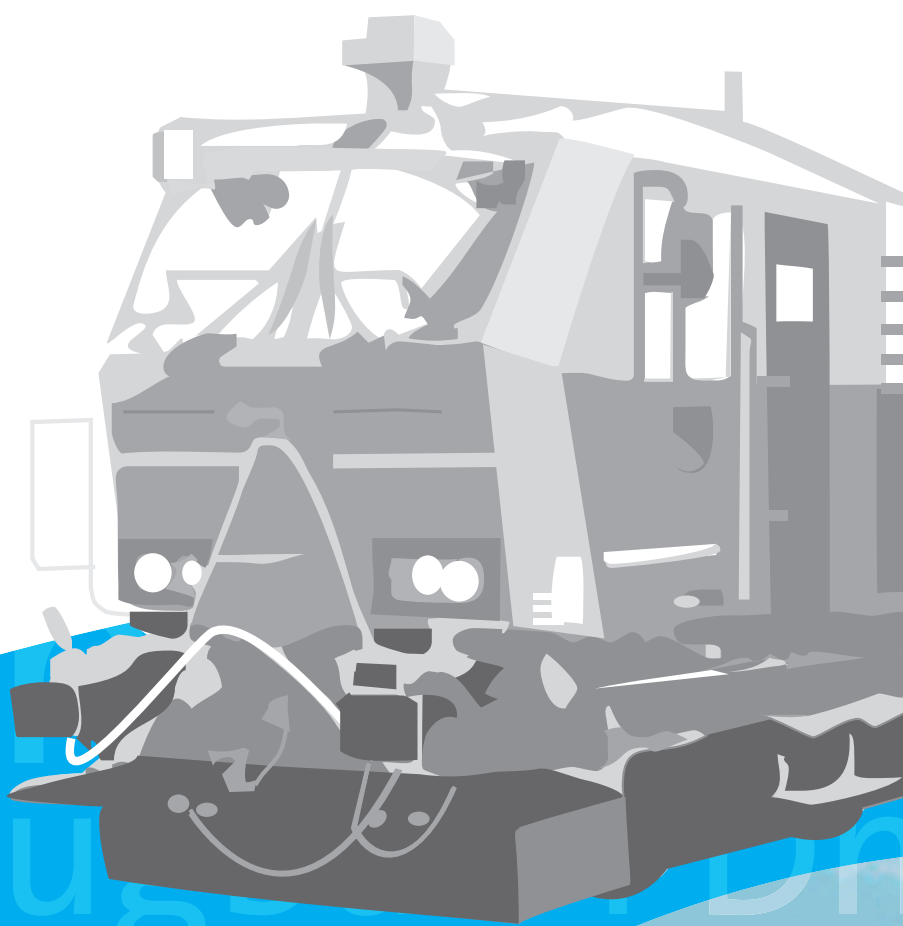


PDnet Zugbus

Allgemeine Informationen



APEX automation technologies GmbH behält sich Änderungen und Weiterentwicklungen vor, die zu Abweichungen von den in diesem Dokument angegebenen Daten führen können.

Herausgeber:

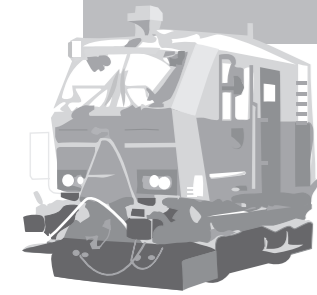
APEX automation technologies GmbH
Vossenkamp 4
38104 Braunschweig

Telefon 0531-3704-0
 Telefax 0531-3704-299

<http://www.apex.de>

INHALT

INHALT	3
1 Allgemeines	5
2 Technische Daten.....	6
2.1 SPS-Interface	7
2.1.1 Sende-/Empfangsdaten	7
2.1.2 Statusinformationen	8
2.2 Daten- und Hilfskanal	8
2.3 Visuelle Diagnose.....	8
3 Datenübertragung.....	10
3.1 Bahnspezifische Funktionen.....	10
3.2 Anwenderspezifische Datenübertragung	10
4 Funktionen des PDnet	12
4.1 PDnet-Erweiterungen	13
5 Funktionsbeschreibung Hardwareerweiterungen	14
6 Arbeitsweise	15
6.1 Zugtaufe.....	15
6.1.1 Definition des Initialzustandes.....	15
6.1.2 Master während der Zugtaufe.....	16
6.1.3 Slave während der Zugtaufe.....	16
6.1.4 Gesamtbetrachtung Zugtaufe	16
6.2 Regelbetrieb	17
6.3 Ausfall eines Controllers.....	17
6.4 Telegramm-Synchronisation	18
7 Anhang	20
7.1 Der Eingabebereich (OFFSET 0x0100..0x017F)	20
7.2 Der Ausgabebereich (OFFSET 0x0200..0x027F)	21



7.3	Statusflags	22
7.3.1	Statusflags1 für bahnspezifische Sonderfunktion	22
7.3.2	Statusflags2 für bahnspezifische Sonderfunktion	23
7.4	Telegrammtyp	24
7.4.1	Anwendernutzbare Sondertelegrammtypen	24
7.5	Service-Calls	25
7.5.1	Restart	25
7.5.2	Lösche Fehlerflags	26
7.5.3	Statusabfrage PDnet-Controller	26
7.5.4	Statusabfrage Bahn-Sonderfunktion	27
7.5.5	Abfrage Lifeliste	27
7.5.6	Ändere TX-AUX-Werte	28
7.5.7	Leite Enttaufung ein	29
7.5.8	Master-Erlaubnis	29
7.6	Sondertelegramme	30
7.6.1	Neutaufe Telegramm	30
7.6.2	Antwort auf Bahn-Sonderfunktion	31
7.6.3	Antwort auf Abfrage Lifeliste	32
7.7	Ergänzende Dokumentation	33
7.8	Physikalische SPS-Schnittstelle	33
7.8.1	DIORAIL-PC	33
7.8.2	Schneider A120	33
7.9	Stromversorgung	33
7.9.1	Frittungsbaugruppe	34
7.9.2	Kommunikationsbaugruppe	34
7.10	Anmerkungen	36
7.10.1	Information der Status-Leds und Status-Bits	36
7.10.2	An- + Ab-Kopplungen, Verhalten bei Kabelunterbrechungen	38
7.11	Enttauf-Kommando	40
7.11.1	Ablauf auf der Master-Seite	40
7.11.2	Ablauf auf der Slave-Seite	41
7.12	Auswertung der seriellen Hilfskanäle	42
7.12.1	Erkennung der Enttaufung des Masters	42

1 Allgemeines

Der PDnet-Zugbus besteht aus miteinander vernetzten PDnet-Zugbus-Controllern und ermöglicht die Kommunikation von Schienenfahrzeugen mit SPS-Steuerungssystemen.

Jede Station im PDnet-Zugbus besteht aus einer SPS und einen PDnet-Zugbus-Controller.

Der PDnet-Zugbus kann maximal acht Controller umfassen.

Ein PDnet-Zugbus-Controller ist mechanisch und technisch in zwei Einheiten, den Datenkanal und den Hilfskanal, unterteilt.

Als Übertragungsmedium wird Twisted Pair Kabel eingesetzt. Jeder Daten- oder Hilfskanal benötigt ein eigenes Leitungspaar.



2 Technische Daten

Zuordnung	
Anschluss	SPS-Interface über 2kB DPM (Dual-Port-Memory) in CMOS-Technik, 5V
Versorgung	
Betriebsspannung	18 - 36 V 500 mA (typ. bei 24 V)
Datenkanal	
Leitungsphysik	Signal galvanisch getrennt Signalimpedanz: 100 Ω Frittung 60 V gegen 0 V
Übertragungsgeschwindigkeit	156 kbit/Sekunde
Buszugriffsverfahren	TOKEN-PASSING (ARCnet)
Datensicherung	CRC-16
Kabeltyp	Twisted Pair, 2 x 0,75 mm ² , 100 Ω Impedanz
Hilfskanal	
Leitungsphysik	60 V gegen 0 V
Übertragungsgeschwindigkeit	100 Bit/Sekunde
Anschluss	Twisted Pair, 2 x 0,5 mm ²
Umgebungsbedingungen	
Höhenlage	NN1700 m
Temperatur	-25 - +75 °C Dauerbetrieb +85 °C Kurzzeit -40 - +85 °C Lagerung
Schwingfestigkeit	4 m/s ² (5 - 100 Hz)

2.1 SPS-Interface

Die Schnittstelle zwischen SPS und Zugbus Controller ist durch ein 2Kbyte großes Dual Port Memory (DPM) realisiert. Darin befindet sich ein Empfangsfach und ein Sendefach von jeweils 128 Byte Größe. Über diese beiden Bereiche verarbeitet der Controller Telegramme, die dem Handling des Zugbusses dienen, sowie Telegramme, die der eigentlichen Datenübertragung dienen.

Über Statusflags lässt sich der aktuelle Zustand des Zugbusses erkennen.

Im Anhang befinden sich Verweise auf weitere Dokumentationen, die den DPM-Zugriff und das physikalische Interface zur SPS beschreiben.

2.1.1 Sende-/Empfangsdaten

Zum Senden oder Empfangen von Datentelegrammen an andere Controller stehen die folgenden Kontroll- bzw. Pufferbereiche zur Verfügung:

- Sende- bzw. Empfangspuffer
- SyncA und SyncE: Durch den Vergleich der beiden Telegrammzähler kann ermittelt werden, ob im Empfangspuffer ein neues Telegramm vorliegt bzw. das letzte Telegramm aus dem Sendepuffer versendet wurde. Die Applikation der SPS kann durch Inkrementieren dieser Zähler ein Empfangstelegramm quittieren, bzw. ein Sendetelegramm beauftragen.
- PDnet Adresse: Absender oder Adressat des Telegramms im Puffer.
- Telegrammlänge
- Telegrammtyp: Es werden frei definierbare Telegramme und vordefinierte Service Calls mit Hilfe des Telegrammtyps unterschieden.



2.1.2 Statusinformationen

Über Statusinformationen im Empfangsbereich des Controllers stehen weitere Informationen zur Verfügung:

- PDnet Verbindung zum Master vorhanden,
- Controller wartet auf Zugtaufe,
- Zugtaufe wurde abgeschlossen,
- Busbegrenzung wurde auf Seite 1 oder 2 aktiviert,
- Controller besitzt Masterstatus,
- Anzahl der im Netz befindlichen Stationen,
- eigene Stationsadresse.

2.2 Daten- und Hilfskanal

Für die Kommunikation auf dem Datenkanal wird ein ARCnet basierendes Protokoll mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 156 kBaud genutzt. Der Übertragungsweg wird von dem Controller durch Taufkommandos aktiv auf- und abgebaut. Für diesen Zweck wird ein serieller Hilfskanal mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 100 Baud verwendet.

Um bahntauglichen Steckverbindungen zwischen den Zugeinheiten gerecht zu werden, ist der Hilfskanal und der PDnet-Kanal mit einer Frittungsspannung von 60V Gleichstrom belegt.

Die Frittungsspannung des PDnet-Kanals wird ausschließlich von der Masterbaugruppe im Zugbus erzeugt.

Der Datenkanal wird an beiden Enden von den Controllern mit 100 Ohm Impedanz abgeschlossen. Für das Twisted Pair Kabel des Datenkanals ist deshalb eine Impedanz von ca. 100 Ohm bei einer Frequenz 156 kHz und einen Querschnitt von 0,75 mm² erforderlich. Mit diesem Kabeltyp kann eine Maximallänge von 500 Metern erreicht werden, wobei der Abstand zwischen zwei Controllern 100 Meter betragen darf.

2.3 Visuelle Diagnose

Um den Zustand eines Controllers für Bedien- bzw. Servicepersonal erkennbar zu machen, befinden sich an der Front der Baugruppe folgende LED:

LED	Zustand	Bedeutung
Betriebsspannung positiv	An	Betriebsspannung ok
	Aus	Betriebsspannung nicht ok
Betriebsspannung negativ	An	Betriebsspannung ok
	Aus	Betriebsspannung nicht ok
Sendedaten	An	Der Controller sendet Daten
	Aus	Keine Sendedaten vorhanden
Empfangsdaten	An	Der Controller empfängt Daten
	Aus	Keine Empfangsdaten vorhanden.
SPS Status	An	Verbindung zur SPS vorhanden
	Aus	SPS steht
	Blinkt	Verbindung zur SPS gestört
Controller Status	An	Controller arbeitet
	Aus	Controller wartet auf Zugtaufe
	Blinkt	Hardware Fehler
Hilfskanal Status	An	Verbindung auf einer Seite erkannt
	Aus	Beidseitig Nachbarfahrzeug erkannt
	Blinkt	Keine Verbindung auf beiden Seiten
PDnet Status	An	Master Modus
	Aus	Slave Modus
	Blinkt	Ungetauft



3 Datenübertragung

Der Controller unterscheidet die zu übertragenden Daten anhand des Telegrammtyp im Eingabe-/Ausgabebereich. Eine Gruppe von Telegrammtypen kann vom Anwenderprogramm frei genutzt werden. Die bahnspezifischen Funktionen werden über vordefinierte Telegrammtypen abgewickelt (siehe Kap. 8.4)

3.1 Bahnspezifische Funktionen

Ziel kann auch die eigene Stationsadresse sein.

- Service Call "Restart": Initialisiert den Controller und führt in den Zustand ungetauft.
- Service Call "Abfrage Lifelist": Die Antwort auf dieses Telegramm zeigt den Verbindungsstatus zu den Stationen 1-63. Zusätzlich wird die Gesamtzahl aller im PDnet befindlichen Stationen sowie die Adresse der äußeren Stationen angegeben.
- Service Call "Master Erlaubnis": Dieser Service Call wird nur im Zustand ungetauft ausgewertet. Er versetzt den Controller in den Masterstatus, welcher daraufhin die Zugtaufe initiiert.
- Service Call "Enttaufung": Dieser Service Call wird nur ausgewertet, wenn der Controller Masterstatus hat. Der Master sendet an alle Controller des PDnets Aufforderungen zur Neutaufe und führt anschließend einen Neustart durch.

3.2 Anwenderspezifische Datenübertragung

Das Anwenderprogramm kann frei definierte Datenbereiche von bis zu 115 Byte Länge übertragen.



4 Funktionen des PDnet

Das PDnet stellt standardmäßig eine Reihe von Funktionen zu Verfügung. Ein Teil dieser Funktionalität wird verwendet um Zugtaufe und Stuserkennung im Zugnetzwerk zu realisieren:

- Netzwerkteilnehmer können durch ein Remote-Reset-Telegramm ferngesteuert initialisiert werden.
- Das PDnet enthält die Möglichkeit Broadcast-Telegramme zu versenden. D.h. diese Telegramme werden von allen Teilnehmern empfangen.
- Jeder Netzwerkteilnehmer führt intern eine Lifeliste. Sie enthält für jede mögliche Stationsadresse einen Eintrag, der angibt, ob die Station im Netz vorhanden ist.
- Jeder Netzwerkteilnehmer sendet regelmäßig ein Life-Telegramm als Broadcast an alle Teilnehmer. Dies führt zur Auffrischung der Lifelisteneinträge.
- Vor der Übertragung eines Telegramms (ausgenommen Broadcasts) schickt die sendende Station eine Abfrage an die Empfangsstation (Buffer enquiry). Die Empfangsstation antwortet mit einer Positiv- (ACK) oder einer Negativ-Meldung (NAK). Bei NAK wird der Sendeversuch wiederholt. Bei völligem Ausbleiben der Antwort wird der Empfänger in der Lifeliste des Senders gelöscht.

4.1 PDnet-Erweiterungen

Alle Controller, gleichgültig ob Fahrzeugleitstandsteilnehmer (Master) oder normaler Teilnehmer (Slave), sind mit dem gleichen Hardware/Firmware-Erweiterungsmodul ausgestattet. Die Freigabe der Masterfunktion erfolgt über ein Kommando der SPS, die ihrerseits bestimmte Eingangssignale auswertet (z.B. Entriegelungsschalter). Diese SPS legt auch die Richtung der Zug- und Schubseite des Verbandes fest.

Die Firmware enthält eine Statusmaschine, die

1. während der Initialisierung (Zugtaufe) Schalthandlungen in der Hardware ausführt.
2. während der Betriebsphase den Zustand des Netzwerks beobachtet und der SPS ein Zustandsabbild übermitteln kann (z.B.: Zugtaufe erfolgreich, Master vorhanden, Netzwerk betriebsfähig, Auszug aus der Lifeliste, eigene Wagennummer).
3. eine Reinitialisierung des Controllers durchführen kann, nachdem ein entsprechendes Kommando über das Netz (bei Slavebetriebsart) oder von der SPS (bei Masterbetriebsart) gesendet wurde.

Die im Firmwaremodul implementierten Funktionen (insbesondere die Statusmaschine) ergeben sich aus der Beschreibung des Ablaufs der Zugtaufe, des Regelbetriebs usw.. Die Beschreibung erfolgt in den nächsten Kapiteln.



5 Funktionsbeschreibung Hardwareerweiterungen

Jeder Controller ist gleich aufgebaut und kann als Master oder Slave arbeiten. Neben dem PDnet-Bus sind 2 Hilfskanäle realisiert, die eine Station jeweils mit ihren beiden Nachbarn verbindet. Die Hilfskanäle arbeiten mit 60V Signalpegel, so dass eine Frittlungs-wirkung besteht.

Auf den PDnet-Bus wird vom Controller eine Frittlungsgleichspannung gelegt, sofern er als Master betrieben wird. In der Slavebetriebsart trennt der Controller die Frittlungsquelle per Relais 2polig ab.

Falls der Controller am Ende des Busses sitzt, aktiviert er die Busbegrenzung. Dazu trennt er die Busweiterführung per Relais auf und legt stattdessen einen Bus- und Frittlungsabschluss auf das Busende.

6 Arbeitsweise

6.1 Zugtaufe

Am Anfang nimmt eine Station den Initialzustand ein. Der wird erreicht durch Power-On-Reset, durch ein vorheriges Resetkommando vom letzten Master oder durch ein Resetkommando von der SPS (oder optional nach Ablauf eines Timeouts bei fehlenden, sonst regelmäßigen Sondertelegrammen vom Master).

6.1.1 Definition des Initialzustandes

Der lokalen SPS wird zur Kenntnis gebracht, dass der Controller den Initialzustand eingenommen hat. Der Controller gibt auf seinen beiden Hilfskanälen die Kennung „ungetauft“ aus.

Sofern er innerhalb eines Timeouts keine Aktivität auf einem der Hilfskanäle in Empfangsrichtung feststellen kann, aktiviert er die Busbegrenzung auf der betreffenden Seite. Der PDnet-Busreceiver ist eingeschaltet, der Transmitter ist ausgeschaltet. Die Frittlung ist abgetrennt.

Im Initialzustand verharrt der Controller, bis

1. Ein Kommando von der SPS kommt, Master zu werden, oder
2. ein Login-Kommando über einen der beiden Hilfskanäle ein-trifft. Das Login-Kommando enthält die ID, unter der sich die Station im PDnet einloggen soll.

Der Controller verzweigt dann zu einem der folgenden 2 Abläufe. Die Abläufe auf den einzelnen Stationen arbeiten zusammen und organisieren die Zugtaufe.

6 Arbeitsweise

6.1 Zugtaufe



6.1.2 Master während der Zugtaufe

Der Master gibt auf der Zugseite mehrere Login-Kommandos über den Hilfskanal aus, mit denen er den benachbarten Slave auffordert, sich mit der ID = 2 im PDnet einzuloggen. Desgleichen gibt er auf der Schubseite Login-Kommandos mit der ID = 63 aus. Gleichzeitig aktiviert er seinen PDnet-Sender mit der Stationsadresse ID = 1 und schaltet die Frittung ein.

Nach einer kurzen Wartezeit werden sich alle Slaves im PDnet anmelden und dem Master sind dann alle Slaves bekannt. Der Regelbetriebszustand ist erreicht.

6.1.3 Slave während der Zugtaufe

Der Controller speichert, über welchen der beiden Hilfskanäle das Login-Kommando empfangen wurde (das ist die Seite, wo sich der Master befindet).

Mit der im Login-Kommando enthaltenen ID aktiviert der Controller seinen PDnet-Kanal und meldet sich im PDnet an. Sofern die ID < 33 ist, wird sie inkrementiert, ist die ID > 34 wird sie dekrementiert. Die neu errechnete ID benutzt dann der soeben getaufte Slave, um daraus ein Login-Kommando für den nächsten Slave in der Kette zu erzeugen.

Falls am Hilfskanal kein weiterer Slave erkannt wurde (Kennung „ungetauft“ wurde nicht empfangen – siehe Initialzustand), wird kein Login-Kommando auf dem Hilfskanal erzeugt.

6.1.4 Gesamtbetrachtung Zugtaufe

Der Taufvorgang breitet sich, vom Master wegführend, beidseitig über den ganzen Zug aus. Die Dauer der Zugtaufe wird hauptsächlich bestimmt durch die Verzögerung des Login-Kommandos von Slave zu Slave. Die Übertragung eines Kommandos wird bei ca. 120 Baud erreichbarer Übertragungsrate und einer Datentlänge von eff. 20 Bit (1 Startbit, 8 Datenbits, 11 Stoppbits) bei ca. 160ms liegen.

Der Ausbreitungsvorgang dauert pro Slave ca. 0.2 sec. Hinzu kommt die Zeitdauer, die der letzte Slave für das Einloggen ins PDnet benötigt (ca. 1 sec), sodass die Zugtaufe bei 8 Slaves innerhalb von 3 sec abgeschlossen ist.

6 Arbeitsweise

6.2 Regelbetrieb

6.3 Ausfall eines Controllers

6.2 Regelbetrieb

Der Regelbetrieb ist dadurch gekennzeichnet, dass die Zugtaufe erfolgreich abgeschlossen wurde. Der Master kennt alle Stationen seines Zugverbandes sowie die Reihenfolge ihrer Anordnung und somit auch die äußersten Stationen. Die äußersten Stationen haben ihren Sonderstatus schon während der Zugtaufe erkannt und die Busbegrenzung (fürs PDnet) aktiviert.

Im Regelbetrieb ist es zulässig, nachträglich weitere Fahrzeuge an den getauften Zugverband anzukoppeln. Diese Fahrzeuge können einzelne oder mehrere sein, und selbst einen getauften Zugverband bilden. Wegen der Busbegrenzung kommunizieren dann beide Zugverbände unabhängig von einander.

Zu Erkennung all dieser möglichen Vorkommnisse dienen die Hilfskanäle der äußersten Stationen. Auf diesen wird eine langsame (ca. 120Baud) asynchrone serielle Kommunikation gefahren, die per Firmware implementiert ist.

Jedes Einzelfahrzeug und jede äußerste Station eines Zugverbandes senden zyklisch eine Kennung. Der Fall, dass der Wert ,255' empfangen wird, kennzeichnet, dass es an dieser Seite keine Nachbarstation gibt. Eine Gruppe von Kennungen kann nach der Zugtaufe vom Anwender genutzt werden (siehe Kap. 8.5.6). Bei Zusammenkopplungen empfangen die äußersten Stationen die Zustandskennung des/der angekuppelten Fahrzeuge. Die Master-SPS kann mit einem Service-Call (siehe Kap. 8.6.2 Antwort auf Bahn-Sonderfunktion) die empfangenen Kennungen der einzelnen Stationen abfragen und erhält auf diesem Wege Kenntnis von nachträglich angekuppelten Fahrzeugen. Sie entscheidet dann, ob sie ihren eigenen Zugverband auflöst (durch Resetkommando an alle Slaves und ihren eigenen Controller) um einem anderen Master die Gelegenheit zur Übernahme zu geben.

6.3 Ausfall eines Controllers

Ein ausgefallener Controller (Spannungsausfall) stört das restliche PDnet nicht.

Der Ausfall von Controllern oder Änderungen im Zugverband werden erkannt. Eine entsprechende Statusmeldung wird an die jeweilige SPS abgegeben.

Bereichen werden zur Synchronisation der Kommunikation benutzt. Der Datenaustausch erfolgt über Telegramme, die im Eingabe- bzw. Ausgabebereich abgelegt werden.

6 Arbeitsweise

6.3 Ausfall eines Controllers

6.4 Telegramm-Synchronisation



Der Eingabebereich wird vom Controller beschrieben und von der SPS ausgelesen.

In den Ausgabebereich schreibt die SPS ihre Telegramme und der Controller greift mit Lesezugriffen auf diesen Bereich zu.

Die Telegramme enthalten im Telegrammrahmen Informationen über die Telegrammlänge, die Ziel- bzw. Quell-Station und den Telegrammtyp.

Einige Telegrammtypen kennzeichnen Sondertelegramme, die nicht dem Datenaustausch zwischen den Endgeräten (SPSen) dienen, sondern im Controller verarbeitet werden (z.B. Life-Telegramme).

Ebenso kann ein Controller Sondertelegramme erzeugen, um z.B. eine Antwort auf eine Abfrage zurückzuliefern.

Mit einem Sondertelegramm wird es der SPS ermöglicht, mit der Statusmaschine (siehe ‚PDnet-Erweiterungen‘) zu kommunizieren.

Normale Daten-Telegramme werden unverändert vom PDnet übertragen. Eine weitere Spezifikation / Verfeinerung des Protokolls wird im SPS-Programm vorgenommen, z.B. Datenübertragung spontan, zyklisch oder vom Master gepollt, Art der Daten, Quittungen.

6.4 Telegramm-Synchronisation

Bevor die SPS ein Telegramm im Ausgabebereich ablegen darf, muss sie prüfen, ob der Ausgabebereich frei ist, bzw. ob das letzte Telegramm abgeholt wurde. Falls nicht, muss die SPS das Ablegen des Telegramms in den Ausgabebereich verzögern (und sollte eine Kommunikationsstörung signalisieren).

Zur Prüfung, ob der Ausgabebereich frei ist, vergleicht die SPS die Werte der beiden Synchronisations-Bytes für den Ausgabebereich – TxSyncA und TxSyncE. Sind diese beiden Werte gleich, dann ist der Ausgabebereich frei.

Nachdem die SPS ein neues Telegramm im Ausgabebereich abgelegt hat, muss sie den Wert von TxSyncA inkrementieren um dem Controller anzuzeigen, dass ein neues Telegramm vorhanden ist. Der Controller quittiert die Übernahme des Telegramms durch Setzen von TxSyncE = TxSyncA.

Der gleiche Mechanismus wird auch für den Eingabebereich verwendet. Der Eingabebereich ist frei, wenn RxSyncA = RxSyncE. Ein neues Telegramm liegt bereit, wenn RxSyncA <> RxSyncE. Die SPS quittiert den Empfang (nachdem sie das Telegramm ausgewertet hat) durch Setzen von RxSyncA = RxSyncE.

Die 4 Synchronisations-Bytes werden vom Controller initialisiert.

7 Anhang

7.1 Der Eingabebereich (OFFSET 0x0100..0x017F)

Aufbau der Daten im Eingabebereich: Header-Bereich

Offset	Beschreibung
0	TxSyncE: zeigt zusammen mit TxSyncA(0x200 im Ausgabebereich) an, ob ein neues Telegr. im Ausgabebereich abgelegt werden darf.
1	RxSyncE: zeigt zusammen mit RXSyncA(0x201 im Ausgabebereich) an, ob sich im Eingabebereich ein neues Telegramm befindet.
2	Merker ‚Master alive‘ = 1, wenn Verbindung zum Master besteht.
3	Anzahl der im Netz vorhandenen Stationen (inklusive der eigenen).
4	Controller-Diagnose-Flags, bei Merkerzugriff = 1, wenn der Controller betriebsfähig ist.
5	Statusflags1 für bahnspezifische Sonderfunktionen.
6	Eigene PDnet-Stationadresse : 0 = ‚ungetauft‘, 1 = Master, 2...63 = wenn Slave
7	Statusflags2 für bahnspezifische Sonderfunktionen.
8	PDnet-Stationadresse des Senders
9	Reserviert (0)
10	Datenlänge in Byte (ab und inklusive Offset 12)
11	Reserviert (0)

Aufbau der Daten im Eingabebereich: Daten-Bereich

Offset	Beschreibung
12	Telegramm-Typ
13	1.te Daten-Byte
...	...
...	...
127	Daten-Byte 115

7.2 Der Ausgabebereich (OFFSET 0x0200..0x027F)

Aufbau der Daten im Ausgabebereich: Header-Bereich

Offset	Beschreibung
0	TxSyncA: zeigt zusammen mit TxSyncE (0x100 im Eingabebereich) an, ob ein neues Telegramm im Ausgabebereich abgelegt werden darf.
1	RxSyncA zeigt zusammen mit RXSyncE (0x101 im Eingabebereich) an, ob sich im Eingabebereich ein neues Telegramm befindet.
2	Reserviert
3	Reserviert
4	Reserviert
5	Reserviert
6	Reserviert
7	Reserviert
8	PDnet-Stationadresse des Ziel-Empfängers
9	Reserviert (0 setzen)
10	Datenlänge in Byte (ab und inklusive Offset 12)
11	Reserviert (0 setzen)

Aufbau der Daten im Ausgabebereich: Daten-Bereich

Offset	Beschreibung
12	Telegramm-Typ
13	1.te Daten-Byte
...	...
...	...
127	115.te Daten-Byte



7.3 Statusflags

7.3.1 Statusflags1 für bahnspezifische Sonderfunktion

Eingabebereich Offset 5

Bit	Beschreibung
Bit 0	Richtung
	Wenn Master: selektierte Hauptfahrrichtung
	0: Slaves mit Adr. 2..32 sind auf Seite 2
	1: Slaves mit Adr, 2..32 sind auf Seite 1
	Wenn Slave: Seite des Masters
	0: Master ist in Richtung Seite 2
	1: Master ist in Richtung Seite 1
Bit 1	= 1 ↔ Controller im Wartezustand für Zugtaufe
Bit 2	= 1 ↔ Zugtaufe ist abgeschlossen
Bit 3	= 1 ↔ Diese Station ist Master*
Bit 4	= 1 ↔ Busterminierung Seite 1 ist eingeschaltet
Bit 5	= 1 ↔ Busterminierung Seite 2 ist eingeschaltet
Bit 6	Reserviert
Bit 7	Reserviert

* sinnvoller ist die Abfrage von Byte-Offset 6 im Eingabebereich

7.3.2 Statusflags2 für bahnspezifische Sonderfunktion

Eingabebereich Offset 7

Bit	Beschreibung
Bit 0	= 1 ↔ Verbindung zum Master vorhanden *
Bit 1	= 0 ↔ Verbindung zum Master länger als 5 sec ausgefallen *
Bit 2	Reserviert
Bit 3	Reserviert
Bit 4	Reserviert
Bit 5	Reserviert
Bit 6	Reserviert
Bit 7	Reserviert

*ACHTUNG!! Diese Bits sind nur gültig, wenn die Station getauft ist -- Bit 2 in Statusflag1 beachten. Wenn die Station ungetauft ist, sind beide Bits gesetzt !!



7.4 Telegrammtyp

Die Telegrammtypen werden in 2 Gruppen unterteilt:

- Für PDnet reservierte Sondertelegramme
- Datentelegramme vom Anwender

Eingabebereich Offset 12 und Ausgabebereich Offset 12

Byte-Wert	Beschreibung
0...10	reserviert für PDnet-Sondertelegramme
11...198	für Datentelegramme vom Anwender
199...255	reserviert für PDnet-Sondertelegramme

Innerhalb der für PDnet-Sondertelegramme reservierten Gruppe gibt es einige Telegramme, die auch der Anwender nutzen kann.

7.4.1 Anwendernutzbare Sondertelegrammtypen

Eingabebereich Offset 12 und Ausgabebereich Offset 12

Byte-Wert	Beschreibung
199	Aufforderung zur Neutaufe, wird vom Master-Controller an Slave-SPSen gesendet.
220	Service-Call (von SPS) an anderen Controller
221	Antworttelegramm auf einige Service-Calls
250	Service-Call (von SPS) an eigenen Controller
251	Antworttelegramm auf einige Service-Calls

7.5 Service-Calls

Um einen Service-Call zu aktivieren, wird das jeweilige Sondertelegramm beginnend bei Offset 8 im Ausgabebereich abgelegt (anschließendes inkrementieren von TxSyncA nicht vergessen).

7.5.1 Restart

Funktion: Initialisiert den Controller und führt in den ungetauft Zustand. Dieser Service-Call wird nicht quittiert.

Offset	Wert	Beschreibung
8	x	Stations-Nr. der Zielstation
9	0	(Reserviert)
10	2	Datenlänge (ab + inklusive Offset 12)
11	0	(Reserviert)
12	250	Service-Call für eigenen Controller
	220	Service-Call für anderen Controller
13	255	Service-Call-Nr. ‚Restart‘



7.5.2 Lösche Fehlerflags

Funktion: Dient zu Diagnose während Erst-Inbetriebnahme. Dieser Service-Call wird nicht quittiert.

Offset	Wert	Beschreibung
8	x	Stations-Nr. der Zielstation
9	0	(Reserviert)
10	2	Datenlänge (ab + inklusive Offset 12)
11	0	(Reserviert)
12	250	Service-Call für eigenen Controller
	220	Service-Call für anderen Controller
13	0	Service-Call-Nr. ‚Lösche Fehlerflags‘

7.5.3 Statusabfrage PDnet-Controller

Funktion: Dient zu Diagnose während Erst-Inbetriebnahme. Der angesprochene Controller sendet eine Service-Call-Antwort.*

Offset	Wert	Beschreibung
8	x	Stations-Nr. der Zielstation
9	0	(Reserviert)
10	2	Datenlänge (ab + inklusive Offset 12)
11	0	(Reserviert)
12*	250	Service-Call für eigenen Controller
	220	Service-Call für anderen Controller
13	1	Service-Call-Nr. ‚Statusabfrage PDnet-Controller‘

* Telegramm-Typ (Offset 12) 250 wird mit Service-Call-Antwort 251 quittiert. Telegramm-Typ 220 mit Service-Call-Antwort 221.

7.5.4 Statusabfrage Bahn-Sonderfunktion

Funktion: Der angesprochene Controller liefert mit einer Service-Call-Antwort die bahnspezifischen Daten (siehe Sondertelegramme).

Offset	Wert	Beschreibung
8	x	Stations-Nr. der Zielstation
9	0	(Reserviert)
10	2	Datenlänge (ab + inklusive Offset 12)
11	0	(Reserviert)
12*	250	Service-Call für eigenen Controller
	220	Service-Call für anderen Controller
13	11	Service-Call-Nr. ‚Statusabfrage Sonderfunktion Bahn‘

* Telegramm-Typ 250 wird mit Service-Call-Antwort 251 quittiert. Telegramm-Typ 220 mit Service-Call-Antwort 221.

7.5.5 Abfrage Lifeliste

Funktion: Der angesprochene Controller liefert mit einer Service-Call-Antwort seine Lifeliste (siehe Sondertelegramme).

Offset	Wert	Beschreibung
8	x	Stations-Nr. der Zielstation
9	0	(Reserviert)
10	2	Datenlänge (ab + inklusive Offset 12)
11	0	(Reserviert)
12*	250	Service-Call für eigenen Controller
	220	Service-Call für anderen Controller
13	240	Service-Call-Nr. ‚Lifeliste‘

*Telegramm-Typ 250 wird mit Service-Call-Antwort 251 quittiert. Telegramm-Typ 220 mit Service-Call-Antwort 221.



7.5.6 Ändere TX-AUX-Werte

Funktion: Ändert die Werte, die der Controller über seine Hilfskanäle sendet.

Jeder Controller testet mit der Kommunikation über die Hilfskanäle ständig das Vorhandensein eines Nachbarn. An- bzw. Abkopplungen des Zugverbandes werden über die Hilfskanäle erkannt. Auch die Taufe des Zugverbandes geschieht mit Hilfe der Hilfskanäle (siehe Funktion der Hilfskanäle)

Die TX-AUX-Werte dürfen erst geändert werden, wenn der Zugverband getauft wurde.

Offset	Wert	Beschreibung
8	x	Stations-Nr. der Zielstation
9	0	(Reserviert)
10	6	Datenlänge (ab + inklusive Offset 12)
11	0	(Reserviert)
12	250	Service-Call für eigenen Controller
	220	Service-Call für anderen Controller
13	142	Service-Call-Nr. ‚Ändere Tx-Aux-Werte‘
14	2	Datenlänge-LSB (ab + inklusive Offset 16)
15	0	Datenlänge-MSB (ab + inklusive Offset 16)
16	Y*	Wert für TX-AUX1
17	Z*	Wert für TX-AUX2

* Einige Werte für TX-AUX sind bereits vergeben (siehe folgende Tabelle). Bei Y = 255 oder Z = 255 wird der ursprüngliche Wert beibehalten.

Reservierte Werte für TX-AUX

Byte	Beschreibung
2..63	Logon-Kommando für Slaves während der ‚Zugtaufe‘
0,1,64..127	Reserviert
128	Standard-Kennung ‚ungetauft‘
129	Standard-Kennung ‚getauft‘
255	Bei Empfang: kein Nachbarfahrzeug vorhanden

7.5.7 Leite Enttaufung ein

Funktion: Dieser Service-Call wird nur ausgeführt, wenn der Controller den Master-Status hat. Der Controller erzeugt dann Telegramme vom Typ 199, die per Broadcast über das PDnet an jeden anderen Controller des Verbandes gesendet werden. Anschließend führt der Master einen Reset aus und ist danach im Zustand ungetauft. Die Slave-Controller leiten das empfangene Broadcast-Telegramm an ihre SPS weiter. Die SPS muss das Telegramm auswerten und danach den Service Call ‚Restart‘ an ihren Controller senden. Daraufhin initialisiert sich der Controller neu und wechselt in den ungetauften Zustand.

Offset	Wert	Beschreibung
8	x	Stations-Nr. der Zielstation
9	0	(Reserviert)
10	2	Datenlänge (ab + inklusive Offset 12)
11	0	(Reserviert)
12	250	Service-Call für eigenen Controller
	220	Service-Call für anderen Controller
13	141	Service-Call-Nr. ‚Leite Enttaufung ein‘

7.5.8 Master-Erlaubnis

Funktion: Versetzt den lokalen Controller in den Master-Status. Der Controller initiiert dann die Zugtaufe. Dieser Service-Call wird nur im ungetauften Zustand ausgewertet.

Offset	Wert	Beschreibung
8	1	Stations-Nr. des lokalen Controllers
9	0	(Reserviert)
10	7	Datenlänge (ab + inklusive Offset 12)
11	0	(Reserviert)
12	250	Service-Call für eigenen Controller
13	140	Service-Call-Nr. ‚Master-Erlaubnis‘
14	3	Datenlänge-LSB (ab + inklusive Offset 16)
15	0	Datenlänge-MSB (ab + inklusive Offset 16)
16	255	
17	31	
18		Hauptfahrrichtung
	0	Slaves mit Id 2..32 werden auf Seite 1 angelegt
	<>0	Slaves mit Id 2..32 werden auf Seite 2 angelegt



7.6 Sondertelegramme

7.6.1 Neutaufe Telegramm

Dieses Telegramm wird vom Master-Controller erzeugt und per Broadcast über das PDnet an jede Slave-SPS gesendet. Die jeweilige Slave-SPS muss nach dem Erhalt dieses Telegramms den Service-Call ‚Restart‘ an den eigenen Controller senden.

Daten im Eingabebereich

Offset	Wert	Beschreibung
...
8	1	PDnet-Master-Adresse
...
10	2	Datenlänge (ab + inklusive Offset 12)
11	0	(Reserviert)
12	199	Telegramm-Typ
13	1	Neutaufe

7.6.2 Antwort auf Bahn-Sonderfunktion

Daten im Eingabebereich

Offset	Wert	Beschreibung
...
8	x	PDnet-Stationsadresse des Senders
...
10	26	Datenlänge (ab + inklusive Offset 12)
11	0	(Reserviert)
12	251	Wenn Antwort auf Service-Call 250
	221	Wenn Antwort auf Service-Call 220
13	1	Telegramm-Typ
14	22	Datenlänge-LSB (ab + inklusive Offset 16)
15	0	Datenlänge-MSB (ab + inklusive Offset 16)
		RICHTUNG
		Wenn Master: selektierte Hauptfahrrichtung
16	0	Slaves mit Adr. 2..32 sind auf Seite 2
	1	Slaves mit Adr. 2..32 sind auf Seite 1
		Wenn Slave: Seite des Masters
	0	Der Master ist in Richtung Seite 2
	1	Der Master ist in Richtung Seite 1
17	1	↔ Controller ist im Wartestand für Zugtaufe
18	1	↔ Zugtaufe ist abgeschlossen
19	1	↔ diese Station ist Master
20	1	↔ Busterminierung Seite 1 aktiviert
21	1	↔ Busterminierung Seite 2 aktiviert
22		Reserviert
23		Reserviert
24	1	↔ Verbindung zum Master vorhanden
25	0	↔ Verbindung zum Master länger als 5 sec ausgefallen
26		Reserviert
27		Reserviert
28		Reserviert
29		Reserviert
30		Reserviert
31		Reserviert
32		Empfangswert von RXAUX1
33		Wiederholungszähler von RXAUX1
34		Sendewert von TXAUX1
35		Empfangswert von RXAUX2
36		Wiederholungszähler von RXAUX2
37		Sendewert von TXAUX2



7.6.3 Antwort auf Abfrage Lifeliste

Daten im Eingabebereich

Offset	Wert	Beschreibung
...
8	x	PDnet-Stationsadresse des Senders
...
10	72	Datenlänge (ab + inklusive Offset 12)
11	0	(Reserviert)
12	251	Wenn Antwort auf Service-Call 250
	221	Wenn Antwort auf Service-Call 220
13	240	Telegramm-Typ
14	68	Datenlänge-LSB (ab + inklusive Offset 16)
15	0	Datenlänge-MSB (ab + inklusive Offset 16)
16		Reserviert
17		Gesetzter Merker, wenn Verbindung zu Station 1
18		Gesetzter Merker, wenn Verbindung zu Station 2
19		Gesetzter Merker, wenn Verbindung zu Station 3
...		
...		
79		Gesetzter Merker, wenn Verbindung zu Station 63
80		Gelöschter Merker, wenn Verbindung zum Master länger als 5 sec unterbrochen ist.
81		Gesamtzahl aller vorhandener Stationen
82		Nummer der äußersten Station 2..32 des Zugverbandes. Wert = 0 oder 1 , wenn keine Station 2..32 vorhanden.
83		Nummer der äußersten Station 33..63 des Zugverbandes. Wert = 255 , wenn keine Station 33..63 vorhanden.

7.7 Ergänzende Dokumentation

„PDnet Zugbus – DPM-Zugriff“ : beschreibt die DPM-Schnittstelle und die dazu gehörigen Routinen

7.8 Physikalische SPS-Schnittstelle

7.8.1 DIORAIL-PC

Der Controller für den DIORAIL-PC ist als 8-Bit PC104-Modul ausgeführt. Da der PC104-Bus nicht durchgeschliffen wird, muss das Modul immer als letztes Modul montiert werden. Der 2-Kbyte große DPM-Bereich des Controllers wird in den unteren 1-Mbyte-Bereich des PC104-Adressbereiches eingeblendet. Die Startadresse (0xyyyy:0xzzzz_ zzzz) ist fest kodiert.

7.8.2 Schneider A120

Der Controller hat den Formfaktor der A120-Module und wird direkt auf die Backplane des A120-Buses gesteckt. Die Daten und Adressleitungen des DPM sind über 100-Ohm Widerstände mit dem Daten- bzw. Adressbus der A120 verbunden. Eine Adressdekodierung findet nicht statt.

7.9 Stromversorgung

7.9.1 Frittungsbaugruppe

Messwerte Frittungsbaugruppe

Voraussetzung	Beschreibung	Messwert
Eingangsspannung 24V	Maximale Belastung! D.h. Beide Busbegren- zungen aktiviert. Beide Hilfskanäle auf Low- Pegel	Gesamtstrom: 420mA (10,8W)
	Spannung Step-Up-Con- verter bei maximaler Be- lastung	71 Volt
...	Datenkanal-Frittungs- strom bei maximaler Be- lastung	21mA (56V an2K7)
...	Strom Hilfskanal bei maximaler Belastung	26mA (69V an 2K7)
	Maximale Verlustleistung des Schalttransistors	24V x 420mA- 71Vx (2x21mA+ 2x26mA) <= 4W

7.9.2 Kommunikationsbaugruppe

Messwerte Kommunikationsbaugruppe Schneider-SPS

Voraussetzung	Beschreibung	Messwert
Eingangsspannung 24V	Eprom mit Testpro- gramm, ohne Frittungs- baugruppe	Gesamtstrom: 75mA
	s.o. Stromaufnahme hinter DC/DC-Wandler +5Volt	110mA
	s.o. Stromaufnahme hinter DC/DC-Wandler -5Volt (kein Transfer über Datenkanal)	12mA

Geschätzte Messwerte der Kommunikationsbaugruppe für DIO-
RAILPC

Spannung	Messwert
+ 5V-Spannungsversorgung (von PC104-Bus)	Stromaufnahme: < 250mA
-5V-Spannungsversorgung (von PC104- Bus)	Stromaufnahme: < 25mA
+24V-Spannungsversorgung (für Opto- koppler)	Stromaufnahme: < 40mA



7.10 Anmerkungen

7.10.1 Information der Status-Leds und Status-Bits

Bei der Auswertung der Status-Leds und Status-Bits ist als erstes die Controller-Status-Led (2te gelbe Led von oben) zu beachten, deren Anzeige zu jedem Zeitpunkt gültig ist. An dieser Anzeige lässt sich eindeutig erkennen ob die Station getauft ist, d.h. eine Stations-Nr. hat.

Pdnet-Status-LED	Bedeutung
BLINKT	Controller-Status-Led: AUS
	Station ist ungetauft. *RESET-ZUSTAND (Aussage der übrigen Leds + Statusbits eingeschränkt)
	Controller-Status-Led: AN
	Keine PDnet-Verbindung zum Master, Stationist aber getauft.
AN	Station ist getauft. Station ist der MASTER
AUS	Station ist getauft. Station ist ein SLAVE

Die Anzeige der Hilfskanal-Status-Led ist nur gültig, wenn die Station getauft ist (Controller-Status-Led muss AN sein).

Hilfskanal-Status-LED	Bedeutung (Controller-Status-Led: AN)
BLINKT	Keine Verbindung auf beiden Seiten
AN	Verbindung auf einer Seite erkannt. *RESET-ZUSTAND
AUS	Auf beiden Seiten Nachbarfahrzeuge erkannt.

Controller-Status-LED	Bedeutung
BLINKT	Hardware-Fehler
AN	Controller arbeitet. Anzeige der Hilfskanal-Status-Led ist gültig.
AUS	Controller wartet auf Zugtaufe. *RESET-ZUSTAND

SPS-Status-LED	Bedeutung
BLINKT	SPS-Verbindung gestört.
AN	Verbindung zu SPS vorhanden. *RESET-ZUSTAND
AUS	SPS steht.

SPS-Störungen können nur erkannt werden bei Telegrammen, die an die SPS weitergereicht werden (z.B.: Datentelegramme vom Anwender, Enttauf-Kommando).



7.10.2 An- + Ab-Kopplungen, Verhalten bei Kabelunterbrechungen

Der Microcontroller auf der Kommunikationsbaugruppe erkennt, wenn die Hilfskanäle länger als 200msec getrennt wurden. Kürze Unterbrechungen werden ‚ignoriert‘. Der letzte Slave in der Kette, der noch Verbindung zum Master hat, trennt den PDnet-Datenkanal zu dem Slave, zu dem keine Verbindung mehr besteht. Außerdem schaltet er die Busbegrenzung auf der getrennten Seite ein. Dadurch wird die Kommunikation über den PDnet-Kanal für die übrigen, mit dem Master verbundenen, Stationen sicher gestellt.

Die übrigen Teilnehmer (bzw. deren SPSen) können, durch Auswertung der Lifeliste oder des Bytes mit Offset 3 im Eingabebereich (Anzahl der Stationen), erkennen, dass ein oder mehrere Teilnehmer ‚verschwunden‘ sind. Die Zeitspanne bis ein Station ausgetragen wird, kann bis zu 12 Sekunden betragen. Bei den Stationen, die nicht mehr mit dem Master verbunden sind, wird außerdem eine Störung der Verbindung zum Master signalisiert (Bytes mit Offset 2 bzw. 7 im Eingabebereich).

Eine Abkopplung ist für den Microcontroller eine Unterbrechung der Hilfskanäle. Der Teil des Zuges, der keinen Master mehr hat, muss neu getauft werden.

Eine Ankopplung an einen getauften Zugverband kann durch Überwachung der RX-AUX-Werte, der jeweils letzten Wagen, erkannt werden. Dazu muss die SPS eine Bahnsonderfunktion Statusabfrage (siehe 8.5.4) an die jeweils letzten Wagen stellen und die Antworttelegramme (siehe 8.6.2) auswerten. Wenn kein weiterer Wagen angeschlossen ist, wird 255 empfangen. Ein angekoppelter Wagen sendet 129, wenn er getauft ist. Ein ungetaufter Wagen sendet 128. Um neue Wagen im Zugverband aufnehmen zu können, müssen alle Wagen erst enttauft und dann neu getauft werden.

Zeitverhalten und Datendurchsatz

Die Zeitdauer für die Übertragung eines Telegramms über den PDnet-Bus gilt:

$$T_{\text{tele}} = ((145,4\mu\text{s} \times 16) + (4,4\mu\text{s} \times 16) \times \text{ByteAnzahl}) \\ \sim 2,33\text{ms} + 70\mu\text{s} \times \text{ByteAnzahl}$$

Für ein 100 Byte großes Telegramm ergeben sich etwa 10msec. Für die Tokenweitergabe, wenn ein Knoten keine Daten zu übertragen hat, werden 0,5ms benötigt.

Mit diesen Werten ergeben sich folgende Transferzeiten:

1.tes Beispiel: Teilnehmer: Master + 1Slave

Slave hat keine Information zum senden.

- ⇒ Master sendet 100Bytes in 10ms
- ⇒ Slave reicht nur Token weiter ~ 0,5ms
- ⇒ => 1 Zyklus dauert rund 10,5ms
- ⇒ Master kann 95 Telegramme in der Sekunde senden.

2.tes Beispiel: Teilnehmer: Master + 1Slave

Slave sendet auch 100Byte .

- ⇒ Master sendet 100Bytes in 10ms
- ⇒ Slave sendet 100Bytes in 10ms
- ⇒ => 1 Zyklus dauert rund 20ms
- ⇒ Master + Slave können jeweils 50 Telegramme in der Sekunde senden.

3.tes Beispiel: Teilnehmer: Master + 7Slave

Slave hat keine Information zum senden.

- ⇒ Master sendet 100Bytes in 10ms.
- ⇒ Slave reicht nur Token weiter ~ 0,5ms (x7) => 1 Zyklus dauert rund 23,5ms
- ⇒ ==> Master kann 42 Telegramme in der Sekunde senden.

4.tes Beispiel: Teilnehmer: Master + 7Slave

Jeder Slave sendet auch 100Byte

- ⇒ Master sendet 100Bytes in 10ms
- ⇒ Slave sendet 100Bytes in 10ms(x7)
- ⇒ => 1 Zyklus dauert rund 80ms
- ⇒ ==> Master + Slaves können jeweils 12 Telegramme in der Sekunde senden.



7.11 Enttauf-Kommando

7.11.1 Ablauf auf der Master-Seite

- Durch zyklisches Auslesen des TX-Buffers (0x0100..0x017F) im DPM-Bereich ist die Master-SPS informiert, ob das Interface das letzte Kommando quittiert hat und Platz für ein neues Kommando im RX-Buffer (0x0200..0x027F) vorhanden ist.
- Die Master-SPS fordert den Zugriff auf den RX_Buffer durch Setzen ihrer Request-Semaphore an.
- Nach der Freigabe des RX-Buffer schreibt die Master-SPS das ‚Leite-Enttaufe-ein‘-Kommando (141 Dez) in den RX-Buffer, erhöht ihren Telegrammzähler (0x0200) und löscht ihren Request.
- Das Interface erkennt anhand des geänderten Telegrammzählers, dass ein neues Telegramm von der SPS vorhanden ist.
- Das Interface kopiert das Telegramm in einen internen ‚Zwischen-Buffer‘ (0x0280..0x02FF) um Platz für ein neues Telegramm von der SPS zu schaffen. Erhöht seinen Telegrammzähler (0x100) als Quittierung für die SPS und setzt das interne Flag ALURBL.
- Das Interface wertet das Kommando aus und sendet über den Arcnet-Kanal per Broadcast das ‚Enttauf‘-Kommando an alle Busteilnehmer. Dieses Kommando wird bis zu 8x wiederholt. Danach ‚resetet‘ sich das Master-Interface und geht in den ‚ungetauften Zustand über.

7.11.2 Ablauf auf der Slave-Seite

- Das vom Master über den Arcnet-Kanal gesendete Broadcast-Telegramm zur Enttaufung wird vom Arcnet-Controller auf dem Slave-Interface empfangen.
- Der Arcnet-Controller zeigt der CPU durch einen Interrupt an, dass ein neues Telegramm vorhanden ist.
- In der Interruptroutine wird das Telegramm in einen ‚internen Zwischenbuffer‘ (0x0380..0x03FF) geschrieben, um Platz für ein neues Arcnet-Telegramm zu schaffen.
- Das Interface erkennt bei der Auswertung des Telegramms, dass es für die SPS bestimmt ist und kopiert es in einen zweiten Zwischenbuffer (0x0180..0x1FF) für Telegramme, die an die SPS weitergereicht werden sollen.
- Anhand der Telegrammzähler erkennt das Interface, wann ein neues Telegramm an die SPS gesendet werden kann.
- Das Interface kopiert das Telegramm in den DPM-Bereich der SPS und erhöht seinen Telegrammzähler (0x101) um der SPS mitzuteilen, dass ein neues Telegramm vorhanden ist.
- Die SPS erkennt anhand der unterschiedlichen Telegrammzähler, dass ein neues Telegramm vorhanden ist.
- Die SPS liest das neue Telegramm und quittiert es durch inkrementieren ihres Telegrammzählers (0x201).
- Die SPS muss dann, als Reaktion auf das ‚Enttaufe‘-Kommando, das ‚RESTART‘-Kommando zum Interface senden.



7.12 Auswertung der seriellen Hilfskanäle

Für die Verwaltung der beiden seriellen Hilfskanäle gibt es jeweils zwei Speicherzellen, die Informationen über den aktuellen Status des Zugbusses enthalten. Die eine Speicherzelle enthält den zu letzt empfangenen Daten-Wert des Hilfskanals, die andere zählt wie oft dieser Wert empfangen wurde. Folgende Daten-Werte sind für die Firmware reserviert:

Byte	Beschreibung
128	An diesem Hilfskanal ist eine ungetaufte Station angeschlossen'
129	An diesem Hilfskanal ist eine getaufte Station angeschlossen
255	An diesem Hilfskanal ist keine weitere Station angeschlossen
???	Beschreibung aller Werte siehe Tabelle ‚Reservierte Werte für TX-AUX‘

Durch Auswertung des Zählerstandes können Störsignale auf den Hilfskanälen herausgefiltert werden.

7.12.1 Erkennung der Enttaufung des Masters

In einem getauften Zugverband empfängt der Slave auf dem, dem Master zugewandten, Hilfskanal immer den Wert 129 (0x81) von einer getauften Nachbarstation bzw. vom Master.

Empfängt der getaufte Slave auf dem, dem Master zugewandten, Hilfskanal den Wert 0x80 für eine ungetaufte Station, ist der Slave vom Master nicht mehr zu erreichen. Der Slave sollte sich dann selbst enttaufen.

Da der Master, wenn er sich enttauft hat, auch den Wert 0x80 für eine ungetaufte Station sendet, ist dadurch auch das Problem bei der Enttaufe behoben.

Es ist aber zu beachten, dass sich von jeder Station zu nächsten eine zeitliche Verzögerung ergibt, da die seriellen Hilfskanäle eine ‚Punkt zu Punkt-Verbindung‘ sind und die Meldung ‚ungetauft‘ erst ausgegeben wird, wenn die Station von ihrer SPS enttauft wurde.

Erkennung einer Zugbus-Ankoppelung:

In einem getauften Zugverband empfangen die am Ende liegenden Stationen auf dem Hilfskanal, an dem keine weitere Station angeschlossen ist, den Wert 0xFF.

Wird an diesem Hilfskanal jetzt eine neue Station angeschlossen, so empfängt die vorher letzte Station des Zugverbandes jetzt den Wert 0x80 (für eine neue ungetaufte Station) bzw. den Wert 0x81 (für eine getaufte Station).

Da nur die letzte Station erkennen kann, dass eine neue Station (bzw. ein neuer Zugverband) angekoppelt wurde, muss die SPS der letzten Station den Master mit einem Anwender-Telegramm informieren.

Erkennung einer Zugbus-Trennung:

In einem getauften Zugverband empfangen alle Stationen – mit Ausnahme der am Ende liegenden Stationen – auf beiden Hilfskanälen den Wert 0x81 für getaufte Nachbarstationen. (Die am Ende liegenden Stationen empfangen auf dem Hilfskanal der ‚offenen‘ Seite den Wert 0xFF.)

Wird die Verbindung zwischen 2 Stationen getrennt, so empfangen beide Stationen jetzt auf dem ‚offenen‘ Hilfskanal den Wert 0xFF.

Die SPS der Station, die noch mit dem Master verbunden ist, muss mit einem Anwender-Telegramm den Master informieren, dass sie jetzt die letzte Station ist.

Die SPS, deren Station den Master verloren hat, sollte jetzt eine Selbstenttaufung durchführen und dadurch, wie in ‚Erkennung der Enttaufung des Masters‘ beschrieben eine Enttaufung der restlichen, mit ihr noch verbundenen, Stationen durchführen.

Telegramme zur Erkennung des Hilfskanal-Status:

Das Anforderungstelegramm ist im Zugbus16-Dokument unter ‚7.5.4 Statusabfrage Bahn-Sonderfunktion‘ beschrieben, das Antworttelegramm unter ‚7.6.2 Antwort Bahn-Sonderfunktion‘.