



N-Bahn Freunde  
München e.V.



## Projekt „Zg3“

**Maßstabsgerechtes, elektronisches Schlusslicht  
in Spur N  
Bauanleitung und Beschreibung**

***Ausgabe 1.2***

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung .....	3
1.1	Modellbahnbetrieb bei den NFM .....	3
1.2	Blocksteuerung und Schlusswagen .....	4
2	Vorbildinformationen .....	5
2.1	„Zg3“ im Signalbuch.....	5
2.2	Schlusslichtlaternen im Original.....	6
2.3	Platzierung der Schlusslichtlaternen .....	8
3	Marktanalyse .....	10
3.1	Käufliche Spur-N Schlusswagen.....	10
3.2	Käufliche Elektronik für Schlusswagen .....	11
3.3	Bekannte Selbstbauprojekte .....	12
4	Selbstbauprojekt der NFM.....	13
4.1	Anforderungen.....	13
4.2	Aufbau der Laterne .....	14
4.3	Schaltplan und Schaltungsbeschreibung .....	15
4.4	Schaltungslayout und Bestückungsplan.....	16
4.5	Technische Daten.....	17
4.6	Stückliste und Bezugsquellen .....	18
4.7	Benötigte Werkzeuge .....	19
4.8	Montage .....	20
4.8.1	Bestückung der Elektronikplatine .....	20
4.8.2	Montage der Schlusslichtlaternen .....	21
4.8.3	Montage der Schleifkontakte bei Wagen mit starren Achsen.....	22
4.8.4	Montage der Schleifkontakte bei Drehgestellwagen .....	23
4.8.5	Polarität der Schleifkontakte.....	23
4.8.6	Einbau und Verdrahtung der Elektronik.....	24
4.8.7	Inbetriebnahme der Elektronik .....	25
4.8.8	Fehlersuche .....	27
4.8.9	Sonstige Modellverbesserungen .....	27
5	Beispiele von Schlusslichtwagen .....	28
5.1	Spantenwagen.....	28
5.2	Oot 42 Sattelwagen .....	28
5.3	Gllmghs 37 Leig-Einheit.....	30
5.4	Bts 50 Behältertragwagen.....	32
6	Schlusswort.....	34
7	Anhang.....	35
7.1	Abbildungsverzeichnis .....	35
7.2	Tabellenverzeichnis .....	36
7.3	Dokumenten-Historie .....	36
7.4	Quellennachweis .....	36
7.5	Impressum.....	37

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Modellbahnbetrieb bei den NFM

Die Module der N-Bahn Freunde München (NFM) können in vielfältiger Weise zu immer neuen Anlagenlayouts zusammengestellt werden. Derzeit verfügen die NFM über rund 90 Module, die sich entweder im Vereinsbesitz oder im Besitz von Vereinsmitgliedern oder Freunden befinden. Diese Module sind nach der einschlägig bekannten NFM Norm<sup>1</sup> gestaltet und sind untereinander kompatibel.

Auf der Homepage der NFM sind derzeit 87 dieser Module beschrieben<sup>2</sup>, aus denen kleine und große Anlagenlayouts kombiniert werden können. Damit lassen sich sowohl Anlagen mit 10 m<sup>2</sup> Grundfläche als auch Großanlagen von 250 m<sup>2</sup> und mehr für Messevorführungen gestalten.

Seit Bestehen<sup>3</sup> der NFM wurde die NFM Modulanlage auf bisher 68 nationalen und internationalen Modellbahnausstellungen in der Öffentlichkeit vorgeführt<sup>4</sup>.



Bild 1.1: NFM Großanlage 2010 in der Flugwerft des Deutschen Museums

Große und komplexe Anlagen erfordern natürlich umfangreiches Bedienpersonal.

Um dieses so weit wie möglich zu entlasten, wird nach NFM Norm die 2-gleisige Hauptstrecke mit einer Blocksteuerung<sup>5</sup> betrieben, wie beim richtigen Vorbild.

---

<sup>1</sup> Die NFM Norm ist im NFM Modulhandbuch beschrieben, das über unsere Homepage <http://www.n-f-m.eu/modul-norm> herunter geladen werden kann.

<sup>2</sup> Die 87 Module sind nach Typen geordnet beschrieben und mit Bildern dokumentiert, siehe <http://www.n-f-m.eu/modul-galerie>.

<sup>3</sup> Gründung im Jahr 1988, zunächst als lockere Interessengemeinschaft, ab 2003 als eingetragener Verein, inzwischen mit Gemeinnützigkeitsstatus

<sup>4</sup> Eine Tabelle aller Ausstellungen findet sich unter <http://www.n-f-m.eu/ausstellungen/uebersicht>. Für die Ausstellungen ab 2006 gibt es auch Bildermaterial, das über diese Tabelle erreichbar ist.

<sup>5</sup> Siehe Kapitel 6 des Modulhandbuchs, <http://www.n-f-m.eu/modul-norm/modulhandbuch-2010>. Die vom NFM verwendete Blocksteuerung ist eine Eigenentwicklung eines Vereinsmitgliedes. Ihr elektrisches Verhalten ist aber käuflichen Produkten vergleichbar.

Die Blocksteuerung gewährleistet, dass ein fahrender Zug erst dann in den nächsten Block einfahren kann, wenn dieser Block frei ist. Anderenfalls wird er sanft bis zum Stillstand abgebremst und nach Freiwerden des vorausgehenden Blocks wieder sanft hoch beschleunigt.

## 1.2 Blocksteuerung und Schlusswagen

Damit die Blocksteuerung im Modell ordnungsgemäß funktionieren kann, muss der Zug als Ganzes von der Steuerung erkannt werden können.

Ein Block wird immer durch das erste Fahrzeug, das in den Block hinein rollt, belegt. Andererseits wird ein Block erst dann frei, wenn auch das letzte Fahrzeug den Block verlassen hat.

Bei motorisierten Modellen wird die Belegtmeldung durch den elektrischen Fahrmotor ausgelöst. Bei gezogenen Zügen kommt die erste Belegtmeldung also von der Lokomotive. Bei geschobenen Zügen (z.B. Wendezüge) muss diese Funktion der erste Wagen (der Steuerwagen) übernehmen. Die letzte Belegtmeldung muss bei gezogenen Zügen vom letzten Wagen ausgehen, dem so genannten Schlusswagen, bei geschobenen Zügen von der hinten angekuppelten Lokomotive.

Um auf der NFM Modulanlage einen reibungslosen Blockbetrieb gewährleisten zu können (d.h. ohne Auffahrunfälle, auch im Fall von abgekuppelten Wagen), ist es **bei den NFM zwingend vorgeschrieben**, jeden Zug mit einem Schlusswagen auszustatten.

Es gibt nun 3 Lösungsmöglichkeiten, einen solchen Schlusswagen zu bilden:

1. Einbau eines elektrischen Verbrauchers, beispielsweise einer Innenbeleuchtung oder einer Schlussbeleuchtung in den Schlusswagen und Anschluss über Schleifkontakte an die Radsätze des Wagens,
2. Überbrückung der Isolation der Radsätze des Schlusswagens mit einem Widerstandslack<sup>6</sup>,
3. Überbrückung der Isolation der Radsätze des Schlusswagens mit einem Miniaturwiderstand.

Lösung 3 ist die bislang bei den NFM favorisierte Lösung. Hierbei wird ein SMD Widerstand von 4,7 K $\Omega$  mit Sekundenkleber über die Isolation der Achsen geklebt und die Anschlüsse des Widerstandes mit Silberleitlack mit der Radachse und dem isolierten Radreifen verbunden.

Lösung 2 ist bei den NFM zwar verschiedentlich auch im Einsatz, hat aber Nachteile, weil sich der Widerstandswert durch den Auftrag des Lacks nur sehr ungenau beeinflussen lässt und deswegen Fehlfunktionen nicht ganz ausgeschlossen werden können.

Lösung 1 wird nun in der vorliegenden Spezifikation detailliert vorgestellt, in der Ausprägung mit beleuchtetem Schlusslicht. In Anlehnung an die Bezeichnung der Schlussignale im Signalbuch der DRG und später auch der DB und DR **nennen wir unser Projekt „Zg3“**.

---

<sup>6</sup> Dieser Lack ist ein Grafitlack, dessen Übergangswiderstand durch die Dicke der Lackschicht bestimmt wird.

## 2 VORBILDINFORMATIONEN

Als vorbildorientierte Modellbahner prüfen wir selbstverständlich zuerst, wie die Schlusslichtlaternen im Original ausgesehen haben, und wo sie am Wagen befestigt wurden.

Wir wollen natürlich nicht gleich zum „Nietenzähler“ werden, doch wollen wir zumindest die groben Proportionen erkennen und maßstäblich verkleinern, damit wir auch in Spur N einen stimmigen Gesamteindruck bekommen.

### 2.1 „Zg3“ im Signalbuch

Die ersten Informationen gewinnen wir aus den Vorschriften, die beim Vorbild gegolten haben, dem so genannten Signalbuch. Hierin sind alle Signalbilder beschrieben, auch die Schlusssignale.

Für den interessierten Modellbahner gibt es eine Reihe von Büchern und Broschüren, in denen Berufs-Eisenbahner die trockenen Vorschriften des Signalbuchs für den Modellbahner leicht verständlich erläutert haben. Allen voran sind hier die Broschüren von Stefan Carstens über Signale<sup>7</sup> zu nennen, die nach Einschätzung des Verfassers mittlerweile zum Standardwerk für den Modellbahner geworden sind.

Aus Band 3 dieser Reihe wird zum Signalbild Zg3 und seinen Vorgängern/Nachfolgern folgende Zusammenfassung gegeben:

Das Signalbild der Schlusssignale hat sich seit seiner Einführung mehrfach geändert.

**Seit 1893** war als reguläres Schlussignal („**Signal 18**“) bei Tage eine rot/weiße runde Scheibe an der Hinterwand des letzten Wagens vorgeschrieben, die entweder an die Kupplung oder an einen der Puffer gehängt wurde. Nachts mussten als Schlusssignal 3 Lampen geführt werden: Eine rot leuchtende Laterne, die an der Kupplung angehängt wurde, und zusätzlich 2 Oberwagenlaternen, die nach vorne grün, nach hinten rot leuchteten. Die Oberwagenlaternen mussten auch nach vorne sichtbar sein, damit der Lokführer erkennen konnte, dass der Zug vollständig folgte.

**Seit 1898** wurde das Signalbild erweitert:

Jetzt waren bei Tage neben der runden Scheibe an der Pufferbohle zusätzlich 2 rechteckige Oberwagenscheiben in waagerechter Ausrichtung mit rot/weißen Dreiecken vorgeschrieben. Das Nachtsignalbild blieb gleich.

**Seit 1907** wurde das Signalbild in „**Signal 16b**“ umbenannt. Die untere Schluss Scheibe bzw. die untere Laterne wurden in der Regel unter dem rechten Puffer angebracht.

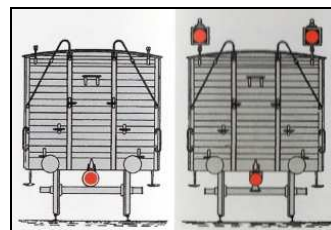


Bild 2.1: Signalbild ab 1893

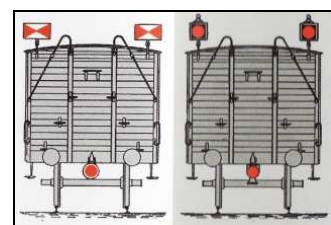


Bild 2.2: Signalbild ab 1898

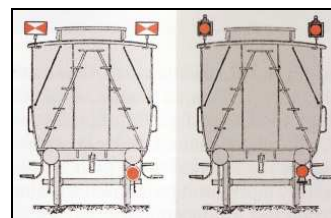


Bild 2.3: Signalbild ab 1907

---

<sup>7</sup> Stefan Carstens, Signale, Band 1 bis 3, MIBA-Verlag der Verlagsgruppe Bahn (VGB), ISBN 978-3-89610-234-6, 978-3-89610-236-2, 978-3-89610-238-6



**Seit 1935** wurde das Signalbild vereinfacht und als „**Zg3**“ bezeichnet. Man verzichtete auf die Zugschlusssscheibe bzw. die 3. Laterne an der Pufferbohle. Die Oberwagenlaternen bekamen nach vorne nunmehr weißes Licht. Oberwagenscheiben bzw. Oberwagenlaternen mussten nach wie vor nach vorne sichtbar sein. Als Tageslichtscheiben durften auch um 90°gedreht aufgesteckte Oberwagenlaternen verwendet werden.

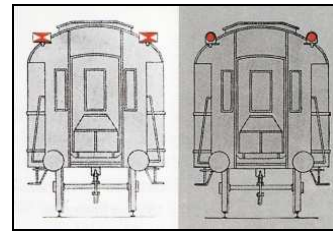


Bild 2.4: Signalbild ab 1935

Mit Einführung der durchgehenden Luftdrucksbremse bestand keine Notwendigkeit mehr, das Schlussignal auch vom Lokführer aus erkennen zu können, da bei einer Zugtrennung automatisch eine Zwangsbremmung erfolgte. Bei Zügen mit durchgehender Bremse und mit einer Wagenzuglänge unter 200m durften deswegen auch Oberwagenlaternen verwendet werden, die nur noch nach hinten rot leuchteten.

**Nach 1949** übernahmen DB und DR das Signalbild „**Zg3**“ und führten in den 50er Jahren die heute noch übliche rechteckige Form (senkrechte Ausrichtung) für die Tageslichtscheiben ein. Bei beiden Bahngesellschaften durfte das Nachtzeichen jetzt im Übrigen auch bei Tage verwendet werden.

**Seit 1959** durften bei der DB alle luftgebremsten Reisezüge und alle Güterzüge bis 250 m Länge mit einem nur nach hinten sichtbaren Schlussignal ausgestattet werden. Bei der DR galt dieses nur für das Nachtsignal an luftgebremsten Reisezügen.

**Seit 1986** wurden alle Schlusssignale unter dem Begriff „**Zg2**“ zusammengefasst. Diese brauchten grundsätzlich nur von hinten sichtbar sein und bestanden bei Tage aus einem oder zwei viereckigen rot/weißen Tafeln, bei Nacht aus einem oder zwei reflektierenden Tageszeichen oder roten Lichtern, die ggf. blinkten.

Neben den oben genannten „regulären“ Schlusssignalen gab es noch weitere Schlusssignale, etwa das „vereinfachte“ Schlussignal für einzeln fahrende Lokomotiven, Lokzüge oder kurze Züge, Schlusssignale für Schiebelokomotiven, Schlusssignale für geschobene Züge (z.B. Wendezüge), Falschfahrt-Schlusssignale und Schlusssignale für parallel laufende Strecken.

Auf diese Sonderformen wird hier aber nicht näher eingegangen, um den Rahmen dieser Beschreibung nicht zu sprengen. Wer sich darüber weiter informieren will, wird auf die oben angegebene Literatur verwiesen.

## 2.2 Schlusslichtlaternen im Original

Als weitere Vorbildinformation für unser Projekt benötigen wir die genauen Maße der Schlusslichtlaternen. Einige Modellbahner besitzen solche Original-Laternen, die bei der DB ausgemustert wurden. An diesen können wir gut Aufmaß nehmen.

Bild 2.5 zeigt die Oberwagenlaterne, die wir vermessen haben. Tabelle 2.1 enthält die aufgenommenen Maße des Originals und ihre Umrechnung auf Spurgröße N.

Bei den Originallaternen verschiedener Hersteller differieren diese Maße etwas. Der Vorbildorientierte Modellbahner nimmt dieses gerne zur Kenntnis, erlaubt dieses ihm doch ebenfalls kleinere Maßabweichungen.



Bild 2.5: Schlusslichtlaterne im Original

	Original [mm]	Maßstab 1:160 [mm]
Gesamtmaße (BxHxT)	195 x 430 x 180	1,22 x 2,69 x 1,125
Korpus (BxHxT)	195 x 210 x 180	1,22 x 1,31 x 1,125
Scheibendurchmesser, Mittensersatz der Scheibe im Korpus	150 20	0,94 0,125
Kaminaufsatz (HxD)	130 x 90	0,81 x 0,56
Haltefüße (HxB)	90 x 50	0,56 x 0,31

Tabelle 2.1: Maße der Schlusslichtlaterne

## 2.3 Platzierung der Schlusslichtlaternen

Als dritte Information brauchen wir Anhaltspunkte darüber, wo die Schlusslichtlaternen beim Vorbild befestigt waren.

Sie wurden in so genannte Signalstützen eingesteckt, die beim Vorbild deutlich sichtbar waren und nach den Vorschriften im Signalbuch entweder an der Dachkante oder an den Eckpfosten des Wagenaufbaus zu erwarten sind. Die Schlusslichtlaternen mussten ja in bestimmten Zügen von vorne und hinten sichtbar sein, zumindest bis 1986. Nur in Zügen mit durchgehender Luftdruckbremse und einer Wagenzuglänge unter 200 m durften ab 1935 (wie oben ausgeführt) auch Oberwagenlaternen verwendet werden, die nur nach hinten rot leuchteten, oder deren weiße Leuchtseite verdeckt war.

Genauere Informationen erhalten wir aus Bildmaterial von Personen- und Güterwagen, oder ebenfalls aus der einschlägigen Fachliteratur für Modellbahner. Der Verfasser empfiehlt in diesem Zusammenhang die Lektüre der 6-bändige Buchreihe von Stefan Carstens über Güterwagen<sup>8</sup>, in der diese Signalstützen deutlich zu erkennen sind.

Als Beispiel sind aus Band 1 dieser Buchreihe die Zeichnungen eines G10 und eines G20 Güterwagens entnommen:

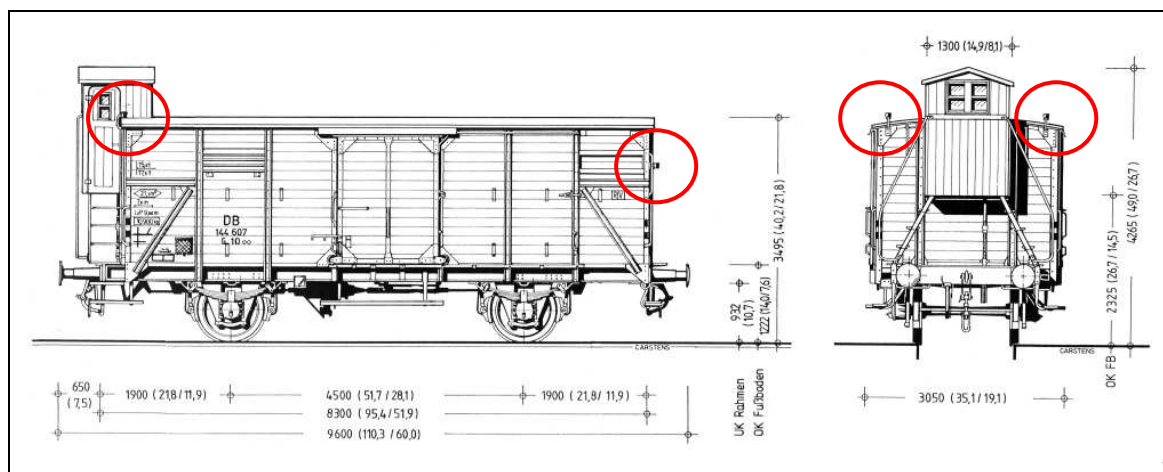


Bild 2.6: Signalstützen an einem G10 mBh

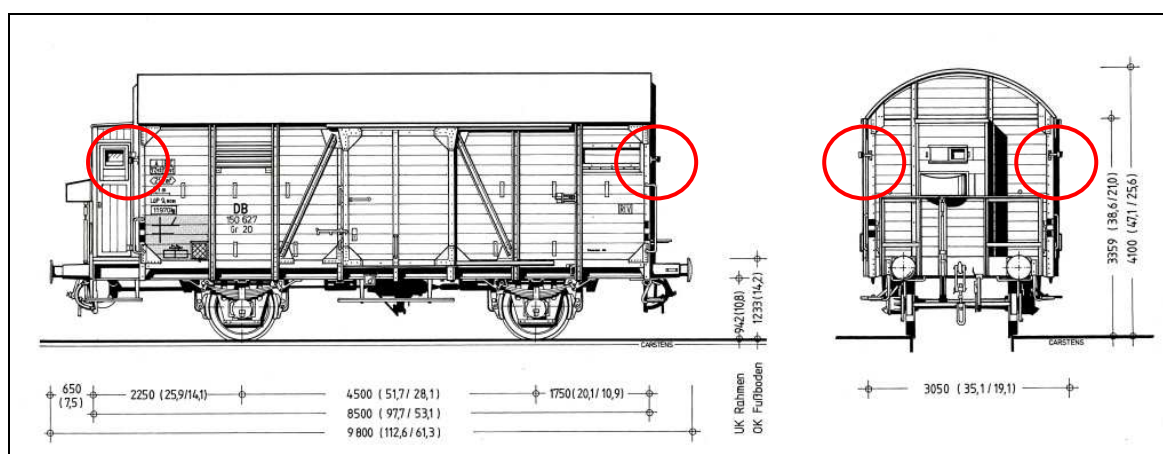


Bild 2.7: Signalstützen an einem G20 mBh

<sup>8</sup> Stefan Carstens et al, Güterwagen, Band 1 bis 6, MIBA-Verlag der Verlagsgruppe Bahn (VGB), ISBN 978-3-89610-250-8, 978-3-89610-251-5, 978-3-86046-074-9, 978-3-86046-073-0, 978-3-89610-248-5, 978-3-89610-278-2.



Beim G10 mBh (Bild 2.6) waren die Signalstützen auf der Bremserhausseite an der Dachkante befestigt. Die hinten aufgesteckten Laternen überragten das Wagendach und konnten auch nach vorne leuchten. An der Nicht-Bremserhausseite waren die Signalstützen an den Eckpfosten des Wagenaufbaus auf etwa 3/4 der Wagenkastenhöhe befestigt. Die hinten aufgesteckten Laternen konnten seitlich am Wagenkasten vorbei auch nach vorne leuchten.

Beim G20 mBh (Bild 2.7) waren die Signalstützen auf beiden Stirnseiten an den Eckpfosten des Wagenaufbaus auf etwa 3/4 der Wagenkastenhöhe befestigt. Die hier aufgesteckten Laternen konnten ebenfalls seitlich am Wagenkasten vorbei auch nach vorne leuchten.

Bei Personenwagen der Länderbauart finden wir die Signalstützen wie beim G10 zumeist an der Dachkante, bei Wagen württembergischer Herkunft aber auch an den Eckpfosten auf etwa 3/4 der Wagenkastenhöhe.

Offene Güterwagen der Verbandsbauart hatten die Signalstützen in der Regel nur auf der Bremserhausseite montiert. Wenn das Nicht-Bremserhaus-Ende am Zugschluss lief, wurden die Oberwagenlaternen eben „verkehrt herum“ auf der Bremserhausseite eingesteckt und überragten die Ladung. Bei offenen Güterwagen ohne Bremserhaus hatten es in dieser Zeit offenbar überhaupt keine Signalstützen für Oberwagenlaternen gegeben.

Bei den Umbau- oder Neubauwagen der **50er Jahre** ging man bei D-Zug Wagen gleich zu Schlussbeleuchtungen über, die in den Wagenkasten integriert waren, zunächst noch unterhalb des Daches, später (ab etwa 1959) bei etwa 1/4 der Wagenkastenhöhe.

Bei den Umbau- oder Neubau-Güterwagen der 50er Jahre wurden die Oberwagenlaternen zunehmend über den Pufferbohlen befestigt. Details finden sich auch hier in der genannten Literatur.

## 3 MARKTANALYSE

### 3.1 Käufliche Spur-N Schlusswagen

Dem Verfasser sind folgende Schlusswagen bekannt<sup>9</sup>, die jetzt noch im Handel sind oder früher einmal waren.

#### Personenwagen / D-Zugwagen

FI 8679 K	B4ywe 36/50 (Ep.3)	Eilzugwagen
FI 8096 K	B3yg (Ep.3)	3achs Umbauwagen
FI 7896 K	B4nb 58 (Ep.3)	grüner Silberling (Sonderserie Eilzug 60er Jahre)
Ar 3272	CP4ymgf 51 (Ep.3a)	Mitteinstiegs-Steuerwagen
Mt 15722 K	BD4nf (Ep.3)	Silberling Steuerwagen
FI 89365 K	BPw4ymgf (Ep.3)	grüner Silberling Steuerwagen (Startpackung)
FI 8852 K	AB4ü 36/52 (Ep.3)	35er Schnellzugwagen
FI 8638 K	B4üwe (Ep.3)	35er Schnellzugwagen
FI 8649 K	B4üm (Ep.3)	26m Schnellzugwagen

Tabelle 3.1: Käufliche Personenwagen mit Schlusslicht

Daneben gibt es noch eine Reihe von D-Zug Wagen, die werksseitig mit Innenbeleuchtung ausgestattet oder mit Innenbeleuchtungs-Einbausätzen nachgerüstet werden können, einige sogar mit Lichtleit-Formteilen, die ein Schlusslicht nachbilden. Auch diese sind elektrische Verbraucher und können die Funktion eines Schlusswagens übernehmen. Auf Wagen mit Innenbeleuchtung wird im vorliegenden Bericht aber nicht näher eingegangen.

#### Güterwagen

FI 8318 K	Gmhs 53 (Ep.3)	Gedeckter Güterwagen
FI 8319 K	Gs 204 (Ep.4)	Gedeckter Güterwagen
FI 8301	Pwg 014 (Ep.3)	Güterzugbegleitwagen
Ar 0169	Pwghs 41 (Ep.3)	Güterzugbegleitwagen

Tabelle 3.2: Käufliche Güterwagen mit Schlusslicht

Das Angebot bei Güterwagen ist sehr spärlich.

Die oben genannten Güterzugbegleitwagen können darüber hinaus vorbildgerecht gar nicht als Schlusswagen eingesetzt werden, weil diese immer direkt hinter der Lok liefen.

---

<sup>9</sup> Die Tabellen sind möglicherweise unvollständig. Ergänzungen werden gerne entgegengenommen.

## 3.2 Käufliche Elektronik für Schlusswagen

Da gerade bei Güterwagen das Marktangebot an Schlusslichtwagen äußerst überschaubar ist, wird Selbstbau unvermeidlich.

Nach Kenntnis des Verfassers sind derzeit nur 2 Elektronikbausätze im Markt, die beide gekauft, eingebaut und getestet wurden<sup>10</sup>.

### 1. Konstant-Schlussbeleuchtung von Conrad

Unter der Bestellnummer 191892 bietet Conrad einen Bausatz für 10,25 EUR an, der für Gleich- und Wechselstrombahnen der Spurgößen HO, TT und N geeignet sein soll<sup>11</sup>.

Der Bausatz wird mit 0,1F GoldCap, 2 LEDs (3mm), Platine und allen SMD Bauteilen geliefert. Die Platine ist nicht bestückt. Die SMD Bauteile müssen selbst aufgelötet werden. Dem Bausatz liegt eine ausführliche und gute Bauanleitung bei. Für den Modellbahner, der im Lötten Erfahrung hat und entsprechendes Werkzeug besitzt (feiner LötKolben, feine Pinzetten, Skalpell, ...), ist der Aufbau kein Problem.

Die Schaltung enthält 2 Konstantstromquellen (jeweils getrennt für beide LEDs) und die Goldcap Ladeschaltung. Für die Gleichrichtung der Fahrspannung wird ein Brückengleichrichter verwendet. Die Spannungsbegrenzung des GoldCaps wird mittels Zener-Diode gelöst.

Mit den mitgelieferten Bauteilen hat die Schlussbeleuchtung eine Nachleuchtdauer ohne wesentliche Helligkeitsverluste von etwa 2 Minuten nach Fahrspannungsunterbrechung.

Die Schaltung ist an sich brauchbar, nur ist die Platine mit 32,2 x 14,3 mm Grundfläche und 8 mm Bauhöhe für Spur N viel zu groß. Sie passt wegen ihrer Breite ohne Fräsarbeiten nicht einmal in einen Spur-N D-Zug Wagen.

### 2. Zugschlussbeleuchtung Spur N von Ruhrmodell

Unter der Bestellnummer RM30-N bietet Ruhrmodell eine fertig aufgebaute Platine mit 2 verkabelten LEDs (1,8 mm) und mit getrennt zu bestellendem GoldCap von 0,22 F für zusammen 6,00 EUR an<sup>12</sup>.

Die Schaltung kann laut Angebot ebenfalls an Gleich- und Wechselstrom betrieben werden. Ein Schaltplan wird nicht mitgeliefert. Die verwendeten Bauteile lassen aber darauf schließen, dass es sich bei dieser Schaltung um einen reinen Spannungsregler für den GoldCap handelt. Die Verbraucher (die beiden LEDs) hängen direkt am GoldCap, so dass bei Fahrspannungsunterbrechung die Helligkeit der LEDs mit der Restspannung des GoldCaps kontinuierlich abnimmt.

Diese Schaltung ist wesentlich einfacher als die mit Konstantstromquelle von Conrad und nimmt deswegen nur eine Grundfläche von 29,5 x 12,3 mm bei ebenfalls 8 mm Bauhöhe ein. Sie passt damit ohne Fräsarbeiten in einen gedeckten Spur-N Güterwagen .

Auch sind die mitgelieferten 1,8 mm LEDs eher Spur-N tauglich als die 3mm LEDs des Conrad Bausatzes.

***Keiner dieser beiden Bausätze hat aber restlos überzeugt, so dass für das Projekt „Zg3“ der N-Bahn Freunde München eine Eigenentwicklung gewählt wurde.***

---

<sup>10</sup> Hinweise auf weitere Schlusslichtbausätze am Markt nimmt der Verfasser gerne entgegen.

<sup>11</sup> Siehe <http://www.conrad.de/ce/de/product/191892/BS-Konstant-Schlussbeleuchtung/1609030&ref=list>

<sup>12</sup> Siehe [http://www.ts-kabeltechnik.eu/epages/61981337.sf/de\\_DE/?ObjectPath=/Shops/61981337/Products/M043](http://www.ts-kabeltechnik.eu/epages/61981337.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/61981337/Products/M043)

### 3.3 Bekannte Selbstbauprojekte

#### 1. Bauanleitungen des MTKB

Schon seit geraumer Zeit stattet das „Modellbau Team Köln-Bonn (MTKB)“ seine Modelle mit (wie sie sagen) „flackerfreier Innenbeleuchtung und Schlusslicht“ aus.

Rund 30 bemerkenswerte Umbauten sind auf ihrer Homepage<sup>13</sup> dokumentiert. Dort kann man sich eine Menge Anregungen im Detail holen.

Gerade erst ist eine sehr interessante Umbauanleitung von Gunter Wiencirz im N-Bahn Magazin<sup>14</sup> erschienen, in der er den Aufbau einer freistehenden Zugschlusslaterne beschreibt, die aus einem 2mm Messing Vierkantprofil gefräst wird. In das innen ausgehöhlte Profil wird eine SMD LED (Bauform 603) eingeschoben, verkabelt und verklebt.

Und das ganze funktioniert!

„Chapeau bas“<sup>15</sup> vor dieser Meisterleistung !

So hoch wir dieses auch einschätzen:

Bei den N-Bahn Freunden München werden wir einen anderen Weg einschlagen, denn die Zugschlusslaterne des MTKB ist mit 2mm Breite und Tiefe für Spur N nicht maßstabsgerecht, sondern eher der Baugröße TT zuzuordnen. Eine maßstäbliche Laterne für Spur N dürfte nur 1,22 mm breit und 1,125 mm tief sein. Aber so etwa kann man sicher nicht mehr fräsen.

Wir wollen daher versuchen, dieses Maß durch einen anderen Lösungsansatz für freistehende Zugschlusslaternen zu erreichen. Außerdem haben wir bei den NFM andere Vorstellungen zur Ansteuerung der Zugschlusslaternen.

#### 2. Bauanleitungen von W.Riemert

Als Feedback auf Ausgabe 1.0 dieser Dokumentation wurde uns ein Link zugespielt, den wir der Öffentlichkeit gerne weitergeben<sup>16</sup>. Die hier beschriebenen Zugschlusssignale sollen schon seit vielen Jahren im Einsatz sein und einwandfrei funktionieren.

Kompliment auch zu dieser Meisterleistung!

Besonders gefallen uns hierbei auch die vorbildlich gealterten Wagen.

---

<sup>13</sup> Die Adresse der Homepage des MTKB lautet <http://www.mtkb.de/> .

<sup>14</sup> Zeitschrift N-Bahn Magazin, Ausgabe 5/2011, S.59-61, ALBA-Verlag

<sup>15</sup> „Chapeau bas“ (franz.): „Hut ab“.

<sup>16</sup> Siehe <http://www.riemert.eu/index.php/freizeit/modellbahn/anlage/zugschlusssignale.html>

## 4 SELBSTBAUPROJEKT DER NFM

### 4.1 Anforderungen

Unser Selbstbauprojekt einer freistehenden Zugschlusslaterne in Spur N nach dem Vorbild der DB in Epoche 3 und 4 soll folgende Anforderungen erfüllen:

1. **Maßstäblichkeit:**

Der Gesamteindruck der freistehenden Schlusslichtlaternen soll im Vergleich zur übrigen Detaillierung des auszustattenden Wagens stimmig sein.

Der Korpus der Schlusslichtlaternen soll den aus dem Original abgeleiteten Modellmaßen (siehe Tabelle 2.1) zumindest ungefähr entsprechen, d.h. wir reden von einem Korpusmaß (BxHxT) von ungefähr 1,22 x 1,31 x 1,125 mm.

Die Schlusslichtlaternen brauchen (wie im 1935er Signalbuch) nur einseitig rot leuchten. Auf das weiße Licht wird verzichtet. Die Zugschlusslaternen sollen schwarz angestrichen werden. Ggf. kann das weiße Licht durch einen weißen Farbpunkt nachgebildet werden. Die seitlichen rot-weißen Signaltafeln gelten als wesentlich für den Gesamteindruck und sollen nachgebildet werden.

Der schwarze Kaminaufsatz von 0,8 mm Höhe und 0,5 mm Durchmesser braucht nur dann nachgebildet werden, wenn er sich deutlich sichtbar vom Wagen abhebt.

Auf die Nachbildung der Haltefüße wird verzichtet. Es sollte aber versucht werden, die Schlusslichtlaternen als Einheit mit den Signalstützen so zu gestalten, dass die elektrischen Versorgungen der Laternen wie Signalstützen aussehen.

2. **Montagepunkt Vorbild entsprechend:**

Die Schlusslichtlaternen sollen an den jeweiligen Modellen in Vorbild entsprechender Position befestigt werden. Dazu ist entsprechende Literatur heranzuziehen.

Schlusslichtlaternen, die an der Dachkante montiert werden, sollen das Dach deutlich überragen. Bei Signalstützen an den Eckpfosten des Wagenaufbaus kann darauf verzichtet werden, die Schlusslichtlaternen über den Wagenaufbau hinaus seitlich auszustellen, damit die Wagen für den rauen Ausstellungsbetrieb nicht zu empfindlich werden. Die Laternen sollten aber zumindest bündig mit der Außenseite des Wagenaufbaus sein.

3. **konstante Leuchtstärke auch über längere Zeit:**

Die Versorgung der Schlusslichtlaternen soll unabhängig von der Höhe der Fahrspannung sein und mit Konstantstrom erfolgen. Bei Spannungsunterbrechungen (etwa durch Kontaktunterbrechungen auf Weichenstraßen) oder bei Aufenthalt des Zuges (auf der Strecke oder im Bahnhof) soll das Schlusslicht im Minutenbereich nachleuchten.

4. **Einbaubarkeit auch in filigrane Modelle:**

Die für die Schlusslichtlaternen benötigte Steuerelektronik soll so klein sein, dass sie auch in sehr filigrane Spur-N Wagen passt, etwa in die Behälter eines Behältertragwagens Bts50 oder in die Ladung eines Autotransportwagens Off52. Bei Einbau in Personenwagen soll die freie Abteildurchsicht möglichst nicht beeinträchtigt werden. Die zur Versorgung der Elektronik benötigten Schleifkontakte sollen möglichst unauffällig sein und die Zugkraft nicht zu sehr belasten.

5. **Helligkeit für Ausstellungsbetrieb geeignet:**

Die Helligkeit der Schlusslichtlaternen soll etwas größer sein als beim Vorbild, damit das Schlusslicht im Ausstellungsbetrieb überhaupt auffällt. Gemäß Signalbuch darf ab Epoche 3 das „Nachtsignal“ auch „bei Tage“ verwendet werden, d.h. das Schlusslicht braucht im Anlagenbetrieb nicht abschaltbar sein.



**6. Montierbarkeit mit Modellbauerwerkzeug:**

Für die Montage der Schlusslichtlaternen und der zugehörigen Elektronik wird zwar modellbauerisches Geschick und eine gewisse Erfahrung im Umgang mit kleinen Teilen vorausgesetzt, die Verwendung großer und teurer Maschinen (Lötautomaten, Fräsmaschinen etc.) soll aber nicht erforderlich sein.

**7. Kostenrahmen im Modellbahneretat:**

Die Materialkosten für den Einbau einer Schlussbeleuchtung in einen Modellwagen sollen deutlich unter dem Neuwert des Wagens bleiben.

## 4.2 Aufbau der Laterne

Die geforderte maßstäbliche Laterne wird mit einer handelsübliche SMD LED (Chiplid) der Bauform 805 aufgebaut, siehe Bild 4.1 ff, hier in einer Uhrmacherpinzette gehalten.

Diese SMD LED hat eine Kantenlänge (BxHxT) von 1,25 x 2,0 x 1,1 mm, kommt also der geforderten Baugröße schon sehr nahe. Auf einem undurchsichtigen Trägermaterial von 0,6 mm Dicke ist ein glasklarer, durchsichtiger Quader (BxHxT) von 1,25 x 1,4 x 0,5 mm Kantenlänge aufgebracht, in dem sich die Leuchtfläche dieser LED (das goldfarbene Quadrat um den schwarzen Punkt) befindet. Der durchsichtige Quader entspricht damit in Breite und Höhe fast den Korpusmaßen unseres Vorbilds. Die Leuchtfläche ist darüber hinaus etwas aus der Mitte der SMD LED versetzt, wie beim Original. Die für unser Projekt ausgewählte SMD LED strahlt rot (Wellenlänge 624 nm) und hat 140° Abstrahlwinkel.

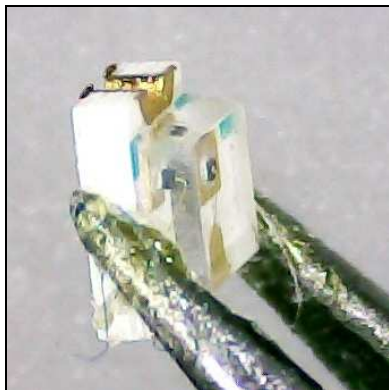


Bild 4.1: verwendete Chiplid

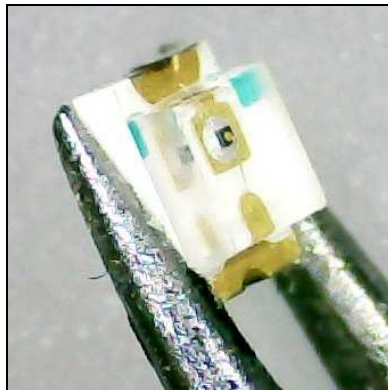


Bild 4.2: verwendete Chiplid

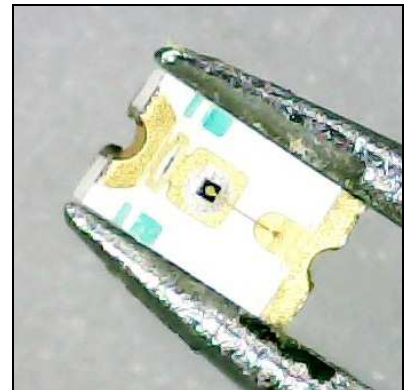


Bild 4.3: verwendete Chiplid

Die Anschlusspunkte der SMD LED sind die goldfarbenen Vertiefungen oben und unten. Der obere Anschluss (mit den grünen Markierungen) ist die Kathode der LED, der untere die Anode. An diesen beiden Anschlusspunkten wird die LED mit der Steuerelektronik verbunden. Verwendet man für den unteren Anschluss einen Bronzedraht mit 0,3 oder 0,4 mm Durchmesser, kann damit sogar eine Signalstütze nachgebildet werden, mit der die Laterne am Wagen befestigt wird. Für den oberen Anschluss verwendet man zweckmäßigerweise Kupferlackdraht von 0,1 mm Durchmesser, der sich gut auf der Rückseite der LED und an der Signalstütze tarnen lässt. Lackiert man die verdrahtete LED mit schwarzer Farbe (auch die Seiten des durchsichtigen Quaders) und modelliert mit etwas dicker aufgetragener Farbe die Kanten weg, kommt man dem Vorbild schon sehr nahe. Die rot-weißen Seitenmarkierungen lassen sich in einer einfachen Form durch passend verkleinert ausgedruckte Signaltafeln aus Papier (Größe 1,125 x 1,31 mm) nachbilden.

Der Kaminaufsatz wird aus einem 0,8 mm langen Abschnitt eines „Evergreen-Stripes“ von 0,5 mm Durchmesser nachgebildet, der ebenfalls schwarz lackiert und auf die Laterne aufgeklebt wird.

### 4.3 Schaltplan und Schaltungsbeschreibung

Zur Ansteuerung der beiden SMD LEDs als rechte und linke Schlusslichtlaterne verwenden wir eine Konstantstromquelle, die aus einem GoldCap gespeist wird (siehe Bild 4.4).

Der GoldCap (C1) wird über eine Ladeschaltung, die aus D1 und R1 gebildet wird, aus der Fahrspannung ( $+U_F$ ) aufgeladen. Wir verwenden hier mit D1 nur eine Einweg-Gleichrichtung, denn unsere Goldcap soll nur geladen werden, wenn der Schlusswagen in Vorwärtsrichtung bewegt wird, die in Fahrrichtung rechts liegende Schiene also positive Spannung führt.

Die Zener-Diode D2 dient dazu, die maximale Ladespannung des GoldCaps auf 5,1 V zu begrenzen, denn die verwendeten GoldCaps vertragen nur maximal 5,5 V Spannung.

Die Schaltung ist für den Betrieb an genormten Betriebsspannungen nach NEM<sup>17</sup> 630 und 631 für kleine Spurweiten ausgelegt, das heißt einer Gleichspannung von maximal +12 V für Spur N. Auch der Betrieb an einer Pulsweitensteuerung mit einem Effektivwert von maximal 12V oder einer Digitalspannung nach NEM 670 (DCC) oder NEM 680 (Sx) ist auf aufgrund der Einweggleichrichtung möglich<sup>18</sup>.

Die genauen technischen Daten sind in Kapitel 4.5 zusammengefasst.

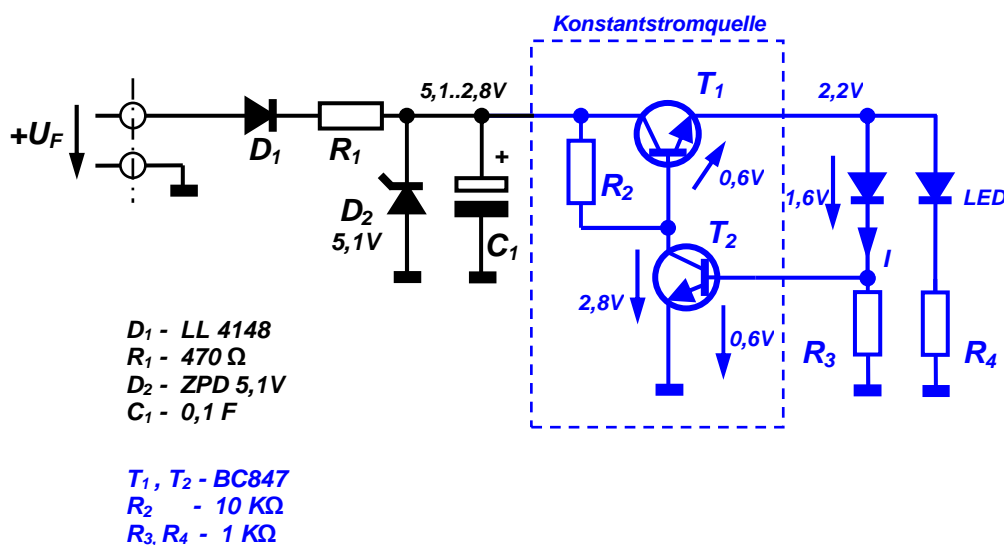


Bild 4.4: Schaltplan

Sobald der GoldCap C1 nach dem Anlegen der Fahrspannung über die Ladeschaltung auf über 2,2 V aufgeladen worden ist<sup>19</sup>, beginnen die beiden LEDs langsam zu leuchten. Sie erreichen ihre volle Leuchtkraft bei Spannungen am GoldCap von 2,8 V und bleiben auch bei höheren Spannungen konstant hell.

<sup>17</sup> Diese Normen sind verbindlich bei MOROP festgelegt.

Die Liste aller gültigen NEM-Normen können über die MOROP Homepage herunter geladen werden, siehe <http://www.morop.eu/de/normes/index.html>

<sup>18</sup> Bei Digitalbetrieb verliert man aber die Fahrrichtungsabhängigkeit.

<sup>19</sup> Das dauert bei Erst-Inbetriebnahme bei den verwendeten Bauteilen einige 10 Sekunden, weil ein Goldcap konstruktionsbedingt zuerst seine Kapazität aufbauen muss.

Die Konstantstromquelle funktioniert folgendermaßen:

Zunächst ist der Transistor T1 durch den Basis-Kollektor-Widerstand R2 auf seiner Kollektor-Emitter-Strecke voll durchgeschaltet. An den Anoden der LEDs liegt eine Spannung an, die um 0,6 V niedriger ist als die augenblickliche Ladespannung des GoldCaps. Sobald an den LEDs mehr als 1,6 V Spannung abfallen, beginnen sie zu leuchten. Der Strom durch die LEDs wird dabei durch die Vorwiderstände R3 und R4 bestimmt. Der durch R3 fließende Strom erzeugt an R3 einen Spannungsabfall. Sobald dieser 0,6 V erreicht<sup>20</sup>, wird auch der Transistor T2 leitend und zieht mit seiner Kollektor-Emitter-Strecke die Basis des Transistors T1 auf einem Potential von 2,8V und hält dieses Potential. Der Leitfähigkeit des Transistors T1 geht dadurch zurück, und zwar so weit, dass sich unabhängig von der Ladespannung des GoldCap C1 am Emitter von T1 eine Spannung von 2,2 V einstellt<sup>21</sup>.

Auch bei voll geladenem GoldCap (maximal 5,1 V aufgrund der verwendeten Zener-Diode) bleibt die Spannung am Emitter von T1 konstant und gewährleistet so einen konstanten Strom durch die LEDs, also konstante Helligkeit der Schlusslichtlaternen.

Erst durch Unterbrechungen der Fahrspannung oder durch gänzlich Abschalten der Fahrspannung (etwa im Bahnhof) geht die Spannung am GoldCap zurück. Die Schlusslichter leuchten aber so lange konstant hell weiter, solange die Spannung am GoldCap nicht unter 2,8 V fällt. Bei den verwendeten Bauteilen dauert diese Entladung etwa 5 Minuten. So lange leuchten die Schlusslichtlaternen also konstant hell nach. Unterhalb von 2,8V verlöschen die Laternen.

Man beachte, dass der Spannungsabfall zur Regelung der Konstantstromquelle nur an R3 abgegriffen wird, nicht aber an R4. Dennoch leuchten beide LEDs mit gleicher Helligkeit, weil sie aus demselben Emitterpotential von T1 versorgt werden und die beiden Vorwiderstände R3 und R4 gleich sind.

### 4.4 Schaltungslayout und Bestückungsplan

Für die oben angegebene Schaltung wurde eine Platine in Auftrag gegeben und gefertigt. Die Platine hat eine Grundfläche von 21 x 7 mm und passt damit auch in sehr kleine Wagen, sogar Spur Z Wagen<sup>22</sup>.

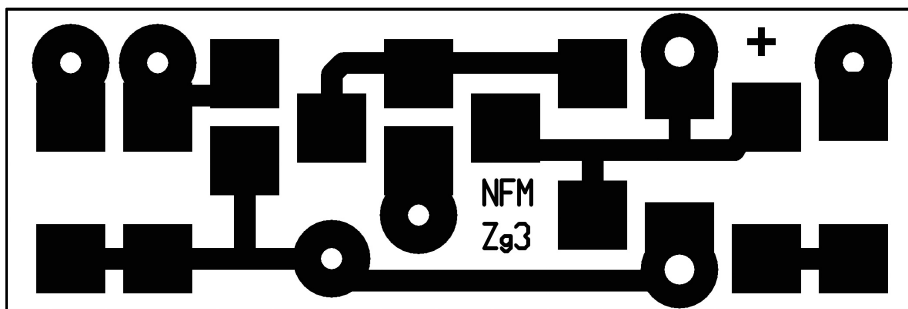


Bild 4.5: Schaltungslayout

---

<sup>20</sup> Die Spannung am GoldCap ist in diesem Augenblick 2,8 V.

<sup>21</sup> Vorausgesetzt, der GoldCap führt eine Spannung von mindestens 2,8V.

<sup>22</sup> Die Schaltung kann ohne Änderung auch für Spur Z verwendet werden.

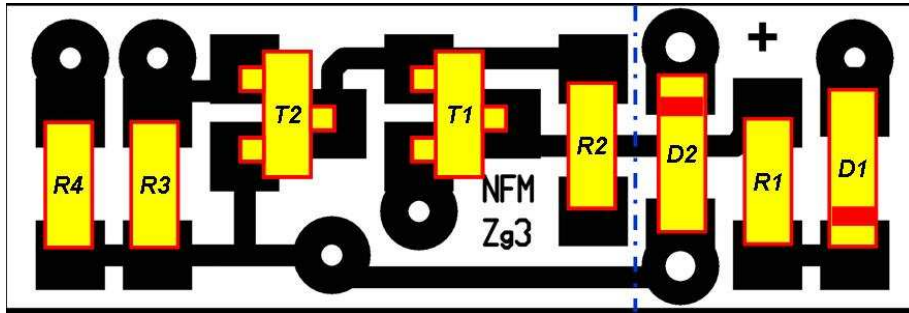


Bild 4.6: Bestückungsplan

Der GoldCap C1 ist im Bestückungsplan nicht eingezeichnet. Er wird direkt über D2 angelötet (dazu die beiden Lötäugen) oder abgesetzt von der Platine montiert<sup>23</sup> und mit D2 verkabelt. Dabei ist auf die Polarität des GoldCap zu achten (Plus-Pol auf der Platine markiert).

Bei D1 und D2 markieren die roten Balken im Bestückungsplan die Polung der Dioden (Kathode), wie sie auch auf den Bauteilen sichtbar sind.

An den runden Lötäugen der Platine werden bei der Endmontage die LEDs und die Radschleifer angeschlossen bzw. bei abgesetztem GoldCap auch dieser. Auf die Verdrahtung der Platine gehen wir in Kapitel 4.8.6 ein.

Für beengte Einbauverhältnisse<sup>24</sup> kann die Platine auch durch einen Sägeschnitt geteilt werden und damit in die Ladeschaltung mit Goldcap (im Schaltplan schwarz gezeichnet) und in die Konstantstromquelle mit Vorwiderständen für die Schlusslicht LEDs (im Schaltplan blau gezeichnet) aufgeteilt werden. Dieser Sägeschnitt ist im Bestückungsplan (Bild 4.6) durch eine strichpunktierte Linie gekennzeichnet.

## 4.5 Technische Daten

Eingang :	Anschluss an serienmäßige oder nachzurüstenden Radkontakte des Wagens, Gleispolarität nach NEM 631
Ausgang :	2 gleichartige rote low-current LEDs nach Wahl
Betriebsspannung :	Gleichspannung nach NEM 630 für kleine Spurweiten ( <i>max. 12V eff</i> ) oder Digitalspannung nach NEM 670/680 ( <i>max. 18V eff, max 22V ss</i> )
Stromaufnahme :	etwa 1,5 mA
Nachleuchtdauer :	im Minutenbereich
Abmessungen :	Platine: 21 x 7 x 1,5 mm Goldcap: D 11,5 x 5 mm plus Anschlüsse

---

<sup>23</sup> Siehe dazu auch Kapitel 4.8.6

<sup>24</sup> beispielsweise beim Bts50 (siehe Kapitel 5.4).

## 4.6 Stückliste und Bezugsquellen

Und hier nun die Liste der benötigten Bauteile:

Bauteil	Bezeichnung	Typ / Wert	Stückzahl	Bezugsquellen <sup>25</sup>	Bestellnummer
	Platine		1	NFM	NFM_Zg3
R1	Widerstand 1206	470 Ω	1	Bürklin	11E480
R2	Widerstand 1206	10 KΩ	1	Bürklin	11E492
R3	Widerstand 1206	1 KΩ	1	Bürklin	11E496
R4	Widerstand 1206	820 Ω	1	Bürklin	11E544
D1	Diode	LL 4148	1	Conrad	140902
D2	Zener-Diode	BZV55 C5,1V	1	Conrad	141798
T1, T2	Transistor SOT32	BC 847	2	Bürklin	12S6269
C1	GoldCap	0,33 F	1	Conrad	422086
LED1, LED 2	17-21 SURC S530-A2/TR8 0805	624nm / 38mcd	2	Conrad	156300
Schleifer	Bronzedraht,	0,3 mm Ø	1	Fohrmann	671003
Schleifer (alternativ)	Mayerhofer- Schleifkontakte		1	Conrad	244075
	Litze LiFY 0,05	26x0,05 mm	1	Conrad	605900
	Kupferlackdraht	0,1 mm Ø	1	altes Relais	
	doppelseitiges Klebeband		1	Baumarkt	
	Signaltafeln	1,12 x 1,31	4	Selbstbau	
	Evergreen Stripes	0,5 mm Ø	1	Architekturbedarf	300300
	Farbe	diverse		Revell, Plaka, ...	

Tabelle 4.1: Stückliste und Bezugsquellen

Die genannten Bezugsquellen sollen nur ein Anhaltspunkt sein und keine Wertung beinhalten. Die Bauteile lassen sich sicherlich auch aus anderen Quellen beziehen.

Zum Bezug der Platine selbst (bestückt oder unbestückt) wird auf entsprechende Aussagen auf der NFM Homepage verwiesen.

<sup>25</sup> siehe <https://www.buerklin.com>, <http://www.conrad.de/ce/>, <http://www.fohrmann.com>, <http://www.architekturbedarf.de/Shop/Modellbau1/Kunststoff/evergreen/evergreen.html>



## 4.7 Benötigte Werkzeuge

Für den Zusammenbau wird ein gewisses Geschick im Umgang mit kleinen Teilen vorausgesetzt. Man sollte über eine ruhige Hand und Geduld verfügen.

Geeignetes Werkzeug erleichtert den Zusammenbau. Auch eine gute Beleuchtung der Arbeitsfläche ist hilfreich. Viele Modellbahnerkollegen bearbeiten kleine Teile grundsätzlich unter der Lupe (Leuchte mit Vergrößerungsglas oder Kopflupe).

Für unser Projekt brauchen wir natürlich einen guten LötKolben. Vorteilhaft für die Montage von SMD Bauteilen sind LötKolben mit Netztrennung und einstellbarer Temperatur<sup>26</sup>, üblicherweise mit 25 W Leistung. Wichtig ist nur eine sehr feine Lötspitze (Spitze maximal 1mm), die natürlich nicht verzundert sein darf. Anderenfalls sollte gleich eine neue Lötspitze verwendet werden.

Darüber hinaus haben sich folgende Werkzeuge als sinnvoll erwiesen:

	Bezeichnung	Typ / Wert	Stückzahl	Bezugsquelle	Bestellnummer
	Uhrmacher Pinzette		1	Fohrmann	23 301
	Kreuzpinzette		1	Fohrmann	23 944
	Skalpell		1	Fohrmann	54 231
	Klingen dazu	Typ 11	1	Fohrmann	54 011
	Bohrer Klöbchen	0,4 .. 3,2 mm	1	Fohrmann	53 169
	Spiralbohrersatz dazu	0,3 .. 1,2 mm	1	Fohrmann	13 001
	Spiralbohrersatz dazu	1,3 .. 2,2 mm	1	Fohrmann	13 002
	Flachzange		1	Fohrmann	24 955
	Seitenschneider		1	Fohrmann	24 951
	Diamant-Feilensatz		1	Fohrmann	21 105
	Lok-Liege	Spur N	1	Fohrmann	53 090

Tabelle 4.2: Benötigte Werkzeuge

Auch hier gilt: Es gibt viele Bezugsquellen für die genannten Werkzeuge.

Der Verfasser hat hier aber aus eigener positiver Erfahrung gerade die Firma Fohrmann<sup>27</sup> als Bezugsquelle genannt, die ein Spezialsortiment für Feinmechanik und Modellbau zusammengestellt hat, das seinesgleichen sucht. Darüber hinaus ist die Firma Fohrmann auf vielen Modellbahnmessen präsent und kümmert sich rührend um die Belange der Modellbahner.

---

<sup>26</sup> beispielsweise Fohrmann Lötstation ST301, Bestell Nr. 61 301

<sup>27</sup> siehe <http://www.fohrmann.com>

## 4.8 Montage

### 4.8.1 Bestückung der Elektronikplatine

Bei der Bestückung empfiehlt es sich, die Platinen mit doppelseitigem Klebeband auf einem Stück Holz zu fixieren, damit die Platinen beim Lötén nicht wegrutschen (Bild 4.7).

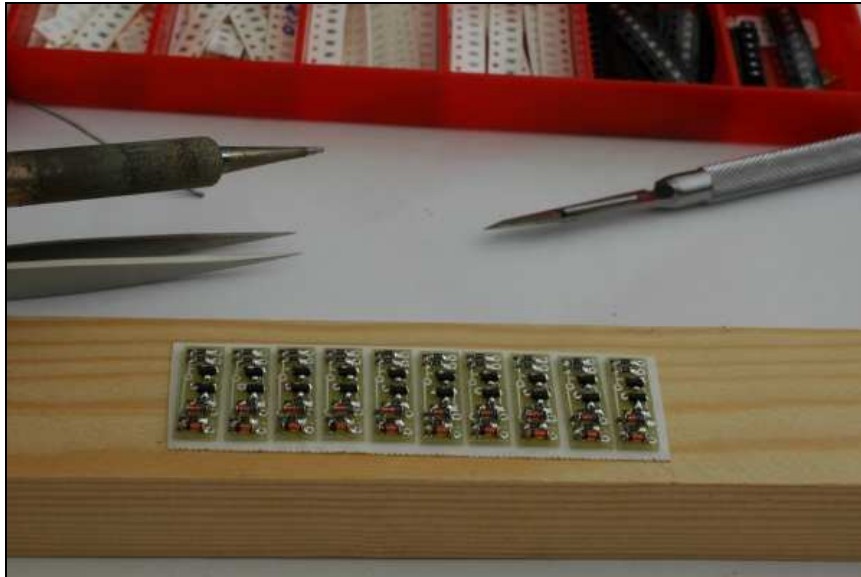


Bild 4.7: Platinenmontage

Bild 4.8 zeigt die Platinen bei der Bestückung von Hand. Im Bild sind die Anschlüsse der Diode D1 (das unterste Bauteil) schon einseitig vorverzinnt. Das Bauteil wird mit der Pinzette in Position gebracht und kurz mit der Lötspitze angeheftet. Auf den beiden rechten Platinen ist das schon geschehen. Erst danach wird auch die 2. Seite angelötet.

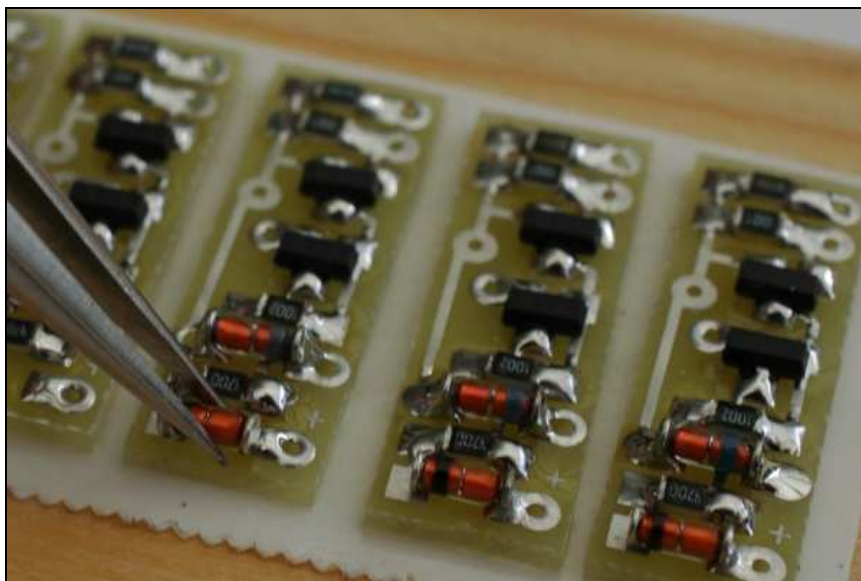


Bild 4.8: Platinen bei der Handbestückung

## 4.8.2 Montage der Schlusslichtlaternen

Sinnvollerweise lötet man an der Anode (den unteren Anschluss) einen Bronze-Federdraht von 0,3 oder 0,4 mm Durchmesser an, der die LED tragen kann und zugleich als Signalstütze am Wagen fungieren kann. An den oberen Anschluss lötet man einen Kupferlackdraht von etwa 0,1 mm Durchmesser. Beide Drähte werden in das Innere des Wagens geführt und dort später mit der Elektronikplatine verkabelt (Bild 4.9 ff). Bei den genauen Montagepunkten für die Signalstützen halten wir uns an die Vorbildinformationen, wie in Kapitel 2.3 angegeben.

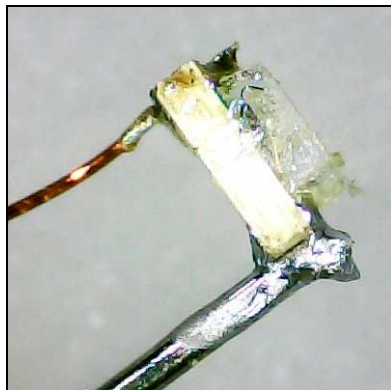


Bild 4.9: ChipLed mit montierten Anschlussdrähten

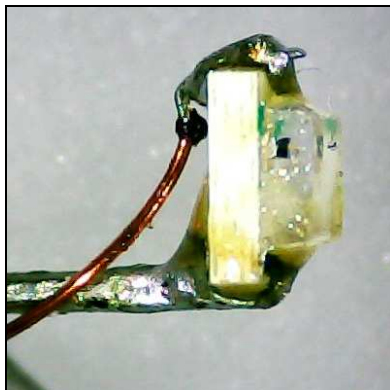


Bild 4.10: ChipLed mit montierten Anschlussdrähten



Bild 4.11: ChipLed mit montierten Anschlussdrähten

Für freistehende Laternen hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den Kupferlackdraht auf der Rückseite der LED herunterzuführen, an der Signalstütze zu fixieren und gemeinsam mit diesem in den Wagen zu führen. Nach Auftrag von schwarzer Farbe fällt die Leitungsführung dann gar nicht mehr auf.

Trotz seines winzigen Durchmessers von etwa nur 0,1 mm lässt sich der Kupferlackdraht übrigens sehr gut verarbeiten. Er lässt sich leicht abisolieren, dadurch dass man die Kupferisolation mit der LötKolbenspitze und etwas Lötzinn einfach abbrennt. Der in Bild 4.10 sichtbare schwarze Punkt an der Anode hinter der LED ist ein abgebrannter Rückstand der Isolation. Er lässt sich mit einem Skalpell leicht entfernen. Die andere, bräunliche Verdickung an der Rückseite der LED oberhalb der Anode ist dagegen erstarrtes Flussmittel aus dem Elektroniklot, das sich ebenfalls leicht mit dem Skalpell versäubern lässt.

Weitere Hinweise zum farblichen Nachbehandeln der Laternen und zum Ausstatten mit Signaltafeln und Kaminaufsatz wurden bereits im Kapitel 4.2 gegeben.

### 4.8.3 Montage der Schleifkontakte bei Wagen mit starren Achsen

Bei 2-achsigen Wagen mit starren Achsen haben wir gute Erfahrungen mit Schleifern aus Bronze-Federdraht gemacht, der sich sehr gut löten und kaum sichtbar unter dem Wagenboden fixieren lässt (Bild 4.12).



Bild 4.12: Spantenwagen mit Schleifern aus Bronze-Federdraht

Dazu befestigen wir 2 Bronzedrähte parallel mittig auf einem kleinen Platinenrest, der aus 2 Lötäugen besteht und passend zurechtgefeilt wurde. Von der Rückseite der Platine aus werden 2 flexible Litzen angelötet (Bild 4.14). In Wagenmitte wird ein Loch ins Chassis gebohrt und mit dem Skalpell auf das Außenmaß der Platine aufgeweitet (Bild 4.13). Bei demontierten Radsätzen wird die Platine im Ausschnitt versenkt, wobei die Kabel ins Wageninnere durchgeführt werden. Die Platine wird mit füllendem Sekundenkleber im Chassis verklebt, und zwar so, dass die Bronzedrähte möglichst nah am Wagenchassis anliegen. Wenn dabei Aggregate-Nachbildungen unter dem Chassis stören und den Federweg des Bronzedrahtes einschränken, werden diese zuvor mit dem Skalpell entfernt.

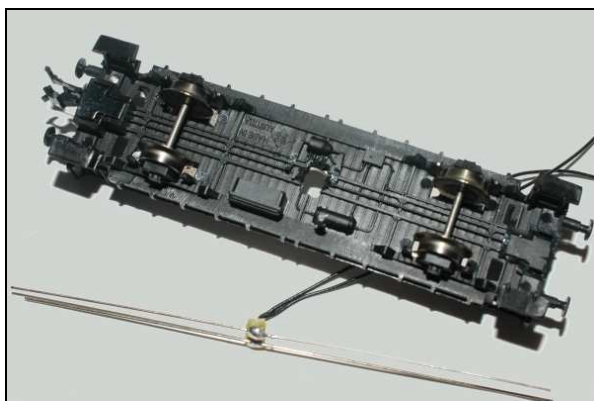


Bild 4.13: Bronzedraht als Schleifkontakt

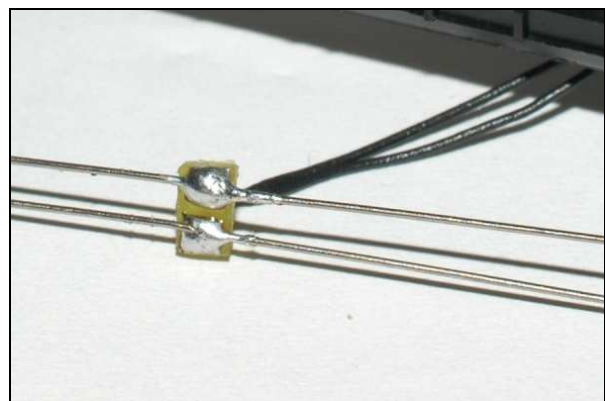


Bild 4.14: Bronzedraht Halterung

Beim Wiedereinsetzen der Radsätze müssen die von Wagenmitte aus parallel laufenden Bronzedrähte so in der Höhe justiert werden, dass sie die Radachse nicht berühren. Die Bronzedrähte werden vor den Achsen mit einer Spitzzange seitlich abgewinkelt, so dass sie leicht die Spurkränze berühren (Bild 4.12).

Bei später aufgebauten Wagen mit starren Achsen haben wir die Art der Schleiferbefestigung noch modifiziert. Weitere Informationen dazu sind in Kapitel 5.3 zu finden.

#### 4.8.4 Montage der Schleifkontakte bei Drehgestellwagen

Bei Drehgestellwagen empfehlen wir den Einbau von Mayerhofer Schleifkontakten (siehe Bild 4.15 und Stückliste in Kapitel 4.6).

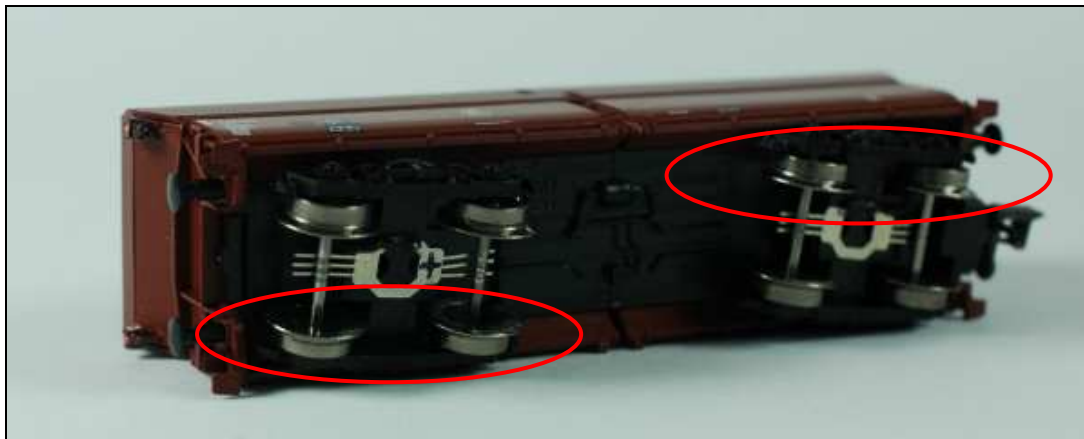


Bild 4.15: Drehgestellwagen mit Mayerhofer Schleifkontakten

Die Schleifkontakte werden in der Länge passend gekürzt, mit Sekundenkleber unter die Drehgestelle geklebt und so justiert, dass sie mit leichtem Druck auf die Achsen drücken.

Dabei ist natürlich darauf zu achten, dass die üblicherweise einseitig isolierten Radsätze innerhalb eines Drehgestells in gleicher Richtung eingebaut sind, beim gegenüberliegenden Drehgestell genau entgegengesetzt. In Bild 4.15 zeigt eine rote Markierung die isolierte Radsatzseite.

Die Verdrahtung der Achsschleifer mit der Elektronikplatine erfolgt über flexible Litze, die durch eine zuvor passend angebrachte Bohrung ins Innere des Wagens geführt wird.

#### 4.8.5 Polarität der Schleifkontakte

Die Spannungsversorgung bei Modellbahnen ist im Europäischen Raum durch die MOROP genormt. Nach NEM 631<sup>28</sup> führt das in Fahrtrichtung rechts liegende Gleis positive Spannung. Auf den oben stehenden Bildern ist die Vorwärtsfahrtrichtung durch die bereits montierten Schlusslichtlaternen schon festgelegt. Die positive Fahrspannung liefert somit in Bild 4.12 der oben liegende Schleifer, in Bild 4.15 der linke Schleifer.

---

<sup>28</sup> Siehe [http://www.morop.eu/de/normes/nem631\\_d.pdf](http://www.morop.eu/de/normes/nem631_d.pdf)



#### 4.8.6 Einbau und Verdrahtung der Elektronik

Bei der Demontage des Wagens sollte man mit der gebotenen Vorsicht zu Werke gehen, um keine Haltenasen, Puffer, Trittstufen oder Kleinteile abzubrechen. Vielfach sind die Wagen nicht symmetrisch. Daher empfiehlt es sich, die demontierten Teile im Inneren zu beschriften, etwa wie im Beispiel unten mit „V“ und „H“, um sie auch wieder richtig zusammenbauen zu können.

Der Einbauort richtet sich immer nach den Begebenheiten, die man im Wagen vorfindet.

Im Beispiel des Spantenwagens in Bild 4.16 hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Elektronik unter dem Dach zu montieren. Dadurch kann eine steife Verdrahtung mit den Schlusslichtlaternen gewählt werden, die an der Dachkante montiert werden.

Um die freie Durchsicht durch den Wagen nicht zu beeinträchtigen, sollte der GoldCap in diesem Fall nicht stehend direkt auf der Platine verlötet werden, sondern abgesetzt flach im Dach liegend. Platine und GoldCap werden unter dem Dach mit doppelseitigem Klebeband befestigt und sind so ausreichend fixiert. Die Bauteile sollte man im freien Raum platzieren, um Fräsarbeiten am Wagen zu vermeiden. Deswegen sitzt der GoldCap auch fast mittig, die Platine dagegen in der Vertiefung des Wagenkastens zwischen den Dachnuten.

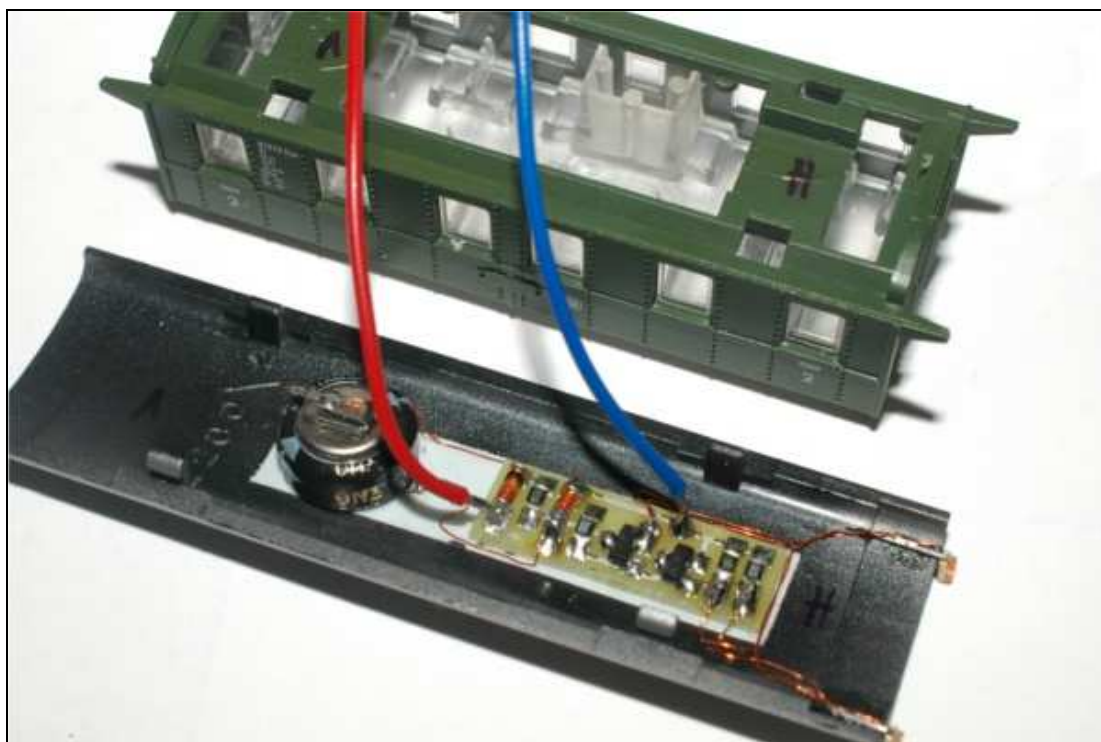


Bild 4.16: Einbau und Verdrahtung der Elektronik

Im gezeigten Verdrahtungsbeispiel wurden die Schlusslichtlaternen (im Bild noch nicht lackiert und noch nicht mit Aufklebern versehen) an der Dachkante montiert. An die Anoden der LEDs sind jeweils etwa 5 mm lange Bronzedrähte angelötet (entsprechend Bild 4.10), die zugleich auch als Signalstütze fungieren und mit Sekundenkleber stumpf am Dach angeklebt wurden.

An die Kathoden der LEDs wurden jeweils Kupferlackdrähte angelötet, die direkt mit der Platine verbunden wurden, ebenso an den freien Enden der Signalstützen. Hierbei aber Vorsicht! Beim Löteten sollte man dem parallel laufenden anderen Kupferlackdraht nicht zu

nahe kommen, um ihn nicht versehentlich mit abzuisolieren. Sonst gibt es später einen Kurzschluss, und die LED brennt nicht. Bauteile kommen dabei aber nicht zu Schaden.

Die übrige Verdrahtung geht zum Goldcap (die beiden Kupferlackdrähte links) und zu den Schleifern (rote und blaue Litze). Beim Anschluss ist sehr sorgfältig auf die Polarität zu achten. Wenn der GoldCap verpolt wird, kann er zerstört werden.

Für Testzwecke kann anstelle der Schleifer über die blaue und rote Litze auch direkt eine 9V Blockbatterie an die ansonsten fertig verdrahtete Elektronikplatine angeschlossen werden. Der Pluspol der Batterie kommt hierbei an das rote Kabel. Wenn die Batterie hierbei falsch herum angeschlossen wird, ist das ohne Bedeutung, weil die Diode D1 im Eingangskreis (im Bild linkes Bauteil) dabei sperrt. Dieser Fall tritt nämlich bei fertiger Verdrahtung auch im Schiebetrieb des Schlusswagens entgegen dem Schlusslicht auf.

Erst nach vollständiger Inbetriebnahme (siehe nächste Kapitel) sollten die Schlusslichtlaternen mit Farbe versehen und die Decals und der Kamin angebracht werden.

#### 4.8.7 Inbetriebnahme der Elektronik

Bild 4.17 zeigt nochmals die Verdrahtung desselben Wagens, jetzt mit Markierung der 7 Anschlusspunkte.

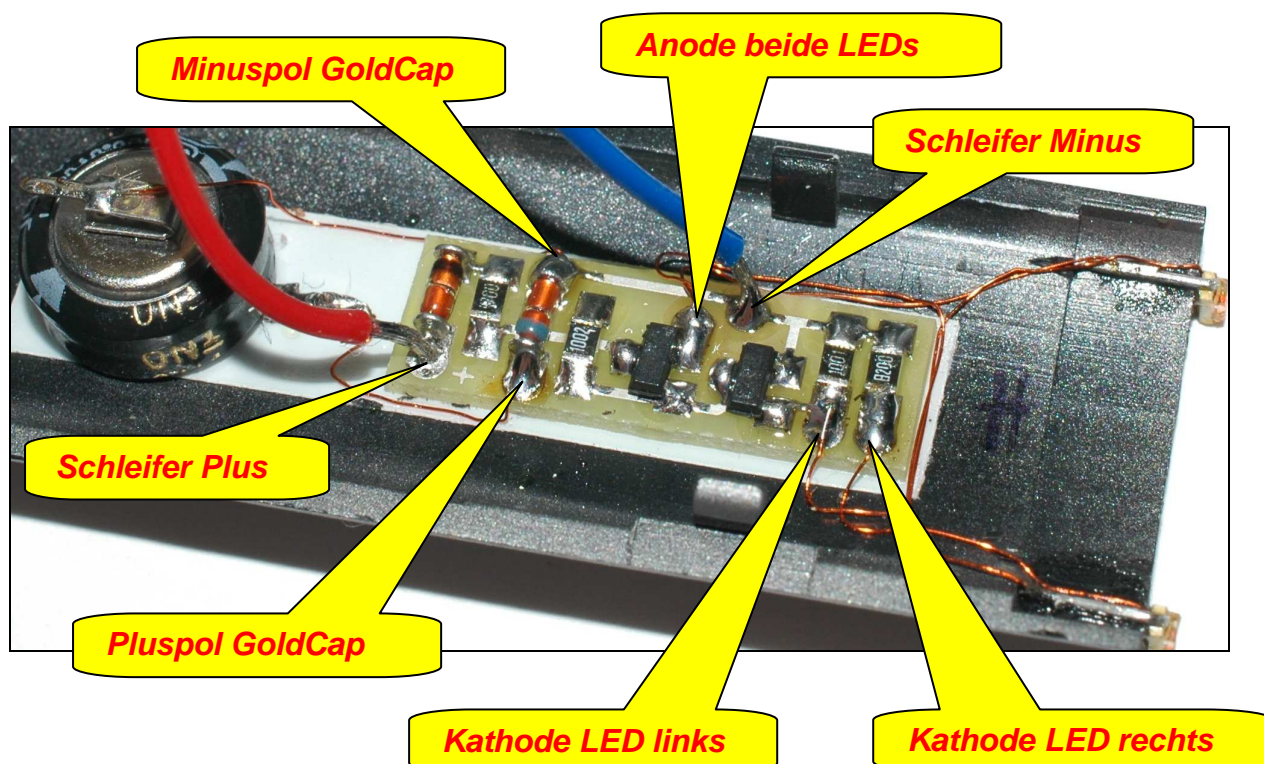


Bild 4.17: Verdrahtung im Detail

Zur Vermeidung einer umständlichen Fehlersuche empfehlen wir, die Schlusslichtschaltung schrittweise in Betrieb zu nehmen.

Auch wenn die Platine, der Goldcap, die LEDs und die Stromabnehmer schon fertig im Wagen positioniert sind, sollten Verkabelung und Inbetriebnahme in der folgenden Reihenfolge ablaufen. Dabei sollte nach jedem Schritt eine Sichtkontrolle durchgeführt werden, ob die Kabel an den genannten Löt pads korrekt verlötet sind und nicht versehentlich andere Bauteile, Leiterbahnen oder Löt pads berühren.

1. Anschluss einer externen LED, deren Anode und Kathode bekannt sind, an die Löt pads „Kathode LED links“ und „Anode beide LEDs“.  
Bitte aufpassen, dass der Anschlussdraht an „Anode beide LEDs“ nicht versehentlich die außen liegende Leiterbahn berührt und so später einen Kurzschluss erzeugt!
2. provisorische Verdrahtung mit Anschluss der Löt pads „Schleifer Plus“ und „Schleifer Minus“ an eine 9V Blockbatterie (Polarität beachten!) oder den Magnetartikelausgang (16V~) eines Modellbahntrafos.  
*Achtung: Der Gold Cap ist zunächst noch nicht angeschlossen!  
Bei eingeschalteter Spannung muss jetzt die externe LED sofort leuchten.*
3. Anschluss des Goldcaps an die Löt pads „Minuspole GoldCap“ und „Pluspole Goldcap“ (Polarität beachten!)  
*Bei angeschalteter Spannung bleibt jetzt die externe LED zunächst dunkel und fängt nach einigen 10 Sekunden langsam an zu leuchten. Sie leuchtet weiter, auch wenn die Spannungsversorgung kurz unterbrochen wird.*
4. Ablöten der externen LED und Anschluss der ersten der eingebauten LEDs an die Löt pads „Kathode LED links“ und „Anode beide LEDs“.  
Bitte wiederum aufpassen, dass der Anschlussdraht an „Anode beide LEDs“ nicht versehentlich die außen liegende Leiterbahn berührt und so einen Kurzschluss erzeugt!  
*Die eingebaute LED müsste jetzt sofort leuchten, weil der Goldcap noch geladen ist. Anderenfalls liegt ein Verpolungsfehler der LED vor, oder die Verdrahtung der eingebauten LED ist unterbrochen, oder der Draht an „Anode beide LEDs“ erzeugt einen Kurzschluss.*
5. Anschluss der anderen eingebauten LEDs an „Kathode LED rechts“ und als 2. Kabel an „Anode beide LEDs“  
*Auch diese müssten jetzt sofort leuchten, weil der Goldcap noch geladen ist. Anderenfalls liegt auch hier ein Verpolungsfehler vor, oder die Verdrahtung der eingebauten LED ist unterbrochen, oder die beiden Drähte an „Anode beide LEDs“ erzeugen einen Kurzschluss.*
6. Abklemmen der provisorischen Spannungsversorgung und endgültige Verdrahtung über die Radkontakte.

### 4.8.8 Fehlersuche

Wenn trotz Einhalten der empfohlenen Inbetriebnahmereihenfolge und sorgfältiger, korrekter Verlötung eine fertig verkabelte Schlusslichtschaltung nicht auf Anhieb funktioniert, kann das nach den bisherigen Erfahrungen folgende Gründe haben:

1. Die Spannungsversorgung ist nicht richtig angeschlossen.  
*Das kann entweder an fehlenden Kontakten an den Radschleifern liegen, an der Polarität der Gleisspannung (bei Gleichstrombahnen: Positive Spannung in Fahrtrichtung rechts) oder an einem Verdrahtungsfehler beim Anschluss der Radschleifer im Wagen.*
2. Der Goldcap ist verpolt.  
*Dieser Fehler lässt sich leicht durch Sichtkontrolle der Anschlussdrähte des Goldcaps an der Platine überprüfen.*
3. Der Goldcap hat nach erstmaliger Inbetriebnahme noch nicht seine Speicherkapazität aufgebaut.  
*Dieses ist kein Fehler, sondern ein normales Verhalten. Wie in Kapitel 4.3, Fußnote 19 schon ausgeführt, dauert es konstruktionsbedingt nach Ersteinschaltung einige 10 Sekunden, bis der Goldcap seine Kapazität aufgebaut hat und erst dann mit dem Aufladevorgang beginnt.*
4. Es ist keine LED an den Anschlüssen „Kathode LED links“ angeschlossen.  
*Schaltungsbedingt muss hier immer eine LED angeschlossen sein, sonst funktioniert die Regelung der Konstantstromquelle nicht, vgl. Kapitel 4.3, letzter Absatz.*
5. Die an „Kathode LED links“ angeschlossene LED leuchtet nicht, alles andere ist okay.  
*Dann kann es sein, dass bei der LED die Anschlüsse (Anode und Kathode) vertauscht wurden oder einer der Anschlussdrähte gebrochen oder nicht richtig verlötet worden ist. In diesem Fall ist eine genaueste Sichtkontrolle zu empfehlen. Ersatzweise kann auch eine andere LED an „Kathode LED links“ und „Anode beide LEDs“ angelötet werden, deren korrekte Verdrahtung vorher geprüft worden ist..*
6. Die LED an „Kathode LED links“ leuchtet, die LED an „Kathode LED rechts“ aber nicht.  
*Auch in diesem Fall liegt ebenfalls entweder eine Verpolung oder ein fehlerhafter Kabelanschluss bei der LEDs an „Kathode LED rechts“ vor.*

### 4.8.9 Sonstige Modellverbesserungen

Wie auf den Bildern 4.12, 4.13 und 4.15 schon zu erkennen war, wurden an den umgebauten Wagen die hinteren Kupplungen entfernt. Das ist auch in den Beispielen in Kapitel 5 ersichtlich.

Statt der Originalkupplungen wurden Kupplungsattrappen an der Pufferbohle eingebaut. Diese sind beispielsweise bei KH Modellbahnbau<sup>29</sup> erhältlich.

---

<sup>29</sup> siehe <http://www.kh-modellbahnbau.de/>, Artikel Nummer 5003 und andere.

## 5 BEISPIELE VON SCHLUSSLICHTWAGEN

Die hier gezeigten Bilder und bald auch weitere mehr sind in höherer Auflösung auch in der Bildergalerie auf unserer Homepage zu finden.

### 5.1 Spantenwagen

Für erste Einbauversuche eignet sich hervorragend der Roco Spantenwagen (24200), da er leicht zu demontieren ist und infolge seiner hohen Fertigungsaufgabe gebraucht sehr günstig zu bekommen ist. Darum haben wir auch gerade dieses Modell in Kapitel 4.8.3 und 4.8.6 im Aufbau gezeigt (Bild 4.12 und Bild 4.16).



Bild 5.1: Spantenwagen mit Oberwagenlaternen

Das gezeigte Modell wurde auf der Schlusslichtseite bereits mit Kupplungsattrappen von KH Modellbahnbau ausgestattet. Der jeweils rechte Puffer wurde vorbildgemäß flach gefeilt.

### 5.2 Oot 42 Sattelwagen

Relativ einfach ist auch der Umbau des Roco Sattelwagens Oot42 (25094), hier in der von 2003 bis 2004 aufgelegten Beschriftungsvariante.

Die Montage der Schleifkontakte wurde bereits in Kapitel 4.8.4 beschrieben.

Die Elektronikplatine kann leicht mit doppelseitigem Klebeband im Inneren des Wagens auf dem Sattel erfolgen. Der Goldcap wird wie auch beim Spantenwagen abgesetzt montiert. Durch den abnehmbaren Ladeguteinsatz ist die Elektronik gut erreichbar.

Die Schlusslichtlaternen sind freistehend und wurden gemäß den Zeichnungen in Band 4 der Güterwagenreihe von Stefan Carstens (siehe Fußnote 8) positioniert. Man beachte, dass die Signalstützen beim Oot42 auf der Bremserbühnenseite und der Nicht-Bremserbühnenseite in unterschiedlicher Höhe angebracht waren.

Beim gezeigten Modell (Bild 5.2 ff) wurde die hintere Kupplung schon entfernt, aber noch keine Kupplungsattrappen nachgerüstet. Bei dem gezeigten Wagen waren im Original Scharfenberg Kupplungen angebaut. Wir kennen bisher noch keinen Kleinserienhersteller, der eine Nachbildung einer offenen Scharfenberg-Kupplung anbietet.





Bild 5.2: Oot 42 mit freistehenden Schlusslichtlaternen



Bild 5.3: Oot 42 mit freistehenden Schlusslichtlaternen



Bild 5.4: Oot 42 mit freistehenden Schlusslichtlaternen

### 5.3 Gllmghs 37 Leig-Einheit

Auch unser Expressgüterzug, vorbildgerecht bestehend aus zwei 2-teiligen Leig-Einheiten Gllmghs37 Leipzig (Mt 13624, 15111) und einem Rungenwagen Rmrs31 (FI 8256 oder Mt 15501), braucht einen Schlusslichtwagen. Die beiden 2-teiligen Leig-Einheiten lassen wir mit den Bremserbühnen gegeneinander laufen. Also kommt das Schlusslicht an den Wagen ohne Bremserbühne. Wir wählen dazu die „alte“ Leig-Einheit (13624) ohne Kurzkupplungskulisse, weil wir eine Kupplung ohnehin abschneiden und am Zugschluss eine Kupplungsnachbildung anbauen wollen.

Herstellerseitig wurden bereits Signalstützen angedeutet, die sogar seitlich etwas ausgestellt wurden (Bild 5.5). Es bestünde grundsätzlich die Möglichkeit, auch die Schlusslichtlaternen seitlich auszustellen. Wir nehmen aber davon aus Gründen der Robustheit im Ausstellungsbetrieb Abstand und montieren die Laternen nur bündig mit den Wagenecken<sup>30</sup>.

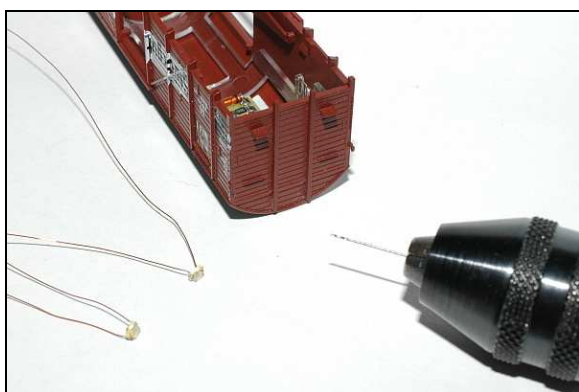


Bild 5.5: Gllmghs 37 Schlusslichtmontage

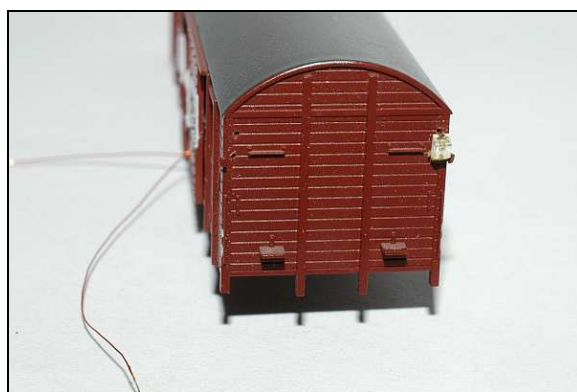


Bild 5.6: Gllmghs 37 Schlusslichtmontage

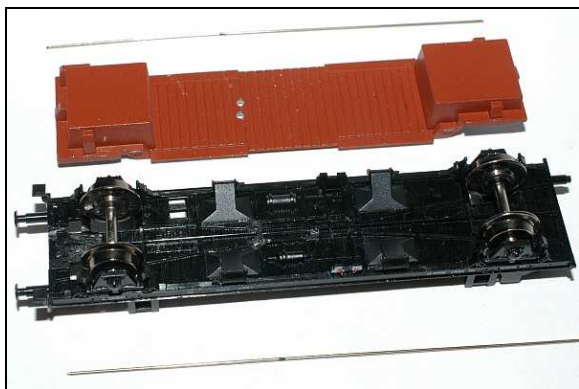


Bild 5.7: Gllmghs 37 Schleifermontage

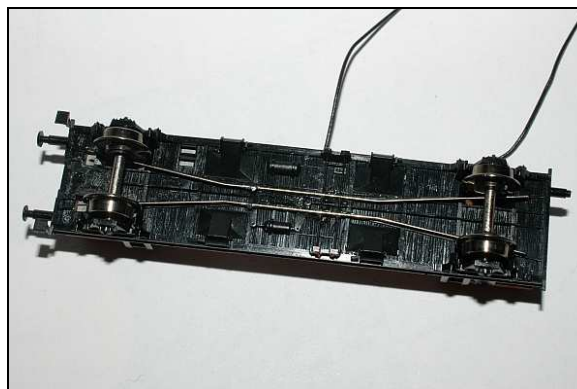


Bild 5.8: Gllmghs 37 Schleifermontage

Aus Gründen der freien Durchsicht bei geöffneten Schiebetüren achten wir darauf, dass die Elektronik und die Stromzufuhr vom Schleifer im Innenraum nicht sichtbar sind. Die Anschlusskabel am Schleifer montieren wir etwas außermittig (Bild 5.7), löten die Kabel ohne Montageplatte direkt am Bronzedraht an und befestigen die Schleifer mit Sekundenkleber am Chassis (Bild 5.8).

Die Elektronik bauen wir wieder im Dach ein (Bild 5.9) und befestigen sie mit doppelseitigem Kleband. Wer die Schleiferkabel im Inneren des Wagens noch besser tarnen will (Bild 5.10), kann dazu Ladegut verwenden.

<sup>30</sup> Das kann natürlich jeder nach seinen eigenen Vorstellungen anders machen.



Bild 5.9: Gllmghs 37 Steuerungselektronik



Bild 5.10: Gllmghs 37 freie Durchsicht

Bild 5.11 und Bild 5.12 zeigen die umgebaute Leig-Einheit, hier allerdings noch ohne Kupplungsnachbildung am Schlusswagen.



Bild 5.11: Gllmghs 37 mit Schlusslichtlaternen



Bild 5.12: Gllmghs 37 Unterseite



## 5.4 Bts 50 Behältertragwagen

Als letztes zeigen wir als Besonderheit den Umbau der Roco Bts50 Behältertragwagen-garnitur (25260). Die Wagen sind so filigran, dass hier die Steuerelektronik nur in den Behältern Platz findet, und sogar auf 2 Behälter aufgeteilt werden muss (Bild 5.13).

In den mittleren Behälter des hinteren Wagens (der Wagen mit Signalstützen, nicht der mit Bremserbühne, vgl. Bild 5.17) kommt die Ladeschaltung, in den hinteren Behälter die Konstantstromquelle. Dazu muss die Elektronikplatine zweigeteilt werden, wie in Kapitel 4.4 angegeben<sup>31</sup>.



Bild 5.13: Bts 50 Einzelteile

Die Signalstützen für die Schlusslichtlaternen wurden der Form der angespritzten Signalstützen am Wagen nachempfunden und aus Bronzedrahtstücken neu gebogen und verlötet. An die neuen Signalstützen werden die Anoden der LED angelötet. An die Kathoden wird jeweils ein Kupferlackdraht angelötet, der an der Signalstütze mit Sekundenkleber fixiert und nach unten geführt wird. Die angespritzten Signalstützen werden abgeschnitten und die neu gefertigten in kleinen Bohrlöchern fixiert und mit Sekundenkleber angeklebt. An der Wagenunterseite wird an die Bronze-Signalstützen jeweils ein weiterer Kupferlackdraht zur Verlängerung der Anodenanschlüsse angelötet<sup>32</sup>.

Beim Einbau und Zusammenbau wird der hintere Wagen in einer Lok-Liege eingeklemmt und die zu montierenden Platinen mit doppelseitigem Klebeband fixiert, damit sie beim Lötten nicht wegrutschen. Im hinteren Behälter (der sogar sein Ballastgewicht behalten darf) werden 4 Kupferlackdrähte von den Schlusslichtlaternen und 2 Kupferlackdrähte von der Ladeschaltung aus dem mittleren Behälter angelötet, die durch kleine gebohrte Löcher im Boden des Behälters eingefädelt werden (Bild 5.14).

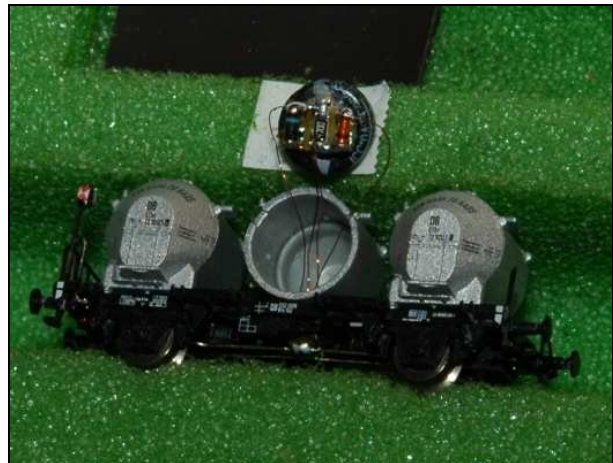
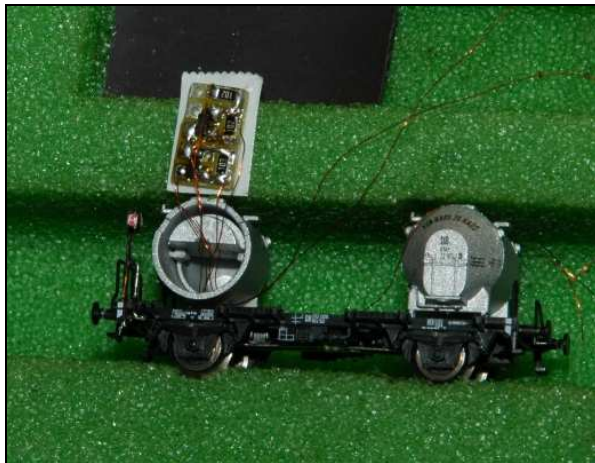


Bild 5.14: Montage der Konstantstromquelle      Bild 5.15: Montage der Ladeschaltung

Im mittleren Behälter müssen das Ballastgewicht und seine Haltenasen dem Goldcap weichen (Bild 5.15). Hier werden die 2 Kupferlackdrähte aus dem hinteren Behälter und 2

<sup>31</sup> In Bild 5.14ff ist noch ein Prototyp der Elektronikplatine eingebaut, der auf einer Löttaugenplatine aufgebaut wurde.

<sup>32</sup> An unserem Prototyp haben wir als Signalstützen 0,4 mm Bronzefederdraht verwendet. Noch filigraner sieht es aus, wenn dafür 0,3 mm Bronzefederdraht verwendet wird.

Kupferlackdrähte, die mit dem Radschleifer verbunden sind, ebenfalls durch kleine gebohrte Löcher im Behälterboden eingefädelt und mit der restlichen Schaltung verbunden.

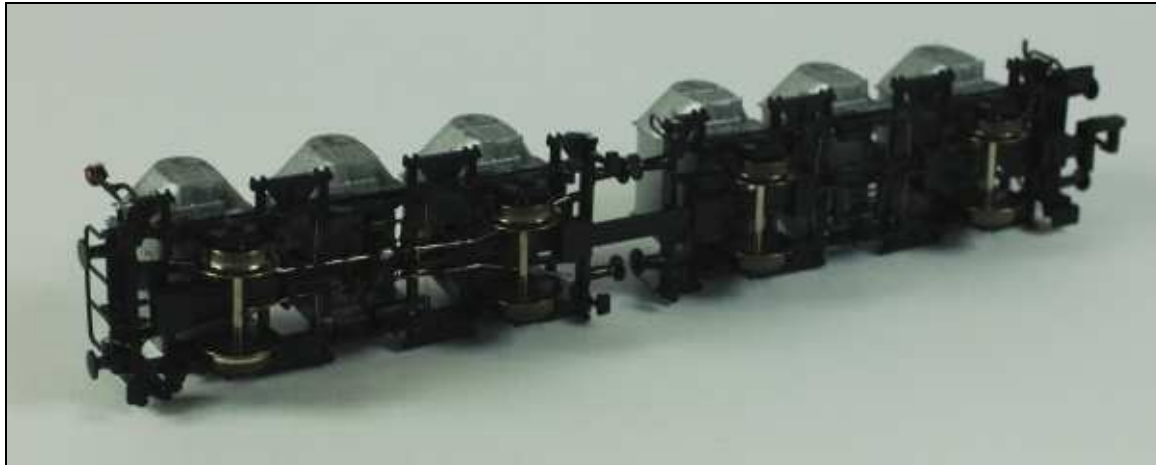


Bild 5.16: Bts 50 Schleifer am hinteren Wagen



Bild 5.17: Bts 50 komplett

Bild 5.16 und Bild 5.17 zeigen die fertige Behältertragwagengarnitur.

Die Radschleifer wurden wieder nach dem in Kapitel 4.8.3 genannten Prinzip montiert. Sie werden ebenso wie die übrige Verkabelung mit schwarzer Farbe weggetarnt und sind trotz freier Fahrgestelldurchsicht nicht mehr sichtbar.

Die hintere Kupplung wurde entfernt. Dafür wurde eine Kupplungsattrappe mit Bremsschlauch von KH Modellbahnbau angebaut (Bild 5.18) und lackiert.



Bild 5.18: Bts 50 Heckansicht

## 6 SCHLUSSWORT

***„Es ist eigentlich ganz einfach!***

***Man muss nur wissen, wie es geht, und woher man sein Material bekommt.“***

Mit diesem Schlusssatz wollen wir die Dokumentation unseres Projektes „Zg3“ beenden. Der Verfasser hat sich bemüht, beides umfassend zu beantworten, auch wenn diese Dokumentation jetzt etwas umfangreicher ausgefallen ist als ursprünglich geplant.

Aber das äußerst positive Echo auf dieses Bauprojekt innerhalb des Vereins „N-Bahn Freunde München“ und die Tatsache, dass die erste Fertigungscharge der Steuerungsplatine im Handumdrehen ausverkauft war, hat uns bewogen, dieses Bauprojekt doch etwas detaillierter zu dokumentieren und auf Messen und Ausstellungen ebenso zu veröffentlichen wie auf unserer Internetseite. Bei diversen Workshops haben wir den Zusammenbau und die Verkabelung der Schlusslichtlaternen unter dem Kameramikroskop gezeigt<sup>33</sup>.

Wir beabsichtigen, den Bausatz in Kleinserie für den interessierten und versierten Modellbauer aufzulegen. Da wir selbst als gemeinnütziger Verein keinen Handel treiben, stehen wir zur Zeit in Verhandlung mit einem Vertriebspartner, der den Vertrieb eines Bausatzes übernimmt. Sobald dieser Vertriebskanal aufgebaut ist, werden wir darauf auf unserer Internet Seite hinweisen.

Grundsätzlich steht der nicht-kommerzielle Nachbau des hier dokumentierten Bauprojekts jedermann frei. Veröffentlichungen müssen natürlich mit ordnungsgemäßem Quellenverweis erfolgen. Unsere Bilder und Texte sind Copyright-geschützt.

Auch müssen wir natürlich jedwede Haftung für Schäden aus dieser Anleitung ausschließen. Genaueres haben wir dazu im Impressum formuliert.

Wir stehen jeder Art von Weiterentwicklung dieses Projektes sehr aufgeschlossen gegenüber und behalten uns ausdrücklich vor, sinnvolle Weiterentwicklungen auch kurzfristig umzusetzen. Gerne nehmen wir auch konstruktive Anregungen und Verbesserungsvorschläge auf. Für dieses Feedback<sup>34</sup> haben wir sogar eine eigene Mailadresse angelegt:

[projekt.zg3@n-f-m.eu](mailto:projekt.zg3@n-f-m.eu)

Der Vorstand des Vereins und der Verfasser dieser Dokumentation wünschen allen „Bauwilligen“ gutes Gelingen und viel Freude an unserem gemeinsamen Hobby, der Modelleisenbahn in Spur N.

*Jürgen Lantermann*

Webmaster der NFM

---

<sup>33</sup> Bilder sind unter <http://www.n-f-m.eu/bildergalerie/ausstellungen/2011/ried-im-innkreis> zu finden.

<sup>34</sup> Wir behalten uns vor, dieses Feedback auszugsweise oder vollständig, anonymisiert oder mit Namensnennung des Autors auf unserer Homepage zu veröffentlichen.



## 7 ANHANG

### 7.1 Abbildungsverzeichnis

Bild 1.1: NFM Großanlage 2010 in der Flugwerft des Deutschen Museums.....	3
Bild 2.1: Signalbild ab 1893.....	5
Bild 2.2: Signalbild ab 1898.....	5
Bild 2.3: Signalbild ab 1907.....	5
Bild 2.4: Signalbild ab 1935.....	6
Bild 2.5: Schlusslichtlaterne im Original.....	7
Bild 2.6: Signalstützen an einem G10 mBh.....	8
Bild 2.7: Signalstützen an einem G20 mBh.....	8
Bild 4.1: verwendete Chipled.....	14
Bild 4.2: verwendete Chipled.....	14
Bild 4.3: verwendete Chipled.....	14
Bild 4.4: Schaltplan.....	15
Bild 4.5: Schaltungslayout.....	16
Bild 4.6: Bestückungsplan.....	17
Bild 4.7: Platinenmontage.....	20
Bild 4.8: Platinen bei der Handbestückung.....	20
Bild 4.9: ChipLed mit montierten Anschlussdrähten.....	21
Bild 4.10: ChipLed mit montierten Anschlussdrähten.....	21
Bild 4.11: ChipLed mit montierten Anschlussdrähten.....	21
Bild 4.12: Spantenwagen mit Schleifern aus Bronze-Federdraht.....	22
Bild 4.13: Bronzedraht als Schleifkontakt.....	22
Bild 4.14: Bronzedraht Halterung.....	22
Bild 4.15: Drehgestellwagen mit Mayerhofer Schleifkontakten.....	23
Bild 4.16: Einbau und Verdrahtung der Elektronik.....	24
Bild 4.17: Verdrahtung im Detail.....	25
Bild 5.1: Spantenwagen mit Oberwagenlaternen.....	28
Bild 5.2: Oot 42 mit freistehenden Schlusslichtlaternen.....	29
Bild 5.3: Oot 42 mit freistehenden Schlusslichtlaternen.....	29
Bild 5.4: Oot 42 mit freistehenden Schlusslichtlaternen.....	29
Bild 5.5: Gllmghs 37 Schlusslichtmontage.....	30
Bild 5.6: Gllmghs 37 Schlusslichtmontage.....	30
Bild 5.7: Gllmghs 37 Schleifermontage.....	30
Bild 5.8: Gllmghs 37 Schleifermontage.....	30
Bild 5.9: Gllmghs 37 Steuerungselektronik.....	31
Bild 5.10: Gllmghs 37 freie Durchsicht.....	31
Bild 5.11: Gllmghs 37 mit Schlusslichtlaternen.....	31
Bild 5.12: Gllmghs 37 Unterseite.....	31
Bild 5.13: Bts 50 Einzelteile.....	32
Bild 5.14: Montage der Konstantstromquelle.....	32
Bild 5.15: Montage der Ladeschaltung.....	32
Bild 5.16: Bts 50 Schleifer am hinteren Wagen.....	33
Bild 5.17: Bts 50 komplett.....	33
Bild 5.18: Bts 50 Heckansicht.....	33

## 7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Maße der Schlusslichtlaterne.....	7
Tabelle 3.1: Käufliche Personenwagen mit Schlusslicht.....	10
Tabelle 3.2: Käufliche Güterwagen mit Schlusslicht .....	10
Tabelle 4.1: Stückliste und Bezugquellen.....	18
Tabelle 4.2: Benötigte Werkzeuge .....	19

## 7.3 Dokumenten-Historie

Ausgabe 1.0    Okt 2011    Erstausgabe

Ausgabe 1.1    Nov 2011    ersetzt Ausgabe 1.0

- Kapitel 7.1 (Nachträgliche Verbesserungen) wurde neu aufgenommen.
- Kapitel 7.4 (Dokumenten-Historie) wurde neu aufgenommen.
- Kapitel 4.3 : die „üblichen Betriebsspannungen“ wurden genauer spezifiziert.
- Kapitel 2.3 : Aktualisierung: 6.Band der Güterwagenreihe ist erschienen.
- Kapitel 3.3 : Ein weiteres Selbstbauprojekt ist aus Feedbacks bekannt geworden.
- Kapitel 6 (Schlusswort) wurde aktualisiert.

Ausgabe 1.2    Feb 2012    ersetzt Ausgabe 1.1

- Kapitel 4.5 (Technische Daten) wurde ergänzt.
- Kapitel 4.8.7 (Inbetriebnahme der Elektronik) wurde ergänzt
- Kapitel 4.8.8 (Fehlersuche) wurde ergänzt.
- Kapitel 7.1alt (Nachträgliche Verbesserungen) wurde aufgelöst und integriert.

## 7.4 Quellennachweis

Titelbild	Jürgen Lantermann
Bild 2.1 .. 2.4	öffentlich, frei von Copyrights
Bild 2.5	Olaf Radtke
Bild 2.6 .. 2.7	Stefan Carstens
alle anderen Bilder	Jürgen Lantermann
Texte Kapitel 2.1	Stefan Carstens, <i>zusammengefasst aus der Literatur in Fußnote 7</i>
sonstige Texte	Jürgen Lantermann

## 7.5 Impressum

Die "N-Bahn Freunde München" (NFM) sind ein eingetragener Verein beim Amtsgericht München, registriert beim Registergericht unter VR 18070.

Der Verein "N-Bahn Freunde München e.V." ist als Körperschaft nach §5 Abs.1 Nr.9 KStG von der Körperschaftsteuer befreit und nach §3 Nr.6 GewStG von der Gewerbesteuer befreit, weil die Körperschaft ausschließlich und unmittelbar steuerbegünstigten Zwecken im Sinne der §§51 ff AO dient.

Die Körperschaft fördert folgende allgemein als besonders förderungswürdig anerkannte gemeinnützige Zwecke: **Förderung des Baus und Betriebs von Eisenbahnmodellen** (Abschnitt B, Nr.4 der Anlage 1 zu §48 Abs.2 EStDV).

Die Körperschaft ist berechtigt, für Spenden, die ihr zur Verwendung für diese Zwecke zugewendet werden, Zuwendungsbestätigungen nach amtlich vorgeschriebenem Vordruck (§50 Abs.1 EStDV) auszustellen.

**Der Verein wird durch den Vorstand vertreten:**

Manfred Baaske (Vorsitzender), Olaf Radtke, Dieter Schenkl, Alex Bink

**Vereinsadresse:**

N-Bahn Freunde München e.V.  
z.Hd. Manfred Baaske  
Karl-Hänel-Str. 27  
80999 München  
Tel: 089 / 8128511

**verantwortlich gemäß §8 TDG und §6 MDStV:**

Jürgen Lantermann (Webmaster)  
[webmaster@n-f-m.eu](mailto:webmaster@n-f-m.eu)

Diese Dokumentation wurde gemeinsam von Mitgliedern des Vereins "N-Bahn Freunde München e.V." sorgsam erstellt.

Der Verein und die Autoren übernehmen jedoch keinerlei Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit, Vollständigkeit oder Qualität der hier bereitgestellten Informationen. Haftungsansprüche gegen den Verein oder die Autoren, welche sich auf Schäden materieller oder ideeller Art beziehen, die durch die Nutzung der dargebotenen Informationen oder durch die Nutzung fehlerhafter oder unvollständiger Informationen verursacht werden, sind grundsätzlich ausgeschlossen.

Sollte jemand in dieser Dokumentation ganz oder teilweise abgebildet sein und dies nicht wünschen, so bitten wir, sich unverzüglich mit uns in Verbindung zu setzen, damit wir dies ändern.

Die in dieser Dokumentation gezeigten Texte, Bilder und Grafiken sind geschützte Werke im Sinne des §2 UrhG. Alle Rechte an den Inhalten dieser Seiten, sowohl der Texte als auch der Bilder und Grafiken, liegen bei den jeweiligen Autoren. Der Verein "N-Bahn Freunde München e.V." besitzt ein einfaches Nutzungsrecht (§31 UrhG) an diesen Werken, das das Recht zur Verwendung in diesem Dokument und auf der Internetpräsenz des Vereins einschließt.

Die Weitergabe und Veröffentlichung dieser Inhalte (Texte, Bilder und Grafiken), auch auszugsweise, bedürfen der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung durch die jeweiligen Autoren. Verstöße werden als Urheberrechtsverletzungen geahndet.

Die in dieser Dokumentation verwendeten Links auf fremde Internetseiten wurden erst nach vorheriger sorgfältiger Überprüfung der verlinkten Seiten eingerichtet. Der Verein "N-Bahn Freunde München e.V." hat jedoch keinerlei Einfluss auf etwaige Änderungen der Gestaltung und des Inhalts dieser gelinkten Seiten. Vor dem Hintergrund der aktuellen Rechtsprechung, insbesondere dem Urteil 312 O 85/98 des Landgericht Hamburg, machen wir uns daher die Inhalte der gelinkten Seiten auf dieser Homepage nicht zu eigen.