

Eisenbahnfreunde Kraichgau e.V.

Technische Planunterlagen

Gleisbesetzmelder

(Gleisfreimelder)

Technische Planunterlagen Gleisbesetzmelder

Herausgegeben von:

Eisenbahnfreunde Kraichgau e.V.
- Modellbahnreferat -

Bearbeitet von:

Stefan Schneider
(Vorstandsmitglied)

Anschrift:

Postfach 1265
74872 Sinsheim

Ruf:

Tel.+Fax: 07261 / 5809

Internet:

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

gültig ab:

01.05.2003
(zweite überarbeitete Fassung)

Vorwort

Der beschriebene Gleisbesetzmelder wurde für die Modellbahnanlage der Eisenbahnfreunde Kraichgau e.V. entwickelt. Nach heutigem Kenntnisstand wäre es zweckmäßiger vom Gleisfreimelder zu sprechen. Alle Festlegungen und Spezifikationen sind speziell auf diese Modellbahnanlage abgestimmt. Der Gleisbesetzmelder ist jedoch auch für andere Modellbahnsysteme konzipiert.

Für den Nachbau und Anwendung sind Grundkenntnisse der Elektrotechnik und im Teilgebiet der Elektronik erforderlich. Ebenso können die angegebenen Parameter vom Anwender frei gewählt werden.

Rechtlicher Hinweis:

Der Inhalt dieser technischen Planunterlage ist geistiges Eigentum der Eisenbahnfreunde Kraichgau e. V. und des Verfassers. Die Verwendung und Nachbau des Gleisbesetztmelders ist nur für private oder vereinsmäßige Zwecke gestattet. Eine kommerzielle Verwendung ist untersagt.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Allgemeines zu Gleisbesetztmeldern bei der DB und bei Gleichstrombahnen | 4 |
| 2 | Der Gleisbesetzmelder bei Modellbahnanwendungen | 5 |
| 2.1 | Grundsätzlicher Aufbau und Funktionsprinzip | 5 |
| 2.2 | Anwendungsvarianten | 8 |
| 2.3 | Schaltung des Gleisbesetztmelders | 11 |
| 3 | Anhang | 14 |
| 3.1 | Material- und Bauteilliste | 14 |
| 3.2 | Steckleistenbelegung | 15 |
| 3.3 | Bestückungsplan auf der Bauteilseite der Platine | 16 |
| 3.4 | Platinenlayout | 17 |
| 3.5 | Ansicht einer bestückten Gleisbesetzmelder-Platine | 18 |
| 3.6 | Dimensionierung der Schaltung | 19 |
| 3.7 | Diagramme | 23 |
| 3.8 | Kontaktanordnung der Bauteile | 24 |
| 3.9 | Änderungsnachweis | 25 |

1 Allgemeines zu Gleisbesetzmeldern bei der DB und bei Gleichstrombahnen

Es gibt zwei Arten der Gleisbesetzungsmeldung:

Zum einen über Achszähler und zum anderen über Gleisstromkreise.

Beim Einsatz von Achszählern wird beim Hinein- und Herausfahren des Zuges am Anfang und am Ende des betreffenden Gleisabschnittes jeweils die Anzahl der Achsen erfasst. Die Differenz beider Zählungen muss Null betragen und ist folglich Bedingung zur Freimeldung des Gleisabschnittes. Achszähler findet man vorwiegend auf der Freien Strecke.

Bei Gleisstromkreisen wird mit dem Befahren der ersten Achse des Schienenfahrzeuges der Stromkreis kurzgeschlossen und der Gleisabschnitt als besetzt gemeldet. Nach dem Befahren durch die letzte Achse wird dieser Gleisabschnitt wieder frei gemeldet. Die Abgrenzung von Gleisabschnitten erfolgt durch mechanische oder elektrische (nur bei Tonfrequenz) Trenn- bzw. Isolierstöße.

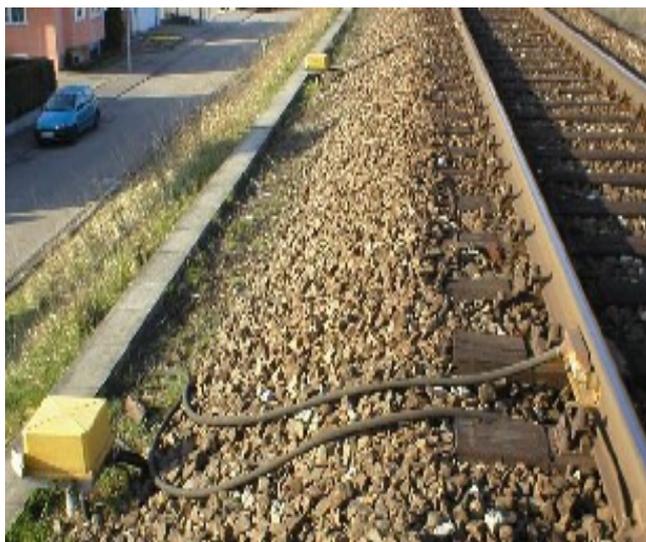


Bild 1.1: Achszähler
und



Bild 1.2: Gleisstromkreis mit Sender-
Empfänger sowie S-Verbinder

2 Der Gleisbesetzmelder bei Modellbahnanwendungen

2.1 Grundsätzlicher Aufbau und Funktionsprinzip

Soll auf der Modellbahnanlage der Eisenbahnbetrieb mittels Zugbeeinflussung automatisiert und sicher abgewickelt werden, müssen die Standorte und Positionen von Zügen bzw. Schienenfahrzeugen erfasst werden. Dabei ist es notwendig, die Gleisinfrastruktur in Gleisabschnitte bzw. Blöcke zu unterteilen. Ein solcher Gleisabschnitt wird wiederum in ein oder mehrere *Gleisstromkreise* unterteilt und in die Fahrschienen müssen mechanische Trennstöße eingebracht werden, die elektrisch isolierend sind. Jeder Gleisbesetzmelder (GBM) wird einem Gleisstromkreis zugeordnet. Zur Anbindung an die Fahrschienen verfügt der Gleisbesetzmelder über einen *Empfängerkreis* (E). Bei Befahren des Gleises durch das Schienenfahrzeug wird der Fahrstrom- bzw. Meldestromkreis geschlossen und kommt es zum Stromfluss. Der Strom wird als Eingangssignal und somit als Besetzmeldung des zugeordneten Gleisabschnittes erkannt. Das Eingangssignal als Stromgröße wird entsprechend aufbereitet und über ein Gleisrelais an dessen Ausgang (GBM+) zur Weiterverarbeitung an die Zugbeeinflussung zur Verfügung gestellt. Das Ausgangssignal existiert nun als Spannungsgröße. In Tabelle 1 sind die entsprechenden Parameter festgelegt.

Tabelle 1: Signalfestlegungen beim Gleisbesetzmelder

| Belegungszustand | Meldestrom im Empfängerkreis | Signal am Ausgang Gleisrelais |
|------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Gleis frei | $J_{S-E} = 0A$ | $U_{GBM+} \approx U_0$ |
| Gleis besetzt | $J_{S-E} \geq 0A$ | $U_{GBM+} \approx 0V$ |

mit U_0 als Versorgungsspannung des Gleisbesetzmelders im Gleisrelais

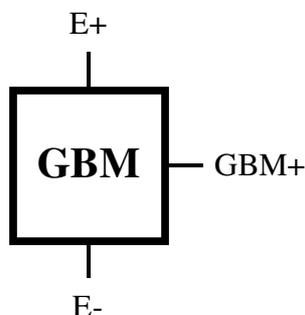
Eine Gleisfreimeldung bedeutet am Ausgang GBM+ ein "H - Pegel" bzw. den logischen Zustand "1" in der digitalen Signalverarbeitung. Eine Gleisbesetzmeldung hingegen ein "L - Pegel" bzw. den logischen Zustand "0". Die Höhe der Spannungsversorgung für den Gleisbesetzmelder kann im Prinzip frei gewählt werden. Sie sollte zweckmäßig 5V oder 12V betragen. Es existieren im Empfängerkreis zwei Kontakte mit den Bezeichnungen E+ und E-. Die Vorzeichen "+" und "-" legen die Arbeitsrichtung des Gleisbesetzmelders fest, d. h. der Meldestrom muss innerhalb des Gleisbesetzmelders von E+ nach E- fließen. Der Ausgang des Gleisrelais verfügt über einen Kontakt mit der Bezeichnung GBM+. In Bild 1 ist der Gleisbesetzmelder als Blockschaltbild mit seinen Meldekreisen dargestellt.

Anmerkung:

Genau genommen müsste wie in der Realität im Empfängerkreis zur Gleisfreimeldung ein Meldestrom vom Sender fließen und bei Besetzmeldung würde der Empfängerkreis durch die Achsen der Schienenfahrzeuge kurzgeschlossen. Aus historischen Gründen und der Anwendbarkeit im Zwei-Leiter-System ist man bei der invertierten Funktionsweise geblieben.

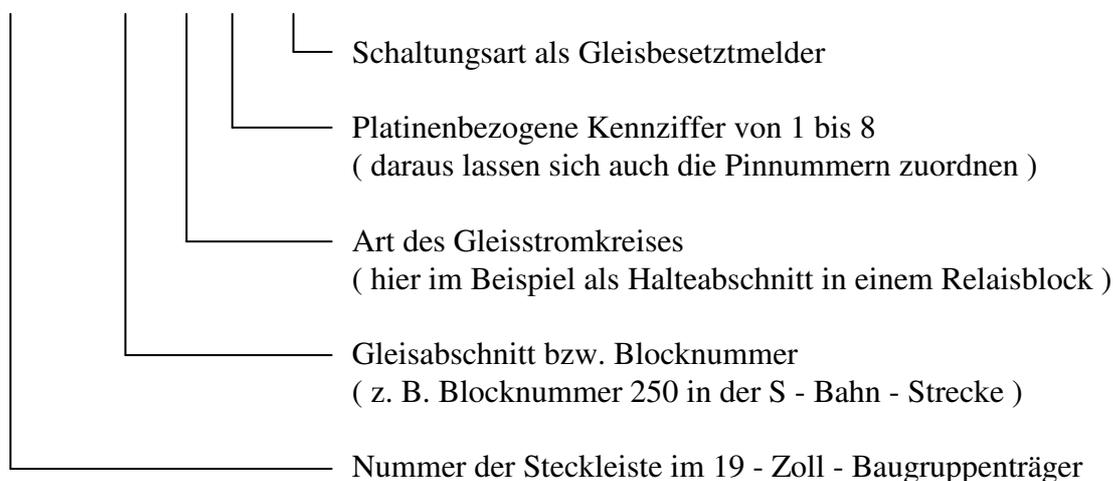
Auf einer Europaformatplatine mit der Größe 160mm x 100mm sind insgesamt acht Gleisbesetzmelder untergebracht. Sie sind an einer gemeinsamen Stromversorgung angeschlossen und arbeiten unabhängig voneinander.

Bild 1: Blockschaltbild des Gleisbesetzmelders



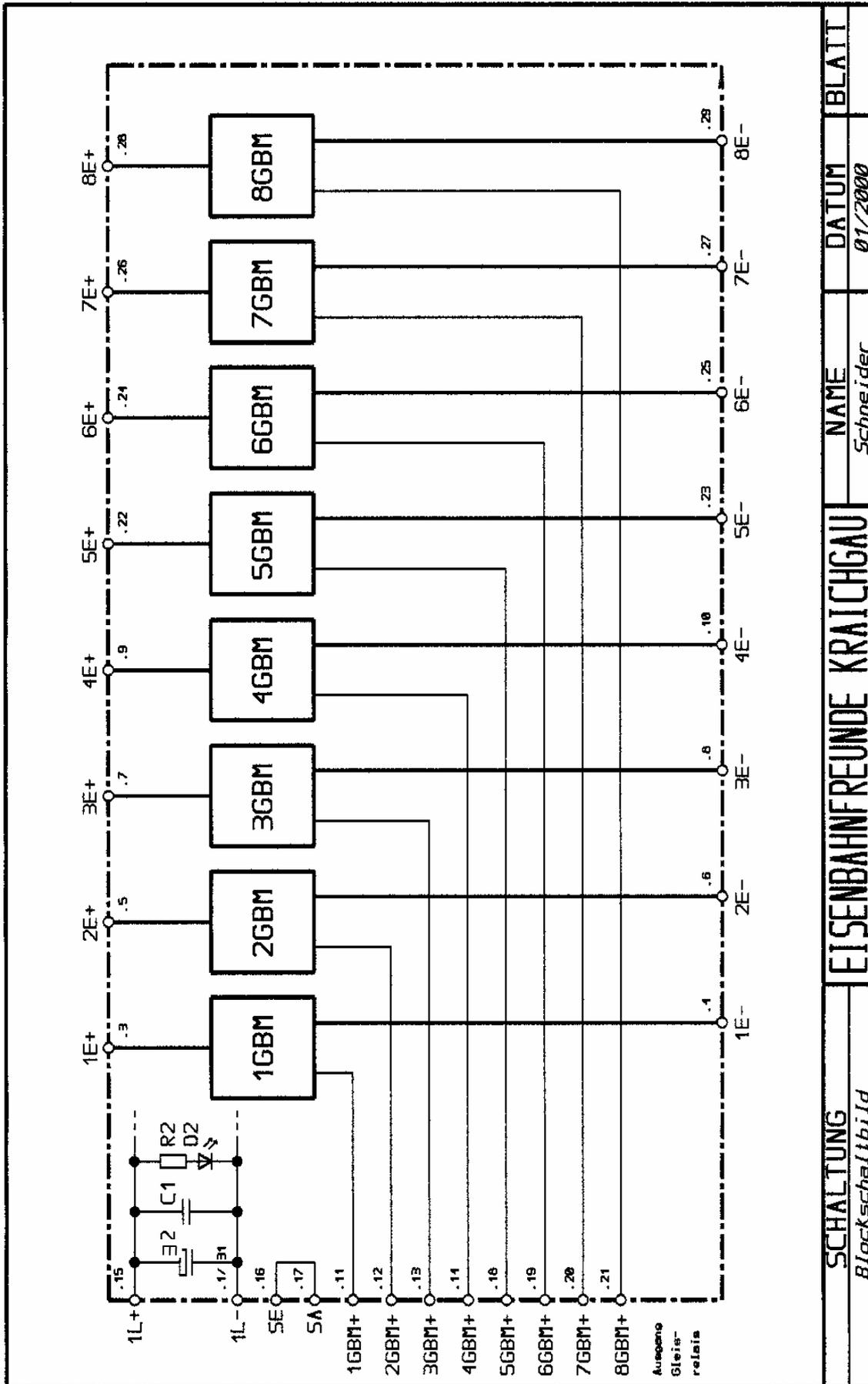
Eine Übersicht gibt Bild 2 auf der nächsten Seite mit allen Bezeichnungen und Pinnummern. Zur Unterscheidung der acht Gleisbesetzmelder sind den Bezeichnungen jeweils die Ziffern von 1 bis 8 vorangestellt. Je nach Einsatzbereich müssen zur Dokumentation weitere Bezeichnungen vorangestellt werden. Eine vollständige Bezeichnung eines Gleisbesetzmelders könnte beispielsweise folgendermaßen aussehen:

X5512 . 250 B . 2 GBM



Die Bezeichnung eines Gleisbesetzmelders muss nicht unbedingt vollständig angegeben werden. Es ist sinnvoll, je nach Dokumentations- oder Darstellungsart die Bezeichnungen partiell anzugeben.

Bild 2: Blockschaltbild einer Europaformatplatine auf der nächsten Seite



| | | | | |
|-----------------|----------------------------|-----------|---------|-------|
| SCHALTUNG | EISENBAHNFREUNDE KRAICHGAU | NAME | DATUM | BLATT |
| Blockschaltbild | | Schneider | 01/2000 | |

2.2 Anwendungsvarianten

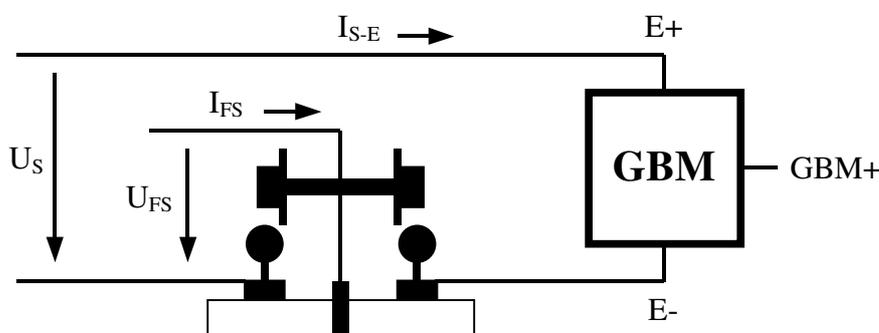
In diesem Kapitel werden die äußeren Beschaltungsmöglichkeiten und der mögliche Einsatz an verschiedenen Modellbahnsystemen erläutert. Es wird zwischen dem Drei-Leiter- und dem Zwei-Leiter-System unterschieden. Ein weiteres Kriterium ist die Form der Strom- und Spannungsversorgung als:

- Wechselspannung
- Gleichspannung (geglättet oder pulsierend)

a) Drei-Leiter-System

Betrachtet wird zunächst das Drei-Leiter-System (Märklin). In Bild 3 sieht man die Beschaltung des Gleisbesetzmelders mit dem Drei-Leiter-Gleis.

Bild 3: Gleisbesetzmelder im Drei-Leiter-System



U_S : Senderspannung für den Empfängerkreis des Gleisbesetzmelders

U_{FS} : Fahrspannung für die Lokomotiven

I_{S-E} : Strom im Sender-/Empfängerkreis (Meldestrom)

I_{FS} : Fahrstrom

Die Achsen der Schienenfahrzeuge schließen den Sender-/Empfängerstromkreis und sollten möglichst niederohmig sein. Darüber hinaus können auch Fahrzeuge des Zwei-Leiter-Systems eingesetzt werden, sofern die Besetzmeldebedingung durch den Achsbrückenwiderstand sicher gewährleistet wird. Des Weiteren gibt es Übergangswiderstände, die sich aus Verschmutzungs- und Oxidationsbelägen zusammensetzen. Der Meldestrom berechnet sich dann zu:

$$I_{S-E} = \frac{U_S}{R_{Achse} + R_{GBM}}$$

R_{Achse} : Widerstand des Rad-Schiene-Kontaktsystems

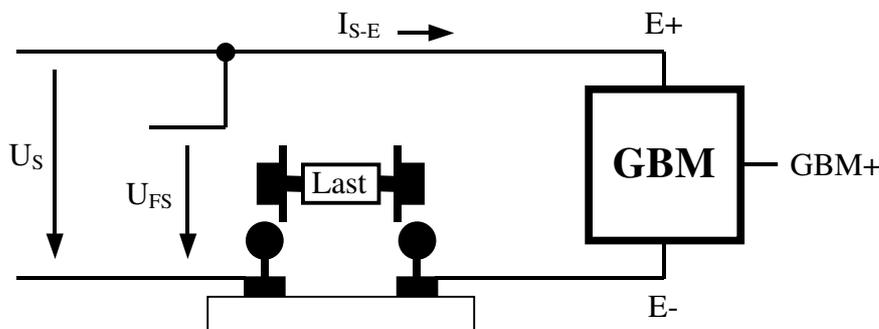
R_{GBM} : Empfängerinnenwiderstand des Gleisbesetzmelders

Der Ansprechwert des Optokopplers liegt bereits unterhalb von 0,5 mA. Der Fahrstrom wird nicht über den Gleisbesetzmelder geführt. Die Leistungsdioden könnten entfallen.

b) Zwei-Leiter-System

Im Zwei-Leiter-System muss der Empfängerkreis nach Bild 4 in den Fahrstromkreis geschaltet werden. Der Empfängerstrom setzt sich aus den beiden Teilen Senderstrom und Fahrstrom zusammen. Dabei muss der Fahrstrom über die Leistungsdioden geführt werden.

Bild 4: Gleisbesetzmelder im Zwei-Leiter-System



Dabei ist zu beachten, dass zwei Spannungsquellen parallel geschaltet werden. Eine gegenseitige unerwünschte Beeinflussung durch Kurzschluss oder Ausgleichsströme muss ausgeschlossen werden und ein gewisser schaltungstechnischer Aufwand wird unumgänglich. Die Höhe von U_S oder des zugehörigen Innenwiderstandes ist so zu wählen, dass kein Anfahren der Lokomotiven bei nicht vorhandener Fahrspannung möglich ist.

Im Zwei-Leiter-System muss aufgrund des durch den Gleisbesetzmelder fließenden Fahrstromes auch die Spannungs- und Stromform berücksichtigt werden.

- Wechselform

Diese Anwendung findet man beim Märklin - Spur I - System. Hier ist nach Bild 5a zum Gleisbesetzmelder eine Diode parallel entgegen der Arbeitsrichtung des Gleisbesetzmelder geschaltet. Der Strom in der negativen Halbwelle würde ohne die Diode durch den Gleisbesetzmelder gesperrt. Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung von zwei Gleisbesetzmeldern. Die beiden Empfängerkreise sind ebenfalls in umgekehrter Arbeitsrichtung parallel geschaltet ist (Bild 5b). Beide Ausgänge GBM+ werden auf die Eingänge eines UND-Gatters geführt. Die direkte Verbindung beider Ausgänge miteinander ist nicht möglich. Jeder dieser beiden Gleisbesetzmelder übernimmt jeweils eine Halbwelle des Fahrstromes. Die Senderspannung sollte ebenfalls die gleiche Spannungsform besitzen und mit der Fahrspannung synchronisiert sein.

Bild 5a: Wechselformung mit Diode in antiparalleler Richtung

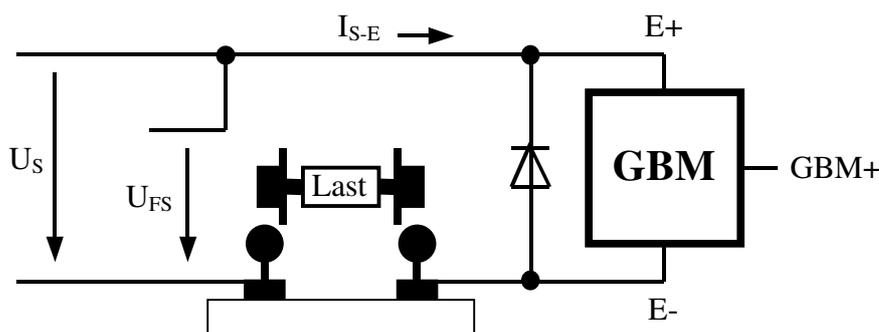
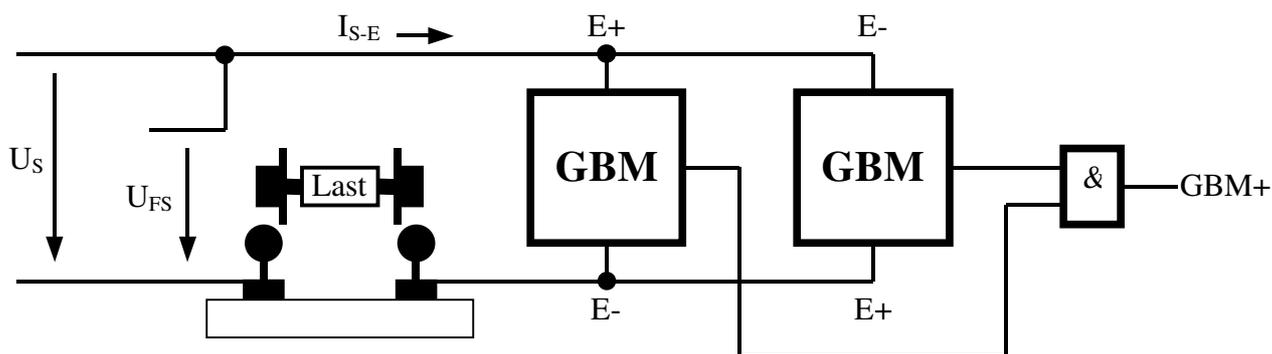


Bild 5b: Wechselspannungsform mit zwei Gleisbesetzmelder

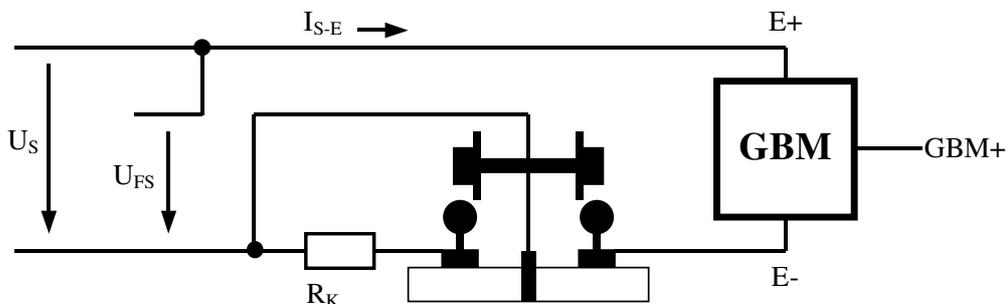
- Gleichspannung

Bei allen Gleichspannungsformen kann auf die Diode verzichtet werden. Da zur Fahrtrichtungsumkehr beim Zweileitersystemen die Gleichspannung umgepolt werden muss, ist noch folgende Einschränkung zu beachten:

- 1Gleisbesetzmelder nach Bild 4 zwischen Fahrspannungsquelle und Umpoler
- 2Gleisbesetzmelder nach Bild 5b zwischen Umpoler und Gleis

c) Sonderanwendung auf der Anlage der Eisenbahnfreunde Kraichgau

Die Fahrspannung hat die Form eines Rechteckes mit variablem Puls-Pausen-Verhältnis zur festen Einstellung der Geschwindigkeit. Die Beschaltung ist in Bild 6 dargestellt.

Bild 6: Sonderanwendung des Gleisbesetzmelders beim EFK

R_K : Kopplungswiderstand für Senderspannung

Diese Schaltungsvariante ist historisch begründet. Da in den ersten zwei Jahren beim Bau der Anlage das Zwei-Leiter-System gebaut wurde, musste man bei der Systemumstellung auf Drei-Leiter einige Kompromisse eingehen. Einer wurde bereits in Kapitel 2.1 erläutert. Durch die verbleibende Parallelschaltung von Spannungsquellen und dem Baufortschritt war man letztlich an diese o. g. Variante gebunden.

2.3 Schaltung des Gleisbesetzmelders

Die prinzipielle Funktionsweise eines Gleisbesetzmelders wurde bereits in Kap. 2.1 erläutert. Betrachtet man die Schaltung auf der übernächsten Seite, ist der Empfängerkreis mit dem Gleisrelais galvanisch durch einen Optokoppler getrennt.

Empfängerkreis:

Wird der Fahrstrom der Lokomotiven und der Beleuchtungsstrom der Wagen über den Empfängerkreis geführt, erfolgt dies durch die zwei Leistungsdioden $D_{1,1}$ und $D_{1,2}$. An den Dioden wird ein Spannungsabfall je nach Belastung zwischen 1,5 V und 1,8 V hervorgerufen. Den gleichen Spannungsabfall erhält man über den parallel geschalteten Pfad vom Vorwiderstand R_1 und der Leuchtdiode des Optokopplers. Bei einem maximal festgelegten Arbeitsstrom von 20 mA und einer maximalen Schleusenspannung von etwa 1,8 V ergibt sich für den Vorwiderstand R_1 ein Wert zwischen 10 Ω und 20 Ω .

Gleisrelais:

In der Schaltung ist Operationsverstärker IC_1 untergebracht und als invertierender Schmitt-Trigger beschaltet. Der Ausgang wird über den Mitkopplungswiderstand R_5 mit dem nicht-invertierenden Eingang verbunden. Zusätzlich ist dieser Eingang mit einem Spannungsteiler $R_{6,1}$ und $R_{6,2}$ verbunden. Durch die drei Widerstände lassen sich die Schaltschwellen zur Besetz- und zur Freimeldung bestimmen. Der invertierende Eingang des Operationsverstärkers ist mit einer Zeitschaltung verbunden, bestehend aus C_2 , R_4 und R_7 . Der Fototransistor des Optokopplers steuert somit die Lade- und Entladevorgänge dieser Zeitschaltung.

Grundfunktion der Schaltung:

Bei Gleisfreimeldung ist der Fototransistor gesperrt und der Kondensator C_2 vollständig entladen. Die Spannung an C_2 und folglich am invertierenden Eingang betragen etwa 0 V. Über den Spannungsteiler $R_{6,1}$ und $R_{6,2}$ ist die Spannung am nicht-invertierenden Eingang immer größer als 0 V. Somit ergibt sich für $U_D > 0$ V. Die Spannung U_A am Ausgang des Operationsverstärkers beträgt dann etwa den Wert von 3,8 V ($U_{A \max}$). Des Weiteren ist die Leuchtdiode D_2 erloschen. Am Ausgang des Gleisrelais liegt H-Pegel an, das Gleis ist frei. Wird das Gleis von einem Schienenfahrzeug belegt, fließt über den Empfängerkreis ein Meldestrom und steuert im Optokoppler den Fototransistor durch. C_2 wird nun über R_4 aufgeladen und die Spannung an C_2 und dem nicht-invertierenden Eingang steigt nach einer e-Funktion an. Im Augenblick, in dem $u_e(t)$ größer wird als U_{e+} , wird U_D kleiner als 0 V. Die Spannung U_A am Ausgang springt folglich auf den Wert von etwa 0,8 V ($U_{A \min}$) und meldet das Gleis besetzt. Leuchtdiode D_2 leuchtet ebenfalls. Wird das Gleis wieder frei, sperrt der Fototransistor und der Kondensator C_2 wird über die Widerstände $R_4 + R_7$ entladen. Fällt die Spannung von $u_e(t)$ unter den Wert von U_{e+} , wird U_D wieder größer 0 V und der Ausgang des Operationsverstärker springt wieder auf den Wert von etwa 3,8 V. Der Ausgang des Gleisrelais zeigt H-Pegel, also eine Gleisfreimeldung.

Funktion der Lade- Entladeschaltung:

Um Fehlinformationen an die Zugbeeinflussung zu vermeiden, wird die Gleisbesetzt- und Gleisfreimeldung verzögert weitergegeben. Die Verzögerung von der Frei- zur Besetztmeldung erfolgt mit einigen 10 ms, um transiente Störgrößen zu unterdrücken. Zur überschlägigen Bestimmung der Verzögerungszeit T_{besetzt} kann folgendermaßen ermittelt werden:

$$T_{\text{besetzt}} \approx \tau_{\text{laden}} = R_4 \cdot C_2$$

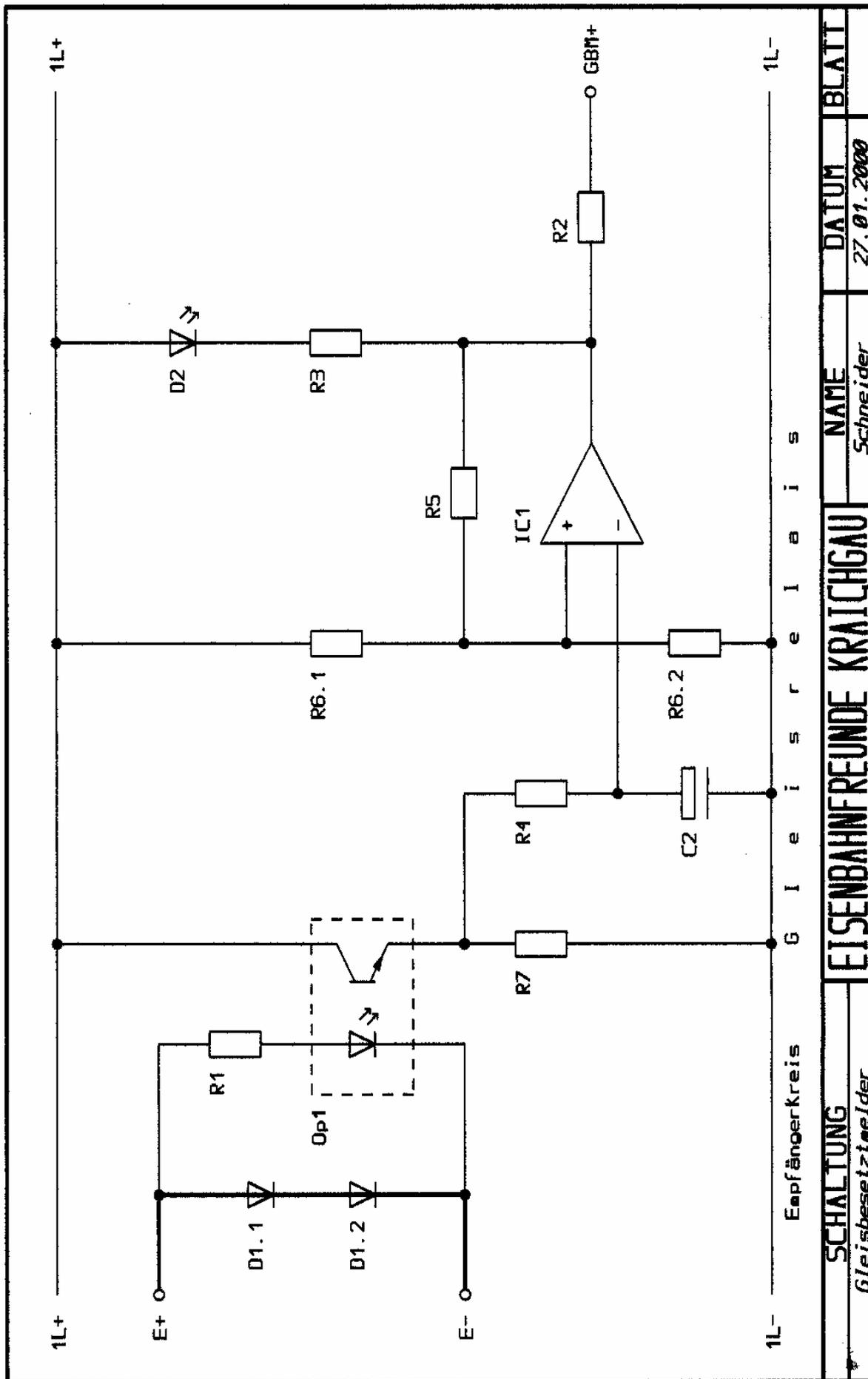
Je nach Länge des Zuges bzw. Anzahl der Achsen und des Verschmutzungsgrades zwischen Rad-Schiene-System kommt es zu Kontaktschwierigkeiten. Diese werden zwar vom Optokoppler unverzögert weitergegeben aber vom nachfolgenden Schmitt-Trigger unterdrückt. Sinnvolle Erfahrungswerte liegen im Bereich zwischen einer und zwei Sekunden. Schon ein einziger Nadelimpuls, verursacht durch Kontaktschwierigkeiten, hätte fatale Folgen für den Zugbetrieb. Solche Störimpulse würden voll an die nachgeschaltete Zugbeeinflussung weitergegeben werden und als Freimeldung interpretiert. Zur überschlägigen Bestimmung der Verzögerungszeit T_{frei} kann folgendermaßen ermittelt werden:

$$T_{\text{frei}} \approx \tau_{\text{entladen}} = (R_4 + R_7) \cdot C_2$$

Um sicheres Schaltverhalten des Gleisrelais zu gewährleisten, sind die Schaltschwellen des Schmitt-Triggers bei ungefähr $\frac{1}{3} U_0$ und $\frac{2}{3} U_0$ festgelegt. Grob geschätzt liegen die Werte der Zeitkonstanten bei den zugehörigen Werten der Zeitverzögerungen (s. Herleitung Kap. 3.6). Ohne den Mitkopplungswiderstand R_5 würden beide Schaltschwellen bei etwa $\frac{1}{2} U_0$ zusammenfallen. Ein zeitlicher und spannungsmäßiger Respektabstand ist zwischen beiden Schaltschwellen aber zwingend notwendig, da im Extremfall bei einer augenblicklich folgenden Kontaktschwierigkeit nach dem Befahren der ersten Achse im Gleisstromkreis wieder eine Freimeldung vom Gleisbesetzmelder an die Zugbeeinflussung erfolgt.

Anmerkung:

Um die Funktionstüchtigkeit des Gleisbesetzmelders zu gewährleisten, muss das Rad-Schiene-Kontaktsystem weitgehend frei von Verschmutzungen und Belägen sein. Die vollständige Unterdrückung solcher Störgrößen ist nicht Aufgabe des Geisbesetzmelders.



| | | | | | | |
|--------------------------------|--|----------------------------|--|-------------------|---------------------|-------|
| SCHALTUNG Gleisbesetzmelder | | EISENBAHNFREUNDE KRAICHGAU | | NAME Schneider | DATUM 27.01.2000 | BLATT |
|--------------------------------|--|----------------------------|--|-------------------|---------------------|-------|

3 Anhang

3.1 Material- und Bauteilliste

- 1 x Epoxydharzplatine 160mm x 100mm einseitig beschichtet
- 1 x 31polige Stift- und Buchsenleiste
- 1 x Frontplatte für Einschub in 19Zoll – Baugruppenträger (4TE, 3HE; Fa. Rittal)
- 2 x PC 847 mit je vier Optokoppler
- 4 x IC1 : LM358 (zweifach Operationsverstärker)
- 1 x C1 = 0,22 μ F (Sibatit)
- 8 x C2 = 10 μ F (Elektrolyt)
- 1 x C3 = 100 μ F (Elektrolyt)
- 16 x D1 : Diode 1N5400
- 9 x D2 : Leuchtdioden (low-current) 1 x gelb, 8 x rot
- 8 x R1 = 18 Ω
- 8 x R2 = 180 Ω
- 9 x R3 = 1 k Ω
- 8 x R4 = 22 k Ω
- 8 x R5 = 39 k Ω
- 16 x R6 = 47 k Ω
- 8 x R7 = 100 k Ω

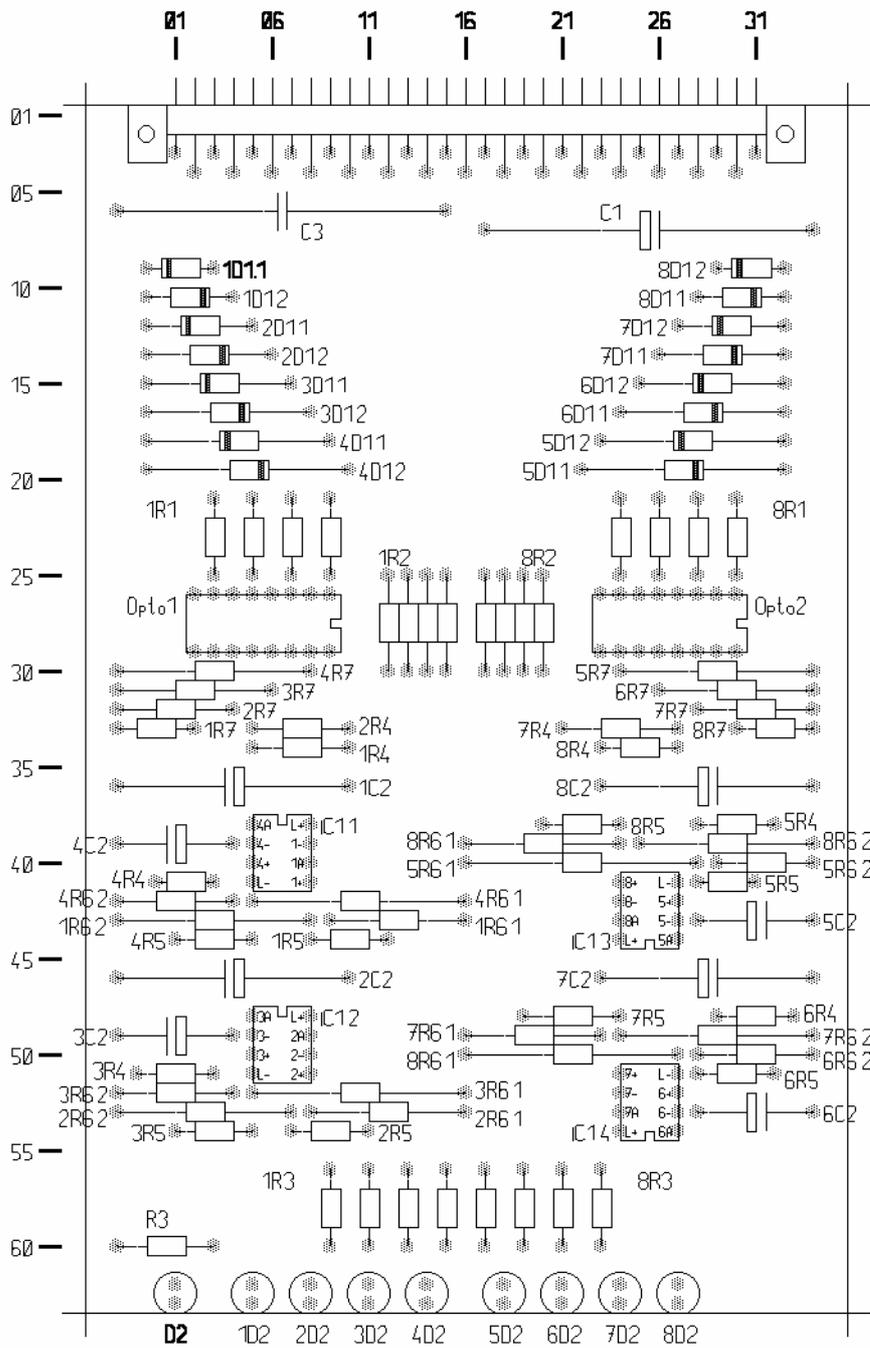
Widerstandswerte sind gültig für 5V Steuerspannung!

3.2 Steckleistenbelegung

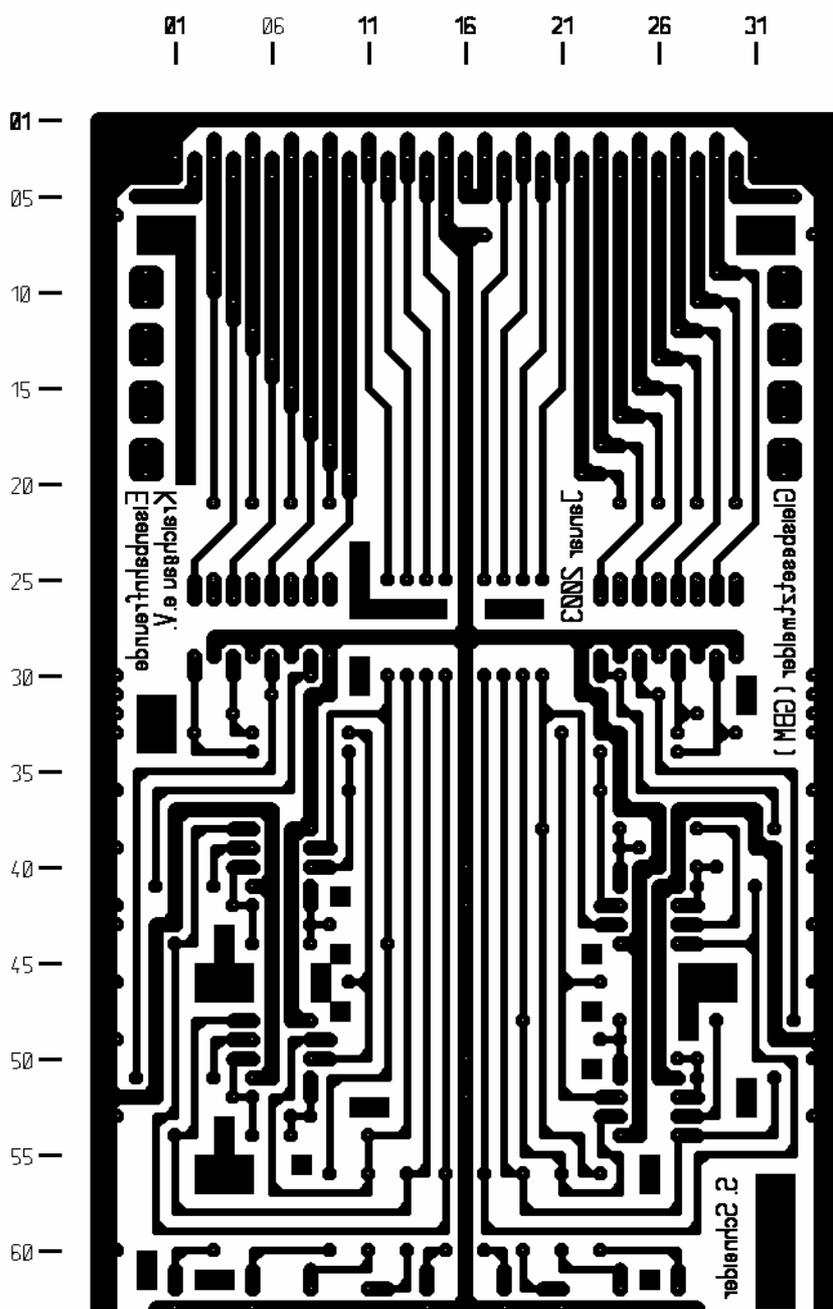
31polige Stift- und Buchsenleiste nach DIN 41617

| Verdrahtungsseite | PIN-Nummer | Platinenseite |
|-------------------|------------|---------------------|
| 1L- | 01 ## | bezogene Masse |
| | 02 | |
| 1 E + | 03 | 1D1.1 Anode |
| 1 E - | 04 | 1D1.2 Kathode |
| 2 E + | 05 | 2D1.1 Anode |
| 2 E - | 06 | 2D1.2 Kathode |
| 3 E + | 07 | 3D1.1 Anode |
| 3 E - | 08 | 3D1.2 Kathode |
| 4 E + | 09 | 4D1.1 Anode |
| 4 E - | 10 | 4D1.2 Kathode |
| 1 GBM + | 11 | 1R2 |
| 2 GBM + | 12 | 2R2 |
| 3 GBM + | 13 | 3R2 |
| 4 GBM + | 14 | 4R2 |
| 1L+ | 15 | Spannungsversorgung |
| Schleife | 16 % | |
| Schleife | 17 % | |
| 5 GBM + | 18 | 5R2 |
| 6 GBM + | 19 | 6R2 |
| 7 GBM + | 20 | 7R2 |
| 8 GBM + | 21 | 8R2 |
| 5 E + | 22 | 5D1.1 Anode |
| 5 E - | 23 | 5D1.2 Kathode |
| 6 E + | 24 | 6D1.1 Anode |
| 6 E - | 25 | 6D1.2 Kathode |
| 7 E + | 26 | 7D1.1 Anode |
| 7 E - | 27 | 7D1.2 Kathode |
| 8 E + | 28 | 8D1.1 Anode |
| 8 E - | 29 | 8D1.2 Kathode |
| | 30 | |
| 1L- | 31 ## | bezogene Masse |

3.3 Bestückungsplan auf der Bauteilseite der Platine



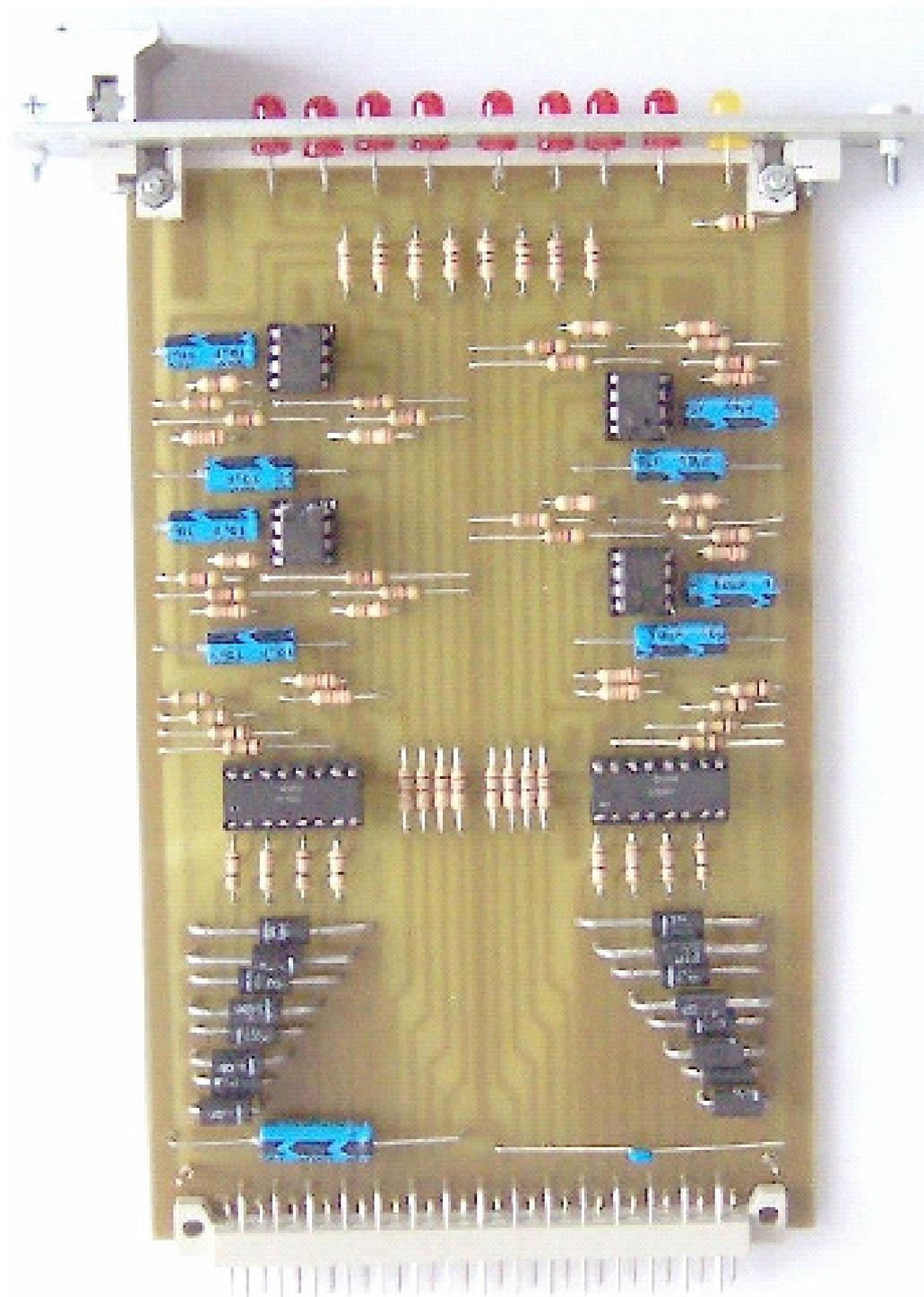
3.4 Platinenlayout



Anmerkung:

Das dargestellt Layout ist nicht zur Folienherstellung geeignet, da es aus Platzgründen nur mit 150 dpi eingebunden ist. Zur Folienherstellung können die Dateien *gbm-layout.lay* oder *gbm_layout_600dpi.bmp* von der Internet-Seite der Eisenbahnfreunde Kraichgau e. V. heruntergeladen werden.

3.5 Ansicht einer bestückten Gleisbesetzmelder-Platine



3.6 Dimensionierung der Schaltung

Es werden die erforderlichen Parameter des Schmitt-Triggers ermittelt. Dazu erfolgt Betrachtung der Beschaltung des nicht-invertierenden Eingangs des Operationsverstärkers:

Folgende Werte sind gegeben:

$$U_0 = 5V \quad \text{als Versorgungsspannung}$$

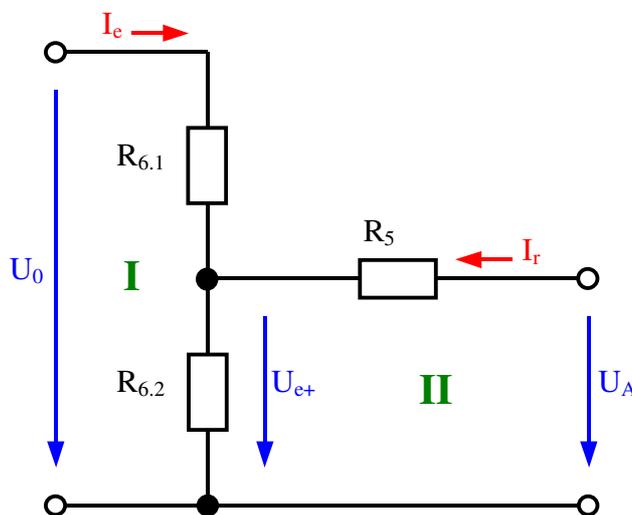
$$U_{A_{\max}} = 3,8V \quad \text{max. Spannung am Ausgang des Operationsverstärkers (gemessen)}$$

$$U_{A_{\min}} = 0,8V \quad \text{min. Spannung am Ausgang des Operationsverstärkers (gemessen)}$$

$$R_{6,1} = R_{6,2} = R_6 = 47k\Omega \quad \text{Spannungsteiler am nicht-invertierenden Eingang (festgelegt)}$$

R_5 ist so zu wählen, dass möglichst $\frac{R_5}{R_6} = \frac{U_{A_{\max}}}{U_0}$ und $\frac{R_5}{R_6} = \frac{U_0 - U_{A_{\min}}}{U_0}$ ergibt.

$$R_5 = 39k\Omega \quad \text{Mitkopplungswiderstand (gewählt)}$$



Gesucht sind die Spannungswerte $U_{e+ \max}$ und $U_{e+ \min}$ für die Schaltschwellen. Aus dem Schaltbild erkennt man zwei Maschen und einen Knoten. Zur Bestimmung von U_{e+} sind drei Gleichungen erforderlich. Der Ansatz des linearen Gleichungssystems lautet:

Masche I:

$$U_0 = I_e \cdot R_6 + U_{e+} \quad \text{I}$$

Masche II:

$$U_A = I_r \cdot R_5 + U_{e+} \quad \text{II}$$

Knoten:

$$\frac{U_{e+}}{R_6} = I_e + I_r \quad \text{III}$$

Durch Umstellung der Gleichungen I und II erhält man:

$$I_e = \frac{U_0 - U_{e+}}{R_6} \quad \text{I a}$$

$$I_r = \frac{U_A - U_{e+}}{R_5} \quad \text{II a}$$

I a und II a in III eingesetzt ergibt:

$$\frac{U_{e+}}{R_6} = \frac{U_0 - U_{e+}}{R_6} + \frac{U_A - U_{e+}}{R_5} \quad \text{III a}$$

Anschließend werden beide Seiten mit R_6 multipliziert:

$$U_{e+} = U_0 - U_{e+} + \frac{R_6}{R_5} \cdot U_A - \frac{R_6}{R_5} \cdot U_{e+} \quad \text{III b}$$

Gleichung nach U_{e+} umgestellt ergibt:

$$U_{e+} \left(1 + 1 + \frac{R_6}{R_5} \right) = U_0 + \frac{R_6}{R_5} \cdot U_A \quad \text{III c}$$

$$U_{e+} = \frac{U_0 + \frac{R_6}{R_5} \cdot U_A}{2 + \frac{R_6}{R_5}} \quad \text{III d}$$

Für die Schaltschwellen ergeben sich folgende Werte:

$$U_{e+\max} = \frac{5V + \frac{47k\Omega}{39k\Omega} \cdot 3,8V}{2 + \frac{47k\Omega}{39k\Omega}} \approx 2,99V \quad \text{als obere Schaltschwelle}$$

$$U_{e+\min} = \frac{5V + \frac{47k\Omega}{39k\Omega} \cdot 0,8V}{2 + \frac{47k\Omega}{39k\Omega}} \approx 1,86V \quad \text{als untere Schaltschwelle}$$

Gesucht werden nun die Verzögerungszeiten zur Besetzmeldung und zur Freimeldung des Gleises. Bekannt sind die Spannungswerte der Schaltschwellen. Zur Besetzmeldung muss $u_c(t) > U_{e+ \max}$ und zur Freimeldung muss $u_c(t) < U_{e+ \min}$ werden.

Zunächst allgemeiner Ansatz der Ladefunktion eines Kondensators:

$$u_c(t) = U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \quad \text{IV a}$$

Beide Seiten werden logarithmiert:

$$\ln \frac{U_0 - u_c(t)}{U_0} = -\frac{t}{\tau} \quad \text{IV b}$$

$$\text{mit } \ln \frac{U_0 - u_c(t)}{U_0} = -\ln \frac{U_0}{U_0 - u_c(t)}$$

nach t umgestellt erhält man:

$$t = \tau \cdot \ln \frac{U_0}{U_0 - u_c(t)} \quad \text{IV c}$$

Als Schaltschwelle zur Besetzmeldung gilt folgende Bedingung: $u_c(t) = U_{e+ \max}$

$$T_{\text{besetzt}} = R_4 \cdot C_2 \cdot \ln \frac{U_0}{U_0 - U_{e+ \max}} \quad \text{IV d}$$

$$T_{\text{besetzt}} = 22k\Omega \cdot 10\mu F \cdot \ln \frac{5V}{5V - 2,99V}$$

Die Verzögerung der Besetzmeldung erfolgt mit:

$$T_{\text{besetzt}} = 0,20s$$

Für die Freimeldung ist zunächst die Entladekurve des Kondensators angegeben:

$$u_c(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{V a}$$

Durch logarithmieren und Umstellung nach t erhält man

$$t = \tau \cdot \ln \frac{U_0}{u_c(t)} \quad \text{V b}$$

Als Schaltschwelle zur Freimeldung gilt folgende Bedingung: $u_c(t) = U_{e+ \min}$

$$T_{frei} = (R_4 + R_7) \cdot C_2 \cdot \ln \frac{U_0}{U_{e+\min}} \quad \text{V c}$$

$$T_{frei} = 122k\Omega \cdot 10\mu F \cdot \ln \frac{5V}{1,86V}$$

Die Verzögerung der Freimeldung erfolgt mit:

$$T_{frei} = 1,21s$$

Des Weiteren soll noch der zeitliche Respektabstand ermittelt werden:

T_R : Zeitpunkt, bei dem die Entladekurve $U_{e+\max}$ unterschreitet

$$\Delta T_R = T_{frei} - T_R \quad \text{VI a}$$

$$\Delta T_R = (R_4 + R_7) \cdot C_2 \cdot \ln \frac{U_0}{U_{e+\min}} - (R_4 + R_7) \cdot C_2 \cdot \ln \frac{U_0}{U_{e+\max}} \quad \text{VI b}$$

$$\Delta T_R = (R_4 + R_7) \cdot C_2 \cdot \left(\ln \frac{U_0}{U_{e+\min}} - \ln \frac{U_0}{U_{e+\max}} \right) \quad \text{VI c}$$

$$\Delta T_R = (R_4 + R_7) \cdot C_2 \cdot \ln \frac{U_{e+\max}}{U_{e+\min}} \quad \text{VI d}$$

$$\Delta T_R = 122k\Omega \cdot 10\mu F \cdot \ln \frac{2,99V}{1,86V}$$

$$\Delta T_R = 0,58s$$

3.7 Diagramme

Diagramm 1: ermittelte Diodenkennlinie 1N5400 im Empfängerkreis

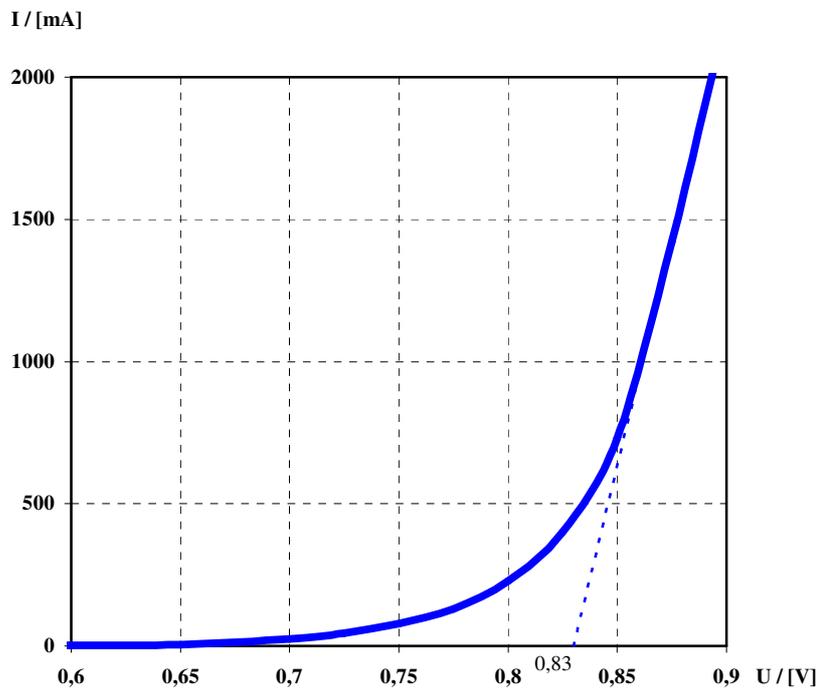


Diagramm 2: Lade- und Entladekurve der Zeitschaltung im Gleisrelais

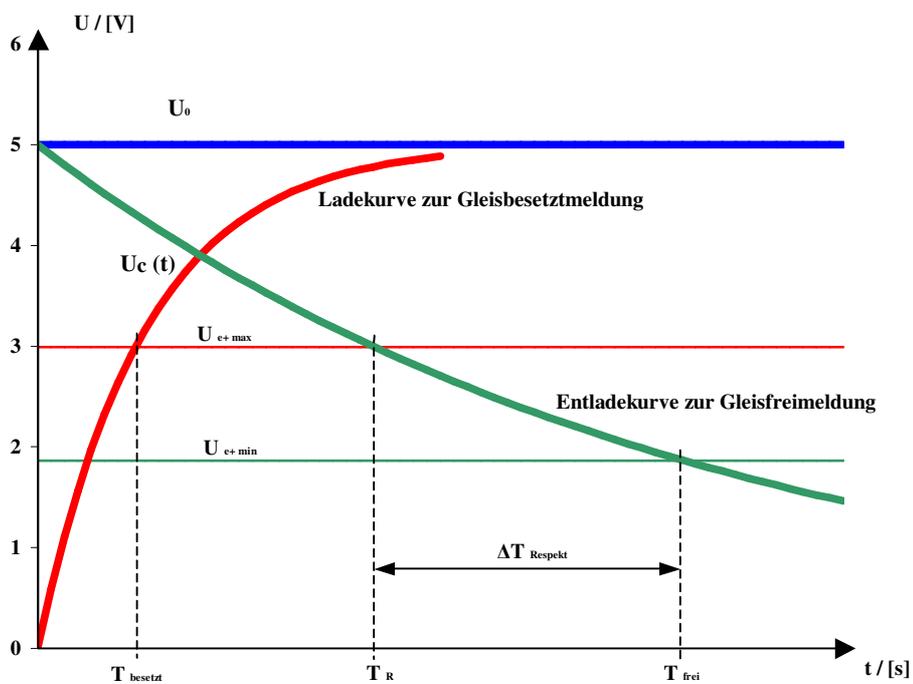
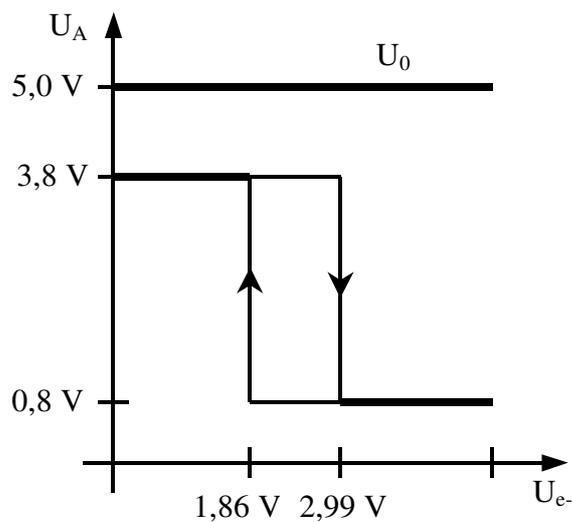
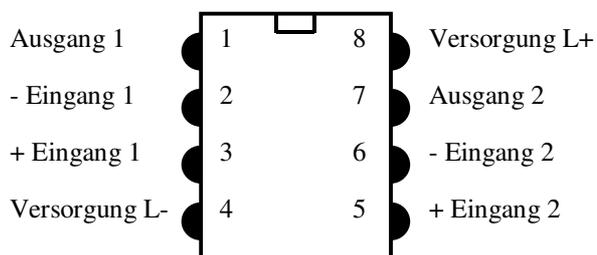


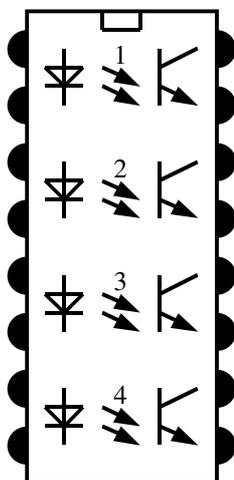
Diagramm 3: Hystereseschleife des Schmitt-Triggers im Gleisrelais:

3.8 Kontaktanordnung der Bauteile

LM 358 (Zweifach-Komparator):



PC 847 (Vierfach-Optokoppler):



3.9 Änderungsnachweis

| Berichtigungen / Ergänzungen | | | |
|-------------------------------------|----------------------|------------------|------------------|
| Lfd. Nr. | Austausch von | Gültig ab | Bemerkung |
| 1 | - | 01.05.2003 | Inkrafttreten |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |

