

Helmlampe mit optimierter Lichtverteilung für großräumige Höhlen



**Entwickelt und in Kleinserie hergestellt für
Landesverein für Höhlenkunde in Oberösterreich,
Zweigverein Hallstatt Obertraun**

21. Mai 2010

A. Allgemeines

Die Lampe wurde nur in zehn Musterexemplaren für den eigenen Bedarf im Höhlenverein angefertigt. Da sie nicht auf den Markt gebracht wird, benötigt sie keine CE-Kennzeichnung und muss auch keinerlei Normen erfüllen.

Die Lampe wurde in Eigenleistung entwickelt um zu beweisen, dass durch Verwendung geeigneter Optiken eine optimale Ausleuchtung speziell für das Befahren von

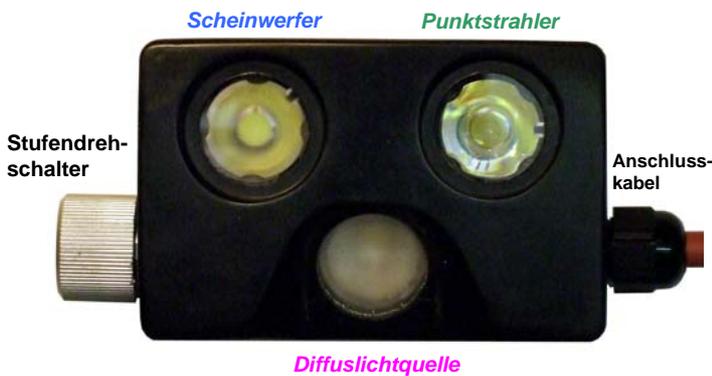


Bild 1 – Lampe ausgeschaltet

Höhlen erreicht werden kann, woran es allen käuflichen Lampen – und seien sie noch so teuer – mangelt. Zusätzlich wurde bei dieser Entwicklung darauf geachtet, dass die Lichtquellen von außen nicht punktförmig wirken. Damit ist die Leuchtdichte niedriger und deshalb die Blendwirkung für andere Personen geringer.

Der Lampenkopf hat drei Lichtquellen:

- Unten mittig und um 20° nach unten geneigt befindet sich die *Diffuslichtquelle*, die einen weich auslaufenden Leuchtkegel mit einem Öffnungswinkel von $\pm 45^\circ$ aufweist, d.h. 45° abseits der Mitte ist die Lichtstärke noch halb so hoch wie in der Mitte. Der Kegel besitzt keinen erkennbaren Rand und läuft weich aus; bei 55° abseits der Mitte ist die Lichtstärke noch etwa 1/6 so hoch wie in der Mitte.
- Links oben (von vorne gesehen) befindet sich der mittelstark bündelnde *Scheinwerfer* mit einem Öffnungswinkel von $\pm 14^\circ$. Auch dieser Leuchtkegel läuft weich aus und erzeugt keinen wahrnehmbaren Rand. Da der *Scheinwerfer* von einer LED mit vier Chips befeuert wird, kann man damit unterschiedliche Strahlungscharakteristiken erzeugen.
- Rechts oben befindet sich der stark bündelnde *Punktstrahler*. Im Gegensatz zu den anderen beiden Lichtern erzeugt der *Punktstrahler* einen hart begrenzten engen Leuchtkegel mit einem Öffnungswinkel von $\pm 8^\circ$.

Schalterstellung	Verwendung / Benennung	welche Lichtquellen brennen		
		<i>Diffuslichtquelle</i>	<i>Scheinwerfer</i>	<i>Punktstrahler</i>
0	Aus			
1	<i>Pausenlicht</i>	X		
2	<i>schwaches Arbeitslicht</i>	X	X	
3	<i>starkes Arbeitslicht</i>	X	X	
4	<i>Schlotlicht</i>			X
5	<i>Hallenlicht</i>		X	

Die Lampe kann mit vier bis sechs Trockenbatterien (z.B. Alkali-Mangan Mignonzellen) betrieben werden, oder mit wieder aufladbaren Akkumulatoren. Die Batteriespannung darf zwischen 3,5 und 9V liegen. Durch einen Kodier-Widerstand im batterie-seitigen Anschlussstecker kann der Tiefentladungsschutz der Lampe gesteuert werden, um eine zu tiefe Entladung der Akkumulatoren zu verhindern.

Hinweis: **Zum Schutz vor Tiefentladung der Akkumulatoren müssen diese in ihrem Anschlussstecker einen entsprechenden Widerstand vorsehen!**
(siehe weiter unten)

Das Gehäuse des Lampenkopfs ist relativ klein (85 x 56 x 24 mm) und hat eine Aluminiumrückwand als Kühl- und Montagefläche. Der Lampenkopf wiegt mitsamt schwenkbarer Helmhalterung und 1 m langem Kabel mit Stecker nur 240 g.

Das Vorderteil des Lampenkopfes ist aus ABS und leitet Wärme kaum. Die Lampe wird also nur über ihre Aluminiumrückwand gekühlt. Um das Gewicht und die Größe in Grenzen zu halten, wurde auf Kühlrippen verzichtet. Die Folge davon ist, dass sich die Lampe nur in den Schalterstellungen 1 bis 3 dauernd betreiben lässt. In der Schalterstellung 4 und sogar noch stärker in der Schalterstellung 5 überhitzt sich die Lampe, weswegen diese Betriebsarten nicht für den Dauerbetrieb geeignet sind.

Hinweis: **Schlotlicht und Hallenlicht sind nur für Kurzzeitbetrieb geeignet!**

Beim *Schlotlicht* (Schalterstellung 4) werden je nach angeschlossener Batterie bis zu 4,5 W verbraucht.

Beim *Hallenlicht* (Schalterstellung 5) werden je nach angeschlossener Batterie sogar bis zu 11 W verbraucht.

Wenn sich die Aluminiumrückwand auf 42 bis 44°C erwärmt hat¹, schalten der *Scheinwerfer* selbständig auf etwa ¼ zurück und der *Punktstrahler* ganz ab; erst nach Abkühlung um 1 Grad werden sie wieder freigegeben. Je nachdem bei welcher Rückwandtemperatur man anfängt, kann die Abschaltung bereits nach relativ kurzer Zeit erfolgen. Die Widerfreigabe dauert ½ bis 2 Minuten.

Der Lampenkopf ist gegen Spritzwasser abgedichtet und kann kurz unter laufendem Wasser gereinigt werden. Er enthält ein Reservoir von etwa 1g Silikagel, um eventuelles Kriechwasser entlang der Adern des Kabels aufzunehmen. Weder Lampenkopf noch Stecker sind jedoch tauchwasserfest.

Hinweis: **Die Lampe ist nicht zum Tauchen geeignet!**

Die Lagerung zwischen den Touren muss an einem trockenen Platz erfolgen, damit die potentiellen Kriechstrecken austrocknen können. Dies sind insbesondere der Kabelstecker und die Achse des Drehschalters.

¹ Diese Abschaltung hat bei der Erstausslieferung nicht richtig funktioniert bzw. die Abschalttemperatur lag mit 65°C zu hoch, so dass die Elektronik Schaden nahm und ausgetauscht werden musste.

Die Lampe wird mit einem Drehschalter mit sechs Stellungen bedient, die nun im Einzelnen erläutert werden.

B. Schalterstellung 0: "Aus"

In der Schalterstellung 0 (am Anschlag in Gegenuhrzeigersinn) ist die Lampe ausgeschaltet, das heißt, es brennt keines der drei Lichter, wie in Bild 1 dargestellt. Der Schalter bedient lediglich Steuerleitungen der Elektronik und schaltet nicht direkt die Stromzufuhr, d.h. auch in der Schalterstellung 0 liegt die volle Batteriespannung an der geräteinternen Elektronik.

Hinweis: Bei Transport und Lagerung ist die Batterie unbedingt abzustecken!

Die Lampe verbraucht auch in der Schalterstellung 0, also im ausgeschalteten Zustand, etwas Strom. Der Stromverbrauch ist allerdings mit deutlich unter 1 mA so gering, dass man die Lampe während der ganzen Höhlentour mit der Batterie verbunden lassen kann und soll.

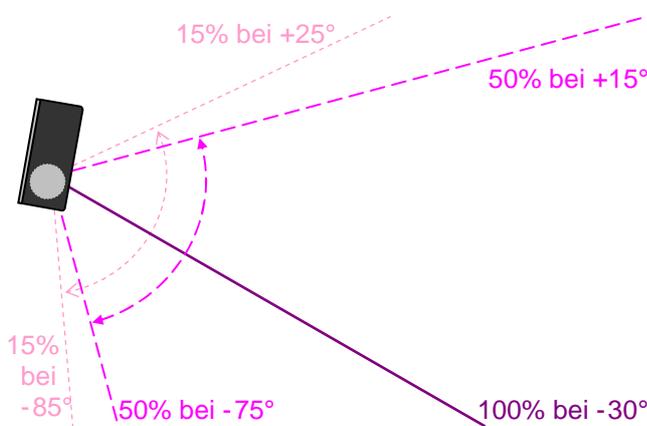
C. Schalterstellung 1: "Pausenlicht"



Bild 2 – Pausenlicht

In der Schalterstellung 1 ist nur die *Diffuslichtquelle* mit niedriger Helligkeit eingeschaltet. Diese Schalterstellung eignet sich deshalb gut für Pausen während der Tour, für das Schlafen und für den Aufenthalt im Biwak. Die LED wird mit etwa 0,1 W betrieben und der Stromverbrauch beträgt bei 4,8 V (vier NiMH-Zellen) etwa 22 mA und bei 7,4 V (zwei Lilon)

etwa 15 mA, so dass die Lampe in Schalterstellung 1 mit 4 Alkali-Mignonzellen bereits über hundert Stunden leuchten würde.



Bei „normaler“ Kopfhaltung ergibt sich etwa die in Bild 3 schematisch dargestellte Lichtverteilung. Natürlich hängt die Neigung des Leuchtkegels von der Neigung des am Helm schwenkbar angebrachten Lampenkopfes und von der Haltung des Kopfes des Höhlenforschers ab.

Bild 3 – Lichtverteilung bei Pausenlicht

D. Schalterstellungen 2 und 3: "Arbeitslicht"

In den Schalterstellungen 2 und 3 sind sowohl die *Diffuslichtquelle* als auch der *Scheinwerfer* eingeschaltet. Die Schalterstellungen 2 und 3 unterscheiden sich lediglich durch die Helligkeit, mit der die beiden Lichtquellen jeweils leuchten.



Bild 4 – Arbeitslicht

Die Kombination aus nach unten geneigter *Diffuslichtquelle* und *Scheinwerfer* ist das Herzstück der Entwicklung dieser Lampe. Damit entsteht eine vertikal asymmetrische Lichtverteilung die praktisch alle im Blickfeld befindlichen Gegenstände erfasst (wie früher die Karbidlampe) und die aber im Gegensatz dazu unmerklich aber wirkungsvoll die in der Ferne liegenden Gegenstände stärker anleuchtet als die im Vordergrund liegenden.

D.1 Lichtverteilung

Bei „normaler“ Kopfhaltung ergibt sich etwa die in Bild 5 schematisch dargestellte Lichtverteilung. Natürlich hängt die Neigung der Leuchtkegel von der Neigung des am Helm schwenkbar angebrachten Lampenkopfes und von der Haltung des Kopfes des Höhlenforschers ab.

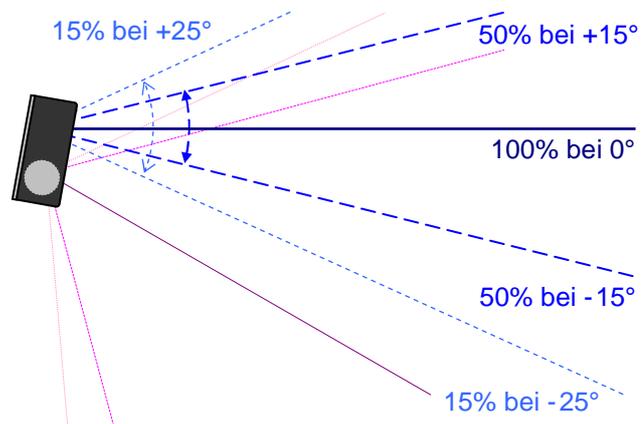


Bild 5 – Lichtverteilung bei Arbeitslicht

Da von der LED im *Scheinwerfer* nur einer von vier Chips aktiviert ist, schiebt der *Scheinwerfer* gegenüber dem Lampengehäuse gewollt um etwa 10° nach oben.

Als Benutzer nimmt man natürlich nicht die beiden Lichtkegel als separate Lichter wahr, vielmehr resultiert damit eine Ausleuchtung, die sich gleitend zum Horizont hin verstärkt. Wie ausgeprägt dieser Effekt ist, hängt natürlich vom Verhältnis der Leistungen der beiden Lichter – *Diffuslichtquelle* und *Scheinwerfer* – ab.

D.2 Schalterstellung 2: Schwaches Arbeitslicht

Die LED der *Diffuslichtquelle* wird mit etwa 0,37 W betrieben und einer der vier Chips des *Scheinwerfers* zusätzlich mit etwa 0,09 W. Bei 4,8 V verbraucht die Lampe etwa 100 mA und bei 7,4 V etwa 70 mA.

Ein Batteriesatz aus vier Mignonzellen reicht für gut 24 Stunden beim *schwachen Arbeitslicht*. Dieses Licht ist dennoch durchaus vergleichbar mit einer gut brennenden Karbidlampe, wobei man aber bereits deutlich besser in die Ferne sieht.

Innerhalb der Lampe werden stets weniger als 0,6 W erzeugt, das führt langfristig zu einer Erhöhung der Temperatur der Aluminiumrückwand gegenüber stehender Umgebungsluft um maximal 5°.

Gut 80% des insgesamt erzeugten Lichtes stammen von der *Diffuslichtquelle*, die Lichtleistung der *Diffuslichtquelle* ist also etwa viermal höher als die des *Scheinwerfers*. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich die höhere Lichtleistung der *Diffuslichtquelle* auch auf einen größeren Winkelbereich verteilt und deshalb pro Raumwinkel sogar etwas niedriger ist.

Beim *schwachen Arbeitslicht* fällt der Aufhellungseffekt in der Horizontalen relativ moderat aus. Dies ist sinnvoll für eher kleinräumige Passagen, bei denen man beim Gehen nicht weiter als etwa 10 m weit schauen muss.

D.3 Schalterstellung 3: **Starkes Arbeitslicht**

Die LED der *Diffuslichtquelle* wird mit etwa 0,83 W betrieben und einer der vier Chips des *Scheinwerfers* zusätzlich mit etwa 0,47 W. Bei 4,8 V verbraucht die Lampe etwa 290 mA und bei 7,4 V etwa 190 mA.

Ein Batteriesatz aus vier Mignonzellen reicht für gut 8 Stunden beim *starken Arbeitslicht*. Dieses Licht ist bereits deutlich heller als eine gut brennende Karbidlampe, wobei man aber vor allem erheblich besser in die Ferne sieht.

Von der Lampe werden stets weniger als 1,5 W aufgenommen, das führt langfristig zu einer Erhöhung der Temperatur der Aluminiumrückwand gegenüber stehender Umgebungsluft um maximal 13°.

Knapp 64% des insgesamt erzeugten Lichtes stammen von der *Diffuslichtquelle*, die Lichtleistung der *Diffuslichtquelle* ist also etwa doppelt so hoch wie die des *Scheinwerfers*. Wegen der höheren Bündelung des *Scheinwerfers* ist nun die Helligkeit in der Horizontalen aber sogar drei bis viermal höher als schräg nach unten.

Im Vergleich zum *schwachen Arbeitslicht* ist die *Diffuslichtquelle* beim *starken Arbeitslicht* nur etwa doppelt so stark, während der *Scheinwerfer* nun sogar um den Faktor fünf stärker ist. Beim *starken Arbeitslicht* ist der Aufhellungseffekt in der Horizontalen stärker ausgeprägt. Dies ist sinnvoll für großräumige Passagen, bei denen man beim Gehen deutlich weiter sehen können muss.

E. Schalterstellung 4: **"Schlotlicht"**



Bild 6 – *Schlotlicht*

Die LED des *Punktstrahlers* wird bei 4,8 V Batteriespannung mit etwa 2,8 W betrieben und der Stromverbrauch der Lampe beträgt etwa 670 mA. Bei 7,4 V Batteriespannung sind es etwa 3,7 W und 590 mA.

Von der Lampe werden bei Benutzung von vier NiMH-Zellen etwa 3,2 W aufgenommen und bei zwei Lilon-Zellen etwa 4,4 W. Das würde ohne Temperaturabschaltung langfristig zu einer Erhöhung der Temperatur

der Aluminiumrückwand gegenüber stehender Umgebungsluft um etwa 29° (NiMH) bzw. sogar um etwa 39° (Lilon) führen.

Bei Verwendung von vier NiMH-Zellen kann es in alpinen Höhlen relativ lange dauern, bis die Rückwand auf 42 bis 44° aufgeheizt ist, aber bei zwei Lilon-Zellen wird die Abschalttemperatur auf jeden Fall immer relativ schnell erreicht: Je nach Starttemperatur und Akkuart erfolgt die Abschaltung nach 5 bis 15 Minuten.

Hinweis: **Nach der Temperaturabschaltung beim Schlotlicht steht man zunächst ganz im Dunkeln.** Arbeits- und Pausenlicht gehen aber unverändert

Da der enge Lichtkegel rechtwinklig zur Gehäusefront austritt, kann man das *Schlotlicht* gut zum Ausleuchten von horizontalen Gängen und Schächten vertikal nach unten benutzen, ohne den Lampenkopf am Helm neigen zu müssen. Um Schlotte senkrecht nach oben ausleuchten zu können, ist es wegen der begrenzten Bewegungsfreiheit des Genicks erforderlich, den Lampenkopf am Helm etwas nach oben zu schwenken.

F. Schalterstellung 5: "*Hallenlicht*"

Alle vier LED des *Scheinwerfers* werden gleichzeitig betrieben, bei 4,8 V Batteriespannung zusammen mit etwa 7,2 W bei einem Stromverbrauch der Lampe von etwa 1,7 A. Bei 7,4 V Batteriespannung sind es etwa 9 W und 1,4 A.



Bild 7 – *Hallenlicht*

Von der Lampe werden bei Benutzung von vier NiMH-Zellen etwa 8,2 W aufgenommen und bei zwei Lilon-Zellen etwa 10,5 W. Ohne Temperaturabschaltung würde dies langfristig zu einer Erhöhung der Temperatur der Aluminiumrückwand gegenüber stehender Umgebungsluft um etwa 80° (NiMH) bzw. um etwa 100° (Lilon) führen.

Auf jeden Fall wird die Abschalttemperatur von 42 bis 44°C in relativ kurzer Zeit erreicht: Je nach Starttemperatur und Akkuart erfolgt die Abschaltung bereits nach 2 bis 6 Minuten.

Hinweis: **Nach der Temperaturabschaltung beim *Hallenlicht* steht man nicht ganz im Dunkeln; das *Hallenlicht* geht nur etwa auf ¼ seiner Helligkeit zurück und ist damit immer noch heller als das Arbeitslicht.** Beim Zurückschalten zum Arbeitslicht kommt man über die Schalterstellung *Schlotlicht*, in der dann aber gar nichts brennt!

Da der mittelbreite Lichtkegel rechtwinklig zur Gehäusefront austritt, kann man das *Hallenlicht* gut zum Ausleuchten von großen Hallen benutzen, ohne den Lampenkopf am Helm neigen zu müssen, wenn man relativ erhaben steht bzw. wenn die Halle nicht zu hoch ist. Um hohe Hallen von einem tiefen Standort aus ausleuchten zu

können, ist es angenehmer, den Lampenkopf am Helm etwas nach oben zu schwenken.

G Temperaturverhalten

Innen an der Aluminiumrückwand in der Nähe des *Scheinwerfers* ist ein Temperaturfühler angebracht. Die Abschaltung erfolgt, wenn dieser Fühler 42 bis 44°C erreicht. Die Wiedereinschaltung erfolgt bei 1 Grad darunter.

Bei *Pausen-* und *Arbeitslicht* wird so wenig Wärme erzeugt, dass die Abschalttemperatur nie erreicht wird. Selbst beim *starken Arbeitslicht* (Schalterstellung 3) werden nur 1,4W bei Verwendung von vier NiMH-Zellen und 1,5W bei zwei Lilon-Zellen verbraucht.

Die Wandler für *Scheinwerfer* und *Punktstrahler* liefern bei Verwendung von zwei Lilon-Zellen (7,4V) mehr Strom an die LED als bei vier NiMH-Zellen (4,8V). Deshalb sind diese starken Lichter heller, wenn man Lilon verwendet statt NiMH – dafür aber wird dann natürlich auch die Abschalttemperatur schneller erreicht. Wie schnell, das hängt natürlich von der Temperatur der Lampe ab, die sie schon vor der Einschaltung hatte.

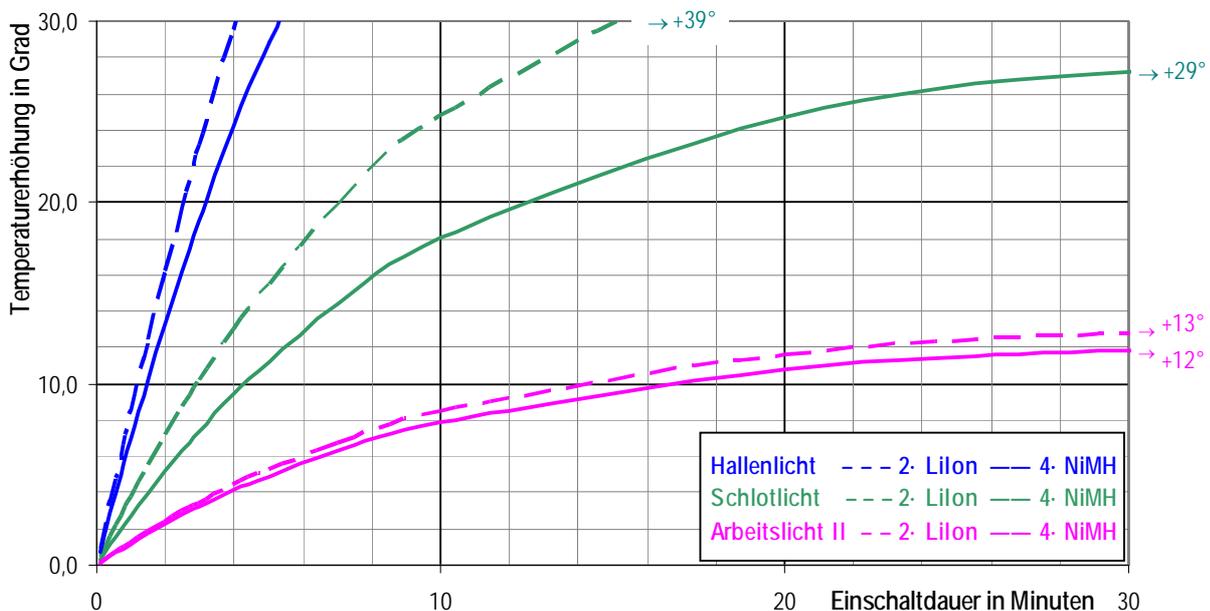


Bild 8 - Erwärmung der Aluminiumrückwand gegenüber stehender Umgebungsluft

Beispiel: Nehmen wir an, dass die Umgebungsluft am Helm z.B. 15°C hat. Eine noch nicht eigen-erwärmte aber akklimatisierte Lampe hätte also eine Temperaturreserve von 27 bis 29 Grad. Würde man sofort das Hallenlicht einschalten, so würde die Lampe bei vier NiMH nach etwa 5 Minuten abschalten bzw. bei zwei Lilon nach 3½ Minuten. Hat man hingegen die Lampe schon stundenlang mit dem starken Arbeitslicht benutzt, dann wird die Alurückwand bereits vor dem Einschalten des Hallenlichts ungefähr 28°C haben. Dann sind es noch 14 bis 16 Grad Reserve bis zur Abschaltung. Mit einem vierzelligen NiMH-Akku schaltet die Lampe dann ungefähr nach 3½ Minuten ab und bei einem zweizelligen Lilon-Akku nach 2½ Minuten.

Anmerkung:

Bei der Erstauslieferung war die Abschalttemperatur auf etwa 65°C eingestellt. Damit konnte man die hellen Lichter deutlich länger benutzen – allerdings gingen deren Wandler mit der integrierten Schaltung C310 dabei kaputt):-(

Die jetzt eingestellten 42 bis 44°C sind sehr vorsichtig. Damit ist die Lampe bei Umgebungstemperaturen von über 30° nach stundenlangem Gebrauch von starkem Arbeitslicht nicht mehr in der Lage, Hallen- und Schlotlicht auch nur kurzzeitig einzuschalten, weil die Abschalttemperatur schon dauerhaft überschritten ist, was aber beim Arbeitslicht nichts ausmacht.

H Tiefentladungsschutz

Die Lampe verwendet ein dreiadriges Kabel. Da man die Lampe mit unterschiedlichen Batterien betreiben kann, muss man der Lampe irgendwie mitteilen, bis zu welcher Entladungsschlussspannung die gerade angeschlossene Batterie entladen werden darf.

- Trockenbatterien darf man ruhig ganz leer machen, die werden nach dem Gebrauch sowieso entsorgt.
- Wieder aufladbare Batterien mögen es gar nicht, wenn man sie leer macht bis nichts mehr geht. Lilon-Akkus z.B. sind bereits nach einer einmaligen Totalentladung unbrauchbar und werden dann beim Versuch, sie doch noch einmal wieder aufzuladen, sogar lebensgefährlich (Explosionsgefahr). Aber auch NiMH-Akkus gehen bereits nach wenigen Zyklen kaputt, wenn man sie jeweils ganz entlädt oder sogar umpolt.

Die Elektronik im Lampenkopf misst die Batteriespannung über einen Spannungsteiler, wobei ein Teil des Widerstandszweigs zum Pluspol nach draußen verlegt ist in einen externen Widerstand, der in der Stiftbuchse der Batterie eingebaut sein muss. Wenn die Entladungsschlussspannung erreicht oder unterschritten wird, dann beginnt je nach Schalterstellung der *Scheinwerfer* oder der *Punktstrahler* zu blinken. Die *Diffuslichtquelle* bleibt an, so dass man sich notfalls weiterbewegen kann.

Hinweis: Ist die Batteriespannung unter Last so weit zusammengebrochen, dass die Entladungsschlussspannung erreicht oder unterschritten wird, dann blinkt je nach Schalterstellung der *Scheinwerfer* oder der *Punktstrahler*.

Tritt das Blinken erstmalig beim *Hallenlicht* auf, dann ist es durchaus möglich, dass die Lampe beim *Arbeitslicht* noch eine Zeit lang normal funktioniert, es zieht ja viel weniger Strom.

Tritt das Blinken aber bereits beim *Arbeitslicht* auf, dann sollte der Akku gewechselt werden.

Ist das *Pausenlicht* eingeschaltet, blinkt nichts, egal wie tief der Akku entladen ist:

Man hat damit eine Art Notlicht, das noch einige Zeit brennt – allerdings auf Kosten der Lebensdauer des Akkus.

Hinweis: **Steckt man einen neuen Akku an und es brennt sodann überhaupt nur noch die Diffuslichtquelle, hat man offensichtlich einen total leeren Akku erwischt, denn die Batteriespannung liegt dann weit unterhalb der Entladungsschlussspannung. Blinkt noch der Scheinwerfer beim Arbeitslicht, dann ist zwar der Akku praktisch entladen, aber eben zu seinem Schutz noch nicht ganz leer.**

Man kann also drei Fälle unterscheiden:

1. Kein Schlotlicht, Hallenlicht nur mäßig; Alurückwand heiß → Abschaltung: Warten!
2. Nur Diffuslichtquelle aber Alurückwand kalt → Akku total leer: Sofort wechseln!!
3. Es blinkt was → Akku ist entladen: Bald, d.h. bei nächster Möglichkeit wechseln...

Für den Widerstand in der batterieeseitigen Steckbuchse gilt:

Batteriesystem	Anzahl der Zellen in Reihe	Nennspannung	Entladungsschlussspannung	Widerstand R_x (1%)	Spannung pro Zelle ⁽¹⁾
Li Ion (LiCoO ₂)	2	7.4 V	6.2 V	324 k	3.10 V
Ni MH	4	4.8 V	3.6 V	107 k	0.90 V
Ni MH	5	6.0 V	4.8 V	210 k	0.96 V
Ni MH	6	7.2 V	6.0 V	309 k	1.00 V
Ni MH	7	8.4 V	7.2 V	422 k	1,03 V
Alkaline / LiFeS ₂	4 to 6	6 to 9 V	keine	Kurzschluss	keine

⁽¹⁾Die Angaben gelten für einen ideal ausgeglichenen Akkusatz mit völlig gleichen Einzelzellen. In der Realität erlaubt das jedoch bei extrem ungleichen NiMH-Akkusätzen einer einzelnen Zelle bis auf 0 V entladen zu werden, wenn alle anderen Zellen noch 1,2 V haben. Das ist also im ungünstigsten Fall nur ein Schutz gegen verpoltes Aufladen. Bei zwei in Reihe geschalteten, sehr ungleichen Lilon-Zellen würde die Schaltung erlauben, dass die schwächere Zelle bis auf 2,5V entladen wird, während die stärkere noch immer 3,7V liefert.

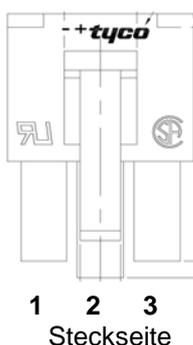
Für andere Abschaltspannungen U gilt: $R_x = 100 \text{ k}\Omega \cdot U / 1.176 \text{ V} - 200 \text{ k}\Omega$

I Beschaltung des Lampenkabels / -steckers

Wenn keine Festverdrahtung mit einem fix montierten Akkukasten am Helm erfolgt, wird eine dreipolige 4,2 mm Steckverbindung der PE-Serie von Tyco/AMP verwendet.

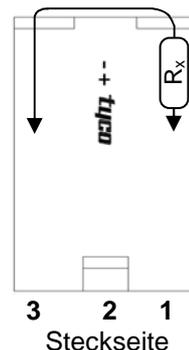
Stecker am Lampenkabel,
bestückt mit 3 Buchsenkontakten
(Draufsicht, Haken sichtbar)
Lampenkabelseite

gelb/grün blau braun

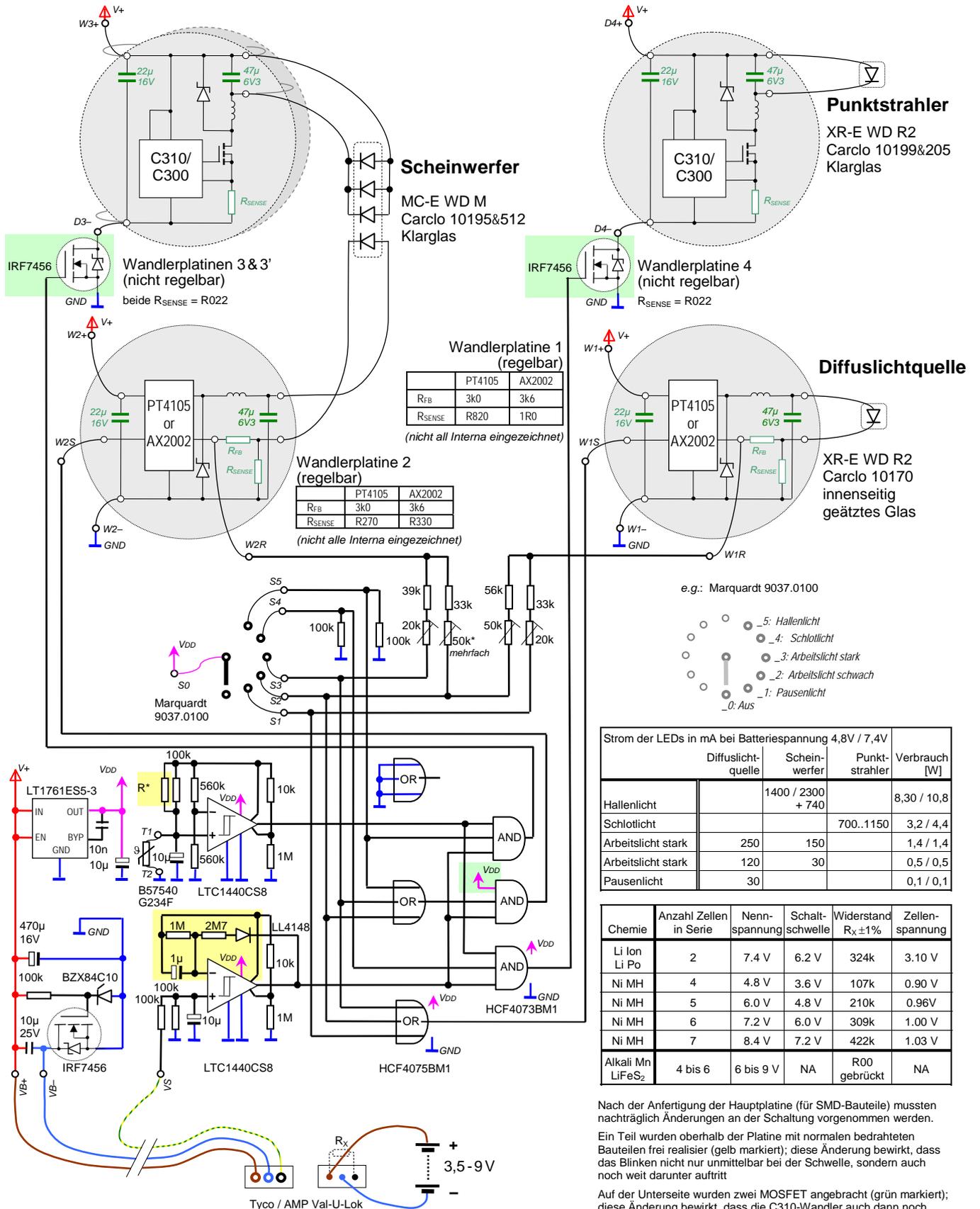


Buchse an der Batterie,
bestückt mit 3 Stiftkontakten
(Draufsicht, Raste sichtbar)
Akkuanchlussseite

+Batterie -Batterie (offen)



J Elektrischer Schaltplan der Lampe



R* wurde für jedes Gerät so ausgesucht, dass die Abschalttemperatur von außen gemessen bei $43 \pm 1^\circ\text{C}$ liegt.

Entwickler der Lampe:

Tobias Bossert, Neptuneg 4, D-85609 Aschheim, +49 89 9039087, tobias@bossert-inet.de

Gottfried Buchegger, Grünes Dorf 26, A-4491 Niederneukirchen, +43 7224 7441, bucherl@hirlatz.at