Eisenbahnfreunde Kraichgau e.V.

Technischer Fachbericht

Die betriebsfähige Tunneloberleitung

der

Eisenbahnfreunde Kraichgau e.V.

Technischer Fachbericht

Die betriebsfähige Tunneloberleitung der Eisenbahnfreunde Kraichgau e.V.

Herausgegeben von:

Eisenbahnfreunde Kraichgau e.V.
- Modellbahnreferat -

Bearbeitet von:

Stefan Schneider

Anschrift:

Postfach 1265
74872 Sinsheim

Ruf:

Tel.+Fax: 07261 / 5809

Internet:

www.eisenbahnfreunde-kraichgau.de
info@eisenbahnfreunde-kraichgau.de

gültig ab:

01.10.2004 (zweite überarbeitete Fassung)
01.11.2006 (Korrektur)

Die betriebsfähige Tunneloberleitung der Eisenbahnfreunde Kraichgau e.V.

Zusammenfassung

In diesem Artikel wird der Bau einer voll betriebsfähigen Tunneloberleitung beschrieben. Sie wird zeitnah nach der Gleisverlegung errichtet und ist teilweise auch bereits in Betrieb. Die Modellbahnanlage wird im Maßstab 1:87 und als Dreileiter-System gebaut. Die Anwendung dieses Tunneloberleitungs-Systems ist auch auf andere Modellbahn-Maßstäbe möglich. Einschränkung findet sie allenfalls in der Systemanwendung, da im Zweileiter-System zusätzliche Aufwendungen in der Zugbeeinflussung erforderlich sind. Bei den Erläuterungen handelt es sich um Erfahrungswerte und unverbindliche Empfehlungen für einen Nachbau.

Warum wird für die Vereinsanlage eine betriebsfähige Tunneloberleitung gebaut?

In den 80'ern war das erste Vereinsheim der Eisenbahnfreunde Kraichgau e.V. eine alte Hinterhof-Scheune und fiel aufgrund von Altstadtsanierungen der Stadt Sinsheim zum Opfer. Die damalige Modellbahnanlage wurde bereits mit einer betriebsfähigen Tunneloberleitung ausgerüstet. Es bestand daher kein Zweifel, die Modellbahnanlage im neuen Vereinsheim Lokschuppen ebenfalls wieder mit einer betriebsfähigen Oberleitung auszurüsten. Da die Sommerfeldtoberleitung sehr exakt und vorbildgetreu erstellt wird, kann mit gehobenem Stromabnehmer gefahren werden. Es wäre ein Novum, wenn man den Fahrstrom nicht über die Fahrleitung führen würde und sie dann einfach nach dem Tunnelportal nach oben wegbiegt. Darüber hinaus sind Oberleitungen im Verein ohnehin ein Schwerpunktthema.

Das Gleis- und Stromversorgungs-System wird als Dreileiter gebaut. Die gesamte Fahrleitung ist praktisch ein zweiter Mittelleiter und somit dem Mittelpunktleiter des Märklin-Gleises parallel geschaltet. Bei E-Loks und ET's können die Schleifer demontiert werden, sodass in einigen Infrastrukturbereichen (S-Bahn-Strecke, E-Lok-BW, Straßenbahnlinie), in denen keine Dampf- und Diesellokomotiven fahren, auf den Mittelpunktkontakt verzichtet werden und somit ein Zweileiter-Gleis verlegt werden kann.

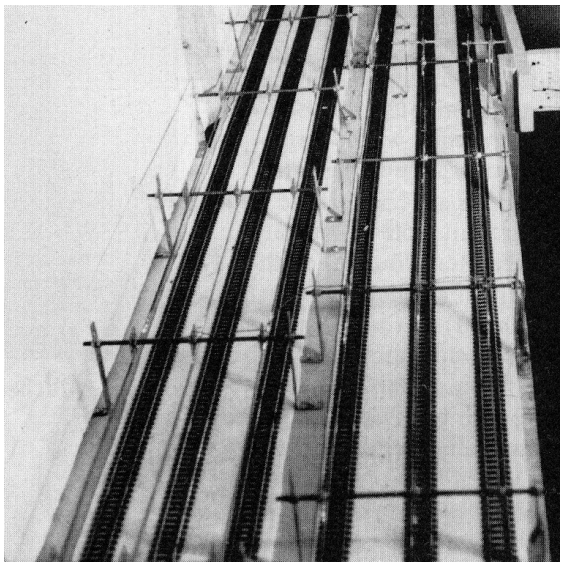

Bild 1: Tunneloberleitung im alten Vereinsheim

Was ist zum Bau einer Tunneloberleitung alles erforderlich?

Man ist bestrebt, das hier beschriebene Tunneloberleitungssystem zu standardisieren. Die Komponenten erhalten, sofern dies sinnvoll erscheint, die gleichen Bezeichnungen wie im Original. Man spricht ebenfalls von Oberleitungsmasten, Quertragwerke, Auslegern, Fahrdrähten, Fahrdrahtabzüge und Trennstellen. Nachfolgend sind die erforderlichen Baumaterialien aufgelistet:

- Vierkanthölzer mit etwa 15 mm Kantenlänge zum Bau von Masten und Quertragwerken bis zu vier Gleisen.

- Dachlatten mit etwa 20 mm und 40 mm Kantenlänge zum Bau von Quertragwerken mit mehr als vier Gleisen oder für Mehrfach-Oberleitungsmasten
- Holzschrauben und Ponal bzw. Holzleim zur Befestigung und Montage der Hölzer
- Kupferdraht für Ausleger, Fahrdraht, Abspannung und Parallelverbinder
- Lötzinn zum Löten der Ausleger und Abspannungen sowie zum Anlöten des Fahrdrahtes und der Versorgungsleitungen

Die Hölzer sind in jedem Baumarkt erhältlich. Auch der Kupferdraht ist mit der Bezeichnung *H07 V-U 2,5mm²* (Elektroinstallationsdraht starr) als 100 m-Rolle in jedem Elektrogeschäft erhältlich.

Zur Bearbeitung der Baumaterialien und Erstellung der Tunneloberleitung kommt man mit wenigen Werkzeugen aus:

- Sommerfeldt-Oberleitungslehre
- Kombizange und Schraubstock/ -zwinge zum Strecken des Kupferdrahtes
- Abisolierzange zum Entfernen der PVC-Isolierung des Kupferdrahtes
- Flachzange zum Biegen von Ausleger und Abspannung
- Lötkolben mit mindestens 100 W Leistung
- Akkuschrauber und Bohrer
- Säge und Raspel bzw. Feile zum Bearbeiten der Hölzer

Bild 2: Werkzeuge und Baumaterial

Oberleitungsmasten und Quertragwerke

Die Masten bestehen aus zwei Teilen, dem Mastständer und dem Mastgalgen (Bild 3.1). Der Mastgalgen wird in der Regel auf den Mastständer aufgesetzt. Seitenmaste werden für ein oder zwei Gleise verwendet. Alternativ können für zweigleisige Strecken auch Mittelmaste (Bild 3.2) aufgestellt werden. Mastgalgen und Mastständer werden miteinander verschraubt.

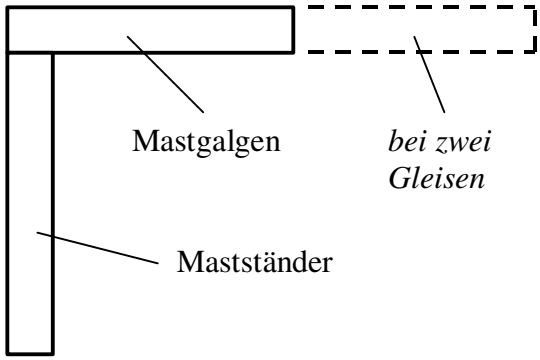

Bild 3.1: Seitenmast

Dazu sollte vorgebohrt werden, um ein Spalten der Hölzer zu vermeiden. Gleiches gilt auch für die Montage auf bzw. seitlich zum Trassenbrett. Des Weiteren können alle Kontaktflächen aufgrund späterer Verdrehbeanspruchungen mit Ponal oder Holzleim verklebt werden.

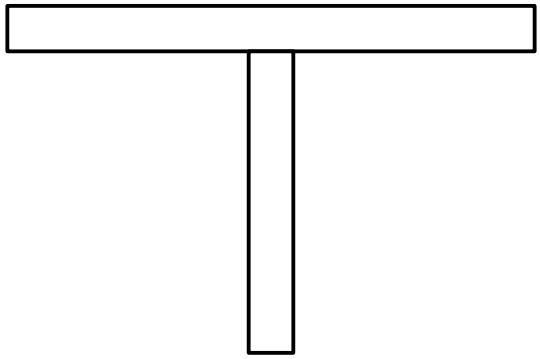

Bild 3.2: Mittelmast

Es empfiehlt sich, Quertragwerke schon ab zwei Gleisen zu bauen. Ab fünf Gleisen sind Quertragwerke als Dachlatten auszuführen. Die Montage erfolgt analog wie beim Einzelmasten. Bei Verwendung von Dachlatten sind die Langseiten der Quertraverse senkrecht zu stellen.

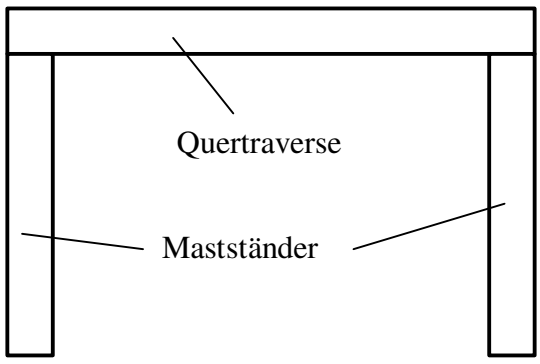

Bild 3.3: Quertragwerk

Abstand zum Gleis:
Bei der Mastgründung ist das Lichtraumprofil der Schienenfahrzeuge zu berücksichtigen. Es werden daher Mindestwerte für den Seitenabstand zum Schwellenende des Gleises angegeben:

≥ 10 mm bei Radien → ∞
≥ 15 mm bei Radien kleiner 1,0 m
≥ 20 mm bei Radien kleiner 0,75 m
≥ 25 mm bei Radien kleiner 0,5 m

Insbesondere sind Fahrzeugausschläge bei Bogenübergängen zu beachten.

Oberleitungshöhe:
Als Nennhöhe gilt der Abstand zwischen Unterkante des Mastgalgens bzw. der Quertraverse zur Schienenoberkante. Die Nennhöhe wird mit 76 mm angegeben. Abweichungen können sich je nach spezifischen Anforderungen und Topologie ergeben. Bei einer erforderlichen Absenkung des Fahrdrahtes darf das Maß von 60 mm nicht unterschritten werden.

Feldlänge:
Die Abstände der Masten entlang der Strecke betragen zwischen 30 cm und 35 cm. In Kurven erhält man etwas kürzere Abstände zwischen 25 cm und 30 cm. Die Anfangs gewählten Mastabstände von bis zu 50 cm haben sich nicht als sinnvoll erwiesen, da der Fahrdraht empfindlich gegen mechanische Beanspruchungen wurde und die Gefahr eines Ausbügelns des Stromabnehmers besteht.

<u>Bearbeitung des Kupferdrahtes</u>

Um den Kupferdraht als Ausleger, Abzug oder Fahrdraht zu verwenden, muss dieser vorher entsprechend bearbeitet werden. Die zu streckende Länge kann im Prinzip beliebig gewählt werden. Um einen geradlinigen und sauberen Kupferdraht zu erhalten, ist dieser an einem Ende in einen Schraubstock zu spannen oder an einer festgespannten Schraubzwinge zu verdrillen. Das andere Ende wird mit einer Kombi- oder Wasserrohrzange gehalten. Durch ruckartige Zugbeanspruchungen wird das Kupfer gestreckt. Anschließend werden die gespannten Enden abgeschnitten und das gestreckte Stück vorsichtig abisoliert. Es ist besonders darauf zu achten, dass mit der Abisolierzange keine Kerben im Kupfer entstehen. Danach kann der Kupferdraht für die aufgezählten Betriebsmittel verwendet werden.

Bild 4a: Strecken des Kupferdrahtes

Bild 4b: Verdrillen an der Schraubzwinge

Der Ausleger

Standard-Ausleger (einfach):
Der Standard-Ausleger besteht aus zwei 10 cm langen Kupferdrahtstücken. Zur Befestigung des Auslegers muss je ein Loch senkrecht über jede Fahrschiene durch den Mastständer bzw. dem Quertragwerk gebohrt werden. Die Bohrung erfolgt mit einem Durchmesser von 1,7 mm. Das Kupferdrahtstück wird danach ins Bohrfutter eingespannt und vorsichtig mit kleiner Drehzahl und leichtem Druck durch die Bohrungen eingebracht. Alle vier Enden der beiden Kupferdrahtstücke sollten möglichst gleichweit herausstehen (Bild 5a). Ein Verschieben von Hand dürfte aufgrund der entstandenen Presspassung nur schwer möglich sein.
Alle vier Drahtenden werden senkrecht nach unten gebogen (Bild 5b). Auf Höhe Oberkante der Sommerfeldt-Oberleitungslehre werden die Drahtenden dann wieder waagrecht gebogen (Bild 5c). Danach wird die Anordnung nach innen gedreht, bis sich die beiden Drahtenden im Idealfall direkt über der Gleismitte berühren(Bild 5d). Meist sind die Drahtenden etwas auszurichten. Im Extremfall muss auch schon mal nachgebogen werden. Des Weiteren liefert die Praxis automatisch eine Art Zickzackverlauf. Aufgrund der entstandenen Presspassung können die gebogenen Kupferdrahtstücke nicht mehr herumbaumeln und der Fahrdraht kann unter dieser Anordnung angelötet werden. In Bild 5 sind die Arbeitsabläufe zur Erstellung eines Fahrdrahtauslegers an einem Oberleitungsmast dargestellt.

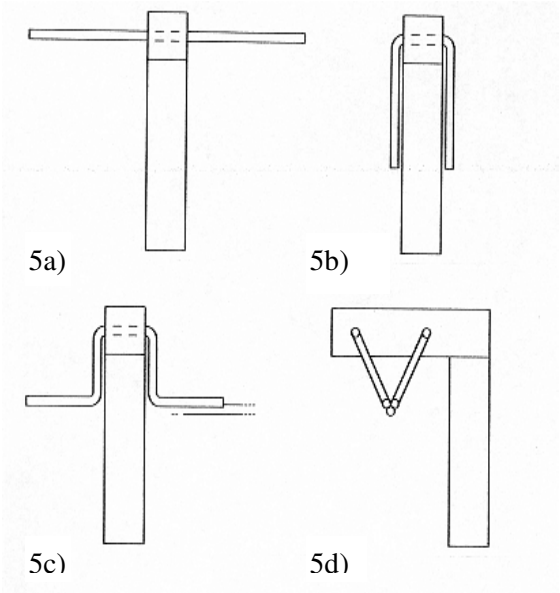

Bild 5: Installation eines Standard-Auslegers am Masten
(5a - 5c: Seitenansicht, 5d: Frontansicht)

Doppelausleger:
Ein Doppelausleger ist erforderlich, wenn zwei Fahrdrähte parallel geführt werden müssen z.B. unmittelbar nach der Weichenspitze. Es wird beim Ausleger zwischen den beiden Kupferdrahtstücken noch ein Drittes eingebracht, das analog wie die beiden anderen gebogen wird. Die Höhe der Biegekante des mittleren Kupferdrahtstückes liegt dabei etwas höher, um für die beiden Fahrdrähte möglichst eine Ebene zu erhalten. Von Vorne gesehen kann man sich die gesamte Anordnung als fünf olympische Ringe vorstellen, die sich nicht schneiden, sondern nur berühren.

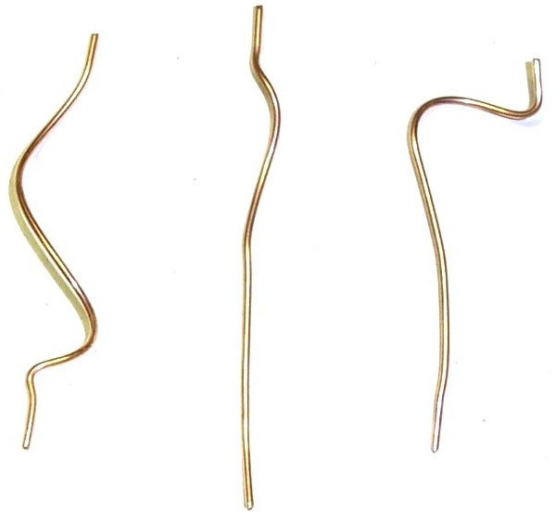

Bild 6: Ausgeschlagene Drahtstücke

Anmerkung:
Bei zu hohem Druck oder zu stark abweichendem Axialwinkel können die Drahtstücke beim Einbringen ins Bohrloch ausschlagen. Daher ist besonders behutsam vorzugehen arbeiten. Nach Tabelle 1 werden für verschiedene Kupferdrahtquerschnitte entsprechende Durchmesser zum Vorbohren empfohlen.

Maßstab	Kupferdraht		Bohrung
	A / [mm^2]	∅ / [mm]	∅ / [mm]
N	1,0	1,13	1,0
N, H0	1,5	1,38	1,3
H0, 0, I	2,5	1,76	1,7
I, II	4,0	2,26	2,2

Tabelle 1

Der Fahrdraht

Wie bereits erwähnt, ist der Kupferdraht vorher zu strecken. Vor dem Anlöten des Fahrdrahtes sollte der Ausleger ausreichend verzinnt werden. Es empfiehlt sich, die zu verlötenden Kupferbereiche mit Schmirgelpapier anzurauhen, da bereits nach relativ kurzer Zeit das Kupfer anfängt eine Oxidschicht zu bilden. Während dem Anlöten wird der Fahrdraht beim geraden Gleis auf Zug beansprucht. In der Kurve sollte er möglichst der Gleismittellinie folgen. Ohne Anpressdruck wird der Fahrdraht von unten gegen den Ausleger gehalten. Idealerweise fließt das Lot in die Zwischenräume der Dreiecksanordnung. Es entsteht eine mechanische Stabilität in Richtung aller drei Raumvektoren. Es dürfen am Fahrdraht keine Tropfnasen entstehen.
Gleiches gilt analog für Doppelausleger, Parallelverbinder und Abzug.

Der Fahrdrahtabzug

Um das Fahrdrahtende fixieren zu können, ist ein Abzug erforderlich. Die Fixierung erfolgt nach zwei möglichen Varianten. Der Fahrdraht wird über die beiden zusammengelöteten Drahtenden des Auslegers gelegt und angelötet. Gleiches gilt für einen seitlich nach oben weggeführten Fahrdraht zur Fixierung an einen separaten Abzug wie in Bild 7 und schematisch in Bild 13 dargestellt.

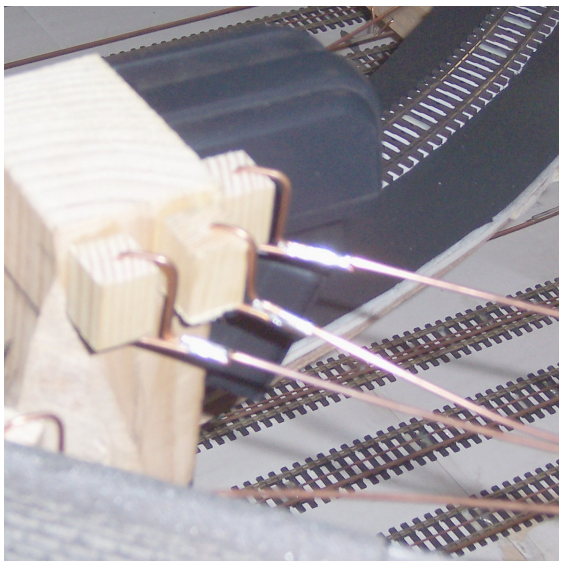

Bild 7: Fahrdrahtabzug

Längstrenner

Dieser dient zur elektrischen Trennung der Fahrleitung in Längsrichtung. Sofern für einen zweifeldrigen Abzug kein Platz vorhanden ist, muss ein zusätzlicher Mast für einen Längstrenner verwendet werden. Der Ausleger des Längstrenners besteht aus vier Kupferdrahtstücken, wobei jeweils zwei Drähte zusammengefasst werden. Man erhält im Prinzip einen Doppelausleger mit elektrisch isolierendem Aufbau der beiden Fahrdrähte zueinander, wie in Bild 8 und schematisch in Bild 13 dargestellt. Der Fahrdrahtabzug erfolgt im Bild 8 nach links oben und rechts unten.

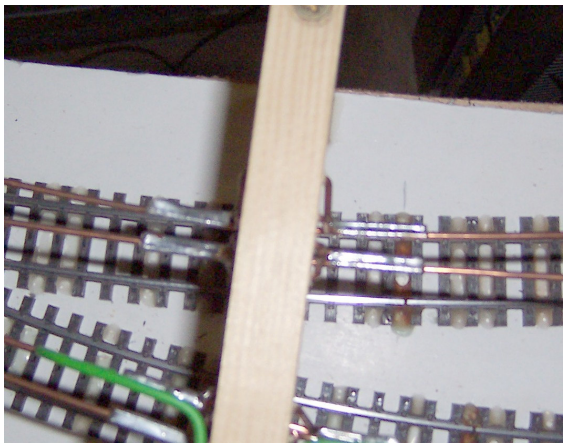

Bild 8: Längstrenner

Der Parallelverbinder

Parallelverbinder sind erforderlich, wenn zwei Fahrdrähte parallel geführt werden. Der Abstand zwischen einem Parallelverbinder und einem Doppelausleger sollte nicht größer sein als 15 cm. Beispiel für einen Parallelverbinder zeigt Bild 9.

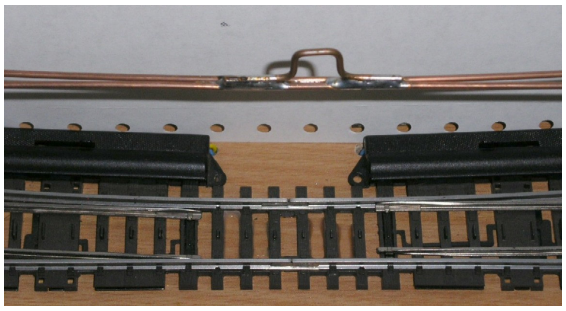

Bild 9: Parallelverbinder in Bügelform

Es können auch einfach kurze Drahtstücke von etwa je 2cm oberhalb zwischen die Fahrdrähte gelegt werden. Auch hier dient wie bei jedem Ausleger die Dreiecksanordnung zur mechanischen Stabilisierung. Ein Auseinander-driften der beiden Fahrdrähte und ein mögliches Ausbügeln des Stromabnehmers werden verhindert.

Der Querverbinder

Querverbinder dienen zur Vermaschung der Fahrleitungen zwischen den Gleisen. Die Fahrstromversorgung wird damit optimiert. Bild 10 zeigt ein Beispiel zur Ausführung eines Querverbinders.

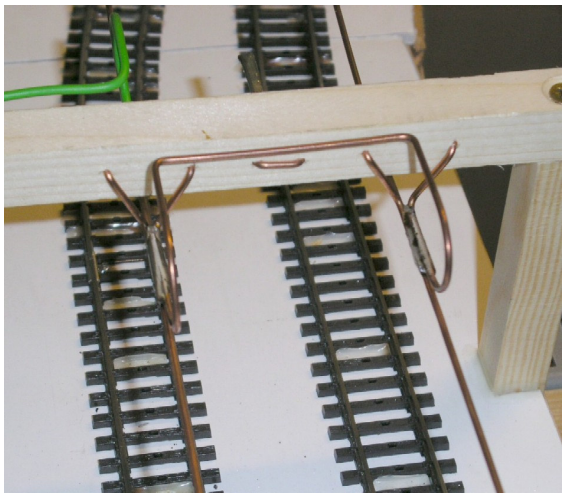

Bild 10: Querverbinder

Oberleitungsanschluss

Der Anschluss an die Oberleitung erfolgt mit Aderleitung H05 V-K 0,75 mm^2. Die Aderleitung wird am Mast hochgeführt und direkt über dem Ausleger im Halbbogen auf die Dreiecksanordnung von Ausleger und Fahrdraht angelötet. Die Anzahl der Anschlüsse und das Versorgungskonzept ist jedoch nicht Gegenstand dieses Fachberichtes. Zur Fixierung der Aderleitung an den Masten oder auch auf der Trassenunterseite werden Halbösen aus Kupferdraht verwendet. Ein Schenkel ist etwa 5 mm lang zur Befestigung im Holz. Das Loch wird ebenfalls mit 1,7 mm gebohrt. Mit leichtem Klopfen lassen sich die Halbösen ins Holz einbringen. Ab zwei Aderleitungen können Kabelbinder verwendet werden. Bild 11 zeigt die Fixierung der Aderleitung an den Mast.

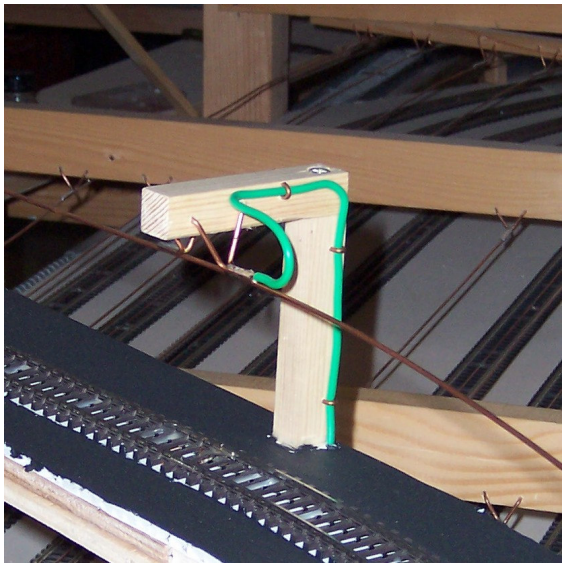

Bild 11a: Anschluss Tunneloberleitung

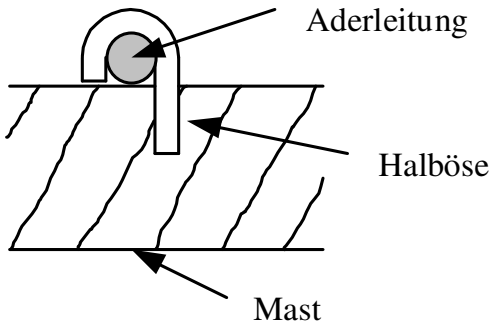

Bild 11b: Befestigung am Mast

Übergang zur Sommerfeldt-Oberleitung

Für den Übergang zur Sommerfeldt-Oberleitung gilt im Prinzip gleiche Vorgehensweise wie beim Fahrdrahtabzug der Tunneloberleitung am Ausleger. Der Sommerfeldt-Fahrdraht wird über die beiden Drahtenden des Auslegers eingelegt und angelötet. Zusätzlich kann das Tragseil mit angelötet werden. Es ist zum Fahrdraht hin nach unten zu biegen und zu verdrillen. Bild 12 zeigt eine mögliche Variante unmittelbar vor dem Anlöten.

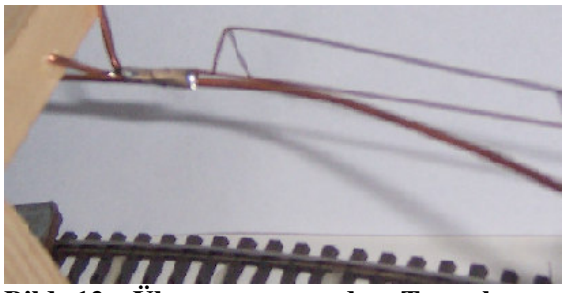

Bild 12: Übergang von der Tunnel- zur Sommerfeldt-Oberleitung

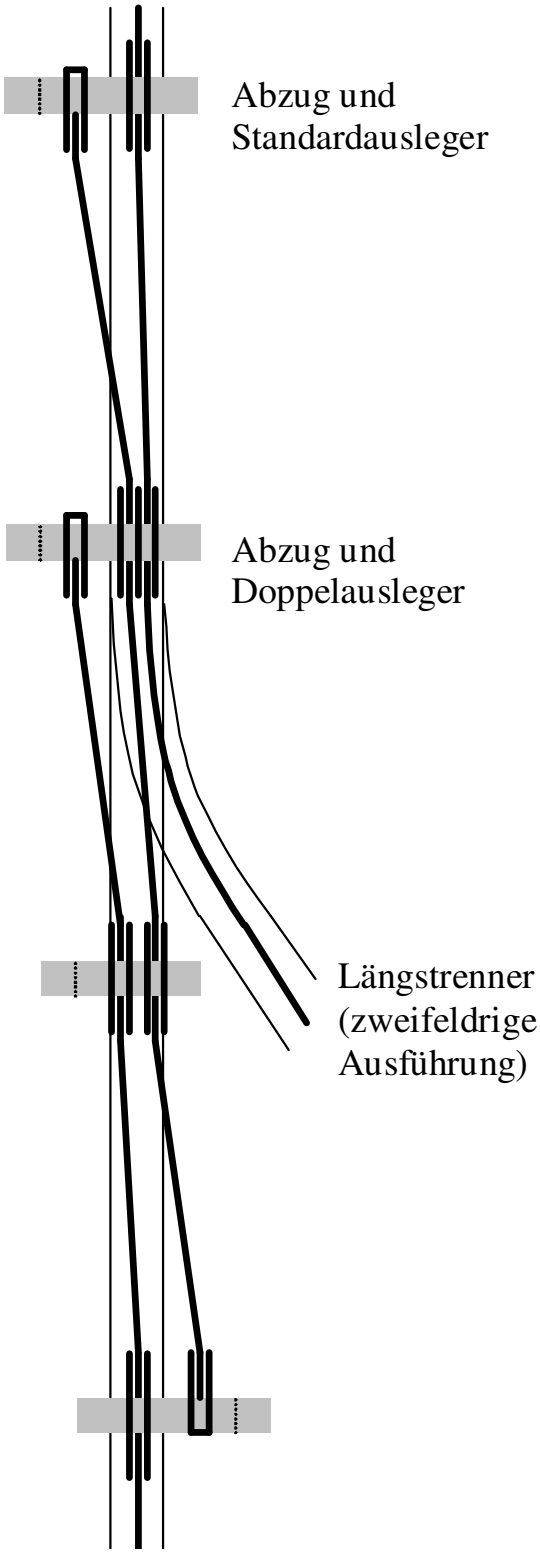
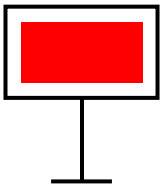
Bild 13: Schematische Beispieldarstellung