

# FBÜT - Lo-1-2-rev0.96-1

---

*Fremo Einheitsbahnübergangstechnik*

*Lokführerüberwacht, Eingleisig, Zweirichtungsbetrieb*

*Version für Arduino MEGA 2650, Software Revision 0.96*

# ENTWURF

*Autor: Philipp Kotter, Juni 2015*

# Inhalt

1. Einleitung.....	4
1.1. Hinweise .....	4
1.2. Danksagung .....	4
2. Hardware und Software .....	5
2.1. Hardware .....	5
2.2. Software .....	6
2.3. Kaufen.....	6
2.4. Bestimmungsgemäße Verwendung .....	7
2.5. Sicherheitshinweise.....	7
2.6. Aufbau .....	8
2.7. Grundkonfiguration.....	8
2.8. Aufbau eines BÜ .....	8
3. Begriffsdefinition.....	9
4. Grundfunktionen .....	10
4.1. Einschaltkontakte .....	10
4.2. Ausschaltkontakte .....	10
4.3. Straßensignale .....	10
4.4. Überwachungssignale .....	11
5. Zusatzfunktionen.....	12
5.1. Schranken .....	12
5.2. Überwachungssignal-Wiederholer .....	13
5.3. zusätzliche Einschaltkontakte.....	13
5.4. Unwirksamkeitstasten.....	13
5.5. Wirksamkeitstasten.....	14
5.6. Einschalttasten .....	14
5.7. Hilfseinschalttaste .....	14
5.8. Ausschalttasten .....	15
5.9. Wecker.....	15
5.10. Rangierschalter.....	15
5.11. Rangiertaste .....	16
5.12. Grundstelltaste.....	16
6. Funktionen via LC-Display .....	16
6.1. Allgemeines .....	16

6.2.	Tasten auf dem LC-Display .....	16
6.2.1.	LCD-Hilfseinschalttaste.....	17
6.2.2.	LCD-Rangierschalter .....	17
6.2.3.	LCD-Rangiertaste .....	17
6.2.4.	LCD-Grundstelltaste .....	17
6.2.5.	LCD-Reset-Taste .....	17
6.2.6.	Konfigurationsmenü.....	18
7.	Aufbau, Kabel und Komponenten .....	19
7.1.	Aufbauschema.....	19
7.2.	Kabel.....	21
7.2.1.	BÜ-Signalkabel.....	21
7.2.2.	Signalkabel für Gleisschaltmittel .....	21
7.2.3.	Komponenten.....	22
7.3.	Variablen und PIN-Belegungen .....	22
7.3.1.	anpassbare Variablen .....	22
1.1.1.	Wertetabelle Anschaltverzögerungen.....	23
1.1.2.	PIN-Belegung Arduino .....	24
1.1.3.	PIN-Belegung Blinkgeber ATTiny .....	24
1.1.4.	Signal-Aufteilung BÜ-Signalkabel .....	24
1.1.5.	PIN-Belegung BÜ-Signalkabel .....	25
1.2.	Fotos Prototyp.....	25
2.	Literatur- / Quellennachweis.....	26

# 1. Einleitung

Das Ziel war es, eine möglichst kostengünstige, aber trotzdem realitätsnahe Steuerung für möglichst alle Bahnübergänge im Fremo zu entwickeln, die FBÜT (Fremo Einheitsbahnübergangstechnik, Namensgebung angelehnt an EBÜT, RBÜT)

Aus Kostengründen und wegen der allgemeinen Verfügbarkeit sowie der Flexibilität wurde auf die Arduino-Plattform zurückgegriffen. Informationen hierzu unter [1].

Die entstandene Steuerung bildet die Funktionen der DB-Bauweise Lo57 ab und ist für eingleisige Strecken mit Zweirichtungsverkehr konzipiert. Ein Ebüt80 mit gelben und roten Straßensignalen und Vollschraken kann ebenso angesteuert werden.

Die Software ist prinzipiell anpassbar auf andere Bauarten und zweigleisige Hauptbahnmodule. Bei Bedarf sollen andere Bauarten programmiert und der Funktionsbedarf erweitert werden.

Der Aufbau kann modular erfolgen, nicht alle vorhandenen Möglichkeiten müssen genutzt werden. Auch in der Grundkonfiguration ist die Steuerung vollständig lauffähig.

## 1.1. Hinweise

Bei Fragen oder Kommentaren zum Handbuch, zur Steuerung selbst oder deren Funktion sowie bei festgestellten Fehlfunktionen bitte den Autor Philipp Kotter kontaktieren.

## 1.2. Danksagung

Vielen Dank an Heiko Herholz, Uwe Lengler und Philipp Masmeier sowie Michael Oppenauer und Stefan Wulff für Hilfestellungen, Diskussionen, Softwaretests, Gedanken zur Hardwareentwicklung, nette Abende und sonstigen geistigen Input; danke auch an Thomas Woditsch für BÜ-Literatur. Danke besonders an Michael Oppenauer für die Entwicklung der Platinen.  
(Nennung in alphabetischer Reihenfolge)

## 2. Hardware und Software

Die Steuerung besteht aus zusammengehöriger Hardware und Software.

### 2.1. Hardware

Als Hardware wird ein Arduino® MEGA 2650 [2] verwendet.

Idealerweise wird ein Displayshield auf die Arduino-Platine aufgesteckt, um den aktuellen Status der Steuerung anzuzeigen und Parameter zu konfigurieren. Dies ist nicht zwingend notwendig, kann aber bei der Fehlersuche hilfreich sein. Die am Shield angebrachten Tasten sind mit Funktionen belegt (Shift, Einschaltung, Grundstellung, Rangierschalter, Rangiertaste und Reset).

Für die Ansteuerung der Blinksequenzen der Überwachungssignale sowie der Straßensignale und ggfs. der Überwachungssignal-Wiederholer muss eine separate Ansteuerung verwendet werden. Die Erzeugung der Blinksequenzen erfolgt am besten mittels Pulsweitenmodulation (PWM), um auch bei Verwendung von LED einen möglichst realistischen, glühlampenähnlichen Effekt zu erzielen. Da die Ausführung dieses Codes zeitkritisch und vergleichsweise rechenintensiv ist, wird dieser nicht in der BÜ-Steuerung erzeugt. Im Falle einer vorhandenen, eigenen Platine für die Blinksequenzen kann diese verwendet werden, ohne Auswirkungen auf den Code im Arduino zu haben.

Es wurden zwei speziell angepasste Platinen entwickelt:

- Eine BÜ-Platine mit ULNs zum Treiben der Ausgänge und zum Schutz der I/OS des Arduinos sowie mit einem Prozessor zum Erzeugen der Blinksequenzen
- Eine Adapterplatine mit Buchsen zum Anschluss von Gleisschaltmitteln, Tastern, Signalen und zur Stromversorgung.

Die Signale und Taster werden mit Modularsteckern 8P8C (auch: RJ45) und Netzkabel mit der Hardware verbunden. Auf diesem sogenannten BÜ-Signalkabel werden Signale für mehrere Signale und Taster geführt, die Komponenten in einer Kette (daisy-chain) miteinander verbunden.

Die BÜ-Signalkabel führen außer den Eingangssignalen für die Taster und den Ausgangssignalen für Überwachungslampen zusätzlich +12 VDC mit Masse, um begrenzt auch weitere Verbraucher zu versorgen.

Abweichend davon ist das BÜ-Signalkabel direkt am BÜ-Modul mit D-Sub Schnittstelle Typ DA-15 (zweireihig, 15 Pins). Damit werden die Signale von direkt am BÜ benötigten Signalen und Tastern mit der Steuerung ausgetauscht werden, die Anzahl der zu steckenden Kabel nimmt ab. Der Stecker befindet sich an der Steuerung, eine Buchse am BÜ-Modul. Soll die Verbindung mit Hilfe eines Kabels hergestellt werden, kann ein 15-poliges Verlängerungskabel mit 1:1 Durchkontaktierung benutzt werden (eine Seite Stecker, eine Seite Buchse).

Gleisschaltmittel (Einschaltkontakte) besitzen nach Fremo-Standard Cinch-Stecker (auch: RCA) und werden mit Cinch-Kabeln mit der Hardware verbunden, ggfs. sind Adapter notwendig. Die Masse befindet sich auf dem äußeren Ring, das Potential auf dem mittigen Stift. Bei der BÜ-Steuerung werden die Gleisschaltmittel mit Cinch-Kabeln an das Blinklicht-Überwachungssignal angeschlossen

und von dort via Netzkabel mit der Hardware verbunden. Auf der Adapterplatine befinden sich auch zwei Cinch-Buchsen, um die Einschaltkontakte direkt mit der Steuerung verbinden zu können.

Die Schnittstelle zu den Signalen, Tastern und Gleisaltmitteln ist standardisiert, um eine Austauschbarkeit innerhalb des Fremo zu ermöglichen. Grund der Standards RJ45 und Cinch sind die einfache Verfügbarkeit und der geringe Preis der Komponenten sowie Verwechslungssicherheit mit LocoNet®, Block, LotusNet und RUT infolge Inkompatibilität. Siehe Schemata „elektrische Anschlüsse, Eingänge“, „elektrische Anschlüsse, Ausgänge“ und Zeichnung „Steckerbelegung“.

Als Einschaltkontakte können Stromsensoren Bauart Müller oder Wulff sowie Schnippelkontakte verwendet werden. Beim Einsatz anderer Bauarten muss darauf geachtet werden, dass der Sensor nach Masse schaltet. Standardmäßig sind die Einschaltkontakte als Schließer (normally-open) definiert, das bedeutet eine Zugeinwirkung wird durch schalten des Einganges nach Masse detektiert.

Für den Ausschaltkontakt sind IR-Schranken vorgesehen, da hier eine echte Belegmeldung des Bahnüberganges möglich ist und nicht nur eine Überfahrt. Standardmäßig ist der Ausschaltkontakt als Schließer (normally-open) definiert, das bedeutet eine Zugeinwirkung wird durch schalten nach Masse detektiert.

Für die Einschaltkontakte besteht die Möglichkeit, diese unabhängig voneinander dauerhaft zu deaktivieren (um mit der Wirksamkeitstaste WT zu arbeiten). Diese Einstellung wird über das angesteckte Display mit Tasten vorgenommen, dies kann auch zur Laufzeit geschehen. „Dauerhaft“ bezieht sich dabei auf die Zeit, in der die Steuerung mit Spannung versorgt wird. Nach einem Reset per Tastendruck oder nach spannungslos schalten sind diese Einstellungen zurückgesetzt.

Die Ausgänge der Steuerung für Rückmelder (Überwachungslampen) und Signale werden von der Steuerung nach Masse geschaltet. Das bedeutet, dass alle Verbraucher an +12 VDC und den entsprechenden Ausgang der Steuerung angeschlossen werden müssen.

## 2.2. Software

Diese Software wurde für den Arduino MEGA 2650 geschrieben und ist innerhalb des Fremo e.V. zur Nutzung vorgesehen, eine kommerzielle Verwendung ist ausgeschlossen.

## 2.3. Kaufen

Die Hardware (Arduino mit BÜ-Platine und Adapterplatine) kann im Fremo erworben werden. Um die Fehlerrate möglichst gering zu halten sowie die erwünschte universelle Verwendbarkeit im Fremo sicherzustellen, sind die Platinen nahezu vollständig bestückt und getestet sowie die Software auf den Arduino und den Prozessor auf der Adapterplatine aufgespielt. Neue Versionen der Software können während eines Fremotreffens aufgespielt werden.

Das Netzteil für den Arduino kann bei Elektronikversendern bezogen werden, es sollte 12 VDC mit einer Stromstärke von etwa 1500 mA bereitstellen. Der Stecker ist ein Buchsenstecker Länge 5,1 mm, Durchmesser 2,1, mm Pluspol innen (center-positive).

Das Displayshield „LCD Keypad Shield For Arduino“ von DFRobot mit der Artikelnummer DFR0009 oder von Sainsmart kann bei Elektronikversendern im Original oder bei Ebay als vermutliche China-Kopie bezogen werden, letztere sind nachweislich funktionell. Hier muss als Displayerkennung noch eine Kabelbrücke zwischen A01 und Masse gesetzt werden.

Die Schnippelkontakte und Stromsensoren sind innerhalb des Fremo erhältlich. Eigenbau ist ebenso möglich.

Als IR-Sensor für die Freimeldung hat sich der Infrarot Reflexmelder IRRM-K von „JoKa electronic“ als sehr geeignet erwiesen, diese IR-Schranke ist unempfindlich gegen Fremdlicht und sowohl deren Reichweite als auch die Empfindlichkeit sind ausreichend für die Freimeldung des Bahnübergangs.

Dieses Dokument ist auf Anfrage beim Autor erhältlich und als download in der Fremo-Yahoo®-Group „Fremoduino“.

## 2.4. Bestimmungsgemäße Verwendung

Die in diesem Handbuch beschriebene Steuerung ist ausschließlich für den Hobbygebrauch und zur Ansteuerung von Gleisschaltmitteln und Signalen auf Modellbahnanlagen mit Schutzkleinspannung gedacht.

## 2.5. Sicherheitshinweise

Das Spannungsniveau der Steuerung ist  $U = 12 \text{ VDC}$ . Die zum Anschluss der Taster und Signale gebrauchten Netzkabel führen ebenfalls eine Spannung  $U = 12 \text{ VDC}$ .

Die Verwendung eines Netztesiles mit höherer Spannung kann zu Verletzungen oder zur Zerstörung der angeschlossenen Gleisschaltmitteln und Signale sowie weiteren Sachschäden führen.

Der Betrieb dieser Steuerung ist nur in trockenen Innenräumen zulässig. Eine darüber hinaus gehende Nutzung gilt nicht als bestimmungsgemäß, eine Haftung für entstehende Schäden wird ausgeschlossen.



### WARNUNG!

Stromversorgung der Steuerung mittels Netzteil, Eingangsspannung  $U_{\text{EINGANG}} = 230 \text{ VAC}$  !  
Der fahrlässige Umgang mit Netzspannung kann zu tödlichen oder schweren Verletzungen und/oder Sachschaden führen.



### ACHTUNG

Position der Stromversorgung nach Fremo-Norm beachten! [3]  
Es dürfen keine 230 VAC-Kabel oder-Geräte fest in Module eingebaut werden. Kabeltrommeln, Mehrfachsteckdosen und Netzteile/ Trafos müssen auf dem Boden liegen.

## 2.6. Aufbau

Der Aufbau des Bahnübergangs und die Ausstattung der Steuerung ist weitgehend freigestellt. Die Einschaltkontakte können auch an fremden Modulen angebracht sein sofern diese für Schnippelkontakte vorbereitet sind, Stromsensoren können in die Stromversorgung der Module eingeschleift werden. Die Überwachungssignale können im Fall von Modellen in Wattenscheider Schächten frei auch auf fremden Modulen positioniert werden. Falls keine Wattenscheider Schächte oder Überwachungssignale mit den passenden Schnittstellen zur Verfügung stehen, können die Einschaltkontakte direkt an der Adapterplatine angeschlossen werden.

Welche Taster und Schalter verwendet werden, ist ebenfalls freigestellt, für die Funktion der Steuerung sind nur die in 4. *Grundfunktionen* beschriebene Konfiguration notwendig.

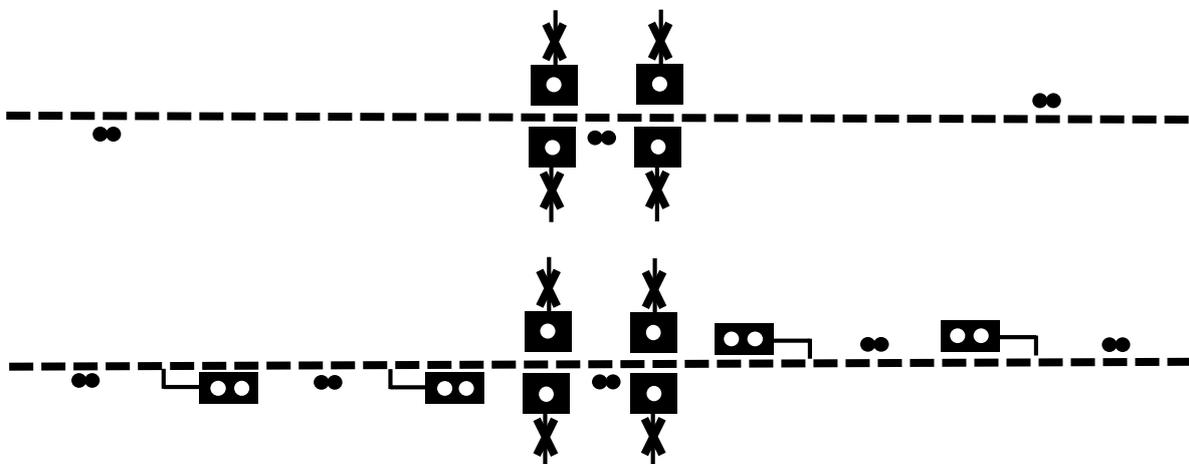
Der Aufbau der Steuerung, die Ausführung der Platinen sofern Eigenbauten und der Einbau derselben im, am oder unter dem Modul stehen dem Benutzer frei. Auf eine Verwendung der Schnittstellen nach Norm im Sinne der freien Austauschbarkeit im Fremo sollte aber geachtet werden.

## 2.7. Grundkonfiguration

Der Aufbau des Bahnübergangs und der Steuerung ist weitgehend freigestellt. Die Einschaltkontakte können auch an fremden Modulen angebracht sein sofern diese für Schnippelkontakte vorbereitet sind, Stromsensoren können eingeschleift werden. Die Überwachungssignale können im Fall von Modellen in Wattenscheider Schächten frei auch auf fremden Modulen positioniert werden.

## 2.8. Aufbau eines BÜ

Der Aufbau des Bahnübergangs für die hier beschriebene Steuerung lässt sich in Grenzen variieren, hier werden schematisch die Minimalausstattung (oben) und die Maximalausstattung (unten) dargestellt. Mehr Informationen dazu sind im Kapitel 7.1 „Aufbauschema“ zu finden.



### 3. Begriffsdefinition

Folgende Begriffe werden in diesem Dokument möglichst einheitlich verwendet, um stets eine eindeutig Beschreibung der Funktionen geben zu können.

aktiv, Einschaltkontakt	Einschaltkontakt ist wirksam, ein Überfahren des Einschaltkontaktes wird registriert und an die Steuerung weitergeleitet
inaktiv, Einschaltkontakt	Einschaltkontakt ist unwirksam, ein Überfahren des Einschaltkontaktes wird registriert, aber nicht an die Steuerung weitergeleitet
überfahren, Einschaltkontakt	Einschaltkontakt wird von Zug geschaltet (Stromverbraucher registriert); Impulslänge $t_{\text{IMPULS}} > 1$ Sekunde (Entprellung)
überfahren, Ausschaltkontakt	Ausschaltkontakt wird von Zug geschaltet (Reflexion IR-Licht an Gegenstand); Impulslänge $t_{\text{IMPULS}} > 1$ Sekunde (Entprellung)
Schaltzustand, Bahnübergang	Aktueller Zustand des Bahnübergangs, analog Status einer Schrittkette der Steuerung, Zustände z.B. Grundstellung, gesperrt, frei, HET ausgelöst,...
einschalten, Bahnübergang	Tastenbedienung oder Zugeinwirkung ist erfolgt; Bahnübergang wird im folgenden Schritt gesperrt
gesperrt, Bahnübergang	Bahnübergang für Straßenverkehr gesperrt, Straßensignale blinken rot, BÜ-Überwachungssignale blinken weiß
frei, Bahnübergang	Bahnübergang für Straßenverkehr freigegeben, Straßensignale aus, BÜ-Überwachungssignale aus; Einschaltkontakte nicht aktiv für Einschaltvorgang
Grundstellung, Bahnübergang	Bahnübergang für Straßenverkehr freigegeben, Straßensignale aus, BÜ-Überwachungssignale aus; Einschaltkontakte aktiv für Einschaltvorgang
Freimeldung, Bahnübergang	Bahnübergang für Straßenverkehr gesperrt, Straßensignale blinken rot, BÜ-Überwachungssignale blinken weiß; Zug hat Bahnübergang verlassen; Bahnübergang geht im folgenden Schritt in Grundstellung
zurücksetzen, Bahnübergang	Tastenbedienung oder Zugeinwirkung ist erfolgt; Bahnübergang geht in Grundstellung
bedingungslos schaltbar	Tasten- oder Schalterbedienung löst Aktion aus, unabhängig vom aktuellen Schaltzustand des Bahnübergangs oder bereits erfolgter Tastenbedienung oder Zugeinwirkung
auslösen, Taster	Tastenbedienung zum Auslösen einer Aktion; in der Regel Impulslänge $t_{\text{IMPULS}} > 1$ Sekunde (Entprellung)

Tabelle XX, Begriffsdefinition

## 4. Grundfunktionen

Die Grundkonfiguration besteht aus einem Einschaltkontakt (EK1) vor dem Bahnübergang, einem Ausschaltkontakt (EK3) unmittelbar am Bahnübergang und einem Einschaltkontakt (EK2) in Gegenrichtung. Des Weiteren sind zwei paar Straßensignale (BUSS1 und BUSS2) vorgesehen.

### 4.1. Einschaltkontakte

Nach Überfahren eines Einschaltkontaktes (EK1 bzw. EK2) wird der Bahnübergang gesperrt und die Überwachungssignale sowie die Straßensignale und ggfs. die Überwachungssignal-Wiederholer angeschaltet. Der Einschaltkontakt auf der Gegenrichtung wird unwirksam, die Grundstellzeit startet. Nach deren Ablauf wird der Bahnübergang zurück in Grundstellung geschaltet und die Einschaltkontakte sind erneut wirksam.

Die Einschaltkontakte können unabhängig voneinander dauerhaft deaktiviert werden (WT1\_ENAB und WT2\_ENAB). Diese Einstellung kann über das angesteckte Display mit Tasten auch zur Laufzeit geschehen.

### 4.2. Ausschaltkontakte

Mit dem ersten Überfahren des Ausschaltkontaktes (EK3) am Bahnübergang wird dieser für die Freimeldung vorbereitet, erhält der Ausschaltkontakt für 5 Sekunden keinen Impuls mehr, wird der Bahnübergang als „frei“ angesehen und die Überwachungssignale sowie die Straßensignale und ggfs. die Überwachungssignal-Wiederholer ausgeschaltet.

Als weitere Bedingung, um den Bahnübergang zurück in Grundstellung zu stellen, muss der Einschaltkontakt auf der Gegenrichtung (EK2 bzw. EK1) befahren werden. Dies kann auch geschehen, bevor der Zug den Bahnübergang vollständig geräumt hat.

### 4.3. Straßensignale

Bei der Bauform Lo57 werden zwei Straßensignale (BUSS1 und BUSS2) wechselblinkend aufgestellt. Normalerweise sind zwei Paare notwendig, das heißt, auf jeder Seite des Gleises wird ein Paar (BUSS1a und BUSS2a sowie BUSS1b und BUSS2b) aufgestellt. Das Wechselblinken von BUSS1 und BUSS2 wird durch die erwähnte BÜ-Platine mit einem Atmel erzeugt, die Steuerung selbst stellt nur ein Dauersignal (BUSS0\_L) bereit.

Für eine Ebüt80-Anlage werden zwei weitere Dauersignale bereitgestellt. Für die gelbe Leuchte (BUSSG) wird ein das Signal BUSS3\_L genutzt. Mit dem zweiten, zeitverzögerten Signal BUSS4\_L kann die rote Leuchte (BUSSR) angesteuert werden.

## 4.4. Überwachungssignale

Das Überwachungssignal (BUUS1 bzw. BUUS2) wird zwischen dem Einschaltkontakt und dem Bahnübergang aufgestellt, Position im Bremswegabstand.

Die Einschaltverzögerung der Überwachungssignale nach Überfahren der Einschaltkontakte kann in einer Variable eingestellt werden. Siehe Tabelle „einstellbare Variablen“.

Die weiße Lampen zur Anzeige von Bü0 / Bü1 an den Überwachungssignalen werden von der Steuerung wechselblinkend im selben Takt wie die Straßensignale angesteuert.

Die Überwachungssignale können mit einem gelben Dauerlicht ausgerüstet sein. Siehe Schema „elektrische Anschlüsse, Ausgänge“ und Zeichnung „Steckerbelegung“.

## 5. Zusatzfunktionen

Es stehen folgende zusätzliche Funktionen zur Verfügung (optional):

- Anschluss von Schranken (BUSA1), auch zum Vollabschluss (BUSA2); die Schranken schließen zeitversetzt.
- Anschluss von Bahnübergang-Überwachungssignal-Wiederholern (BUUS1W und BUUS2W), Aufstellort an einem Haltepunkt nahe vor dem Bahnübergang
- Anschluss von zusätzlichen Einschaltkontakten (EK5 und EK6), Aufstellort an einem Haltepunkt nahe Bahnübergang
- Anschluss von Unwirksamkeitstasten (UT1 und UT2) mit Überwachungslampen (UT1-ÜL und UT2-ÜL) für die Einschaltkontakte, Aufstellort am Einschaltkontakt oder im benachbarten Bahnhof
- Anschluss von zusätzlichen Unwirksamkeitstasten (UT5 und UT6) mit Überwachungslampen (UT5-ÜL und UT6-ÜL) für die zusätzlichen Einschaltkontakte, Aufstellort am Einschaltkontakt oder im benachbarten Bahnhof
- Anschluss von Wirksamkeitstasten (WT1 und WT2) mit Überwachungslampen (WT1-ÜL und WT2-ÜL) für die Einschaltkontakte, Aufstellort am Einschaltkontakt oder im benachbarten Bahnhof
- Anschluss von Einschalttasten (ET1 und ET2) mit Überwachungslampe (ET-ÜL), Aufstellort an einem Haltepunkt nahe Bahnübergang
- Anschluss einer Hilfseinschalttaste (HET) mit Überwachungslampe (HET-ÜL), Aufstellort am Bahnübergang
- Anschluss von Ausschalttasten (AT), Aufstellort an einem Haltepunkt nahe Bahnübergang
- Anschluss von Weckern (WK1 und WK2), Aufstellort an einem Haltepunkt nahe Bahnübergang
- Anschluss eines Rangierschalters (RS) mit Überwachungslampe (RS-ÜL), Aufstellort am Bahnübergang
- Anschluss einer Rangiertaste (RT) mit Überwachungslampe (RT-ÜL), Aufstellort an einem oder mehreren Einschaltkontakten
- Anschluss einer Grundstelltaste (GST)

### 5.1. Schranken

Um motorische Schrankenaggregate (BUSA1a, BUSA1b) anzuschließen, kann das zeitverzögerte Dauersignal (BUSS1\_L) genutzt werden. Zum Vollabschluss des Bahnübergangs mit kürzeren Schrankenbäumen (vierschlägige Schranke) kann für die Schrankenaggregate in Fahrtrichtung hinten (BUSA2a, BUSA2b) ein weiteres, zeitverzögertes Dauersignal (BUSS2\_L) genutzt werden.

Es werden nur Schaltsignale zur Verfügung gestellt, bei Verwendung von Servomotoren für die Schrankenaggregate muss eine eigene Ansteuerung in das BÜ-Modul eingebaut werden.

## 5.2. Überwachungssignal-Wiederholer

Die Überwachungssignal-Wiederholer (BUUS1W und BUUS2W) werden zwischen einem Haltepunkt und dem Bahnübergang aufgestellt. Wird der Bahnübergang über die Einschalttaste oder die Hilfeinschalttaste eingeschaltet, beginnen die Überwachungssignal-Wiederholer nach Ablauf einer Räumzeit zu blinken. Bei Ablauf der Grundstellzeit (und damit Freigabe des Bahnüberganges für den Verkehr) werden die Überwachungssignal-Wiederholer früher abgeschaltet, um zu gewährleisten, dass der Zug noch innerhalb des Bremswegabstands zum Stehen kommt.

Die weißen Lampen zur Anzeige von Bü0 / Bü1 an den Überwachungssignal-Wiederholern werden von der Steuerung wechselblinkend im selben Takt wie die Straßensignale angesteuert.

Die Überwachungssignale können mit einem gelben Dauerlicht ausgerüstet sein. Siehe Schema „elektrische Anschlüsse, Ausgänge“ und Zeichnung „Steckerbelegung“.

## 5.3. zusätzliche Einschaltkontakte

Liegt vor dem Bahnübergang ein Haltepunkt an dem ein Zug hält, oder wurde der reguläre Einschaltkontakt (EK1 bzw. EK2) per Unwirksamkeitstaste unwirksam geschaltet, muss der Bahnübergang vor dem Befahren eingeschaltet werden. Dies kann mit weiteren, den zusätzlichen Einschaltkontakten (EK5 bzw. EK6) geschehen. **Diese können auch direkt vor dem Bahnübergang eingebaut werden, um eine Auto-HET Funktion darzustellen. (KLÄREN, OB SO PROGRAMMIERT, ODER OB EK1 / EK2 ALS VORBEDINGUNG GELTEN -> dann Schnippelkontakte in die HET am BÜ-SK3 einschleifen**

Das Überfahren wird von der Steuerung ausgewertet wenn sich der Bahnübergang in Grundstellung befindet und die regulären Einschaltkontakte zwar überfahren, aber unwirksam geschaltet wurden. Sind diese nicht unwirksam geschaltet, haben die zusätzlichen Einschaltkontakte keine Wirkung.

Diese Einschaltkontakte sind optional, der Bahnübergang kann auch regulär mit der Einschalttaste (ET1 bzw. ET2) eingeschaltet werden.

## 5.4. Unwirksamkeitstasten

Die Unwirksamkeitstasten (UT1 und UT2) dienen der einmaligen Unterdrückung der regulären Einschaltkontakte (EK1 und EK2). Dies kann nötig sein, wenn eine Rangierfahrt den Einschaltkontakt überfährt, ohne den Bahnübergang zu passieren oder wenn ein Zug an einem Haltepunkt vor dem Bahnübergang planmäßig hält (in diesem Fall muss der Bahnübergang mit einer Einschalttaste oder einem zusätzlichen Einschaltkontakt vor dem Haltepunkt (EK5 bzw. EK6) gesperrt werden).

Die zusätzlichen Unwirksamkeitstasten (UT5 und UT6) dienen der einmaligen Unterdrückung der zusätzlichen Einschaltkontakte vor dem Haltepunkt (EK5 und EK6). Dies kann nötig sein, wenn eine Rangierfahrt einen dieser Einschaltkontakte überfährt, ohne dabei den Bahnübergang zu passieren.

Bei Drücken der einem Einschaltkontakt zugeordneten Unwirksamkeitstaste kann dieser überfahren werden, ohne eine Aktion auszulösen; das bedeutet, der Bahnübergang wird nicht gesperrt. Eine

weiße Überwachungslampe (UT1-ÜL , UT2-ÜL, UT5-ÜL, UT6-ÜL) zeigt die aktivierte Unwirksamkeit des Einschaltkontaktes an. Die Steuerung wartet jetzt auf das Überfahren des Einschaltkontaktes, der Bahnübergang ist dabei nicht mehr in Grundstellung und kann somit aus der Gegenrichtung nicht mehr aktiviert werden.

Die Unwirksamkeitstaste ist nur für ein einmaliges Überfahren durch einen Zug wirksam, der Einschaltkontakt wird danach automatisch wieder aktiv geschaltet, die Überwachungslampe erlischt und der Bahnübergang geht zurück in Grundstellung. Die Aufhebung der Funktion Unwirksamkeit kann nur durch Überfahren oder Auslösen der Grundstellungstaste geschehen.

## 5.5. Wirksamkeitstasten

Die Wirksamkeitstasten (WT1 und WT2) dienen der einmaligen Aktivierung der Einschaltkontakte (EK1 und EK2). Dies ist nötig, wenn die Einschaltkontakte standardmäßig deaktiviert sind, weil in der Regel alle Züge an einem Haltepunkt vor dem Bahnübergang anhalten, ein Zug aber ohne Halt an diesem durchfährt.

Bei Drücken der einem Einschaltkontakt zugeordneten Wirksamkeitstaste löst dieser beim Überfahren eine Aktion aus, der Bahnübergang wird gesperrt. Eine weiße Überwachungslampe (WT1-ÜL bzw. WT2-ÜL) zeigt die aktivierte Wirksamkeitsschaltung des Einschaltkontaktes an. Die Steuerung wartet jetzt auf das Überfahren des Einschaltkontaktes, der Bahnübergang ist dabei nicht mehr in Grundstellung und kann somit aus der Gegenrichtung nicht mehr aktiviert werden.

Die Wirksamkeitstaste ist nur für ein einmaliges Überfahren wirksam, der Einschaltkontakt wird danach automatisch wieder inaktiv geschaltet, die Überwachungslampe erlischt.

Wird der Einschaltkontakt nicht innerhalb der Grundstellzeit befahren wirksam, wird der Einschaltkontakt automatisch wieder inaktiv geschaltet, die Überwachungslampe erlischt.

## 5.6. Einschalttasten

Die Einschalttaste (ET) dient zur geplanten Einschaltung des Bahnübergangs, z.B. nach Halt des Zuges an einem zwischen dem Einschaltkontakt und dem Bahnübergang gelegenen Haltepunkt. Mit Drücken der Einschalttaste wird der Bahnübergang gesperrt, eine weiße Überwachungslampe (ET-ÜL) sowie die dann nach EBO notwendigen Überwachungssignal-Wiederholer zeigen die erfolgreiche Sperrung an.

## 5.7. Hilfeeinschalttaste

Die Hilfeeinschalttaste (HET) dient zur hilfswisen Einschaltung des Bahnübergangs, z.B. nach Ablauf der Grundstellzeit oder bei Nichtfunktion der Einschaltkontakt. Mit Drücken der Hilfeeinschalttaste wird der Bahnübergang gesperrt, eine weiße Überwachungslampe (HET-ÜL) zeigt die erfolgreiche Sperrung an.

Danach muss der Bahnübergang durch Überfahren des Freimeldekontakts erst freigemeldet und anschließend durch Überfahren eines Einschaltkontakts in den Grundzustand gebracht werden.

## 5.8. Ausschalttasten

Die Ausschalttaste (AT1 bzw. AT2) wird an einem Haltepunkt vor dem Bahnübergang aufgestellt. Sie dient dem zurücksetzen des Bahnübergangs, wenn dieser eingeschaltet ist, aber wegen Zughalt nicht unmittelbar befahren wird. Dies kann nötig sein, wenn der Zug zwar planmäßig hält, aber die entsprechende Unwirksamkeitstaste (UT1 bzw. UT2) nicht ausgelöst wurde oder der Bahnübergang im Durchrutschweg nach dem Haltepunkt liegt und der Bahnübergang deshalb bei Annäherung des Zuges an den Haltepunkt eingeschaltet sein muss.

Die Ausschalttaste ist schaltbar bei gesperrtem Bahnübergang, das heißt, bei auslösen (Tastendruck mindestens 2 Sekunden) wird der Bahnübergang freigemeldet und in den Grundzustand geschaltet.

## 5.9. Wecker

Der Wecker (WK1 bzw. WK2) wird an einem Haltepunkt vor dem Bahnübergang in der unmittelbaren Umgebung der Ausschalttaste (AT1 bzw. AT2) aufgestellt. Er dient der Erinnerung des Zugführers, dass der Bahnübergang durch Auslösen der Ausschalttaste (AT1 bzw. AT2) noch zurückgesetzt werden muss.

Der Wecker wird aktiviert, wenn der Einschaltkontakt (EK1 bzw. EK2) zwar überfahren, aber der Ausschaltkontakt (EK3) am Bahnübergang nicht nach einer voreingestellten Zeit befahren wurde. Wird die Ausschalttaste ausgelöst oder der Freimeldekontakt EK 3 überfahren, wird der entsprechende Wecker stumm geschaltet.

## 5.10. Rangierschalter

Der Rangierschalter (RS) dient dem Einschalten des Bahnübergangs für Rangierfahrten. Dies ist notwendig, wenn z.B. eine Rangiereinheit mehrmals den Bahnübergang passieren muss, ohne einen der Einschaltkontakte zu überfahren. Eine weiße Überwachungslampe (RS-ÜL) zeigt nach einer Vorwarnzeit die erfolgreiche Sperrung des Bahnübergangs an.

Der Rangierschalter ist bedingungslos schaltbar, das heißt, bei Einschalten (und Einschaltdauer mindestens 2 Sekunden) wird der Bahnübergang gesperrt, bei Ausschalten des Rangierschalters in den Grundzustand geschaltet, unabhängig von eventuell bereits aktivierten Schaltzuständen (durch z.B. Einschaltkontakt, Unwirksamkeitstaste, Einschalttaste,...).

Entfernt sich die Rangierfahrt vom Bahnübergang und passiert dabei einen Einschaltkontakt muss dieser per Unwirksamkeitstaste deaktiviert werden.

## 5.11. Rangiertaste

Die Rangiertaste (RT) dient dem einmaligen Einschalten des Bahnübergangs für Rangierfahrten. Dies ist notwendig, wenn z.B. eine Rangiereinheit den Bahnübergang einmalig passieren muss, ohne einen der Einschaltkontakte zu überfahren. Eine weiße Überwachungslampe (RT-ÜL) zeigt nach einer Vorwarnzeit die erfolgreiche Sperrung des Bahnübergangs an.

Die Rangiertaste ist bedingungslos schaltbar, das heißt, bei Einschalten (und Einschaltdauer mindestens 2 Sekunden) wird der Bahnübergang gesperrt. Im Gegensatz zum Rangierschalter muss bei der Rangiertaste der Bahnübergang durch Überfahren des Freimeldekontakts zurück in den Grundzustand gebracht werden. Wenn die Rangiereinheit den Bahnübergang nochmals passieren muss, muss die Rangiertaste erneut betätigt werden.

Entfernt sich die Rangierfahrt vom Bahnübergang und passiert dabei einen Einschaltkontakt, muss dieser per Unwirksamkeitstaste deaktiviert werden.

## 5.12. Grundstelltaste

Die Grundstelltaste (GST) ist optional und dient dem rücksetzen des Bahnübergangs im Fehlerfall (Bedienungsfehler oder Fehler eines Gleisschaltmittels). Die Grundstelltaste ist bedingungslos schaltbar, das heißt, bei auslösen (Tastendruck mindestens 2 Sekunden) wird der Bahnübergang zwangsweise freigemeldet und in den Grundzustand geschaltet, unabhängig von eventuell bereits aktivierten Schaltzuständen (durch z.B. Einschaltkontakt, Unwirksamkeitstaste, Einschalttaste,...).

# 6. Funktionen via LC-Display

## 6.1. Allgemeines

Idealerweise wird ein Displayshield auf die Arduino-Platine aufgesteckt, um den aktuellen Status der Steuerung anzuzeigen (Laufzeit-Umgebung) und mittels Tasten bestimmte Parameter ohne Anschluss eines Rechners mit Arduino-IDE konfigurieren zu können (Konfigurationsmenü). Dies ist nicht zwingend notwendig, kann aber bei der Fehlersuche hilfreich sein.

Am Displayshield muss eine Brücke zwischen dem PIN an A1 und der Masse GND gesetzt sein, da hierüber die Displayerkennung der Steuerung realisiert wird. Ohne diese Brücke wird ein eingestecktes Display als nicht vorhanden angesehen.

## 6.2. Tasten auf dem LC-Display

Einige Tasten sind mit Funktionen für den BÜ belegt, generell sind die Tasten zur Navigation durch das Konfigurationsmenü vorgesehen.

### **6.2.1. LCD-Hilfseinschalttaste**

Die Hilfseinschalttaste auf dem Displayshield ist mit LEFT beschriftet und in der normalen Laufzeit-Umgebung zugänglich, jedoch nicht im Konfigurationsmenü. Ihre Funktion entspricht der normalen Hilfseinschalttaste.

Nach dem Drücken muss mangels Überwachungslampe der Text im Display beachtet werden.

### **6.2.2. LCD-Rangierschalter**

Der Rangierschalter auf dem Displayshield ist mit UP beschriftet und in der normalen Laufzeit-Umgebung zugänglich, jedoch nicht im Konfigurationsmenü. Da dieser entgegen dem normalen Rangierschalter als Taste ausgeführt ist, ist die Arbeitsweise hier leicht abweichend. Zum Aktivieren des Rangierschalters muss die Taste auf dem Displayshield einmal gedrückt werden, wenn der Bahnübergang gesperrt wurde, muss zum Deaktivieren die Taste auf dem Displayshield erneut gedrückt werden.

Nach dem Drücken muss mangels Überwachungslampe der Text im Display beachtet werden.

### **6.2.3. LCD-Rangiertaste**

Die Rangiertaste auf dem Displayshield ist mit DOWN beschriftet und in der normalen Laufzeit-Umgebung zugänglich, jedoch nicht im Konfigurationsmenü. Ihre Funktion entspricht der normalen Rangiertaste.

Nach dem Drücken muss mangels Überwachungslampe der Text im Display beachtet werden.

### **6.2.4. LCD-Grundstelltaste**

Die Grundstelltaste auf dem Displayshield ist mit DOWN beschriftet und in der normalen Laufzeit-Umgebung zugänglich, jedoch nicht im Konfigurationsmenü. Ihre Funktion entspricht der normalen Grundstelltaste. Zum Auslösen muss die Taste 2 Sekunden lang gedrückt werden.

Nach dem Drücken muss mangels Überwachungslampe der Text im Display beachtet werden.

### **6.2.5. LCD-Reset-Taste**

Die Reset-Taste auf dem Displayshield ist mit RST beschriftet und ist jederzeit zugänglich, ihre Funktion entspricht der Reset-Taste on-board.

Achtung! Bei einem Reset gehen alle Änderungen verloren, die per Display vorgenommenen wurden und müssen daher neu parametrisiert werden.

## 6.2.6. Konfigurationsmenü

Um von der normalen Laufzeit-Umgebung in das Konfigurationsmenü zu gelangen, muss die SHIFT-Taste gedrückt werden. Die Displayanzeige wechselt dann auf eine Anzeige nach dem Schema K-nn CCCCCCCC (z.B. „K-01: WT1\_ENAB“).

Zur Zeit gibt es xx Unterpunkte K-01 bis K-xx, die nacheinander mit der SHIFT-Taste durchgeblättert werden können. Nach dem letzten Unterpunkt gelangt man wieder zurück in die Laufzeitumgebung.

Mit den Unterpunkten K-01 bis K-17 können bestimmte Parameter eingestellt werden, um die Steuerung an das Arrangement anzupassen (Einschaltzeiten, etc.).

Mit den Unterpunkten K-1x bis K-1x können die von der Steuerung eingelesenen Werte betrachtet werden (Zustand EK1, etc.); dies ist hilfreich bei der Fehlersuche, der Positionierung des IR-Sensors EK3 und so weiter.

Ein Unterpunkt kann mit der Taste RIGHT ausgewählt werden, der aktuelle Wert / Zustand wird im Display in der zweiten Zeile angezeigt.

Um zurück zur Auswahl der Unterpunkte zu springen, dient die Taste LEFT.

Ein Wert kann nach oben mit der Taste UP angepasst werden, der neue Wert / Zustand wird im Display in der zweiten Zeile angezeigt.

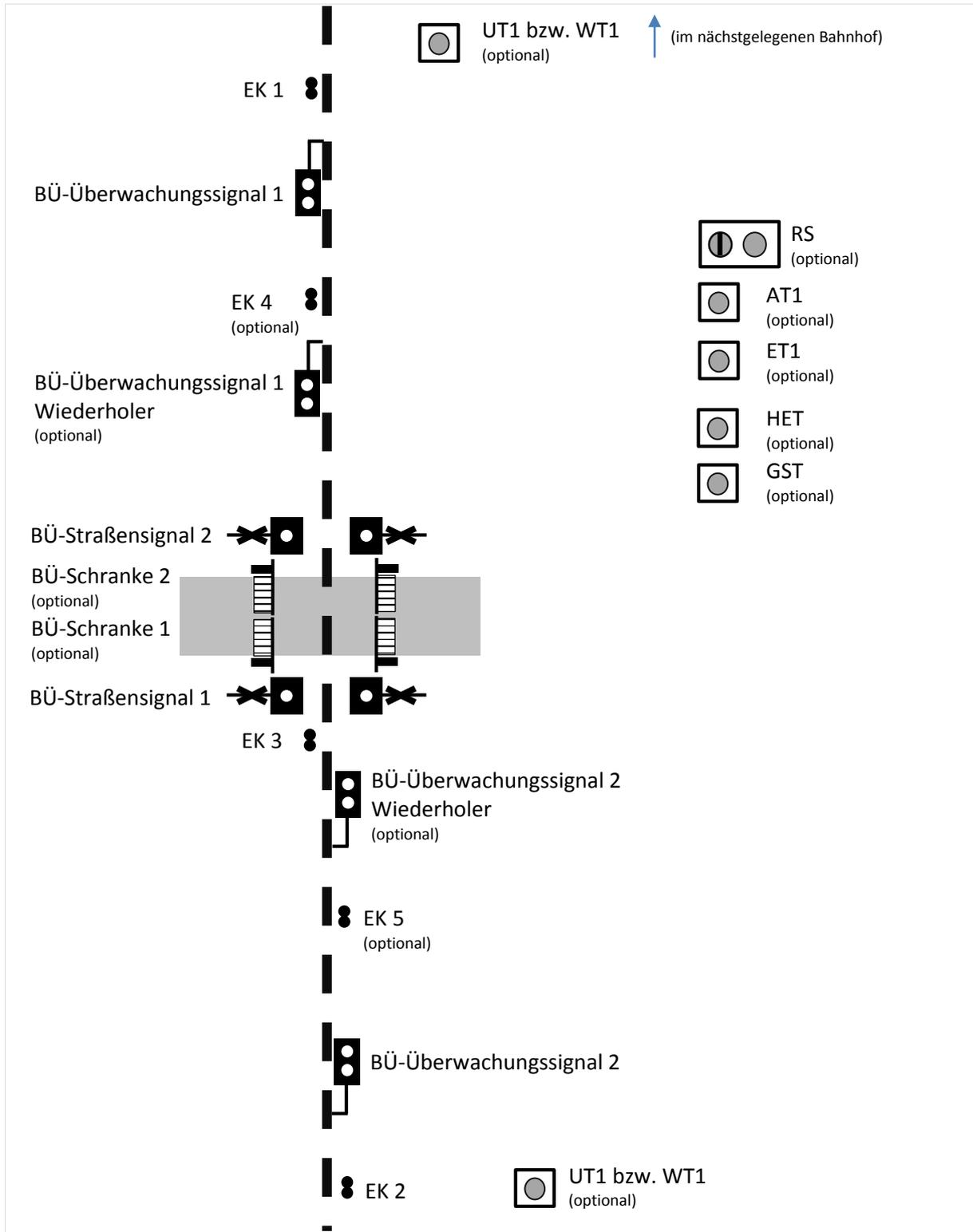
Ein Wert kann nach unten mit der Taste DOWN angepasst werden, der neue Wert / Zustand wird im Display in der zweiten Zeile angezeigt.

Ein Wert kann mit der Taste RIGHT übernommen werden, der neue Wert / Zustand wird in der Steuerung gespeichert. Die default-Werte werden dabei nicht überschrieben, das heißt, nach spannungslos schalten der Steuerung oder einem Reset sind die eingestellten Werte verloren. Nach dem Abspeichern springt die Steuerung zurück zur Auswahl der Unterpunkte.

Innerhalb des Untermenüs K-1x werden die aktuell eingelesenen Werte / Stati angezeigt, diese werden gruppiert angezeigt (z.B. EK1 bis EK4). Mit den UP- und DOWN-Tasten durch die einzelnen Gruppen geblättert werden.

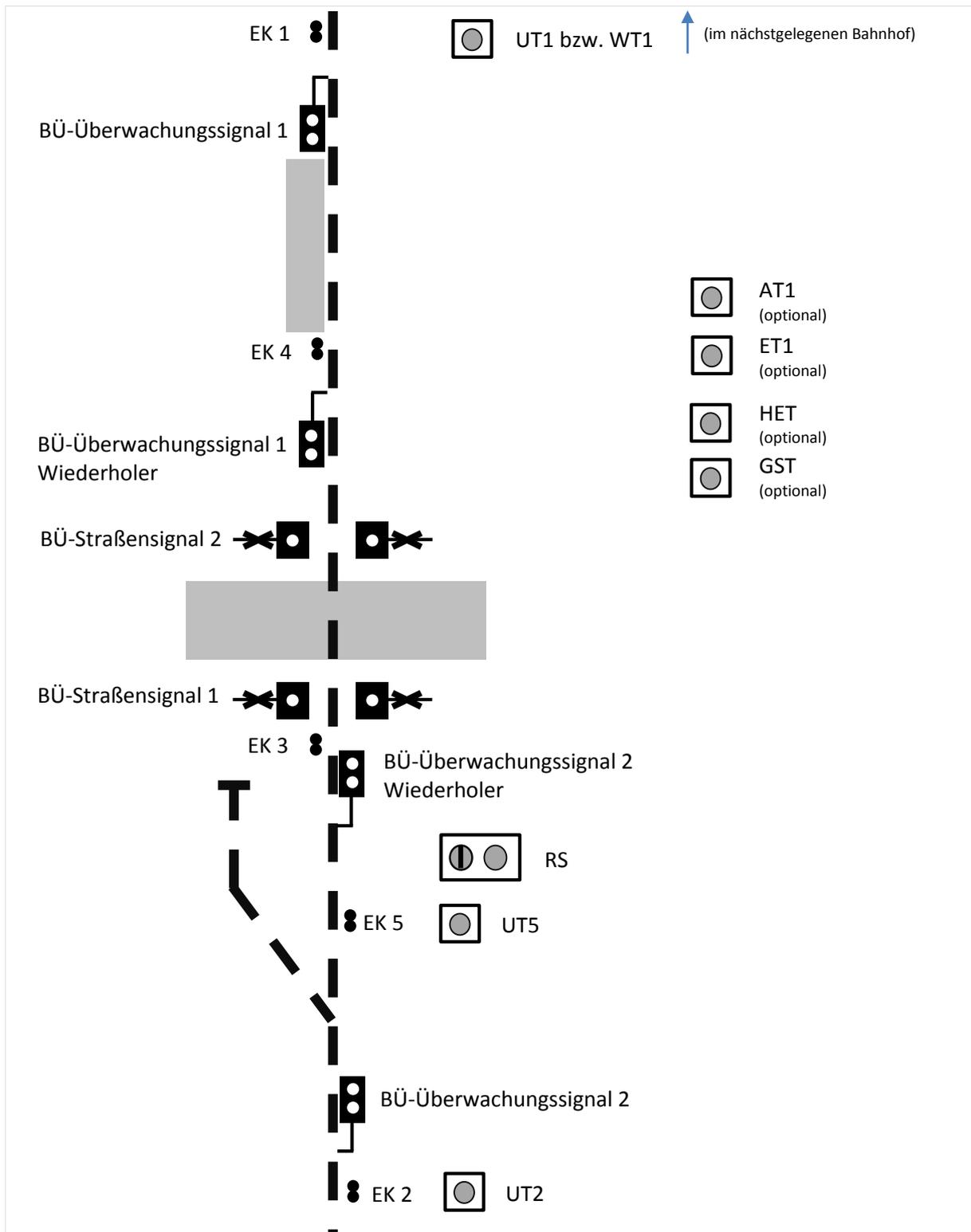
## 7. Aufbau, Kabel und Komponenten

### 7.1. Aufbauschema



Schema XX, Aufbau

## 7.2. Aufbauschema, Beispiel mit Gleisanschluss und Haltepunkt



Schema XX, Aufbau

## 7.3. Kabel

Um die Komponenten miteinander zu verbinden, werden zwei verschiedene Kabeltypen benutzt. Es muss unterschieden werden zwischen den BÜ-Signalkabeln und den Kabeln für Gleisschaltmittel.

### 7.3.1. BÜ-Signalkabel

Signale und Taster werden mit Modularsteckern 8P8C („RJ45“) und Patch-Netzwerkkabel mit der Hardware verbunden. Auf einem Netzwerkkabel werden Signale für mehrere BÜ-Signale / Überwachungslampen und Taster/ Schalter geführt, die Komponenten in einer Kette (daisy-chain) miteinander verbunden. Zusätzlich zu diesen Signalen sind auf dem BÜ-Signalkabel noch 12 VDC (Pluspol) und Masse (GND) aufgelegt um zusätzliche Verbraucher zu versorgen (z.B. LED) und das Auslösen von Tastern zu detektieren.

Auf den BÜ-Signalkabeln sind zusammengehörige Signale gruppiert, es ergeben sich dadurch, je nach Ausbaustufe, mindestens 3 und maximal 6 BÜ-Signalkabel-Stränge. Per Seite ist mindestens ein BÜ-Signalkabel notwendig plus ein BÜ-Signalkabel für den Anschluss der Straßensignale. Falls vor dem Bahnübergang ein Haltepunkt liegt, muss mindestens ein weiteres BÜ-Signalkabel verlegt werden.

Um die Komponenten (BUUS/ BUUSW bzw. Kästen mit Tastern/ Schaltern und Überwachungslampe) in einer Kette miteinander verbinden zu können, muss jede Komponente zwei RJ45-Buchsen erhalten (Eingang und Ausgang). Die beiden RJ45-Buchsen sind direkt miteinander verbunden.

Als Netzwerkkabel können nur Patch-Kabel (ungekreuzt) zur Verwendung kommen. Ein Cross-Over-Kabel vertauscht die Reihenfolge und legt damit Spannung auf einen Signalausgang der Steuerung.

Davon abweichend wird direkt am BÜ-Modul ein Kabel mit D-Sub-Steckern vom Schnittstellen Typ DA-15 (zweireihig, 15 Pins) benutzt, hier werden die Signale für Straßensignale Lo57 und Ebüt80, Schranken, Freimeldekontakte und direkt am BÜ angeordnete Taster mit Überwachungslampen übertragen.

### 7.3.2. Signalkabel für Gleisschaltmittel

Als Signalkabel für Gleisschaltmittel werden Fremo-standardkonform handelsübliche Cinch-Kabel verwendet.

Das Ausschleifen der Signale für Gleisschaltmittel aus dem Netzwerkkabel auf Cinch-Kabel erfolgt auf den Wattenscheider-Schächten der BÜ-Überwachungssignale. Dort wird neben der RJ45-Buchse eine Cinch-Buchse angebracht. Von dort wird eine Verbindung mit dem dem BÜ-Überwachungssignal zugeordneten Gleisschaltmittel hergestellt.

Besitzt ein BÜ-Signal keine solche Cinch-Buchse, muss das Ausschleifen der Signale aus dem Netzwerkkabel mittels Adapter, Verteildose und speziell angefertigtem Kabel (eine Seite RJ45, eine Seite Cinch) geschehen oder mittels umgebauten Netzwerkkabeln (zwei Adern ausschleifen und auf Cinch-Stecker löten) geschehen.

### 7.3.3. Komponenten

Die BÜ-Signalkabel werden an der Steuerung angeschlossen und verlaufen von dort zur ersten Komponente (z.B. BUUS1), von dort weiter zur nächsten Komponente (z.B. UT mit UT-ÜL) und weiter zur folgenden (z.B. WT mit WT-ÜL). Durch die festgelegte Aderbelegung spielt es dabei keine Rolle, in welcher Reihenfolge die Komponenten oder welche Komponenten überhaupt angeschlossen werden (mindestens müssen zur Funktion des Bahnübergangs jedoch die Blinklicht-Überwachungssignale und die Einschaltkontakte verwendet werden). Es muss aber darauf geachtet werden, dass keine Komponenten zwischen den einzelnen BÜ-Signalkabel-Strängen vertauscht werden, da ansonsten die gewünschte Funktion nicht mehr gegeben ist (wird beispielsweise die HET nicht am BÜ-Signalkabel 3 sondern am BÜ-Signalkabel 1 angeschlossen, funktioniert sie nicht mehr als HET sondern als UT1).

Durch diese Art der Signalverteilung sind Kästen mit Tastern/ Schaltern und Überwachungslampen nicht untereinander austauschbar, ein Kasten kann also nicht auf einem Treffen als HET-Kasten und auf einem anderen Treffen als ET-Kasten dienen. Dafür ist der Aufbau unkompliziert und weniger fehleranfällig, auch können Komponenten in ihrer Position beliebig aufgestellt werden oder weggelassen werden.

Die Straßensignale (BUSS1, BUSS2) und Schrankenantriebe (BUSA1, BUSA2) können zwar auch als integrierte Komponenten angesehen werden, sollen aber mit demselben Schnittstellentyp RJ45 wie die übrigen BÜ-Signalkabel angeschlossen werden. Damit bleibt auch eine fest ins Modul eingebaute BÜ-Steuerung bei Defekt oder Erweiterung durch eine andere austauschbar. Auch sind so Module mit BÜ, aber ohne eigene Steuerung denkbar

Die Taster/ Schalter und Überwachungslampen können entweder fest in ein Modul eingebaut werden oder als separate Kästen (ähnlich einer LN-Box) an die Modulseitenwand geklemmt werden.

In beiden Fällen müssen zwei RJ45-Buchsen für die BÜ-Signalkabel vorhanden sein und die für die Taste / den Schalter und die für die Überwachungslampe korrekten Adern abgegriffen werden. Die Pins der beiden RJ45-Buchsen sind direkt miteinander verbunden.

## 7.4. Variablen und PIN-Belegungen

### 7.4.1. anpassbare Variablen

TAG	Standardwert	Beschreibung
EK1_VTIME1	1000	Anrückzeit/ Anschaltverzögerung von EK1 nach BÜ (Verzögerung in ms zwischen Zeitpunkt „EK1 überfahren“ bis zum softwareseitigen Einschaltbefehl des BÜ)
EK2_VTIME1	1000	Anrückzeit/ Anschaltverzögerung von EK2 nach BÜ (Verzögerung in ms zwischen Zeitpunkt „EK2 überfahren“ bis zum softwareseitigen Einschaltbefehl des BÜ)

WK_VTIME1	30000	Anschaltverzögerung Wecker EK <sub>n</sub> nach BÜ (xxx xxx)
EK1_VTIMEW	2000	Voreilung Abschaltung von BÜ-Wiederholer 1 (Zeitspanne in ms, um die der BUUS-W1 vor Ablauf der Grundstellzeit abgeschaltet wird)
EK2_VTIMEW	2000	Voreilung Abschaltung von BÜ-Wiederholer 2 (Zeitspanne in ms, um die der BUUS-W2 vor Ablauf der Grundstellzeit abgeschaltet wird)
EK3_VTIME1	5000	Verzögerung BÜ-frei nach letztem Signal EK3 („letzte Achse plus x Sekunden“, Verzögerung in ms zwischen dem Zeitpunkt der letzten Detektion eines Zuges und dem softwareseitigen Signal „BÜ freigefahren“)
GS_VTIME	60000	Grundstellzeit nach Aktivierung Einschaltkontakt 1 oder 2 (Verzögerung in ms zwischen Zeitpunkt „EK1 überfahren“ bzw „EK2 überfahren“ bis zum softwareseitigen Ausschaltbefehl des BÜ, falls Zug den BÜ nicht erreicht hat)
WT1_VTIME1	15000	Wirksamkeitszeit von WT1 für EK1 (Zeitspanne in ms für die Wirksamkeit des EK1 nach Betätigen der WT1; erreicht der Zug EK1 nach Ablauf der eingestellten Zeit, bleibt das Überfahren des EK wirkungslos)
WT2_VTIME1	15000	Wirksamkeitszeit von WT2 für EK2 (Zeitspanne in ms für die Wirksamkeit des EK2 nach Betätigen der WT2; erreicht der Zug EK2 nach Ablauf der eingestellten Zeit, bleibt das Überfahren des EK wirkungslos)
RS_VTIME1	3000	Verzögerung RS_L (notwendige Räumzeit, Zeitspanne in ms zwischen dem Betätigen des RS und dem Aufleuchten der Meldeleuchte als Rangierfreigabe)

Tabelle XX, anpassbare Variablen (Werte in Millisekunden)

### 1.1.1. Wertetabelle Anschaltverzögerungen bei Räumzeit 5 s

TAG	Abstand EK – BÜ	empfohlener Wert	
		60 km/h	80 km/h
EK <sub>n</sub> _VTIME1	1000 mm	0	n/a
	1500 mm	2800	700
	2000 mm	5500	2500
	3000 mm	10000	6500

TAG	Abstand FDL – EK	empfohlener Wert	
		60 km/h	80 km/h
WK_VTIME1	500 mm	7000	4000
	1000 mm	7000	4000
	2000 mm	12000	9000
	3000 mm	17000	15000

TAG	Abstand EK – BÜ-Wiederholer	empfohlener Wert	
		60 km/h	80 km/h
EKn_VTIMEW	500 mm	3000	4000
	1000 mm	6000	7000
	1500 mm	8000	10000

Tabelle XX, anpassbare Variablen (Werte in Millisekunden)

### 1.1.2. PIN-Belegung Arduino

TAG	PIN	Beschreibung

Tabelle XX, PIN-Belegung Arduino MEGA 2560

### 1.1.3. PIN-Belegung Blinkgeber ATTiny

TAG	PIN	Beschreibung

Tabelle XX, PIN-Belegung ATTiny

### 1.1.4. Signal-Aufteilung BÜ-Signalkabel

Ein BÜ-Signalkabel (BÜSK) vom Schnittstellentyp RJ45 ist prinzipiell wie folgt belegt:

Ausgang1, Ausgang2, Ausgang3, Eingang1, Eingang2, Eingang3, gemeinsame Masse, Pluspol 12 VDC

BÜSK	Pin 1	Pin 2	Pin 3	Pin 4	Pin 5	Pin 6	Pin 7	Pin 8
BÜ-SK 1	BUUS1+	UT1-ÜL+	WT1-ÜL+	EK1+	UT1+	WT1+	GND	12VDC+
BÜ-SK 2	BUUS2+	UT2-ÜL+	WT2-ÜL+	EK2+	UT2+	WT2+	GND	12VDC+
BÜ-SK 3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
BÜ-SK 4	GST-ÜL+	RS-ÜL+	HET-ÜL+	GST+	RS+	HET+	GND	12VDC+
BÜ-SK 5	BUUSW1+	UT5-ÜL+	[LEER]	EK5+	UT5+	[LEER]	GND	12VDC+
BÜ-SK 6	BUUSW2+	UT6-ÜL+	[LEER]	EK6+	UT6+	[LEER]	GND	12VDC+
BÜ-SK 7	BUUSW1+	ET1-ÜL+	WK1+	EK5+	ET1+	AT1+	GND	12VDC+
BÜ-SK 8	BUUSW2+	ET2-ÜL+	WK2+	EK6+	ET2+	AT2+	GND	12VDC+

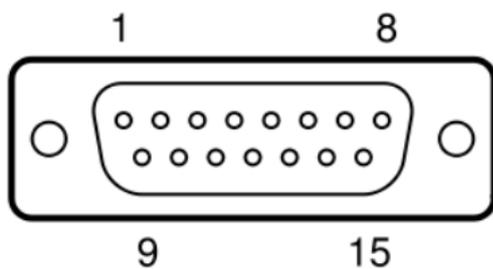
Schema XX, Steckerbelegung BÜ Signalkabel

Abweichend von den übrigen BÜ-Signalkabeln ist das BÜ-Signalkabel 3 direkt am BÜ-Modul aufgrund der dort benötigten Signale vom Schnittstellentyp D-Sub DA15, dieses hat mehr Pins und dadurch eine geänderte Belegung:

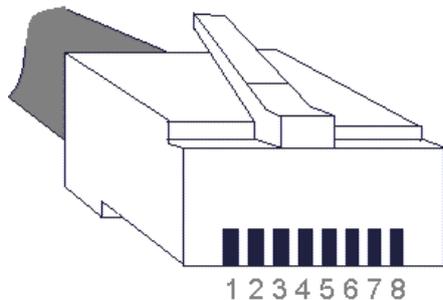
BÜSK	Pin 1	Pin 2	Pin 3	Pin 4	Pin 5	Pin 6	Pin 7	Pin 8
BÜ-SK 3	BUSS1+	BUSS2+	BUSA1+	BUSA2+	BUSSG+	BUSSR+	GST-ÜL+	GST+
BÜSK	Pin 9	Pin 10	Pin 11	Pin 12	Pin 13	Pin 14	Pin 15	
BÜ-SK 3	EK3+	EK4+	[LEER]	[LEER]	[LEER]	GND	12VDC+	

Schema XX, Steckerbelegung BÜ-Signalkabel 3

### 1.1.5. PIN-Belegung BÜ-Signalkabel



Schema XX, Stecker Sub-D, Typ DA-15, Pin1 links oben bei Ansicht von vorne



Schema X, Stecker RJ-45, Pin1 links bei Ansicht von vorne, Rastnase oben

## 1.2. Fotos Prototyp

## 2. Literatur- / Quellennachweis

[1] <http://arduino.cc/>

[2] <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

[3] <http://www.fremo-net.eu/1043.html>

[4] [minicks.net/FBUET](http://minicks.net/FBUET)