

C-Digital, Technik und Übertragungsprotokolle

1 ÜBERTRAGUNGSTECHNIK HANDREGLER - ZENTRALE	2
1.1 VERBINDUNGSTECHNIK.....	2
1.2 PINBELEGUNGEN.....	2
1.3 ZUSÄTZLICHE NOTSTOP-TASTE.....	2
1.4 ÜBERTRAGUNGSPROTOKOLLOKOLL HANDREGLER - ZENTRALE.....	3
1.5 ÜBERTRAGUNGSPROTOKOLL ZENTRALE-HANDREGLER.....	4
2 ÜBERTRAGUNGSTECHNIK ZENTRALE – LOKDECODER	5
2.1 PRINZIP DER DATENÜBERTRAGUNG ZU DEN LOKDECODERN.....	5
2.2 ERWEITERUNG AUF 99 UND 120 LOKADRESSEN.....	6
2.3 HINWEISE ZU BELEUCHTETEN WAGGONS.....	6
2.4 ABLAUF DER DATENSENDUNG.....	7
2.5 TABELLE ZUM ÜBERTRAGUNGSPROTOKOLL.....	7
2.6 BEDEUTUNG DER DATENBITS.....	9
2.6.1 Zweileitersystem.....	9
2.6.2 Dreileitersystem.....	9
3 ÜBERTRAGUNGSTECHNIK ZENTRALE – BOOSTER	9
3.1 VERBINDUNGSTECHNIK.....	9
3.2 PINBELEGUNGEN SUB-D-9.....	9
3.3 ZUSÄTZLICHE RESTART-TASTE.....	10

Stand Nov 2016

Weitere Informationen zu C-Digital und Conrad-Digital bei
www.c-digitalsystem.de

eMail:

infos@c-digitalsystem.de

techsupport@c-digitalsystem.de

Techniklabor Grünwald, Ingenieurbüro, Cecilie-Vogt-Weg 28, 93055 Regensburg, Tel +49 (0)941 46 11 444

1 Übertragungstechnik Handregler - Zentrale

1.1 Verbindungstechnik

Der Handregler ist mit der Zentrale durch eine 5-polige Signalleitung steckbar verbunden. Sie führt die Stromversorgungsleitungen VCC und GND sowie die beiden Leitungen für den Datenaustausch SCL und SDA und die Leitung für die Notstop-Taste.

Als Steckverbindung dienen fünfpolige Diodenstecker an den Handregler-Kabeln und die entsprechenden Buchsen an der Zentrale. Die Buchsen in der Zentrale sind Pin für Pin parallel durchverbunden; die Steckplätze unterscheiden sich demnach nicht. Das Unterscheiden der Handregler erfolgt nur durch die im Handreglerprogramm eingestellte Geräteadresse (Handreglernummer).

Das Handreglerkabel kann z.B. durch ein fünfpoliges Stereo-Verlängerungskabel (Stecker-Buchse) verlängert werden. Je nach Kabeltyp erzielt man damit Längen bis zu 10 m. **Achtung:** Lange Anschlusskabel könnten geringe Funkwellen aussenden, wodurch empfindliche Empfangsgeräte in der Nähe (z. B. im Zimmer) gestört würden. Die für alle Komponenten von C-Digital und Conrad-Digital durchgeführte CE-Abnahmeprüfung gilt nur für den Originalaufbau ohne Verlängerungskabel.

1.2 Pinbelegungen

Pin	Bezeichnung	Beschreibung
1	SCL	Taktleitung zur Datenübertragung zwischen Zentrale und Handregler. Die Zentrale schaltet sie Leitung mit der Daten-Übertragungsfrequenz auf GND.
2	GND	Massepotenzial. GND ist mit den Klemmen COM der Gleisanschlüsse und mit GND der Sub-D9 Buchse für den Booster verbunden.
3	SDA	Datenleitung. Je nach momentaner Übertragungsrichtung schaltet die Zentrale oder der Handregler diese Leitung abhängig vom aktuellen Bitwert auf GND.
4	Stop	Die Leitung führt direkt zur Stop-Taste im Handregler und ist in der Zentrale über einen 2 KOhm Widerstand an VCC angeschlossen. Das Betätigen einer Stop-Taste verbindet die Leitung mit GND und die Gleisstromversorgung wird abgeschaltet.
5	VCC	Spannungsversorgung Handregler + 5 Volt aus dem Schaltnetzteil der Zentrale. Die 5 Volt werden aus der 18 Volt Spannungsversorgung der Zentrale gewonnen. Die maximale Belastung beträgt 1 A (alle Hndregler).

1.3 Zusätzliche Notstop-Taste

An den Handregler-Buchsen können separate Notstop-Tasten angesteckt werden, die an geeigneten Stellen der Modellbahnanlage angebracht werden können. Dazu wird ein zweipoliges Kabel an den Pins 2 und 4 eines Diodensteckers angelötet. Am anderen Kabelende befindet sich die Notstop-Taste. Bei Betätigung werden die Pins 2 und 4 an der Handreglerbuchse verbunden und die Stromversorgung für die Gleisanlage schaltet ab. Parallel können beliebig viele, weitere Notstop-Tasten angebracht werden.

1.4 Übertragungsprotokoll Handregler - Zentrale

Die Datenübertragung zwischen Handregler und Zentrale basiert auf dem InterIC-, auch bezeichnet als I2C Protokoll (I-Quadrat-C-Protokoll) von Philips. Die Zentrale tastet etwa alle 5 Sekunden ab, welche Handregler angesteckt sind. Für jeden Handregler werden acht Speicherplätze reserviert. Für sieben Handregler sind Speicherplätze vorgesehen. Der Handregler mit Adresse 7 erhält von der Zentrale eine zusätzliche Prüffunktion für Messzwecke, die sich im Normalbetrieb nicht auswirkt.

Für den siebten Handregler kann eine Einsteckmöglichkeit geschaffen werden, indem man anstelle des sechsten Handreglers eine fünfpoligen Diodenstecker einsteckt, an dem unmittelbar zwei fünfpolige Buchsen parallel verdrahtet angeschlossen werden. Diese Buchsen sind dann für die Handregler 6 und 7 vorgesehen.

Übertragung I2C-Bus V.7x99 Byte-Empfang

Impuls	Byte	I2C-Bit	Bedeutung	bit	05.12.16
0		START	Busbelegung		Slave
1	Slave-Adresse	7	Slaveadresse	3	Steuerbits
2		6	Slaveadresse	2	Mode0-Sendedaten
3		5	Slaveadresse	1	Mode1 od. 3 Sendedaten
4		4	Slaveadresse	0	Mode2-Sendedaten
5		3	frei		Bit-Wert
6		2	frei		
7		1	frei		
8		R/W	Send./Empf. (Empf.=1)		
9		Ackn			bei Mode 1, neue Lokadr.:
10	0 i2cbt0	7	Reserve-Bit 17		Reserve-Bit 17
11		6	Senden EIN/AUS (1=AUS)		neue Lokadr. (1: nLA > 61)
12		5	Lokadresse	5	Lokadresse
13		4	Lokadresse	4	Lokadresse
14		3	Lokadresse	3	Lokadresse
15		2	Lokadresse	2	Lokadresse
16		1	Lokadresse	1	Lokadresse
17		0	Lokadresse	0	Lokadresse
18		Ackn			
19	1 i2cbt1	7	Sollgeschwindigkeit	7	
20		6	Sollgeschwindigkeit	6	
21		5	Sollgeschwindigkeit	5	
22		4	Sollgeschwindigkeit	4	
23		3	Sollgeschwindigkeit	3	
24		2	Vorw.-Rückw.-Fahrt		
25	1	vsoll-Aktualisierung (1=ja)			
26	0	par1-Aktualisierung (1=ja)			
27		Ackn			
28	2 i2cbt2	7	Datenauswahl P1 = 0		Datenauswahl P2/nL = 1
29		6	Automatikfahrt		Datenauswahl P2/nL = 1
30		5	Signalhalt Überfahren		Datenauswahl Par2a = 0
31		4	Zusatzfunktion 2, Pfeifen		Datenauswahl Par2bc = 1
32		3	Zusatzfunktion 1		Datenauswahl Par2b = 0
33		2	Lokadresse 0: <61, 1: >61		Datenauswahl Par2c = 1
34		1	Beschleunigung/Verz. 1		
35		0	Beschleunigung/Verz. 0		
36			Ackn		
37		3 i2cbt3	7	Doppeltraktion (1=EIN)	
38	6		Doppeltr.Lokrichtung		nLokadr/Par2 (1=P2) = 0
39	5		Doppeltr.Lokadresse	5	Lokadresse neu = 5
40	4		Doppeltr.Lokadresse	4	Lokadresse neu = 4
41	3		Doppeltr.Lokadresse	3	Lokadresse neu = 3
42	2		Doppeltr.Lokadresse	2	Lokadresse neu = 2
43	1		Doppeltr.Lokadresse	1	Lokadresse neu = 1
44	0		Doppeltr.Lokadresse	0	Lokadresse neu = 0
45		inv.Ack			
46		STOP			

Der Datenaustausch Zentrale – Handregler findet nach folgendem Ablauf statt:

Die Zentrale sendet die Adresse des ersten Handreglers mit der Aufforderung, seine vier aufbereiteten Datenbytes i2cbt0..3 zu senden. Diese Datenbytes werden in der Zentrale empfangen, bewertet und zusammen mit diversen Steuerungs-Informationen abgespeichert. Etwa 11 Millisekunden danach sendet die Zentrale zum Handregler zwei Kontrollbytes zurück. Aus ihnen erkennt der Handregler Fehler wie z. B. eine bereits bei einem anderen Handregler eingestellte Lokadresse. Nach weiteren 11 Millisekunden startet die Zentrale den Datenaustausch mit dem nächsten Handregler. Nachdem alle Handregler abgefragt wurden, beginnt die Zentrale erneut beim ersten.

Die Tabelle oben zeigt die Bedeutung der einzelnen Bits der I2C-Übertragung. Nach dem Startbit folgt die Handregler-Nummer und anschließend die vier Datenbytes. Die ersten beiden Datenbytes enthalten Lokadresse, Geschwindigkeit, Fahrtrichtung und Steuerbits (Bit 11, 25 und 26). Die letzten beiden Bytes können unterschiedliche Bedeutungen (Doppeltraktion, Parameter 2, neue Lokadresse) annehmen. Sie werden durch die Bits 28, und ggf. 29, 30 und 38 festgelegt. Bei jedem Impuls wird ein Bit übertragen. Die Impulse/Bits sind in der Tabelle nummeriert.

Impuls 0	Zentrale sendet START-Bit
Impuls 1 bis 4	Zentrale sendet Slave-/Handregler-Nummer Bit 3, 2, 1, 0
Impuls 5 bis 7	Zentrale sendet „0“
Impuls 8	Zentrale sendet „1“: Datenempfang. Die Zentrale schaltet auf Datenempfang
Impuls 9	Der adressierte Handregler sendet „0“ als Quittungssignal zur Zentrale
Impuls 10	Handregler sendet „0“ (Bit derzeit nicht verwendet)
Impuls 11	Handregler sendet „Sendebit“: „1“ verhindert in der Zentrale das Senden der Daten an den Decoder, „0“ Normalbetrieb Ab Zentrale 33 wird durch dieses Bit der Zentrale mitgeteilt, dass die neue Lokadresse im Bereich 65 bis 125 (Decoderadressnummer) liegt
Impuls 12 bis 17	Handregler sendet die Lokadresse Bit 5, 4, 3, 2, 1, 0
Impuls 18	Zentrale quittiert Empfang mit „0“
Impuls 19 bis 23	Handregler sendet Geschwindigkeit Bit 4, 3, 2, 1, 0
Impuls 24	Handregler sendet Fahrtrichtung
Impuls 25	Handregler sendet Steuerungsbit: „1“ bedeutet Geschwindigkeitsänderung seit der letzten I2C-Übertragung liegt vor (priorisiertes Senden der Geschwindigkeit an den Lokdecoder)
Impuls 26	Handregler sendet Steuerungsbit: „1“ bedeutet Änderung diverser Parameter seit der letzten I2C-Übertragung liegt vor (priorisiertes Senden der Parameter an den Lokdecoder)
Impuls 27	Zentrale quittiert Empfang mit „0“
Impuls 28	Handregler sendet Steuerungsbit für die Übertragung der folgenden zwei Bytes: „0“ es folgen Automatikfahrt, Signalhalt überfahren ... Beschleunigung/Verz., und im folgenden Byte Doppeltraktion EIN/AUS, Fahrtrichtung und Geschwindigkeit „1“ es werden die Steuerungsbits bei Impuls 29 und 30 ausgewertet und damit die folgenden Bits als Parameter 2a/neue Lokadresse oder als Parameter 2bc ausgewertet. Das Bit zu Impuls 38 legt fest, ob Parameter 2a oder die neue Lokadresse von der Zentrale ausgewertet werden. Bei Parameter 2bc entscheidet Bit 30 zwischen Parameter 2b oder 2c. Ab Zentrale 33 gibt das bisher freie Bit 33 den Bereich der Lokadresse an, „0“ = Lokadresse 1 bis 61, „1“ = Lokadresse 65 bis 125 (Decoderadressnummer)
Impuls 36	Zentrale quittiert Empfang mit „0“
Impuls 37 bis 44	Handregler sendet Datenbits entsprechend der Steuerungsbits wie sie mit den Impulsen 28, 29 und 30 gesendet wurden (s. Text bei Impuls 28).
Impuls 45	Zentrale quittiert Empfang mit „1“ mit der Bedeutung „Ende der Übertragung“.
Impuls 46	Zentrale sendet STOP-Bit

1.5 Übertragungsprotokoll Zentrale-Handregler

Die Zentrale bestätigt die vier empfangenen Datenbytes des Handreglers durch Rücksendung eines Kontrollbytes. Der Ablauf der Datenübertragung erfolgt nach dem selben Prinzip wie unter 1.4 beschrieben mit nur einem Datenbyte. Die Übertragung läuft also nur mit 19 Impulsen/Bits ab. Folgende Bedeutungen abweichend von der Aufstellung bei 1.4 liegen vor:

Impuls 8	Zentrale sendet „0“: Datensendung. Die Zentrale sendet zwei Bytes.
Impuls 10	Zentrale sendet das vom Handregler empfangene Bit11 (Senden EIN/AUS) zurück
Impuls 11	Zentrale sendet Aktualisierungsbit: „0“ keine Aktualisierung, „1“ Aktualisierung
Impuls 12	Zentrale sendet Bestätigung zur Lokadresse: „0“ Lokadresse wurde eingestellt, „1“ Lokadresse unzulässig, sie ist bereits vergeben
Impuls 13	Zentrale sendet Bestätigung zur Doppeltraktion-Lokadresse: „0“ Lokadresse wurde eingestellt, „1“ Lokadresse unzulässig, sie ist bereits vergeben
Impuls 14	Zentrale sendet Kontrollbit der Datenübertragung. „0“ Datenübertragung enthält Fehler. „1“ Datenübertragung war i. O.
Impuls 15 bis 17	Rückmeldung der Sendepriorität zum Lokdecoder
Impuls 18	Der Handregler quittiert den Empfang mit „0“
Impuls 19	Zentrale sendet STOP-Bit

Ab Decoder 56 können zusätzliche Werteingaben bei den Parameter 2 Decoder-Programmierungen vorgenommen werden. Diese werden über die Funktion „neue Lokadresse“ gesendet und nur von den Decoder 56 angenommen. Dafür wurde in der Zentrale 33 Software speziell verhindert, dass eine Werteingabe mit einer Lokadresse verglichen und möglichenfalls verworfen wird. In dem Fall erfolgt keine Fehler Rückmeldung für die Lokadresse beim Impuls 12 oder 13.

2 Übertragungstechnik Zentrale – Lokdecoder

2.1 Prinzip der Datenübertragung zu den Lokdecodern

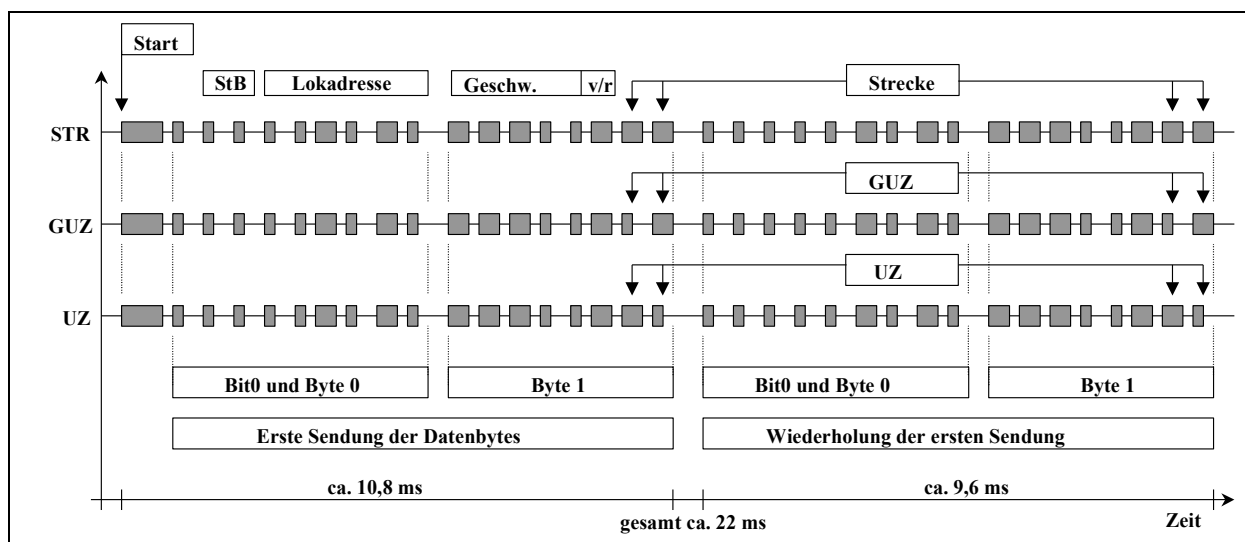
Die Gleisanlage wird mit 15 Volt Gleichspannung versorgt, die an den Klemmen STR (Pluspol) und COM (Minuspol) abgenommen und am Gleis angeschlossen wird. Herkömmliche Digitalsysteme ändern die Polarität ihrer Gleisspannung mit einer Frequenz, aus der die Lokdecoder die Dateninformationen gewinnen können. Im Gegensatz dazu ändert sich die Polarität der Gleisspannung bei C-Digital/Conrad-Digital nicht, sie bleibt also während des Betriebes konstant. Da sowohl bei STR, als auch UZ und GUZ die selbe konstante Gleichspannung anliegt, wirkt sich das Verbinden dieser Anschlüsse nicht negativ auf die 15 Volt Gleisspannung aus.

Zum Transport der Datenimpulse wird ein modulierter Datenstrom mit einer Trägerfrequenz von 450 kHz verwendet. Die Amplitude beträgt 300 bis 500mVolt ss. Dabei werden vier Impulslängen unterschieden:

- 1,2 Millisekunden: Startimpuls der Übertragungssequenz
- 0,4 Millisekunden: „1“ Impuls
- 0,17 Millisekunden: „0“ Impuls
- 0,17 / 0,4 Millisekunden: Impulspause, je nach vorangegangenem Impuls „0“ oder „1“

Die Impulslängen können um +/- 0,03 Millisekunden schwanken.

Jeweils der modulierte Datenstrom für STR, UZ und GUZ wird in der Zentrale zu den 15 Volt Gleichspannung hinzu gegeben. Die drei Datenströme sind zueinander synchronisiert und unterscheiden sich jeweils nur in den letzten beiden Impulsen. Im Bild sind beispielhaft beim Zweileitersystem die Datenströme der 15Volt-Gleisanschlüsse STR, GUZ und UZ abgebildet, wie man sie mit einem Oszilloskop sehen würde. Die grauen Kästchen stellen die modulierte HF-Spannung von 450 kHz und ca. 500mVss dar. Nach dem Start-Impuls folgt Bit0 (für spätere Erweiterungen), das hier einen „0“-Impuls darstellt. Im weiteren Verlauf sind die beiden Steuerbits, StB mit dem Wert 0 und 0, und die Lokadresse mit dem Wert 001010, was dem dezimalen Wert 10 entspricht, abgebildet. Nach einer kurzen Pause wird das Byte 1 mit dem Wert für die Geschwindigkeit, hier die Fahrstufe 28 (11100), und das Fahrtrichtungsbit, hier 1, übertragen. Am Ende folgen die Steuerbits für die Streckeninformation STR, GUZ oder UZ. Werden zwei der Leitungen STR, GUZ oder UZ verbunden, so entsteht durch Überlagerung immer der Datenstrom STR. Eine in einen Anhalte-Abschnitt einfahrende Lok erhält also solange Streckeninformation, bis keine Verbindung der Trennstelle mehr über die Lokräder oder über die Räder beleuchteter Waggons vorliegt. Damit beim Überfahren einer Trennstelle nicht andere Halt-Abschnitte beeinflusst werden, muß jeder Haltabschnitt über eine separate Diode verdrahtet sein (s. Handbuch C-Digital, Conrad-Digital).



Ein Verbinden der Anschlüsse STR, UZ und GUZ untereinander wirkt sich also nur auf die letzten beiden Impulse aus. Alle anderen Datenbits bleiben unverändert gültig. Damit ist die wichtige Voraussetzung geschaffen, um die Anhalte- und Blockstellen-Funktionalität auf einfache Art realisieren zu können. Negative elektrische Auswirkungen oder Kurzschlüsse entstehen beim Überfahren an den entsprechenden Gleis-Trennstellen durch verbundene Lokräder nicht. Damit können streckenabhängig unterschiedliche Informationen an die Loks gesendet werden. Dieses Prinzip ist bei herkömmlichen Digitalssystemen so nicht anwendbar, da voneinander abweichende Dateninformationen unterschiedliche Spannungspolaritäten der Versorgungsspannung aufweisen. Durchfährt eine Lok die Trennstelle zweier Gleisabschnitte mit unterschiedlichen Datensignalen, entstünden über die Räder Kurzschlüsse. Es besteht in dem Fall lediglich die etwas aufwändige Möglichkeit, in einem Gleisabschnitt ein abweichendes Datensignal nur dann zu zuschalten, wenn sich der komplette Zug im elektrisch getrennten Abschnitt befindet.

2.2 Erweiterung auf 99 und 120 Lokadressen

Mit der Softwareversion Zentrale 33 wurde die Datenübertragung erweitert, sodass mit den Handreglern der Bauart mit vierstelligen Anzeigen nun 99 Lokadressen möglich sind. Voraussetzung dafür ist die Software 72b in den Handreglern. Ab Decodergeneration 56 können Lokadressen über 61 bis 99 vergeben werden.

Die Adresserweiterung wird im Rahmen des bestehenden Protokolls kompatibel umgesetzt, sodass sowohl herkömmliche als auch neue Decoder betrieben werden können. Wie im Protokoll auch bisher, sendet die Zentrale nach dem Startimpuls zwei identische Datensätze zu je zwei Bytes plus Zusatzbits. Ein Vergleich der Datensätze im Lokdecoder kann einzelne Bitfehler erkennen, und die Datensätze werden verworfen.

Die Datenbits für die Lokadresse sind sechsstellig, sodass Werte zwischen 0 und 63 übertragen werden können. Bei Adressen zwischen 64 und 127 invertiert die Zentrale das erste Byte im zweiten Datensatz. Herkömmliche Decoder verwerfen den Datensatz, während Decoder ab Version 56 dieses erkennen und es als Adresswert zwischen 64 und 127 interpretieren. Beim Einstellen einer neuen Lokadresse über 63 invertiert die Zentrale das zweite Byte im zweiten Datensatz.

Aufgrund von im System reservierter Lokadressen gilt folgende Darstellung bzw. Umrechnung:

Adresse	Bedeutung	Handregler-Anzeige	Decoder-Adresse
0	unzulässig	0	---
1 bis 60	Lokadressen 1 bis 60	1 bis 60	1 bis 60
61	Lokadresse 61	61	61
62	Frei-Adresse	---	---
63	allg. Anhalten	---	---
64	unzulässig	---	---
65	Lokadresse 62	62	65
66 bis 102	Lokadressen 63 bis 99	63 bis 99	66 bis 102
103 bis 125	Lokadressen 100 bis 122	100 bis 122	103 bis 125 (ab Handregler 80)
126	Frei-Adresse	---	---
127	allg. Anhalten	---	---

Hinweis: Da Lokdecoder der Vorversionen Empfang mit invertierten Datenbytes als fehlerhaft verwerfen, muss dafür gesorgt werden, dass sich mindestens eine Lok mit einer Adresse unterhalb 62 im Handreglersendemodus befindet. Ansonsten würde, da aus sich älterer Decoder keine gültige Sendungen unter 61 stattfinden, diese in die Nothaltfunktion wechseln und anhalten.

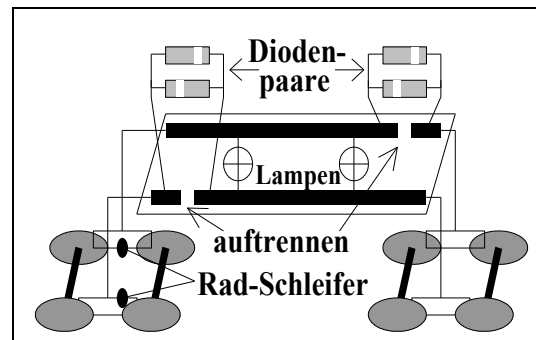
2.3 Hinweise zu beleuchteten Waggonen

Zur Abnahme der Gleisspannung für die Waggon-Beleuchtung werden Schleifer an Rädern und Achsen verwendet. Das Programm im Lokdecoder ist so gestaltet, dass sich ein kurzzeitiges Überbrücken der Gleistrennstelle eines Halt-Abschnittes nur geringfügig auf den Anhaltvorgang auswirkt. Zweiachsige Drehgestelle eines D-Zug-Wagens, deren Achsenpaare zur Stromabnahme mit einem Schleifer verbunden sind, verändern die Anhalte-Funk-

tionalität nicht wesentlich. Bei Waggonen, deren vorderes mit dem hinteren Drehgestell rechts und links zur verbesserten Stromabnahme verbunden sind, erfolgt ein nahezu durchgängiges Überbrücken der Trennstelle und das Anhaltesignal würde vom Streckensignal überlagert; die Lok erkennt das Anhaltesignal nicht und fährt durch!

Möglichkeiten der Abhilfe:

- Die Drehgestelle werden durch den Ausbau jeweils eines Radschleifers elektrisch getrennt. Der eine Gleispol wird dann nur vom vorderen, der andere vom hinteren Drehgestell abgegriffen. Wegen der damit verbundenen Kontaktreduzierung erhöht sich allerdings das Licht-Flackern.
- Jede aufgetrennte Verbindung zwischen den beiden Drehgestellen erhält zwei Dioden (1N4002 od. Ähnl.). Wegen der Dioden-Spannung von ca. 0,7V gelangt das Streckensignal (ca. 0,5V) nicht in den Anhalteabschnitt. Leider ist diese Methode z. B. bei neuen Personenwagen der Fa. Fleischmann nicht möglich, da die Radschleifer den Strom direkt an zwei durchlaufende Eisenplatten abgeben.



2.4 Ablauf der Datensendung

Die Zentrale bereitet die vom Handregler empfangenen Daten auf und erzeugt daraus zwei Sendebytes für den entsprechenden Lokdecoder. Es werden ein Startimpuls und zwei identische Blöcke zu je 17 Datenbits gesendet. Das erste Bit (Bit 0) wird für spätere Erweiterungen zusätzlich zu den beiden 8-Bit Bytes gesendet. Der Decoder speichert beide Blöcke ab und wertet sie nur dann aus, wenn sie identisch sind, damit die meisten Übertragungsfehler ausgeschlossen sind.

Zur Übertragung der Parameter 2a, b und c, sowie einer neuen Lokadresse sendet die Zentrale den Start-Impuls mit den beiden 17-Bit-Blöcke zweimal hintereinander an die Lok. Der Decoder speichert die Daten nur, wenn alle vier Blöcke bei ihm identisch eingetroffen sind. Damit wird eine sehr hohe Datensicherheit erreicht.

Je Sekunde werden von der Zentrale etwa 42 komplette Datensendungen durchgeführt, also bei sechs Loks erhält jede Lok durchschnittlich sechsmal in der Sekunde ihre Daten (außer Parameter 2a/b/c- oder neue Lokadresse-Einstellungen). Bei Doppeltraktion wird zuerst die Sendung an die eine Lok, dann eine neue an die andere durchgeführt. Bei sechs Loks mit Doppeltraktion wird jede Lok somit durchschnittlich dreimal je Sekunde angesprochen. Um dennoch ein schnelles Reaktionsvermögen zu erhalten, wird die Datenübertragung in der Zentrale in sieben Stufen priorisiert. Eine Änderung in Geschwindigkeits- oder Parameter1-Daten am Handregler wird mit Priorität 1 hinterlegt, gleichbleibende Daten nur mit Priorität 7. Die Sendung zum Decoder wird erst nach dem Count-Down der Priorität auf „0“ gestartet.

2.5 Tabelle zum Übertragungsprotokoll

Die Lokadresse 0 wird derzeit nicht verwendet und bleibt reserviert. Die Lokadresse 62 (Bits = 111110) gilt als neutral und wird von keinem Decoder ausgewertet. Mit dem Senden dieser Adresse kann die Datenübertragung aufrecht erhalten werden, ohne eine Lok zu adressieren. Die Lokadresse 63 (Bits = 111111) wird von jedem Decoder als Nothalt-Kommando ausgewertet. Beim Zweileitersystem kommt die Kombination „00“ bei Bit 15 und 16 nicht vor.

Ab Zentrale Software 33 und der Erweiterung der Lokadressen gelten ebenfalls die Lokadresse 126 als neutral und 127 als Nothalt-Kommando. Die Lokadresse 64 wird wie die Lokadresse 0 nicht verwendet und bleibt reserviert.

Übertragungsprotokoll zum Decoder SW33, Erstsoftware:

Bit 0	Reserve									
Mode	0					1	2	3		
Bit 1	x	0	x	x	x	0	1		1	
Bit 2	y	0	y	y	y	1	0		1	
Adr.	Adr. 0	Adr. 1 - 61	Adr. 1 - 61	Adr. 62	Adr. 63	Adr. 1 - 61	Adr. 1 - 61	Adr. 1 - 61	Adr. 1 - 61	Adr. 1 - 61
Bit	Reserve	Betrieb	Reserve	neutral	Nothalt	Neue Lokadr.	Param. 1	Param. 2a	Param. 2b	Param. 2c
3	0	Lok-Adresse	Lok-Adresse	1	1	(bisherige) Lok-Adresse	Lok-Adresse	Lok-Adresse	Lok-Adresse	Lok-Adresse
4	0			1	1					
5	0			1	1					
6	0			1	1					
7	0			1	1					
8	0			0	1					
9	frei	Geschwindigkeit	frei	frei	frei	neue, bleibende Lok-Adresse	Autom.Fahrt	0	1	1
10	frei		frei	frei	frei		Haltdurchfahrt	Mot 20/40 Hz	0	1
11	frei		Zweileiter-System	frei	frei		ZFkt2/Pfeife	SigPfeifen	F1-Automatik	Dauerlicht
12	frei			frei	frei		ZFkt 1	Tastfunktion	Mot.bremse	Dreileit.Syst.
13	frei			frei	frei		Beschleunig. Verzögerung	Länge des Haltweges	F2-Kontrol	Spitzenlicht
14	frei	Vor/Rück	frei	frei	frei			F1-Kontrol	Anschaltung	
15	Halt GUZ	Halt GUZ	0	Halt GUZ	Halt GUZ	Halt GUZ	Halt GUZ	Halt GUZ	Halt GUZ	Halt GUZ
16	Halt UZ	Halt UZ	0	Halt UZ	Halt UZ	Halt UZ	Halt UZ	Halt UZ	Halt UZ	Halt UZ
Halt-Bits	Bit 15	Bit 16	Klemme	Zweileitersystem			Klemme	Dreileitersystem		
0	0	0	---	nicht verwendet			UZ	Anhalten vor Signalen		
1	0	1	GUZ	Halt vor Signalen Gegenuhrzeigerrichtung			GUZ	Vorbereitung Durchfahrt, Set Merker		
2	1	0	UZ	Halt vor Signalen Uhrzeigerrichtung			STR	Streckenfahrt, Reset Merker		
3	1	1	STR	normale Streckenfahrt			---	nur in Kombination, Streckenfahrt		

Übertragungsprotokoll für Decoder der Software 40d:

Bit 0	Reserve									
Mode	0					1	2	3		
Bit 1	x	0	x	x	x	0	1		1	
Bit 2	y	0	y	y	y	1	0		1	
Adr.	Adr. 0	Adr. 1 - 61	Adr. 1 - 61	Adr. 62	Adr. 63	Adr. 1 - 61	Adr. 1 - 61	Adr. 1 - 61	Adr. 1 - 61	Adr. 1 - 61
Bit	Reserve	Betrieb	Reserve	neutral	Nothalt	Neue Lokadr.	Param. 1	Param. 2a	Param. 2b	Param. 2c
3	0	Lok-Adresse	Lok-Adresse	1	1	(bisherige) Lok-Adresse	Lok-Adresse	Lok-Adresse	Lok-Adresse	Lok-Adresse
4	0			1	1					
5	0			1	1					
6	0			1	1					
7	0			1	1					
8	0			0	1					
9	frei	Geschwindigkeit	frei	frei	frei	neue, bleibende Lok-Adresse	Autom.Fahrt	0	1	1
10	frei		frei	frei	frei		Haltdurchfahrt	Mot 20/40 Hz	0	1
11	frei		Zweileiter-System	frei	frei		ZFkt2/Pfeife	SigPfeifen	F1-Automatik	Anhalte-Verl.
12	frei			frei	frei		ZFkt 1	Tastfunktion	Mot.bremse	Dreileit.Syst.
13	frei			frei	frei		Beschleunig. Verzögerung	Länge des Haltweges	Anfahrpuls	Spitzenlicht
14	frei	Vor/Rück	frei	frei	frei			F1-Kontrol	Anschaltung	
15	Halt GUZ	Halt GUZ	0	Halt GUZ	Halt GUZ	Halt GUZ	Halt GUZ	Halt GUZ	Halt GUZ	Halt GUZ
16	Halt UZ	Halt UZ	0	Halt UZ	Halt UZ	Halt UZ	Halt UZ	Halt UZ	Halt UZ	Halt UZ
Halt-Bits	Bit 15	Bit 16	Klemme	Zweileitersystem			Klemme	Dreileitersystem		
0	0	0	---	nicht verwendet			UZ	Anhalten vor Signalen		
1	0	1	GUZ	Halt vor Signalen Gegenuhrzeigerrichtung			GUZ	Vorbereitung Durchfahrt, Set Merker		
2	1	0	UZ	Halt vor Signalen Uhrzeigerrichtung			STR	Streckenfahrt, Reset Merker		
3	1	1	STR	normale Streckenfahrt			---	nur in Kombination, Streckenfahrt		

2.6 Bedeutung der Datenbits

Bit 0	zu „0“ gesetzt. Reserve für spätere Erweiterungen
Bit 1 und 2	legen die Bedeutung der folgenden Bits fest (linker Wert = Bit 1): „00“ es folgen Lokadresse, Geschwindigkeit und Fahrtrichtung „01“ es folgen Lokadresse und die neu zu speichernde Lokadresse „10“ es folgen Lokadresse und Parameter1-Bits (s. Tabelle) „11“ es folgen Lokadresse und die Parameter2-Bits. Dabei wird mit den Bits 9 und 10 zwischen den Parametern 2a, b oder c unterschieden.
Bit 3 bis 8	Lokadresse, MSB zuerst
Bit 9 bis 14	Geschwindigkeit, Parameter1, neue Lokadresse oder Parameter2 je nach Einstellung wie Bei Bit 1 und 2 oben vermerkt (jeweils MSB zuerst)

Die Bits 15 und 16 werden je nach Zweileiter- oder Dreileiter-System unterschiedlich verwendet.

2.6.1 Zweileitersystem

Bit 15	„1“ am Anschluß STR und UZ „0“ am Anschluß GUZ
Bit 16	„1“ am Anschluß STR und GUZ „0“ am Anschluß UZ

2.6.2 Dreileitersystem

Bit 15 und 16	„00“ HALT am Anschluß UZ „01“ GD am Anschluß GUZ „10“ am Anschluß STR „11“ erfolgt bei Überfahrt von STR nach GD oder umgekehrt
---------------	--

3 Übertragungstechnik Zentrale – Booster

3.1 Verbindungstechnik

Die Verbindung von der Zentrale zum Booster erfolgt über ein 9-poliges Verbindungskabel mit Sub-D-Stecker und Buchse. Die Pinbelegung ist 1:1. Derartige Kabel sind aus der Computertechnik bekannt und vielerorts erhältlich. Eine Verlängerung ist möglich. Wegen der übertragenen HF-Signale sind abgeschirmte Kabel zu verwenden.

3.2 Pinbelegungen Sub-D-9

Pin	Bezeichnung	Beschreibung
1	Softstart	Diese Signal-Leitung verbindet die Stromversorgungen der Zentrale mit allen angeschlossenen Boostern, und sorgt bei Notstop für deren Stromabschaltung.
2	HF	Ausgang HF-Spannung, 450 kHz, 500mVss
3	GUZ	TTL-Daten-Signal (open Koll.) entsprechend der GUZ Dateninformationen.
4	UZ	TTL-Daten-Signal (open Koll.) entsprechend der UZ Dateninformationen.

5	STR	TTL-Daten-Signal (open Koll.) entsprechend der STR Dateninformationen.
6	GND	Massepotenzial. GND ist mit den Klemmen COM der Gleisanschlüsse und mit GND der Handreglerbuchse verbunden.
7	Restart	Die Leitung führt direkt zur Restart-Taste der Zentrale. Sie führt etwa 2,5V und wird bei Betätigung der Restart-Taste der Zentrale mit GND verbunden.
8	Vcc	Spannungsversorgung + 5 Volt aus dem Schaltnetzteil der Zentrale. Die 5 Volt werden aus der 18 Volt Spannungsversorgung der Zentrale gewonnen. Die maximale Belastung beträgt 1 A (s. auch Punkt 1.2).
9	Trigger	Ausgangsleitung mit Triggersignal für Oszilloskop zur Analyse des Datenstromes an den Anschlüssen STR, GUZ und UZ. Keine anderweitige Verwendung zulässig (Zerstörungsgefahr)!

3.3 *Zusätzliche Restart-Taste*

Analog zu 1.3 besteht die Möglichkeit, zusätzliche Restart-Tasten über ein zweipoliges Kabel an der Modellbahnanlage abgesetzt anzubringen. Das Kabel wird am letzten Booster an einem 9-poligen Sub-D-Stecker an den Pins 6 und 7 angelötet. Am anderen Ende befindet sich der Taster, der bei Betätigung die Pins 6 und 7 verbindet und das Einschalten der Gleisspannung veranlasst. Es können parallel beliebig viele Restart-Tasten angeschlossen werden.