststrom einzustellen.

Die Induktivität kann auch etwas kleiner als $100 \mu\text{H}$ dimensioniert werden. Versuche mit $60 \mu\text{H}$ waren ebenso erfolgreich. Bei Betrieb an der oberen Grenze der Stromtragfähigkeit kann es sein, dass die Induktivität Geräusche macht.

Ergebnis:



Beachtlich und für das Auge schon absolut ungesund (bei $I_{LED} = 1,2 \text{ A}$). Wenn man bedenkt, dass die LED mit Stromstärken bis zu 3 A betrieben werden könnte, ist man wirklich beeindruckt, was die kleinen Bauelemente leisten. Natürlich muss die Optik im Reflektor des Fahrzeugs optimiert werden. Günstig ist, dass die LED schon eine Streulinse hat, so dass man gute Chancen hat, die LED direkt nach oben leuchtend im Reflektor einbauen zu können.

Es wurden **eagle-Bibliotheken** für den

MAX16820 (maxim_mod.lbr neues Bauteil MAX16820ATT+T , package TDFN6), die

Spule (rlc.lbr neues Package L12-7) und die

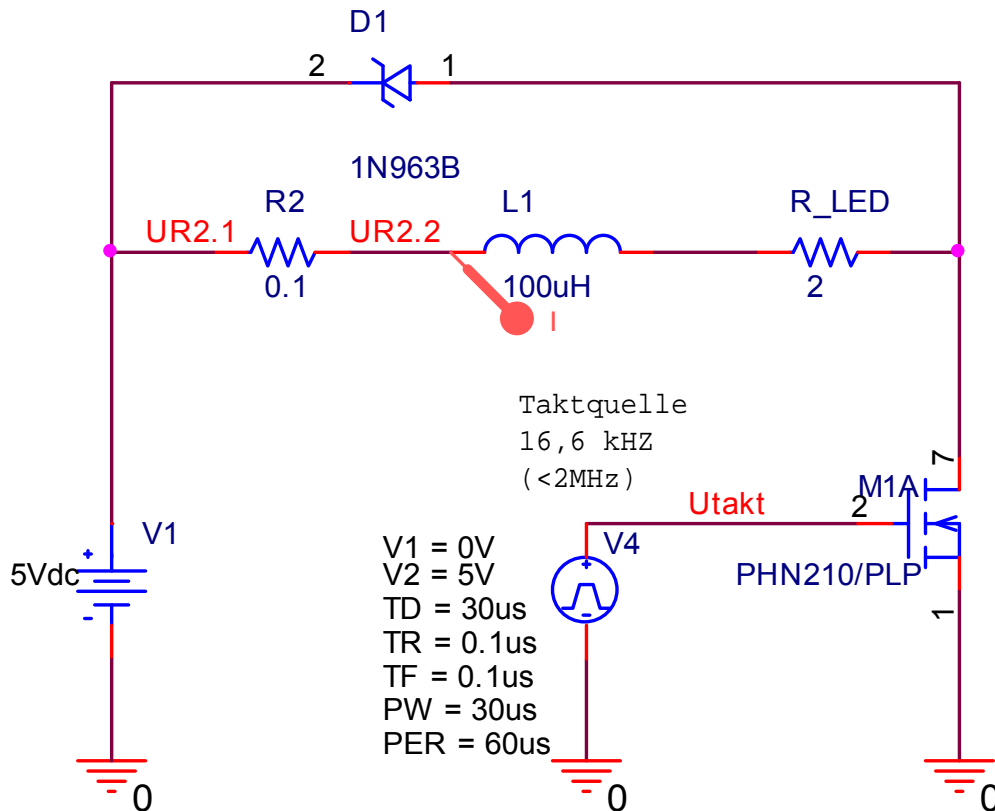
LED (led.lbr neues package CREEXLAMPXMLT6)

FET IRF7403 (1_USER.lbr)

erstellt. Die Dateien sind erhältlich im Download unter

http://www.ktb.eit.htwk-leipzig.de/institut/labore/labor-medizintechnik/copy_of_Referenzen

Simulation der Schaltung in PSPICE

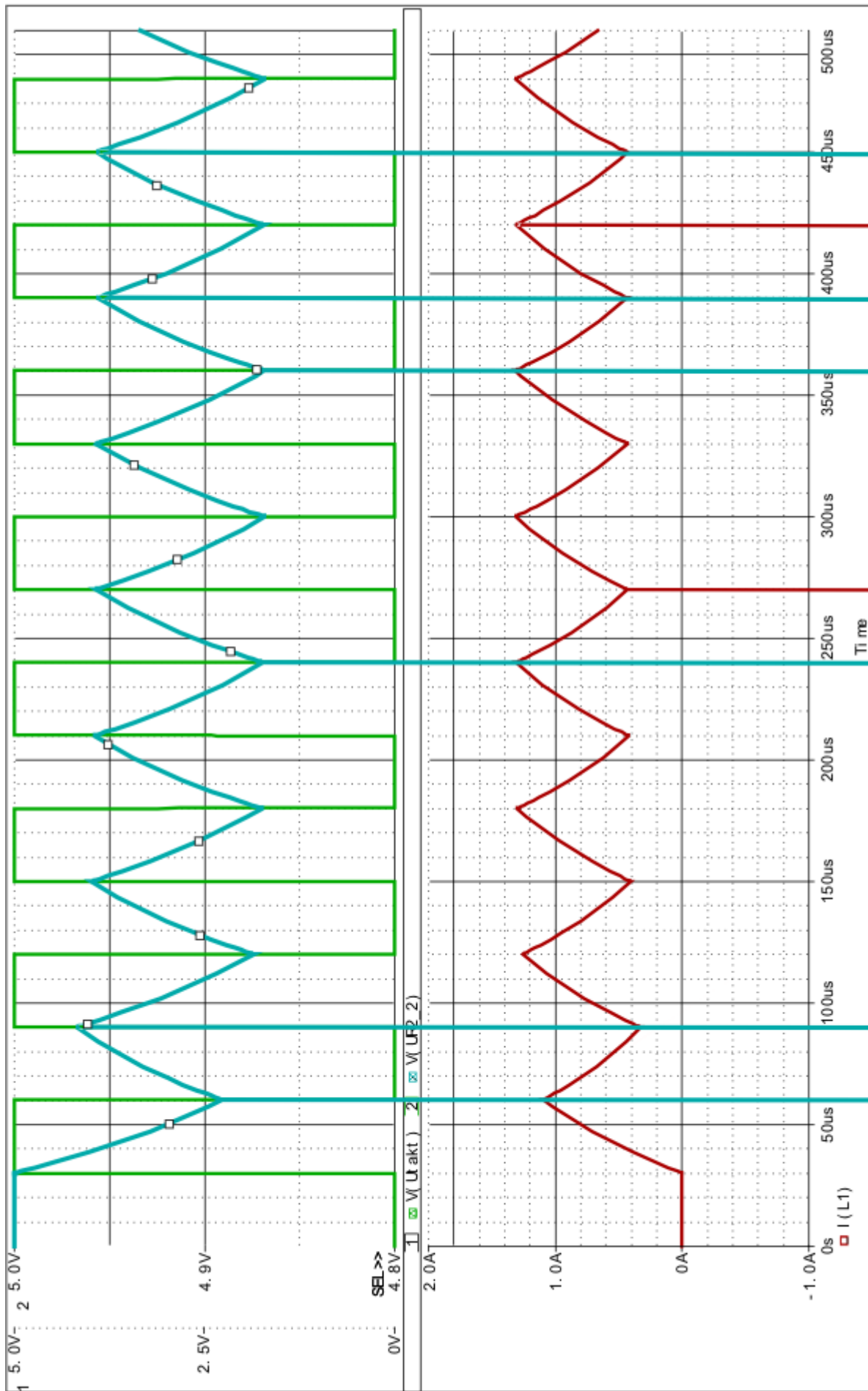


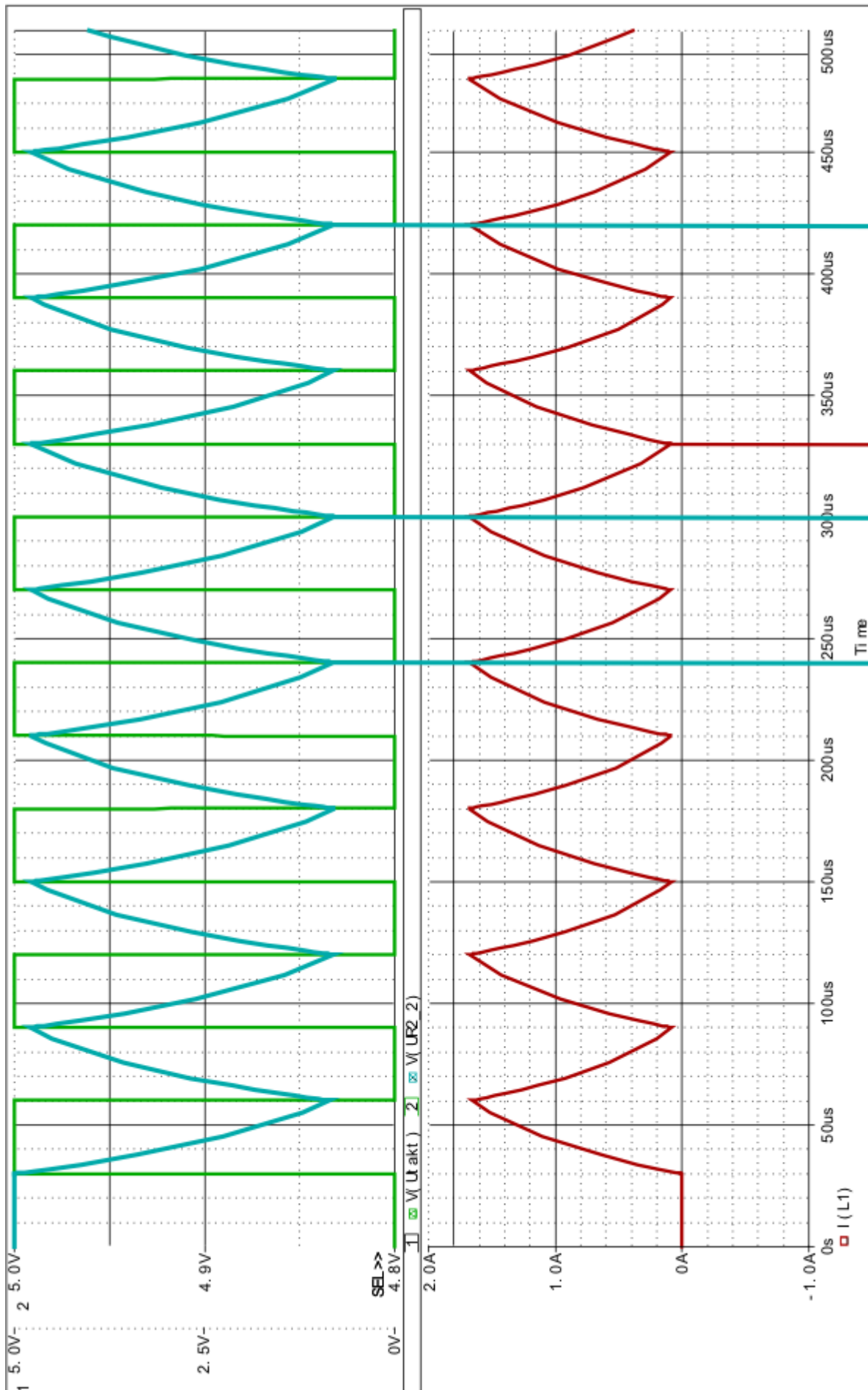
PSPICE Simulationsergebnisse

Es wurden die wesentlichen Schaltungskomponenten simuliert und die Taktspannung am Gate des FETs, die Spannung am Messwiderstand und der Spulenstrom dargestellt.

1. Für 16,6 kHz Schaltfrequenz und $L = 100\mu\text{H}$ -> $I_{\text{mittel}} = 750 \text{ mA}$, $I_{\text{Delta}} = 600 \text{ mA}$.
2. Für 16,6kHz Schaltfrequenz $L = 50\mu\text{H}$ (Nachweis, dass auch $50 \mu\text{H}$ noch praktikabel wären. Natürlich ergibt sich eine höhere Schaltfrequenz durch schnelleres Erreichen der Schaltschwellen) -> $I_{\text{mittel}} = 1000 \text{ mA}$, $I_{\text{Delta}} = 1500 \text{ mA}$.

Die Größenordnung von Strom und Spannung wurde gut getroffen. Im Detail sind für diese schnelle Simulation noch einige Parameter unbeachtet (Diodenkennlinie, R der Sule usw.)





Fazit und Diskussion der Ergebnisse:

Die Schaltung funktionierte ab einer Betriebsspannung $U_{DC} = 4,8V$ sowie $U_{ACeff} = 6V$ wie gewünscht gleich beim ersten Versuch. Das war schon etwas ungewohnt und positiv überraschend. Bei höheren Gleichspannungen variierte die Stromaufnahme etwas im Bereich um +/- 200 mA.

Der Einsatz als kompakter stromsparender und leuchtstarker Ersatz für eine Glühlampe im Moped ist so noch nicht möglich, da

1.) die Kühlung der LED und

2.) die mechanische Konstruktion unschöne noch zu lösende Probleme sind.

Zu 1.) Der verwendete Kühlkörper aus 0,8 mm dickem Messingblech (aus altem defektem Schaltnetzteil entnommen) mit einer Kühlfläche von etwa 50cm^2 wurde bereits nach 2 Minuten heißer als 60°C . Er wurde flach hingestellt, so dass er nicht durch Konvektion die Wärme an die Umgebung abgeben konnte aber das ist im Scheinwerfer auch nur bedingt möglich. Es käme auf einen Langzeitversuch an, um herauszufinden, wo sich die Temperatur einpegelt und wie stark die Lebensdauer der LED geschwächt wird, wenn sie permanent bei über 60°C Umgebungstemperatur betrieben wird.

Zu 2.) Der verwendete Kühlkörper hat schon eine Größe, welche die Maße einer kompakten Biluxlampe übersteigt und war noch unzureichend dimensioniert. Wenn man die Außenmaße der Lampe einhalten will, müsste die Wärme über einen größeren Wärmeleiter (heatpipe) nach hinten zur Halterung geleitet und durch aktive Belüftung im Raum verteilt werden. Das würde zu viel Umbauaufwand bedeuten und die ohnehin vom Erlöschen gefährdete Betriebserlaubnis wäre noch stärker gefährdet. Man könnte auch einen Wärmekontakt zum metallischen Reflektor schaffen. Das ist konstruktiv lösbar aber die alte Lampenfassung würde dabei entfallen. Weiterhin ist die Funktion bei Vibration noch gar nicht beachtet in diesem Entwurf. Das ist ein wesentlicher Punkt, wenn elektronische Schaltungen in Fahrzeugen betrieben werden sollen. (Es mussten schon kleine SMD-Widerstände um 90° gedreht werden, damit die Löt pads „durch die mechanischen Welle in der Platine“ nicht abreißen. Lösbar ist das Thema auf jeden Fall.

➔ Der Einsatz als Rücklicht oder Bremslicht ist bei kleineren Stromstärken, wie sie in der Stirn- oder Taschenlampe verwendet werden problemlos umsetzbar. Hierfür sind aber auch preiswertere LEDs geeignet.

Verkäuferangaben wie „Dank des Einsatzes hochwertiger LED-Technologie zeigt die CREE XM-L T6 mit max.1600 Lumen eine enorme Leuchtkraft sowie ein sehr homogen breites Leuchtbild auf.“ bei den Kopf- und Taschenlampen sind sicherlich etwas anzuzweifeln. Vielleicht wurde der Lichtstrom im Brennpunkt der Linse gemessen oder nur das Datenblatt zitiert. Die LED wird sicherlich bei nur 10...20% des möglichen Stromes betrieben, damit die Akkus oder Batterien eine Weile halten und die Wärmeentwicklung gering bleibt. Die Kühlung der Kopflampe war bei 1,2 A schon nach 30 Sekunden bedenklich heiß geworden. Die LED ist also vollkommen überdimensioniert in diesen Anwendungen.

Anhänge:

Stückliste (nicht 100%, ohne Platine, Kühlung, etc.)

Es wurden für den Prototypen nur die grün markierten Bauelemente bestellt. Der MAX16820 war bei www.maxim-ic.com/ als Muster erhältlich. Die LED wurde einer Kopflampe, die für 13€ gekauft wurde, entnommen. Die übrigen Bauteile stammen aus dem Fundus an Bauteilen im Labor. Die Platine wurde an der Fakultät EIT gefräst mit der LPKF- Fräse)

Nr.	Bezeichnung	Stück	RS-Nr.	Conrad	Reicht	Preis / netto	Artikelnummer Hersteller	Bemerkung
1	CREE xlamp xm-T6	1	757-0587			7,06	XMLAWT-00-0000-0000T6051	Cool White
2	Schottky-Diode 6ns	10	669-7341			0,521	ZLLS2000TA	40V 2.2A, SOT-23 6-Pin
3	Schottky Diode, 3A MEGA	5			PMEG 6030	0,30	NXP PMEG 6030	
4	Brückengleichrichter 2 A	1		501433 - 62		0,40	Diotec B40R	2 A U(RRM) 80 V
5	Brückengleichrichter DBL205G C1	1	652-6283			0,53	DBL205G C1	8.51 x 6.5 x 2.6mm 2A
6	Super Fast Gleichrichterdiode	4			ES 2B SMD	0,16	DO214AA,100V,2 A	
7	TVS-Diode Uni-Directional(suppressor)	5	764-5543			0,30	Littelfuse SMAJ24A	38.9V 400W
8	TVS-Diode Bourns	1		105545 1 - 62		0,84	Bourns CDSOD323-T15C	10 A U(B) 15 V
9	Leistungswiderstand Shunt 2A	1					VITROHM RWC 5020	
10	Leistungswiderstand SMD	5	664-1534			0,95	TE Connectivity SMW5R10JT	5W R10 R=100mOhm
11	Leistungswiderstand SMD	1			CRA2512 R100E	0,4	CRA2512 R100E	3W R10 R=100mOhm Gehäuse. 2512
12	N-Kanal MOSFET	1				0,32	IRLML2030TRPBF,	30V 2.7A, SOT-23
13	N-Kanal MOSFET	1			IRF 7403	0,93	IRF 7403	30V 10A
	N-Kanal MOSFET	1	725-8376			0,66	NXP PHN210 oder TrenchMOS PHN1011	30V 3,4A RDSon<0,1 Ohm
14	MAX16820ATT2 ...als sample von Maxim	1	751-2626			1,82	LED-Treiber 3x3mm	4,5V → 28 V dimmbar

Headlamp CREE XM-L T6 LED 1600LM Zoomable Camp lampe



Unglaublich, wie sich so etwas für unter 20€ mit Gewinn, herstellen und um die ganze Welt schicken lässt, wenn allein die LED im Fachhandel für 4... 7€ netto angeboten wird.



Kühlkörper(Aluscheibe mit aufgedruckter Leiterbahn) und LED-Aufnahme in der LED-Kopflampe

LED Car Headlights 2000LM 35W Conversion Kit

Quelle: <http://www.youtube.com/watch?v=z7Rgqn79UhY>



Naja, dass es in so einer technischen Lösung endet, hatte ich mir beim ersten Gedanken an das Projekt nicht vorstellen können. Wenn man die Energie für die Herstellung des ganzen Aluminiumblockes rechnet, fährt die Menschheit mit der vergleichsweise einfachen H7 Lampe unter Umständen besser. Ewig wird die LED auch nicht halten. Nach Fortschritt sieht mir das noch nicht so richtig aus. Ein schönes Hobby kann es sein.



Wie schlicht und kostengünstig doch die H7-Lampe wirkt...

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

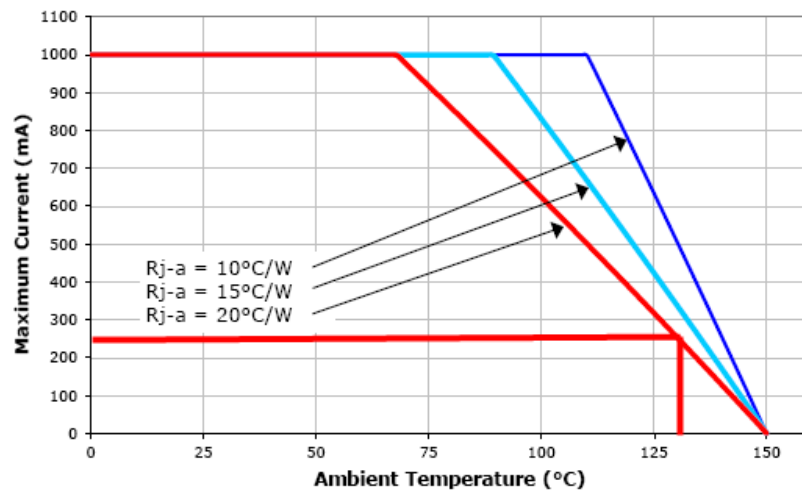
(Die LEDs waren bei LUMITRONIX 68212 für günstige 0,79 € pro Stück zu bekommen.)

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:

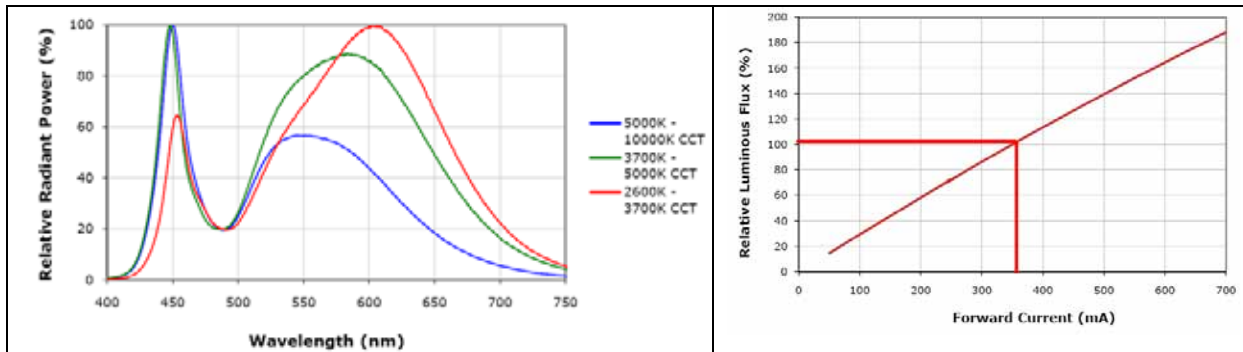
Color	CCT Range		Base Order Codes Min. Luminous Flux (lm) @ 350 mA		Order Code
	Min.	Max.	Group	Flux (lm)	
Cool White	5000 K	10,000 K	Q4	100	XPEWHT-L1-0000-00C01
			Q5	107	XPEWHT-L1-0000-00D01
			R2	114	XPEWHT-L1-0000-00E01
			R3	122	XPEWHT-L1-0000-00F01
Outdoor White	4000 K	5300 K	Q4	100	XPEWHT-01-0000-00CC2
			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:

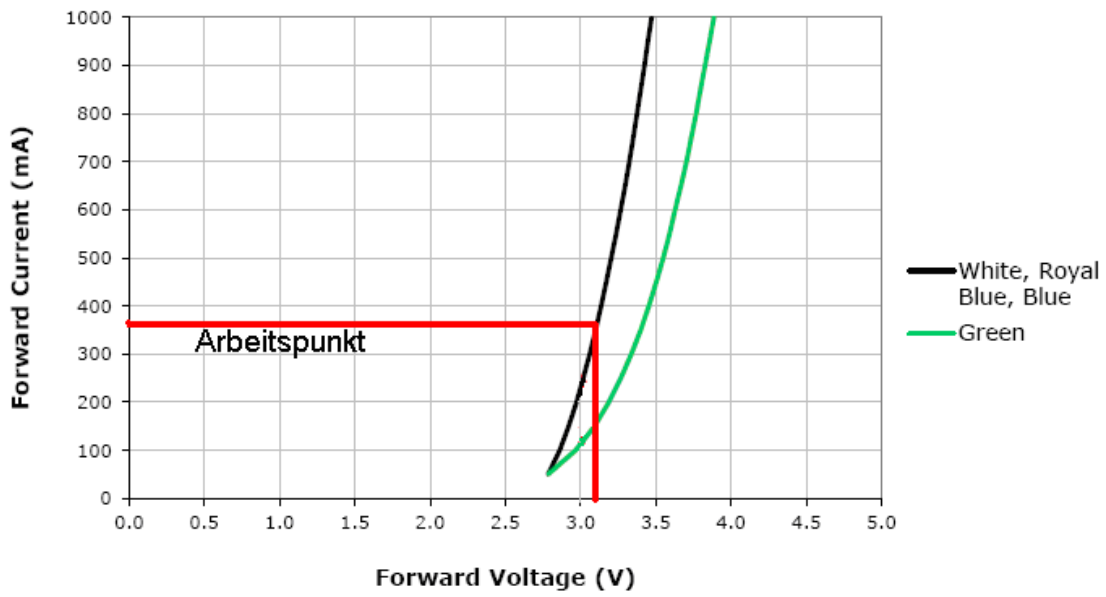
MAX16819 Inductor and Sense Resistor Design Tool

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

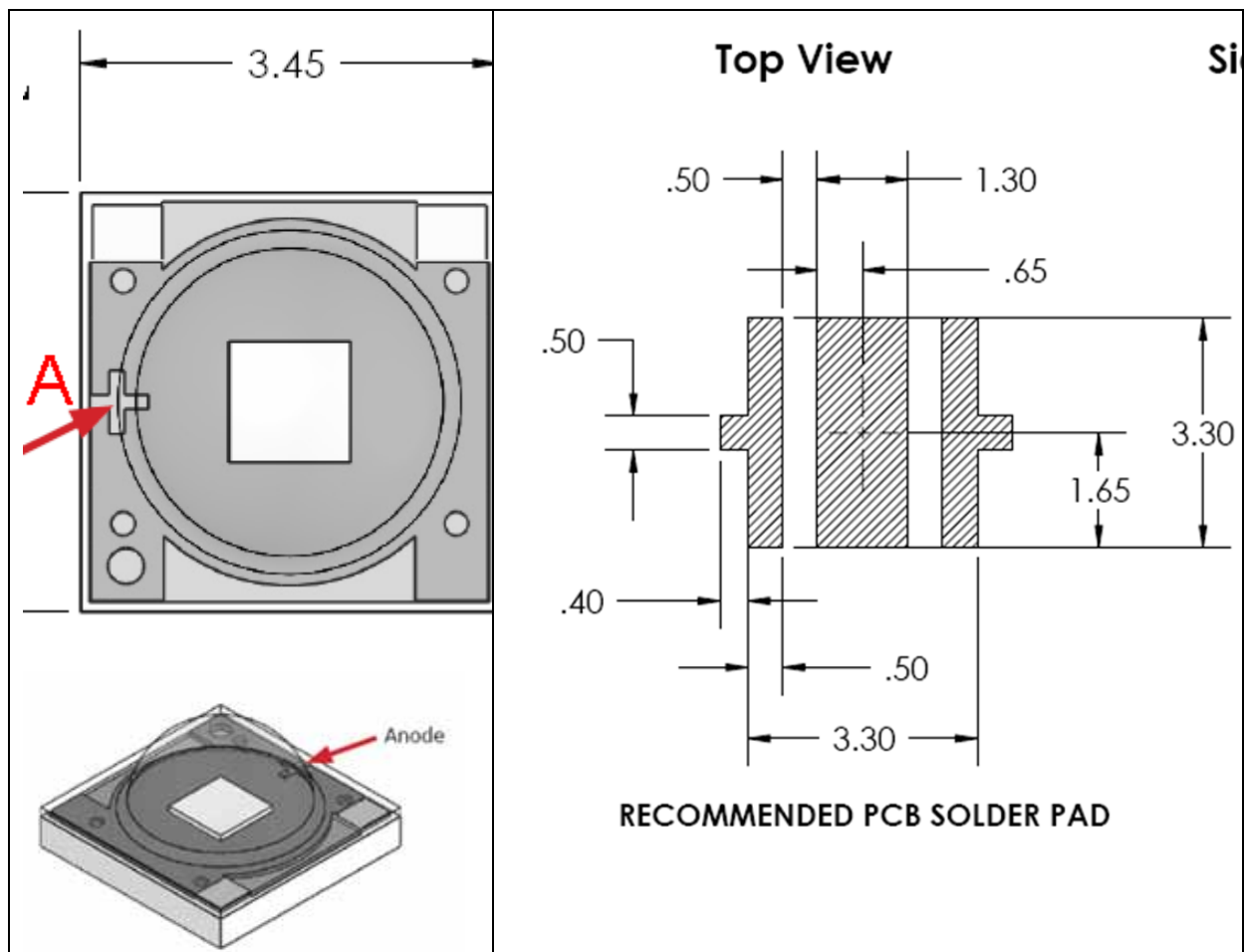
Ouput Definition	Parameter	Output	Unit
Adjustment Work Condition	Yes/No	Can design	
Ripple Current	ΔI	0,11	A
Sense Resistor	Rs	0,67	Ω
Designed Minimum Inductor	L	35,58	μH

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

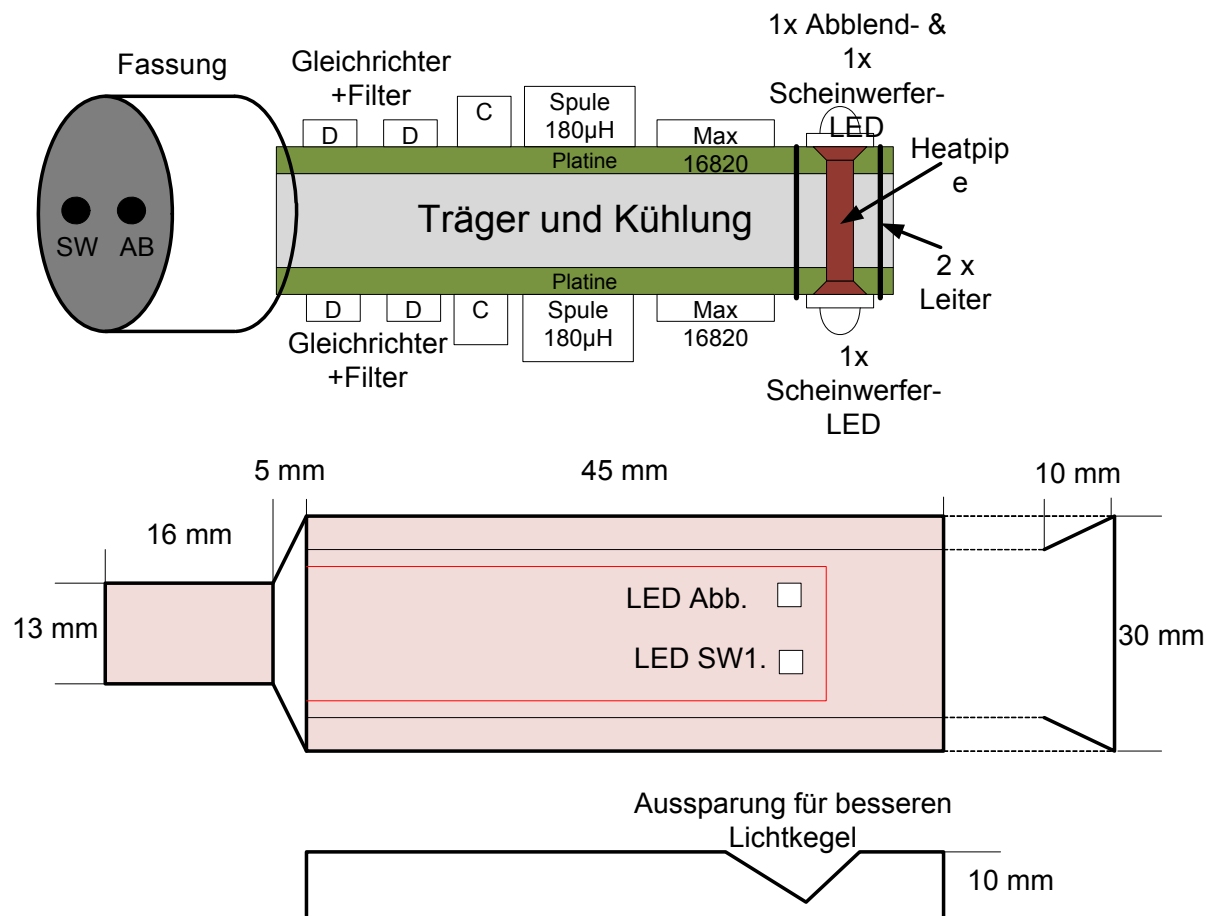
Strom-Spannungskennlinie:



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 $4 \times 1,5 \Omega = 0,375 \Omega$ als SMD

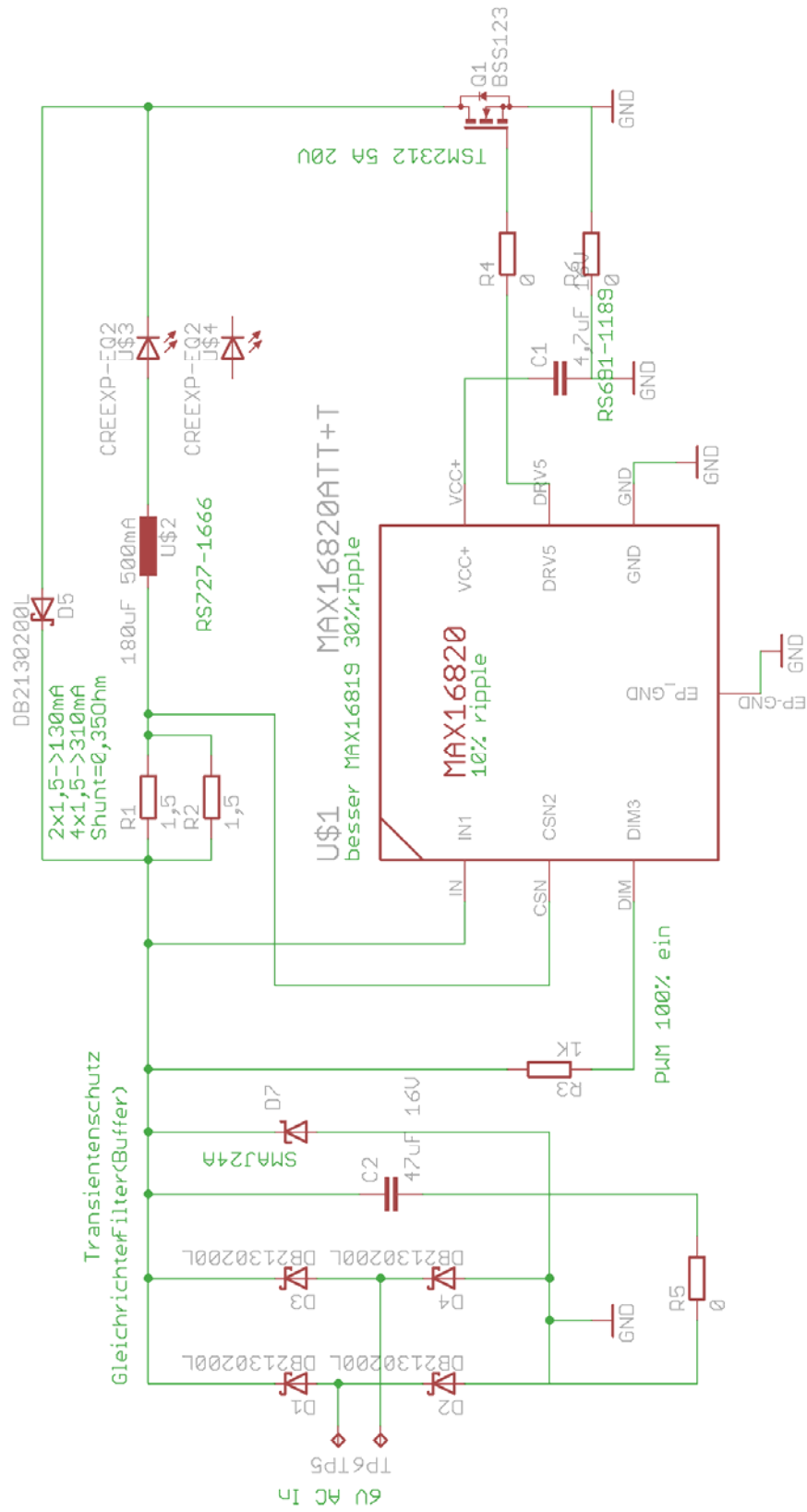
Bauform 0805) experimentell auf etwa 330 mA eingestellt. Laut Berechnungsprogramm wären 0,670 Ohm nötig gewesen. Der Stromverbrauch der gesamten Schaltung liegt im Mittel um 300 mA \pm 30 mA je nach angelegter Betriebsspannung. Bei kleinen Spannungen von etwa 6 V wird der LED-Strom direkt durch die Betriebsspannung 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 Wechselfspannungen 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 ($\geq 0,6$ V). Das ist vorteilhaft bei der zu erwartenden geringen Betriebswechselfspannung 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.

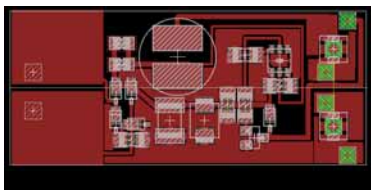
Die Suppressordiode (Bi-Directional TVS-Diode) *SMAJ15CA-E3/61*, von *Bourns* mit der Durchlassspannung von 24,4 V soll die Schaltung vor evt. auftretenden Spitzenspannungen über 24,4 V schützen. Der Schaltkreis ist bis max. 28 V Betriebsspannung zugelassen.

Die Spule *SDR0805-181KL* von *Bourns* (180 uH 0,51 A 10% 5 MHz) 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 ($< 50^\circ\text{C}$).

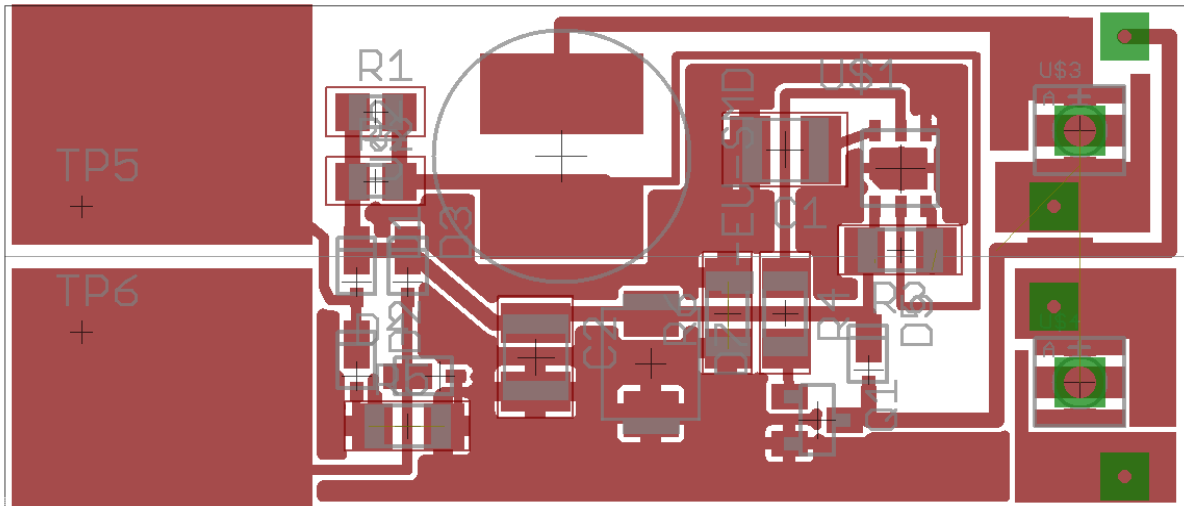
Beim Auflöten der LEDs ist Vorsicht geboten. Sie sind für bleifreies Reflowlöten vorbereitet und man muss beim Verzinnen und Auflöten sehr aufpassen, damit bei Erwärmung die Kunststofflinse nicht kaputt geht. Es wurden 5 Stück von 10 Stück der beschafften LEDs bei der Herstellung des ersten Prototypen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



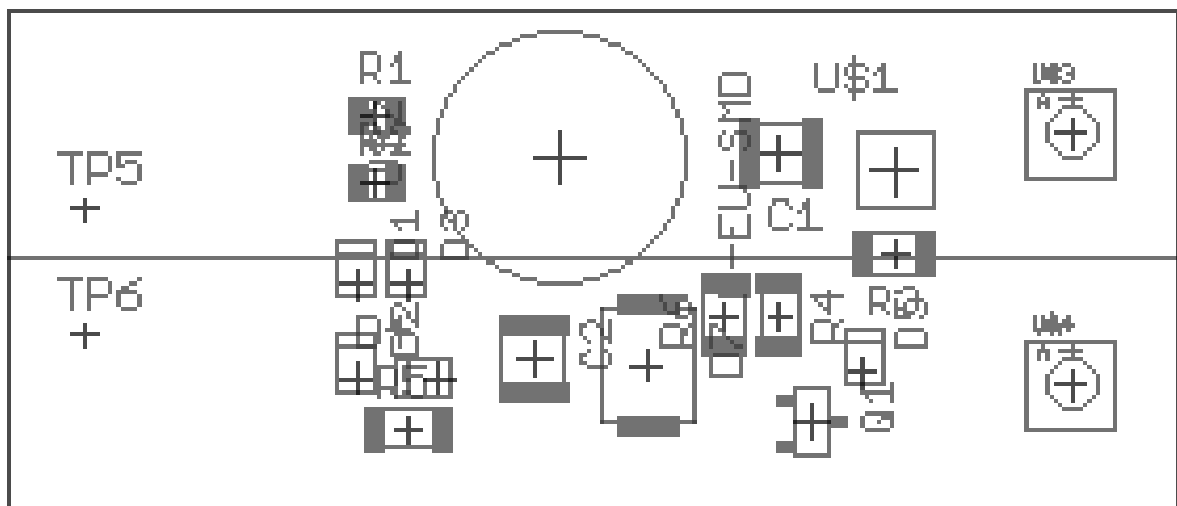
Layout:



Originalgröße der Platine



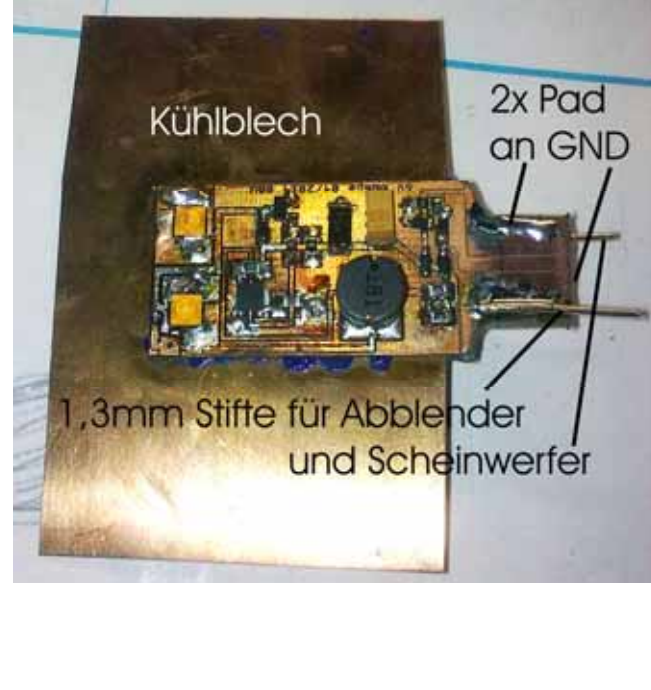
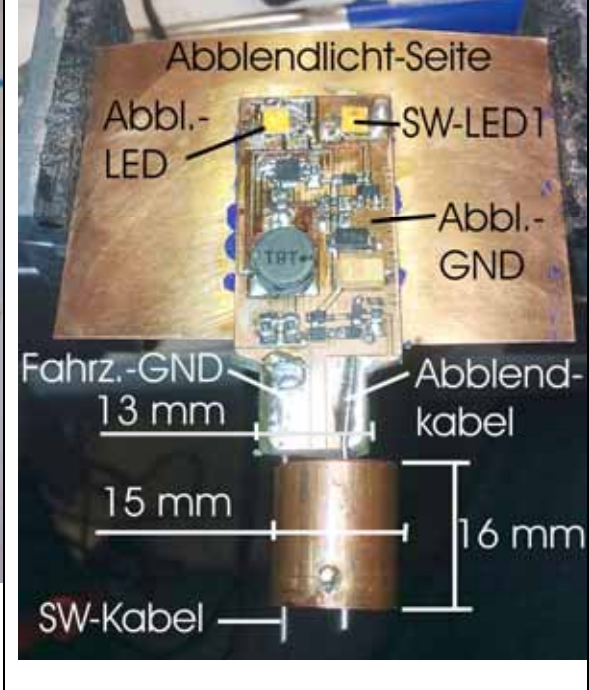
Vergrößertes Layout





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

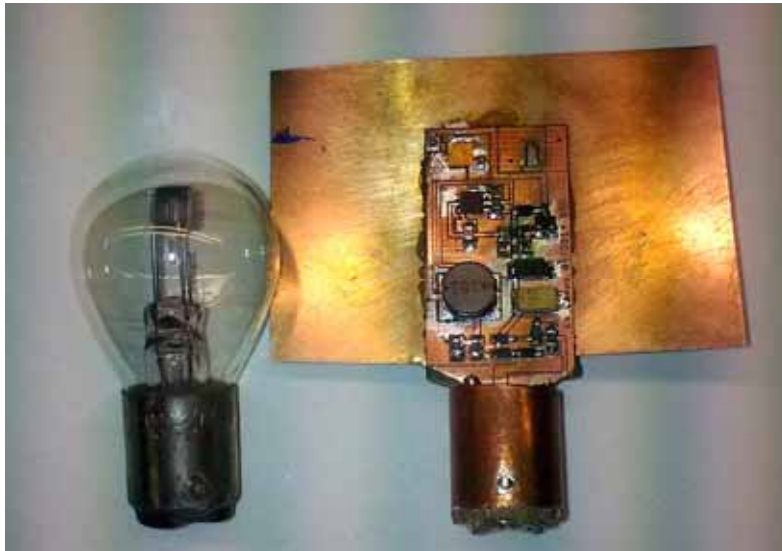
Die Fassung wird einfach aus 15 mm Kupferrohr gebaut. Es wird auf 16 mm Länge abgesägt. Mittig werden 2mm Löcher durchgebohrt bei 3 mm?? Abstand vom Rand für die 2mm Fixierstifte Hier kleine Holzschrauben aus Messing

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

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 $f = 50\text{ Hz}$ $I_{eff} = 2,8\text{ A}$!



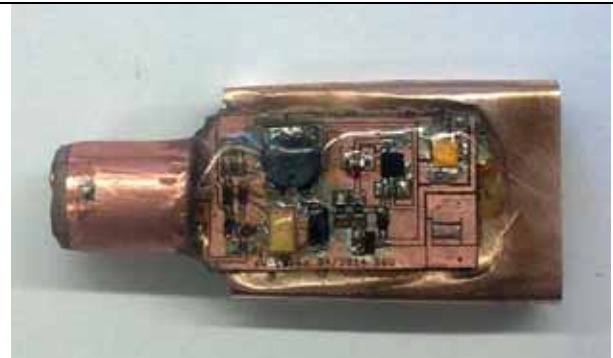
Abblendlicht original (nicht sehr blendend)



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)



Ablender original Boden (guter Fokus)



Ablender LED Boden (streut etwas mehr)

	
<p>Scheiwerfer original Boden (sehr schwach)</p>	<p>Scheinwerfer LED Boden (leider nicht heller)</p>

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. Wahrscheinlich geht die Spannung ohne Last extrem in die Höhe >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? 😊