Norm	RCN-211 **DCC-Protokoll** **Paketstruktur und Adressbereiche**	RailCommunity
Ausgabe 08.05.2015		RailCommunity – Verband der Hersteller Digitaler Modellbahnprodukte e.V.

Inhalt

1 Allgemeines 1

1.1 Zweck der Norm 1

1.2 Anforderungen 2

1.3 Erläuterungen 2

2 Aufbau des DCC-Datenpakets 3

3 Adressbereiche 4

4 Sonderpakete 5

4.1 Rücksetzpaket 5

4.2 Leerlaufpaket 6

4.3 Systemkommandos 6

5 Wiederholung der DCC-Pakete 6

Anhang A: Verweise auf andere Normen 7

A.1 Normative Verweise 7

A.2 Informative Verweise 7

Anhang B: Historie 8

1 Allgemeines

1.1 Zweck der Norm

Diese Norm beschreibt die allgemeine Paketstruktur beim DCC-Protokoll, basierend auf [RCN210]. Die auf dieser Struktur aufbauenden Pakte werden in den Normen [RCN212], [RCN213] und [RCN214] beschrieben. Ausnahmen hiervon bilden die beiden Spezialpakete Rücksetzpaket und Leerlaufpaket.

Diese Norm entspricht im Wesentlichen [S92] bzw. [NEM671], wobei aber das Basispaket nach [RCN212] ausgelagert wurde und die Abschnitte A und B von [S921] hinzugefügt wurden.

1.2 Anforderungen

Um diese Norm zu erfüllen müssen alle von einer Zentrale für das DCC-Protokoll gesendeten Pakete dieser Struktur inklusive der geforderten Zahl an Synchronbits entsprechen, wobei die Bit-Übertragung entsprechend [RCN210] zu erfolgen hat. Ein Decoder muss in der Lage sein, die auf dieser Struktur aufgebauten und in [RCN212] bzw. [RCN213] als Minimum definierten Befehle zu empfangen und alle direkten Forderungen an den Decoder in dieser Norm erfüllen.

Eine Zentrale darf nur DCC-Pakete senden, die in einer RCN oder einer Norm der NMRA definiert sind, oder von der RailCommunity explizit für eine gesonderte Verwendung freigegeben wurden. Als DCC-Paket ist dabei jedes Signal zu verstehen, dass der [RCN210] entspricht, mit einer Folge von 11 oder mehr Einsbits beginnt und Gruppen von jeweils 8 Bits untereinander und gegenüber den Einsbits am Anfang durch jeweils ein Nullbit trennt und am Paketende durch ein Einsbit abgeschlossen ist.

Eine Zentrale sollte alle Fahrzeugadressen bis einschließlich 127 als kurze Adresse senden.

Ein Decoder, der einen Adressbereich unterstützt, muss immer den gesamten Adressbereich unterstützen. Ein Fahrzeugdecoder muss immer beide Adressbereiche unterstützen.

Decoder müssen alle Befehle, die sie **nicht** unterstützen, ignorieren und diese Befehle dürfen nicht zu einer Fehlfunktion des Decoders führen. Ein Paket, dessen Signalform nicht [RCN210] entspricht oder nicht der im Abschnitt "Aufbau des DCC-Datenpakets" beschriebenen Struktur entspricht, darf nicht als DCC-Paket interpretiert werden.

1.3 Erläuterungen

- Ein DCC-Datenpaket ist eine definierte Folge von Bits, die als Gleissignal in [RCN210] beschrieben sind.
- Als Bytes werden Bitgruppen aus je acht Bits bezeichnet.
- Jedes Bit im Byte hat eine von seiner Position abhängende Wertigkeit, das erste gesendete, in der Darstellung linke Bit hat die höchste Wertigkeit und heißt MSB "most significant bit". Die Bits eines Bytes werden von links mit 7 beginnend nach rechts fallend bis 0 nummeriert. Das zuletzt gesendete, in der Darstellung rechte Bit heißt LSB "least significant bit".
- Folgende Zeichen werden zur Kennzeichnung der Bedeutung eines Bits verwendet:

  0 Bitwert 0

  1 Bitwert 1

  A Adressbit

  D Datenbit (hier nicht relevant)

  P Prüfbit – die acht Bits des letzten Bytes eines Paketes

  x Platzhalter für ein Bit, dessen Wert von der Art des Pakets und des Befehls abhängt und an der Stelle nicht näher betrachtet wird.

2 Aufbau des DCC-Datenpakets

Die nachfolgend beschriebenen Bestandteile des Datenpakets aus Bits und Bytes definieren den allgemein gültigen Aufbau des DCC-Datenpakets. Die Teile 4 und 5 kommen jeweils paarweise ein- oder mehrmals vor.

1. Synchronbits
   Die Kennzeichnung eines DCC-Datenpaketes und die Synchronisation auf die Bytegrenzen erfolgt mit einer Folge von Einsbits.
   Eine Zentrale muss mindestens 17 Synchronbits senden.
   Ein Decoder muss ein Paket mit 12 oder mehr Synchronbits empfangen können.
   Ein Decoder darf ein Paket mit weniger als 10 Synchronbits nicht als gültig anerkennen.
2. Paket-Startbit
   Das Paket-Startbit ist ein Nullbit, das den Synchronbits unmittelbar folgt. Das Startbit schließt die Synchronisation ab und zeigt dem Decoder an, dass die folgenden Bits zum ersten Byte des Paketes gehören.
3. Erstes Byte
   Das Erste Byte eines Paketes ist im Betriebsmodus ein Adressbyte oder im Programmiermodus ein Befehlsbyte.
4. Datenbyte-Startbit
   Dieses Nullbit leitet das folgende Datenbyte ein.
5. Datenbyte
   Die in jedem Datenbyte enthaltenen 8 Bits werden benutzt für Adressen, Instruktionen (Steuerbefehle), Daten oder zur Übertragungsfehlererkennung als Prüfbyte.
   Das letzte Byte eines DCC-Paketes ist immer das Prüfbyte.
6. Paket-Endebit
   Das Paket-Endebit ist ein Einsbit und markiert das Ende des Datenpaketes.
   Folgt ohne Unterbrechung das nächste DCC-Paket, darf dieses Bit bei den Synchronbits des folgenden Paketes mitgezählt werden.
   Folgt auf das Paket ein anders Format oder eine Unterbrechung, so muss die DCC-Bitfolge für mindestens 26 µs nach dem Paket-Endebit weitergeführt werden, d.h. es darf in dieser Zeit kein Polaritätswechsel oder ein Abschalten der Spannung erfolgen.

Das Prüfbyte wird gebildet indem alle vorhergehenden Bytes bitweise logisch per "Exklusiv-Oder (EXOR)" verknüpft werden. Es kann geprüft werden, indem alle Bytes einschließlich des Prüfbytes bitweise logisch EXOR-verknüpft werden. Das Ergebnis sollte dabei Null sein. Decoder müssen das Prüfbyte testen und bei einem Fehler das Paket ignorieren.

Ein DCC-Paket ist mindestens drei Byte lang. Damit ergibt sich als Bitfolge für ein Paket mit drei Bytes:

11111111111111111 0 xxxxxxxx 0 xxxxxxxx 0 PPPPPPPP 1			
Synchronbits & Start	Byte 1	Byte 2	Byte 3 = Prüfbyte und Paket-Endebit

Für das Beispiel eines Basis Geschwindigkeits- und Richtungsbefehls für die 7-Bit-Adresse 55 vorwärts mit Fahrstufe 14 wäre die Bitfolge:

11111111111111111 0 00110111 0 01100111 0 01010000 1

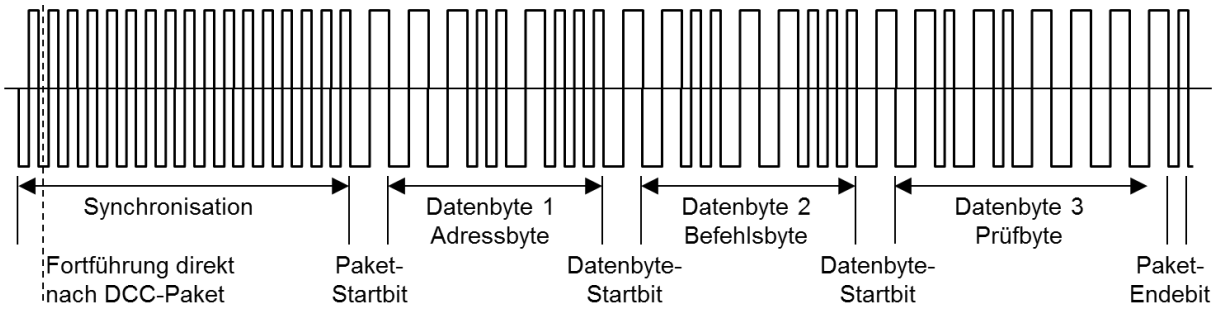

Bild 1: Beispiel eines DCC-Paketes mit drei Bytes (1 Adressbyte, 1 Befehlsbyte, 1 Prüfbyte), kodiert für Adresse 55 und Vorwärtsfahrt mit Fahrstufe 14. Es sind die minimal zu sendenden 17 Synchronbits dargestellt.

Das Bild 1 stellt exakt ein Paket dar. Davor und dahinter kann ein beliebiges Signal anliegen. Es beginnt mit 17 Synchronbits und endet die geforderten 26 µs nach dem Paket-Endebit. Wenn zwei DCC-Pakete ohne Lücke aufeinander folgen, kann – wie schon vorher festgelegt – das Paket-Endebit des ersten Paketes als erstes der 17 Synchronbits des zweiten Pakets betrachtet werden. Daher beginnt dann der Kurvenzug für das zweite Paket an der gestrichelten Linie.

Die Bitfolge für ein sechs Byte langes Paket ist:

{Synchronbits} 0 xxxxxxxx 0 xxxxxxxx 0 xxxxxxxx 0 xxxxxxxx 0 xxxxxxxx 0 PPPPPPPP 1

Die maximale Länge eines Paketes ist nicht explizit festgelegt, sondern ergibt sich indirekt aus der im Abschnitt "Wiederholung der DCC-Pakete" festgelegten Zeit zwischen zwei Startbits.

3 Adressbereiche

Das erste Byte des DCC Paketformats enthält im Betriebsmodus die primäre Adresse. Um verschiedene Arten von Decodern zuzulassen, ist diese primäre Adresse wie folgt in feste Blöcke unterteilt.

- Adresse **0000-0000** (0):
  Broadcast Adresse für Nachrichten an alle Fahrzeugdecoder.
- Adressen **0000-0001** bis **0111-1111** (1-127)(inklusive):
  Fahrzeugdecoder mit 7 Bit Adressen **0AAA-AAAA**
- Adressen **1000-0000** bis **1011-1111** (128-191)(inklusive):
  Einfache Zubehördecoder mit 11 Bit Adressen **10AA-AAAA 1AAA-DAAR** und
  Erweiterte Zubehördecoder mit 11-Bit Adressen **10AA-AAAA 0AAA-0AA1**
- Adressen **1100-0000** bis **1110-0111** (192-231)(inklusive):
  Fahrzeugdecoder mit 14 Bit Adressen **11AA-AAAA AAAA-AAAA**

- Adressen **1110-1000** bis **1111-1110** (232-254)(inklusive):
  Reserviert für zukünftige Anwendungen
- Adresse **1111-1111** (255):
  Leerlauf oder auch Idle Paket

An die Broadcast Adresse **0000-0000** adressierte Befehle müssen von allen Fahrzeugdecodern ausgeführt werden. Das Rücksetzpaket – das ist ein Rücksetzen Befehl **0000-0000** an die Broadcast Adresse **0000-0000** – muss auch von den Zubehördecodern beachtet werden.

Bei den Adressen im Bereich **0111-0000** bis **0111-1111** (112-127) gibt es eine Überschneidung mit den Befehlen für den Programmiermodus. Beim Programmiermodus wird ein einzelner Decoder auf einem isoliertem Gleisabschnitt konfiguriert und daher haben die entsprechenden Pakete keine Adresse sondern beginnen direkt mit den Befehlsbytes. Nach einem Rücksetzpaket dürfen die nächsten zehn Pakete für den Normalbetrieb nicht an eine dieser Adressen gesendet werden um zu verhindern, dass ein Decoder ungewollt in den Programmiermodus wechselt. Die genauen Regeln für den Übergang zwischen den Betriebsarten sind in [RCN215] "DCC Übergänge der Betriebsarten" festgelegt.

Der Aufbau der Adressen für Zubehördecoder und die Wertigkeit der einzelnen Adressbits in diesem Adressbereich sind in [RCN213] "DCC Betriebsbefehle für Zubehördecoder" festgelegt.

Bei den Adressen für die Fahrzeugdecoder mit 14 Bit Adressen enthält das erste Adressbyte die sechs höherwertigen Adressbits. Das zweite Adressbyte liefert die acht niederwertigen Adressbits. Damit ist das höchstwertigste Bit der 14 Bit Adresse das Bit 5 des ersten Adressbytes und das niederwertigste Bit der 14 Bit Adresse das Bit 0 des zweiten Adressbytes.

4 Sonderpakete

4.1 Rücksetzpaket

Die Bitfolge dieses Befehls ist:

{Synchronbits} 0 00000000 0 00000000 0 00000000 1

Das Datenpaket, in dessen Bytes alle Bits den Wert "**0**" besitzen, ist das Rücksetzpaket. Es löscht alle flüchtigen Speicher aller Decoder einschließlich der Geschwindigkeits- und Fahrtrichtungsdaten. Die Decoder kehren nach dem Empfang des Rücksetzpakets in den Einschaltzustand zurück, in Bewegung befindliche Fahrzeuge haben einen Nothalt auszuführen.

Folgt einem Rücksetzpaket ein DCC-Paket, dessen erstes Byte im Bereich zwischen **0111-0000** (Adresse 112) und **0111-1111** (Adresse 127) liegt, so schalten Decoder in den Programmiermodus, sofern sie diesen unterstützen.

4.2 Leerlaufpaket

Die Bitfolge dieses Befehls ist:

{Synchronbits} 0 11111111 0 00000000 0 11111111 1

Das Datenpaket, dessen erstes und drittes Byte 8 Einsbits und dessen zweites Byte 8 Nullbits enthält, ist das allgemeine Leerlaufpaket.

Ein Decoder darf aufgrund dieses Befehls keine Aktion auslösen und muss sich verhalten, als würde ein normales, an andere Decoder adressiertes Datenpaket gesendet. Die Zentrale sendet dieses Paket wenn keine anderen Daten zu senden sind oder um z.B. zwischen zwei Befehlen an einen Decoder eine Lücke von mehr als 5 ms zu erzeugen (siehe folgenden Abschnitt). Das Leerlaufpaket dauert inklusive der 17 Synchronbits etwa 6 ms.

4.3 Systemkommandos

Die Bitfolge dieser Befehle ist:

von **{Synchronbits} 0 11111111 0 00000001 0 PPPPPPPP 1**

bis **{Synchronbits} 0 11111111 0 11111111 0 PPPPPPPP 1**

Systemkommandos werden über die Adresse 255 (0xFF) übertragen. Die ist die Adresse des Leerlaufpakets. Als Systemkommando wird aber das 2.Byte des Leerlaufpakets ungleich 0 verwendet. Die Länge der Kommandos kann in Abhängigkeit vom zweiten Byte mehr die drei Bytes betragen und ist zunächst nicht begrenzt.

Die Systemkommandos stehen im Zusammenhang mit RailCom. Die Definition der Pakete im Rahmen dieser Norm reserviert nur den entsprechenden Befehlsraum. Die genaue Definition der Pakete erfolgt in der RailCom Spezifikation.

5 Wiederholung der DCC-Pakete

Die zu Decodern gesendeten DCC-Pakete sollen so oft wie möglich wiederholt werden, weil sie durch Störungen oder schlechter elektrischer Leitfähigkeit zwischen Schienen, Rädern und Stromabnehmern Informationsverluste erleiden können. Zwischen dem Paket-Endebit und den Synchronbits des folgenden DCC-Paketes kann die Gleisspannung abgeschaltet werden um andere Steuerformate zuzulassen. Alternative Datenformate zwischen dem Paket-Endebit und den nächsten Synchronbits sind explizit erlaubt.

Ein Decoder muss auf alle an ihn adressierte Pakete reagieren können, wenn die Zeit zwischen Paket-Endebit des einen Paketes und dem Startbit des folgenden Paketes mindestens 5 ms beträgt. Falls ein Decoder eine Bitfolge mit einem fehlenden oder ungültigen Null-Bit vor einem Byte, einem fehlenden oder ungültigen Paket-Endebit oder einem fehlerhaften Prüfbyte empfängt, muss er die nächsten Synchronbits als Beginn eines neuen Pakets erkennen.

Eine automatische Umschaltung auf andere Protokolle oder Betriebsarten ist zulässig. Weitere Regeln zur Umschaltung auf andere Protokolle oder Betriebsarten sind in [RCN200] und [RCN215] festgelegt.

Zentralen müssen so konfiguriert werden können, dass sie wenigstens ein vollständiges Paket alle 30 ms senden, wobei die Zeit zwischen den Paket-Startbits gemessen wird.

Zusammenfassung:

Mindestzeitabstand zwischen 2 DCC-Datenpaketen an einen Decoder:	$\mathbf{t_D > 5\ ms}$	Distanzzeit
Beharrungszeit der Decoder im DCC-Modus:	$\mathbf{t_W \geq 30\ ms}$	Wartezeit
Minimale DCC-Datenpaketrate:	$\mathbf{t_R \leq 30\ ms}$	Wiederholzeit

Anhang A: Verweise auf andere Normen

A.1 Normative Verweise

Die hier aufgeführten Normen sind ganz oder in dem beim Zitat angegebenen Rahmen einzuhalten, um diese Norm zu erfüllen.

[RCN210] RCN-210 DCC Bit-Übertragung

[RCN212] RCN-212 DCC Betriebsbefehle für Fahrzeugdecoder

[RCN213] RCN-213 DCC Betriebsbefehle für Zubehördecoder

A.2 Informative Verweise

Die hier aufgeführten Normen und Dokumente haben rein informativen Charakter und sind nicht Bestandteil dieser Norm.

[RCN200] RCN-200 Multiprotokollbetrieb - Decoder[1]

[RCN214] RCN-214 DCC Konfigurationsbefehle

[RCN215] RCN-215 DCC Übergänge der Betriebsarten[1]

[S92] NMRA: S-9.2 DCC Communications Standard

[S921] NMRA: S-9.2.1 DCC Extended Packet Formats

[NEM671] MOROP: NEM 671 Digitales Steuersignal DCC Basis-Datenpakete

[1] Die RCN-200 und RCN-215 waren zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Norm noch in Vorbereitung

Anhang B: Historie

Datum	Änderungen gegenüber der jeweils vorhergehenden Version
08.05.2015	Abschnitt 2 Änderung der Zahl der Synchronbits von 16 auf 17 Abschnitt 5 Möglichkeit ein anderes Protokoll zu verwenden, auch wenn DCC gesendet wird Abschnitt 1.2 editorielle Änderung Abschnitt 2 zwei zusätzliche Absätze zur Erläuterung Abschnitt 4.3 zusätzliche Erklärungen zu den Systemkommandos
09.05.2014	Anpassung Abschnitt 3 an RCN-213
03.05.2013	Erste Version

Copyright 2015 RailCommunity – Verband der Hersteller Digitaler Modellbahnprodukte e.V.