# Kleiner Projektbericht „Ersatz für 6V Biluxlampe“

# Treiberschaltung für LED CREE XM-L T6 mit MAX 16820[1]

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

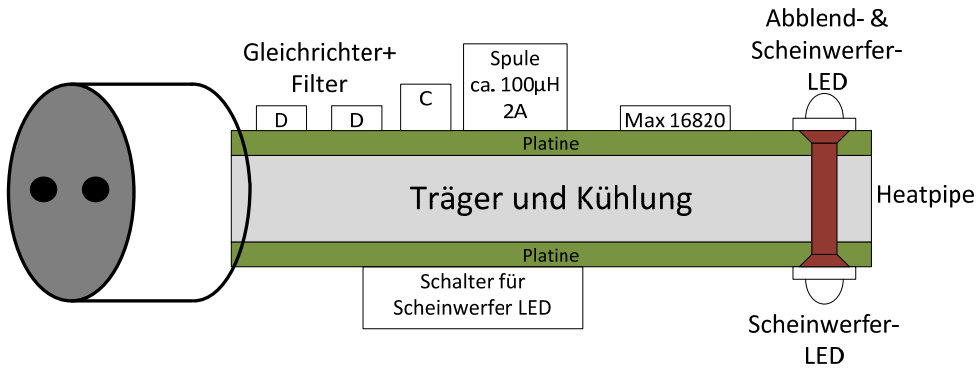
von Sebastian Guttke ; Kontakt: sebastian.guttke@htwk-leipzig.de

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 A betrieben werden. Damit würde der Nennstrom bei Nennspannung $U_D$ = 3,2 V in der LED fließen und die elektrische Leistung von nur (im Vergleich zu 15 oder 25W) P = 6,4 W umgesetzt werden. Der Lichtstrom $\Phi_V$ ist dann vergleichbar oder sogar etwas höher als bei der 15W Biluxlampe. (Definition und Rechenbeispiel für Begriffe: Lichtintensität, Beleuchtungsstärke, Photostrom: siehe Tietze Schenk : *Halbleiterschaltungstechnik*).

**Eine geeignete Lösung findet sich am Ende des Dokumentes**.

**Die Idee**: Betrieb einer LED als 1:1 Glühbirnenersatz mit Abblendlicht (1 LED) und Scheinwerfer (2 LEDs) in Abmaßen einer klassischen 6V/15W oder25W 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:

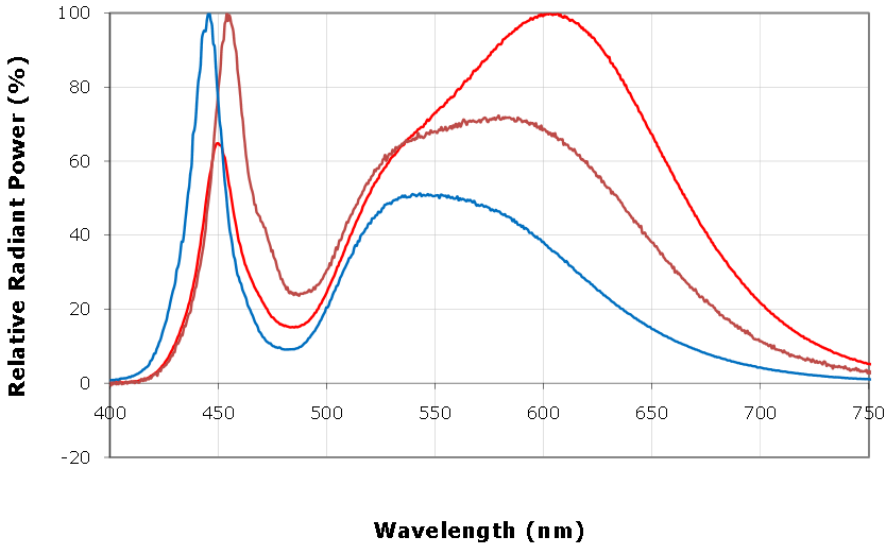
| | |
|---|---|
| Abstrahlwinkel: | 125° |
| Höhe: | 3.02mm |
| Breite: | 5.00mm |
| Tiefe: | 5.00mm |
| Leuchtfarbe: | weiss |
| Lumen min.: | 280 |
| Lumen max.: | 975 |
| Kelvin min.: | 5700 |
| Kelvin max.: | 6100 |
| mA min.: | 700 mA |
| mA test.: | 700 mA |
| mA typ.: | 700 mA |
| mA max.: | 3000 mA |
| V min.: | 2,9 V |
| V typ.: | 2.9 V |
| V max.: | 4 V |
| Sperrspannung: | 5 V |
| Watt: | 2,03 W |

Quelle der Bilder:
Datenblatt CREE XLamp XM-L LEDs

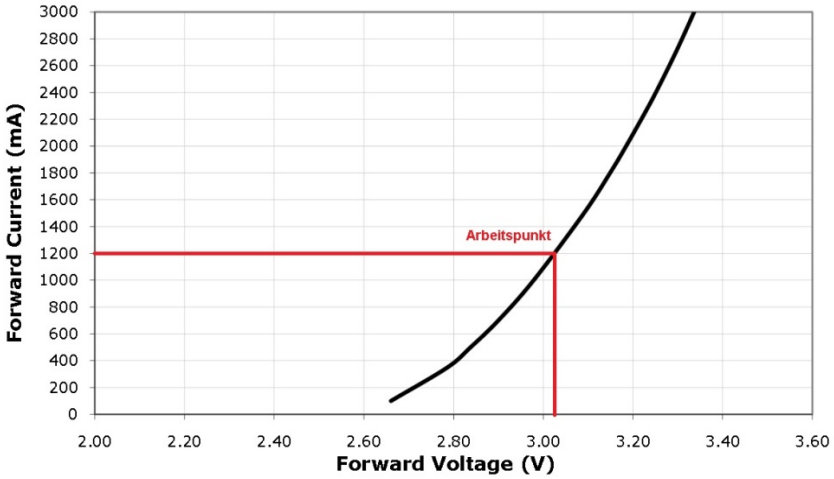
LED-Typen mit Hersteller-Sachnummern

| 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 |

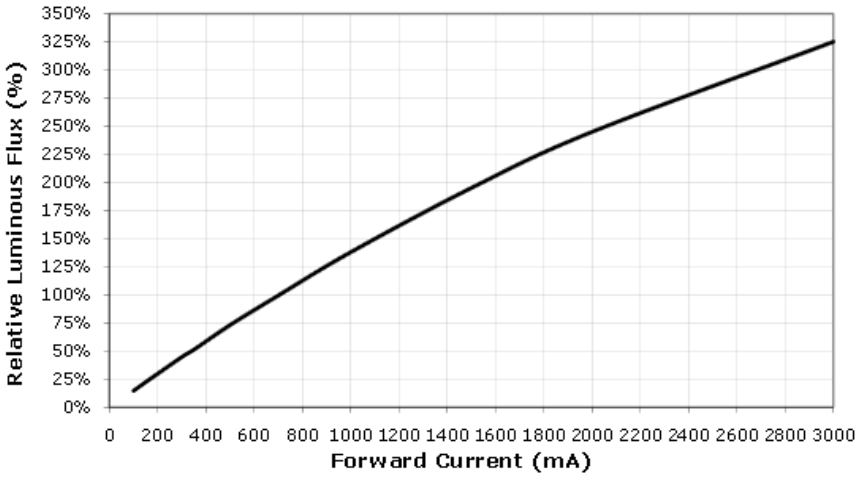
Spektrale Leistungsdichte Verteilung



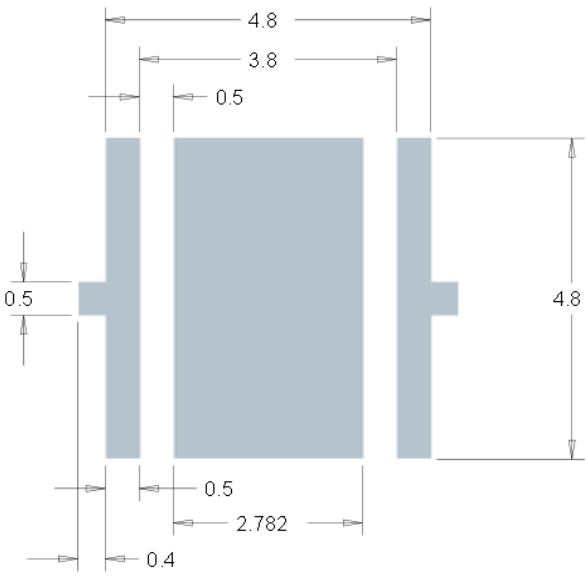

Kennlinie der Diode



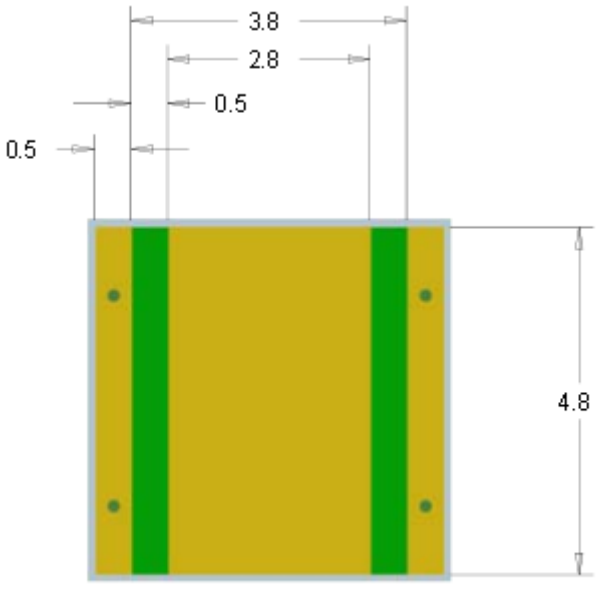

## RELATIVE FLUX VS. CURRENT ($T_J$ = 25 °C)




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



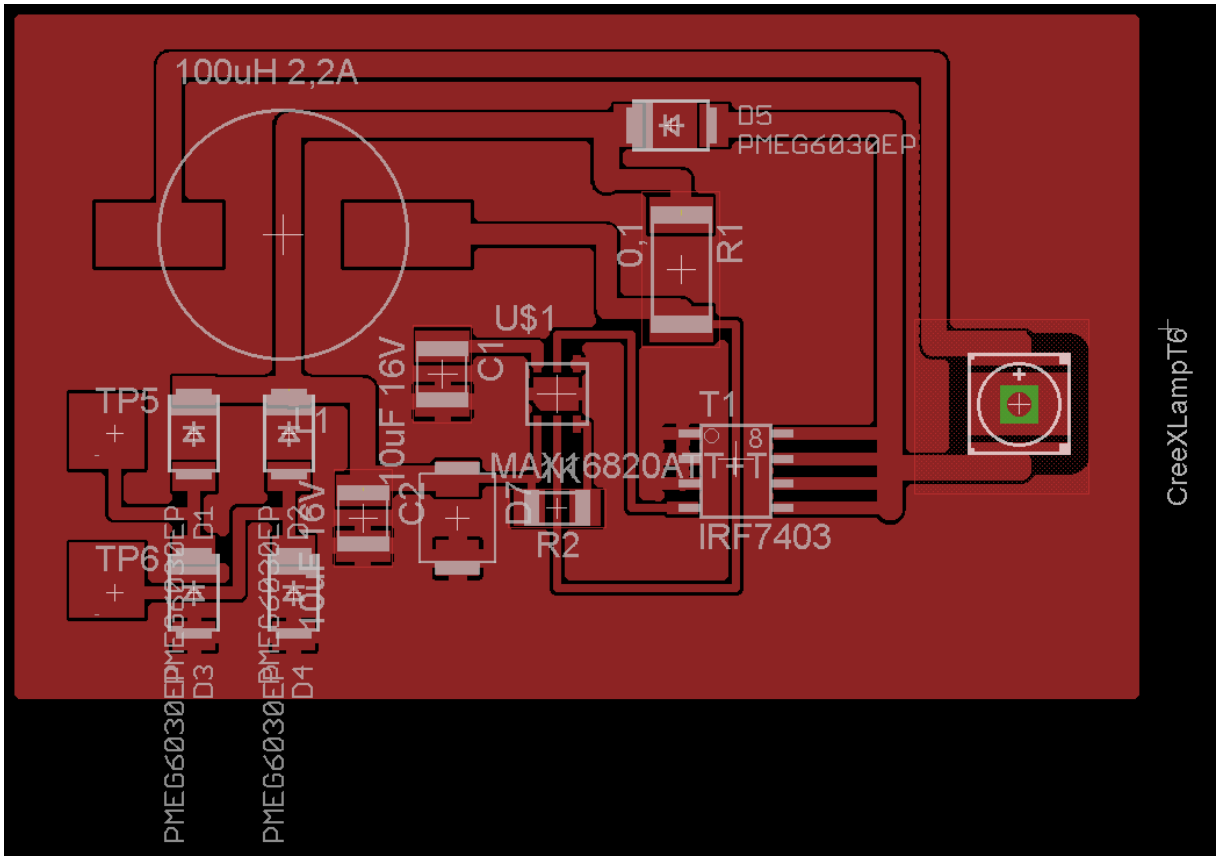

**Recommended PCB Solder Pad**




**Bottom View**

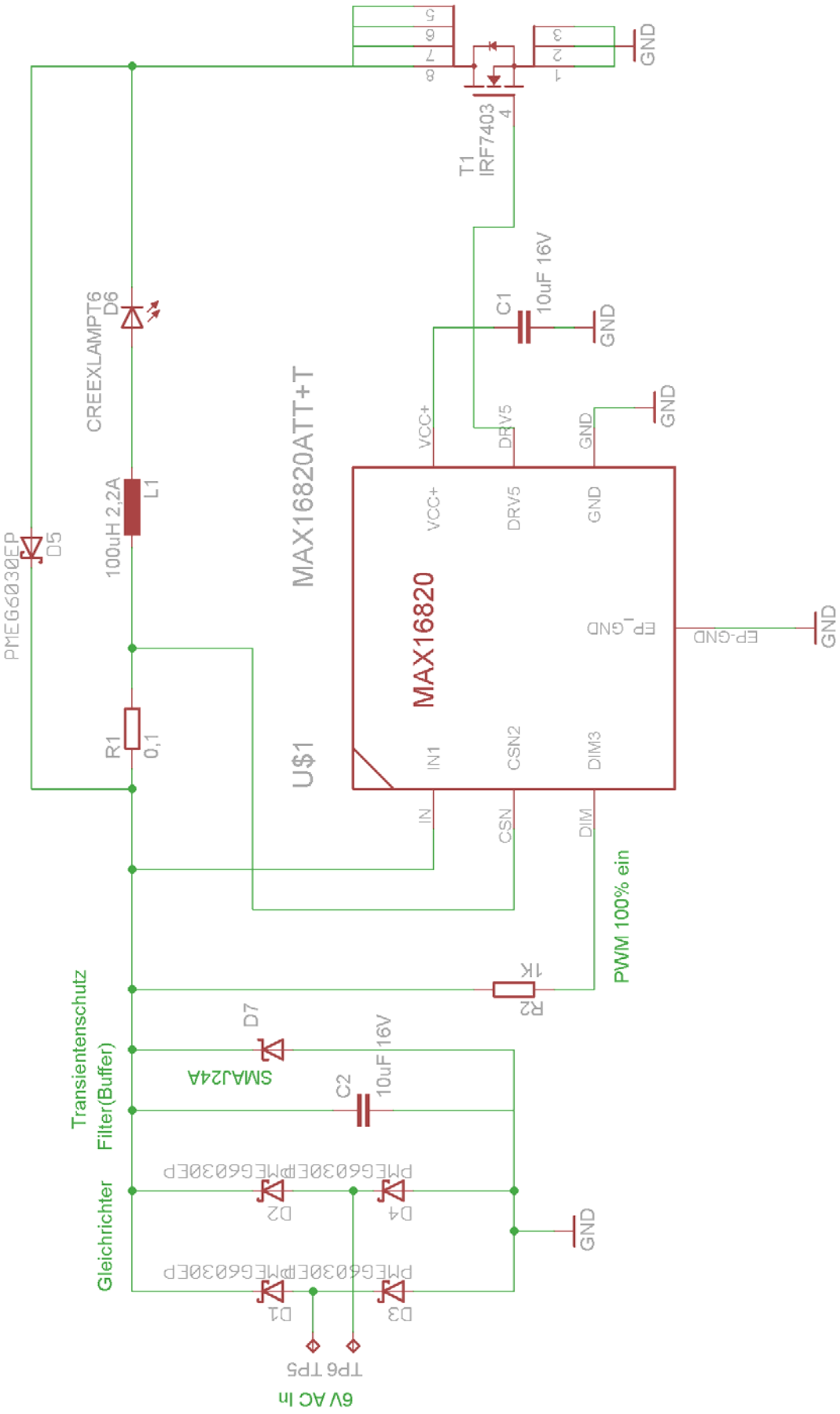
Quelle: Datenblatt CREE XLamp XM-L LEDs

Layout und Schaltung in Eagle Light Version 6.1.0 für Windows:

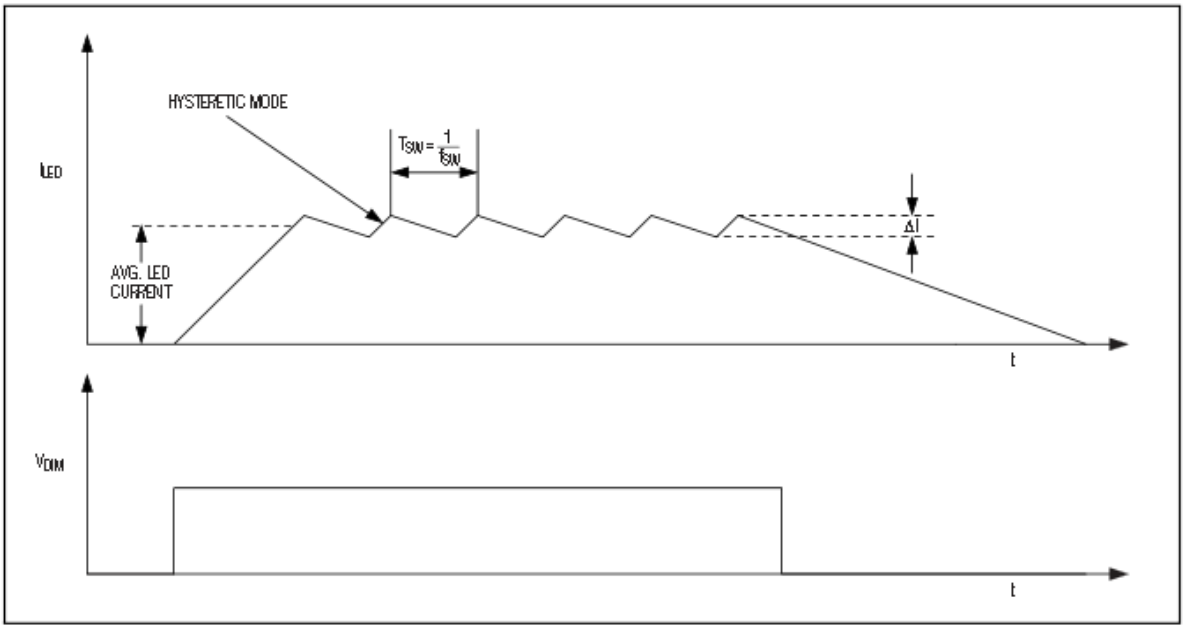



Maße 35x60 mm (als „gemütliche“ Anordnung)  Datei: LED_Lampe1.brd

Schaltung Datei: LED_Lampe1.sch




Dimensionierung des Messwiderstandes für die Stromregelung:




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

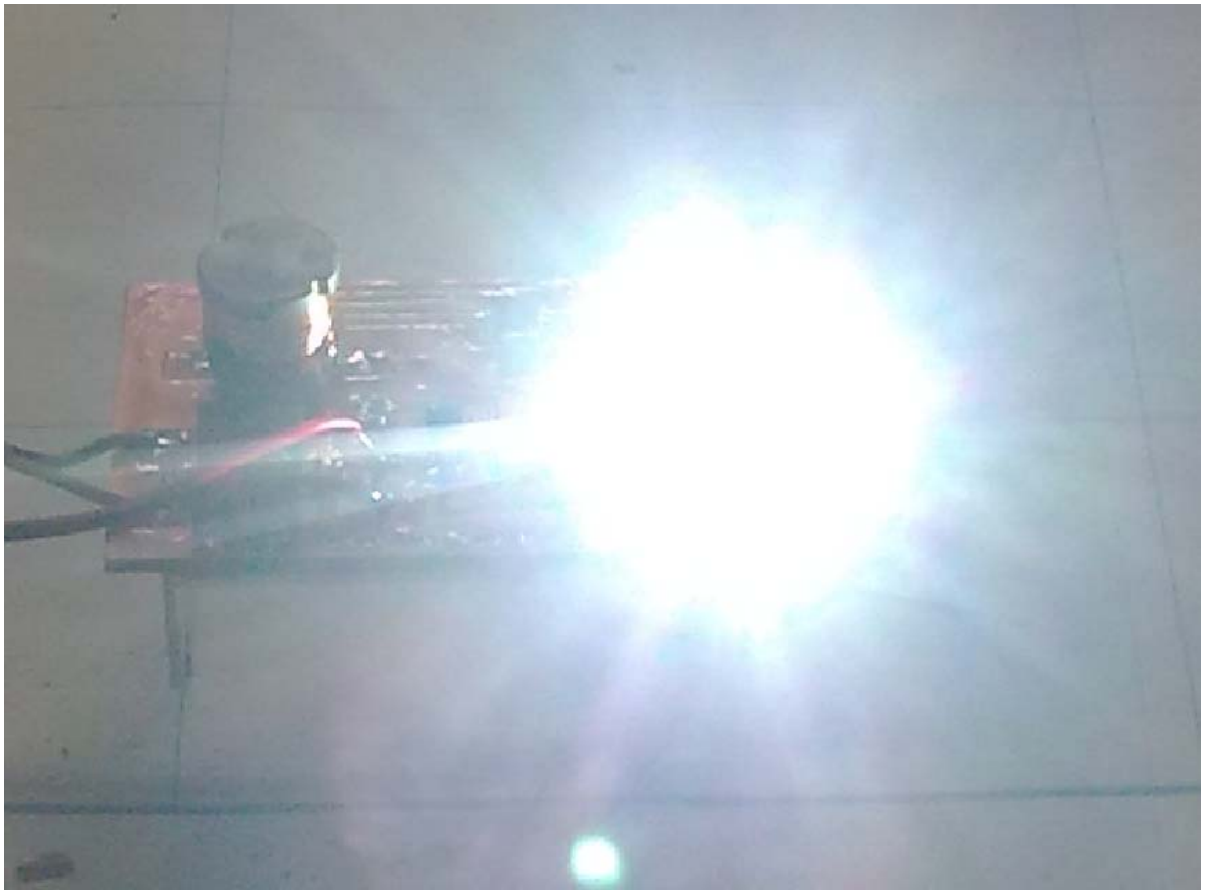
| SENSE COMPARATOR | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sense Voltage Threshold High | $V_{SNSHI}$ | ($V_{IN}$ - $V_{CSN}$) rising from 0V until $V_{DRV}$ < 0.5V (MAX16820) | 195 | 210 | 225 | mV |
| | | ($V_{IN}$ - $V_{CSN}$) rising from 0V until $V_{DRV}$ < 0.5V (MAX16819) | 213 | 230 | 246 | |
| 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 **$R_{sense}$ = 200 mV / 2 A = 100 mΩ.** Es wurde ein SMD Widerstand in der Bauform 2512 verwendet und es gab keine fühlbare Erwärmung.

Im Betrieb betrug der Stromverbrach der gesamten Schaltung dann $I_{ges}$=1,2 A. Dabei wurden ca. **$P_V$ ≈ 3,6 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 µH dimensioniert werden. Versuche mit 60 µH 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 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

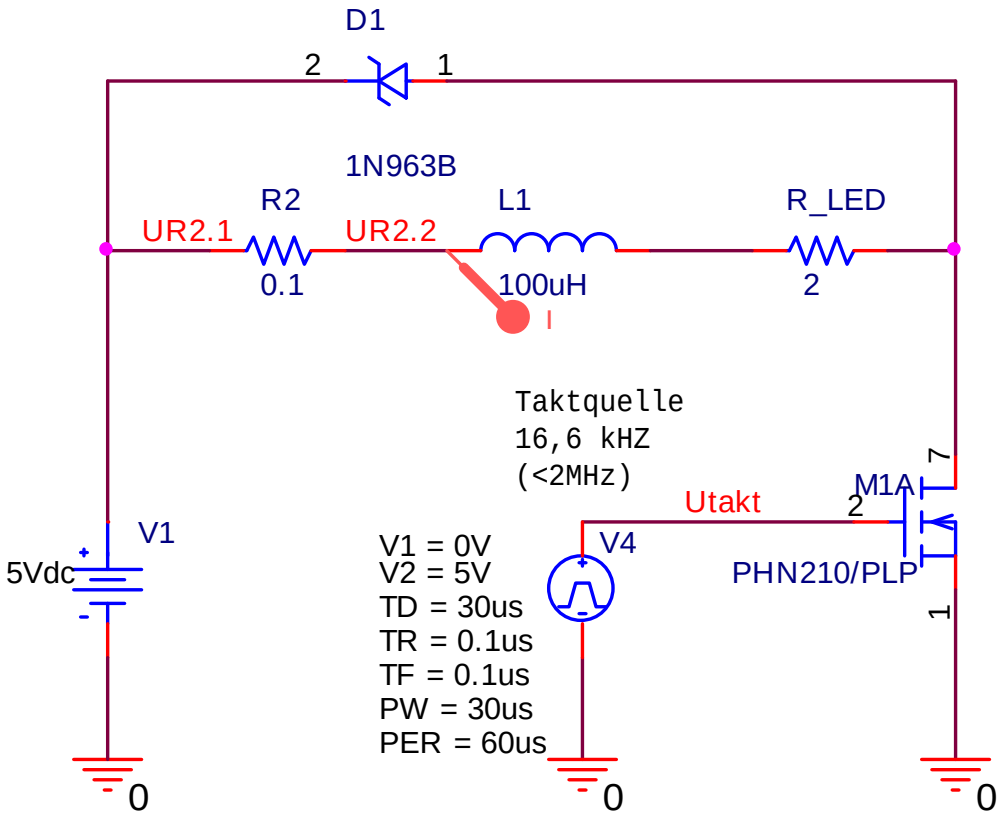
LED (led.lbr neues package CREEXLAMPXMLT6 )

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

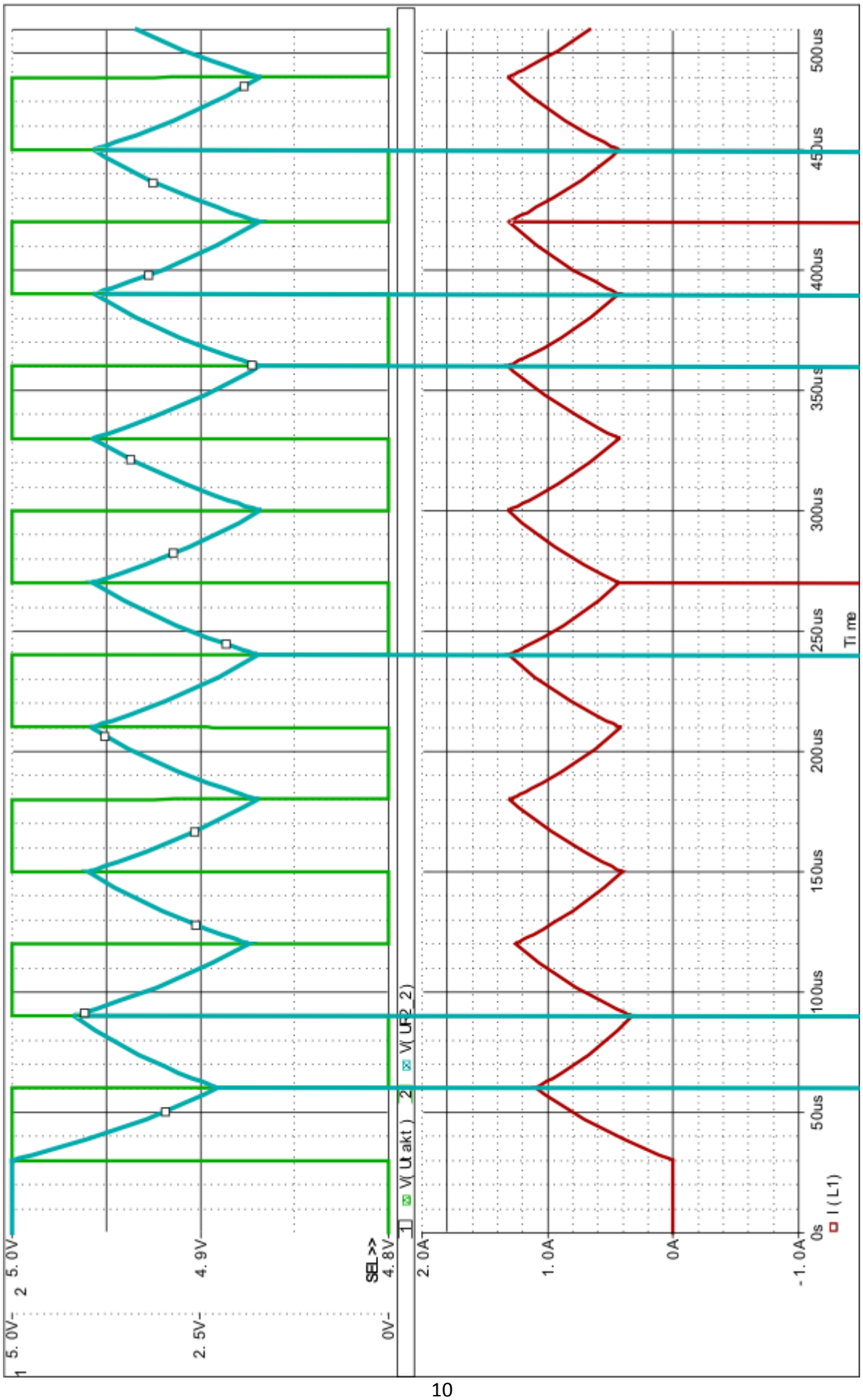


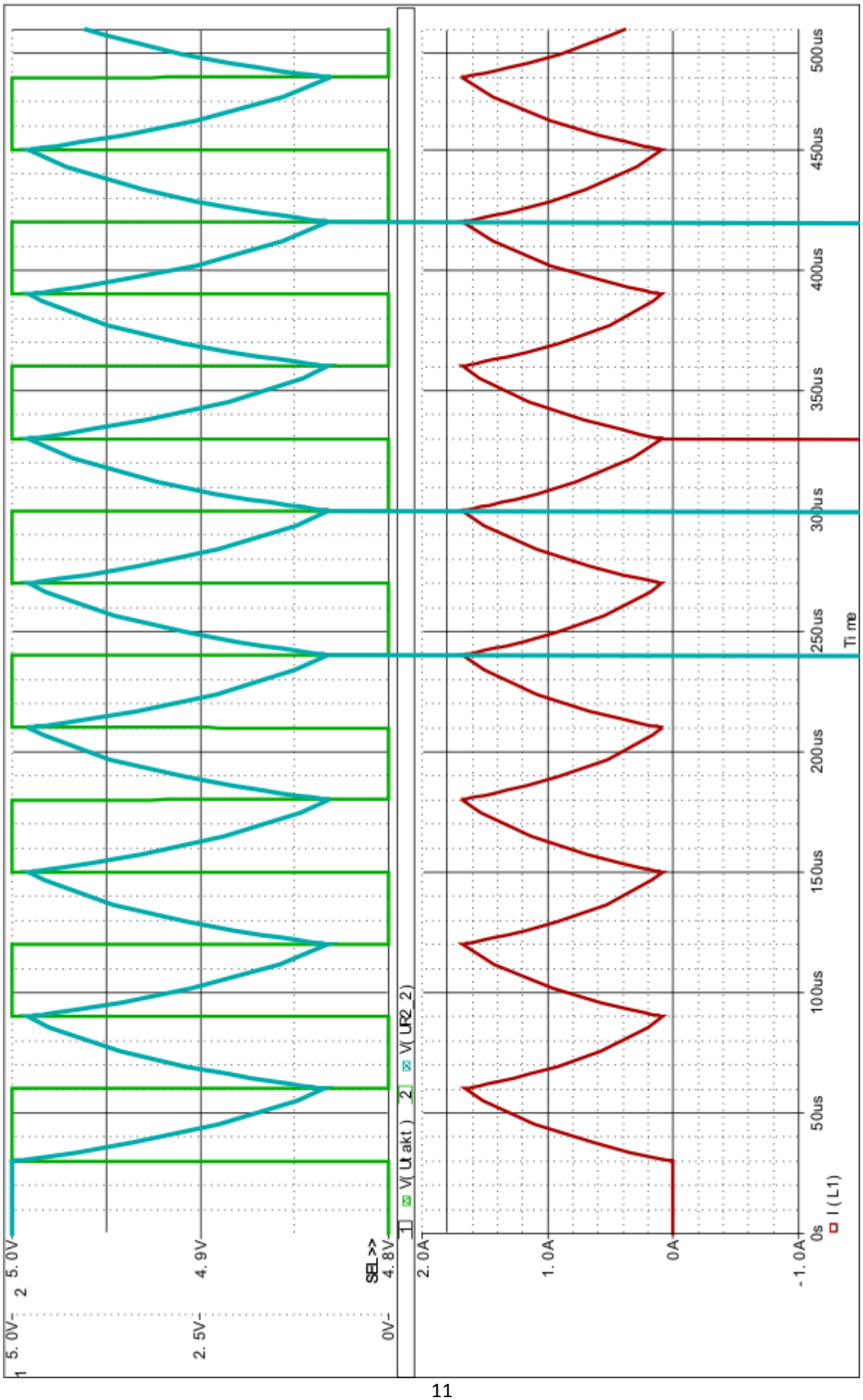

**PSPICE Simulationsergebnisse**

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


5.0V
4.9V
4.8V
2.0A
1.0A
0A
-1.0A
0s
50us
100us
150us
200us
250us
300us
350us
400us
450us
500us
Time
V(Ut akt)
V(UR2:2)
I(L1)


5.0V
2.5V
0V
5.0V
4.9V
4.8V
SEL>>
V(Ut akt)
V(UR2:2)
2.0A
1.0A
0A
-1.0A
0s
I(L1)
50us
100us
150us
200us
250us
300us
350us
400us
450us
500us
Time

## Fazit und Diskussion der Ergebnisse:

Die Schaltung funktionierte ab einer Betriebsspannung $U_{DC}$ = 4,8V sowie $U_{AC}$eff = 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 überteigt 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 dieLötpads „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.

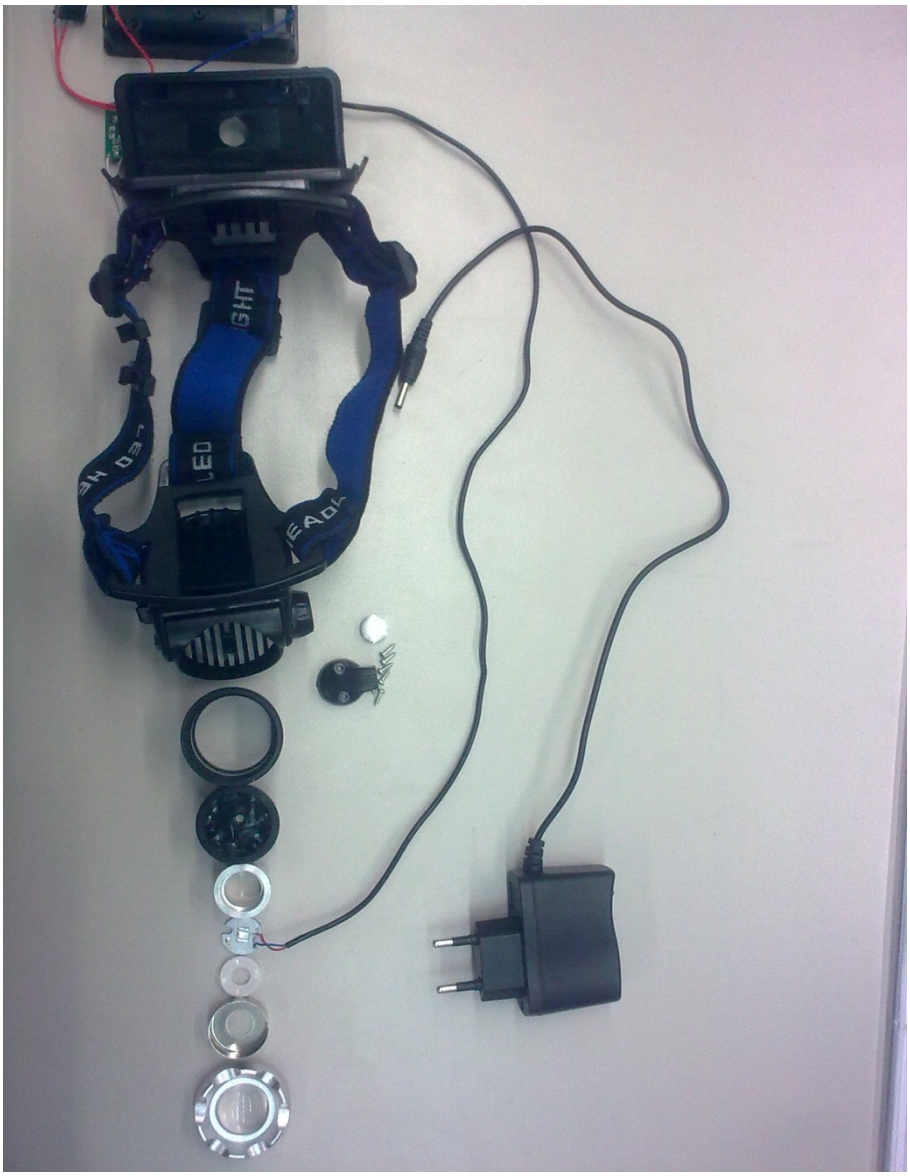
# Anhänge:

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

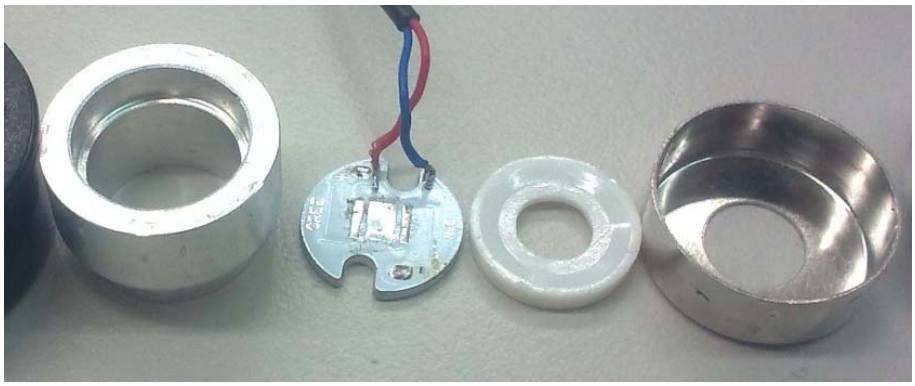
Es wurden für den Prototypen nur die grün markierten Bauelemente bestellt. Der MAX16820 war bei www.maxim-ic.com/ als Muster erhältlich. Die LED wurde einer Kopflampe, die für 13€ gekauft wurde, entnommen. Die übrigen Bauteile stammen aus dem Fundus an Bauteilen im Labor. Die Platine wurde an der Fakultät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

| Nr. | Bezeichnung | Stck | RS-Nr. | Conrad | Rei-chelt | 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 | | 1055451 - 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.**

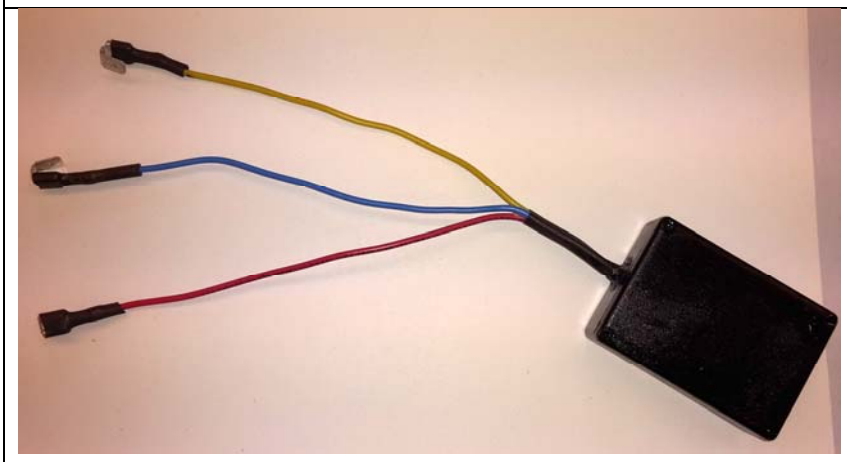
**Wie schlicht und kostengünstig doch die H7-Lampe wirkt…**

# Stand der Entwicklung 2015:

Die Lösung ist inzwischen gefunden: unter dem Suchbegriff „**LED 6V 25/25W Schwalbe**“ finden sich für <20€ geeignete LED La**mp**en. 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.