

DIN EN 13757-5

ICS 33.200; 35.100.10; 35.100.20

Ersatz für
DIN EN 13757-5:2009-01**Kommunikationssysteme für Zähler –
Teil 5: Weitervermittlung für den drahtlosen M-Bus;
Deutsche Fassung EN 13757-5:2015**

Communication systems for meters –
Part 5: Wireless M-Bus relaying;
German version EN 13757-5:2015

Systèmes de communication –
Partie 5: Relais de transmission sans fil M-Bus;
Version allemande EN 13757-5:2015

Gesamtumfang 133 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS)
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13757-5:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 294 „Kommunikationssysteme für Zähler“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 041-03-66 AA „Kommunikationssysteme für Zähler und deren Fernablesung (SpA CEN/TC 294)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS).

EN 13757 *Kommunikationssysteme für Zähler* besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Datenaustausch*
- *Part 2: Physical und Link Layer*
- *Teil 3: Spezielle Anwendungsschicht*
- *Teil 4: Zählerauslesung über Funk (Fernablesung von Zählern im SRD-Band)*
- *Teil 5: Weitervermittlung für den drahtlosen M-Bus*
- *Teil 6: Lokales Bussystem*

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13757-5:2009-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Betriebsart R2 ist nicht mehr Gegenstand der vorliegenden Europäischen Norm, die Aktualisierung des Verbindungsschichtprotokolls in EN 13757-4 führt dazu, dass die Betriebsart R2 nicht mehr mit dem in den vorigen Versionen der vorliegenden Norm festgelegten Gateway-Protokoll kompatibel ist;
- b) einfache Single-Hop-Übertragungswiederholung der Betriebsarten S, T, C, F und N wird unterstützt wodurch eine Weiterleitung für unidirektionale Zähler möglich ist;
- c) Abschnitt 5.3 „Wiederholung“ zur Einführung des „Single-Hop-Repeater“ hinzugefügt;
- d) Abschnitt 9 „Single-Hop-Repeater“ wurde hinzugefügt;
- e) Anhang A „Zeitregimeschemata für einen Single-Hop-Repeater“ wurde hinzugefügt;
- f) Anhang B „Beispielnachrichten“ wurde hinzugefügt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13757-5: 2009-01

Deutsche Fassung

Kommunikationssysteme für Zähler — Teil 5: Weitervermittlung für den drahtlosen M-Bus

Communication systems for meters —
Part 5: Wireless M-Bus relaying

Systèmes de communication —
Partie 5: Relais de transmission sans fil M-Bus

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 22. August 2015 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	9
1 Anwendungsbereich.....	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
4 Symbole	13
5 Einleitung.....	14
5.1 Allgemeines.....	14
5.2 Nutzen der Übertragungswiederholung.....	14
5.3 Wiederholung.....	14
5.4 Weitervermittlung.....	16
5.4.1 Überblick.....	16
5.4.2 Verwendung von Routern.....	19
5.4.3 Verwendung von Gateways.....	19
5.4.4 Datenduplizierung.....	20
5.4.5 Verwendung von getakteten Einheiten.....	21
5.4.6 Fehlerbehandlung.....	22
5.4.7 Zeitsynchronisierung.....	23
5.5 Protokollmöglichkeiten	24
6 Betriebsart P – Protokoll für die Verwendung von Routern	25
6.1 Allgemeines.....	25
6.2 Bitübertragungsschichtprotokoll	25
6.2.1 Allgemeines.....	25
6.2.2 Sender	25
6.2.3 Empfänger	27
6.3 Datencodierung	27
6.3.1 Manchester-Codierung	27
6.3.2 Übertragungsreihenfolge der codierten Daten	28
6.3.3 Weckruf- und Präambel-Chipfolgen.....	28
6.4 Verbindungsschichtprotokoll	28
6.4.1 Allgemeines.....	28
6.4.2 Telegrammformat.....	29
6.4.3 C-Feld.....	30
6.4.4 M- und A-Felder	31
6.4.5 Das CI-Feld.....	32
6.4.6 Nachrichtenbehandlung	32
6.4.7 Anforderungen an das Zeitregime.....	33
6.5 Vermittlungsschichtprotokoll.....	34
6.5.1 Allgemeines.....	34
6.5.2 Vermittlungsschichtformat.....	34
6.5.3 Weitervermittlungsregeln	35
6.6 Anwendungsschichtprotokoll	36
6.6.1 CI-Feld	36
6.6.2 Fehlerberichtsdienst.....	37
6.6.3 Netzwerkmanagementdienst	40
7 Betriebsart R2 – Protokoll für die Verwendung von Gateways.....	46

7.1	Allgemeines	46
8	Betriebsart Q – Protokoll zur Unterstützung eines präzisen Zeitregimes.....	47
8.1	Allgemeines	47
8.2	Bitübertragungsschichtprotokoll	47
8.2.1	Allgemeines	47
8.2.2	Sender	47
8.2.3	Empfänger.....	49
8.3	Datencodierung	50
8.3.1	NRZ-Codierung.....	50
8.3.2	Übertragungsreihenfolge der codierten Daten	50
8.3.3	Weckruf- und Präambel-Bitfolgen	50
8.4	Verbindungsschichtprotokoll	50
8.4.1	Allgemeines	50
8.4.2	Telegrammformat.....	50
8.4.3	Behandlung von normalen Verbindungsschichttelegrammen.....	54
8.4.4	Behandlung von Such-Verbindungsschichttelegrammen	55
8.5	Betriebsart Q – Vermittlungsschichtprotokoll	58
8.5.1	Allgemeines	58
8.5.2	Vermittlungsschichtformat.....	58
8.5.3	Regeln für die Adressumwandlung	61
8.5.4	Weitervermittlungsregeln.....	61
8.5.5	Anforderungen an das Zeitregime	64
8.6	Betriebsart Q, Anwendungsschichtprotokoll.....	65
8.6.1	Allgemeines	65
8.6.2	EN 13757-1 entsprechende Anwendungsschicht.....	65
8.6.3	Fehlermeldung.....	66
8.6.4	Alarmmeldung.....	69
8.6.5	Netzwerkmanagementdienst	70
8.6.6	Anforderungen an das Zeitregime	76
8.6.7	COSEM-Erweiterung	76
9	Single-Hop-Repeater	78
9.1	Allgemeines	78
9.1.1	Betriebsarten.....	78
9.1.2	Nicht registrierte Übertragungswiederholung.....	78
9.1.3	Registrierte Übertragungswiederholung	78
9.1.4	Zugeordnete Übertragungswiederholung.....	79
9.2	Bitübertragungsschichtprotokoll und Datencodierung	79
9.3	Medienzugriffseinschaltdauer	80
9.4	Zeitregime.....	80
9.4.1	Allgemeines	80
9.4.2	Uplink-Verzögerung – vorgegebener Zeitschlitz.....	80
9.4.3	Uplink-Verzögerung – optionaler Zeitschlitz	81
9.4.4	Uplink-Verzögerung – randomisiert verzögerte Übertragungswiederholung.....	81
9.4.5	Verzögerung in der Abwärtsstrecke und FAC-Übertragungsverzögerung	81
9.4.6	Verzögerung aufgrund einer Installationsankündigung.....	82
9.4.7	Ansprechverzögerung des Anderen Geräts	82
9.5	Verbindungsschichtprotokoll	83
9.5.1	Allgemeines	83
9.5.2	C-Feld.....	83
9.5.3	Adresse	83
9.6	Transportschicht- und Erweitertes Verbindungsschichtprotokoll	84
9.6.1	Allgemeines	84
9.6.2	Hop-Anzahl (H-Feld).....	84
9.6.3	Zugriffswiederholung (R-Feld)	84

9.6.4	Transfer von H- und R-Feldern innerhalb eines Telegramms.....	85
9.7	Anwendungsschichtprotokoll	87
9.7.1	Allgemeines.....	87
9.7.2	Gemeinsame Funktionen.....	87
9.7.3	CI-Feld	87
9.7.4	Datenelemente für das Repeatermanagement.....	88
9.8	Fehlermeldungsdienste	91
9.8.1	Allgemeines.....	91
9.8.2	Fehlertyp.....	92
9.9	Managementfunktionen.....	92
9.9.1	Allgemeines.....	92
9.9.2	Datenelemente.....	93
9.9.3	Zählermanagement	96
9.9.4	Beziehe die Liste (Get List).....	98
9.9.5	Senderliste.....	102
9.9.6	Repeaterstatus.....	105
Anhang A (informativ) Zeitregimeschemata für einen Single-Hop-Repeater.....		108
Anhang B (informativ) Beispielnachrichten.....		122
B.1	Befehl an den Repeater und zugehörige Antwort.....	122
B.1.1	Allgemeines.....	122
B.1.2	Konfiguration	122
B.1.3	Daten im Einzelnen – Befehl	122
B.1.4	Daten im Einzelnen, Quittierung.....	124
B.2	Auslesen der Senderliste	124
B.2.1	Allgemeines.....	124
B.2.2	Konfiguration	125
B.2.3	Daten im Einzelnen – Befehl	125
B.2.4	Daten im Einzelnen, Quittierung.....	127
B.2.5	Ausführliche Daten, Anfrage.....	128
B.2.6	Daten im Detail, Antwort.....	129
Literaturhinweise.....		131

Tabellen

Tabelle 1 — Betriebsart P, allgemein	25
Tabelle 2 — Betriebsart P, Sender	26
Tabelle 3 — Betriebsart P, Empfänger.....	27
Tabelle 4 — Format des ersten Blocks.....	29
Tabelle 5 — Format des zweiten Blocks.....	29
Tabelle 6 — Optionale Blockformate	30
Tabelle 7 — Initiierungsfunktionscodes.....	31
Tabelle 8 — Funktionscodes für die Quittierung	31
Tabelle 9 — Format der höheren Schichten.....	34
Tabelle 10 — Format der Vermittlungsschicht.....	34

Tabelle 11 — Anwendungsschicht, Steuerinformationsfeld.....	36
Tabelle 12 — Format der Fehlerzustandsdaten	37
Tabelle 13 — Fehlerart	38
Tabelle 14 — Relaisfehlerformat.....	39
Tabelle 15 — Format der Netzwerkmanagementdaten.....	40
Tabelle 16 — Liste der Funktionen	41
Tabelle 17 — Format der Zeitsynchronisierungsdaten	41
Tabelle 18 — Weiterleitung des Zeitsynchronisierungsdatenformats	42
Tabelle 19 — Format der Anfrage bezüglich bekannter Knoten.....	43
Tabelle 20 — Format der Antwort bezüglich bekannter Knoten.....	43
Tabelle 21 — Format des Befehls zum Löschen des Inhalts der Knotenliste	44
Tabelle 22 — Format der Abfrage des Weitervermittlungsfehlerzustandes	45
Tabelle 23 — Format der Antwort zum Weitervermittlungsfehlerzustand	45
Tabelle 24 — Betriebsart Q, allgemein	47
Tabelle 25 — Betriebsart Q, Sender.....	48
Tabelle 26 — Betriebsart Q, Empfänger	49
Tabelle 27 — Format von Verbindungsschichttelegrammen, Datentelegramm.....	51
Tabelle 28 — Format von Verbindungsschichttelegrammen, Quittierungstelegramm.....	51
Tabelle 29 — Struktur des FC-Feldes	52
Tabelle 30 — Format des Suchanfrage-Datenfeldes.....	56
Tabelle 31 — Format des Suchantwort-Datenfeldes	56
Tabelle 32 — Such-Zeitregime.....	57
Tabelle 33 — Format der Vermittlungsschichtinformationen	58
Tabelle 34 — Struktur des Netzwerksteuerungsfeldes.....	59
Tabelle 35 — Zeitregime für das Netzwerkrouting bzw. die Netzwerkvermittlung.....	64
Tabelle 36 — Format der Anwendungsschichtinformationen.....	65
Tabelle 37 — Anwendungsschicht, Tag-Feld	65
Tabelle 38 — Typ-Feld, Fehlerzustandsinformationen.....	67

Tabelle 39 — Vermittlungsfehlerformat.....	68
Tabelle 40 — Format der Alarminformationsdaten.....	69
Tabelle 41 — Typ-Feld, Alarminformationen.....	69
Tabelle 42 — Format der Netzwerkmanagementdaten.....	70
Tabelle 43 — Typen von Netzwerkmanagementfunktionen.....	71
Tabelle 44 — Format der Zeitsynchronisierungsanfrage.....	71
Tabelle 45 — Format der Zeitsynchronisierungsantwort.....	72
Tabelle 46 — Format der Anfrage „Generiere eine Liste der bekannten Knoten“	72
Tabelle 47 — Format der Antwort auf „Generiere bekannte Knoten“	73
Tabelle 48 — Format der Anfrage „Beziehe Liste der bekannten Knoten“	73
Tabelle 49 — Format der Antwort „Beziehe Liste der bekannten Knoten“	74
Tabelle 50 — Format der Abfrage des Weitervermittlungsfehlerzustandes	74
Tabelle 51 — Weitervermittlungsfehlerformat.....	75
Tabelle 52 — Format der Wartezeitverlängerungsantwort.....	76
Tabelle 53 — Zeitregime der Anwendungsschicht	76
Tabelle 54 — Betriebsart Q, Schnittstellenklassenspezifikation	77
Tabelle 55 — Einrichtung (Setup) der Betriebsart Q	77
Tabelle 56 — Uplink-Verzögerung für zugeordnete Übertragungswiederholung (Zeitschlitz 0).....	80
Tabelle 57 — Uplink-Verzögerung – optionale Zeitschlitze.....	81
Tabelle 58 — Uplink-Verzögerung, randomisierte Zeitverzögerung des Repeaters.....	81
Tabelle 59 — Verzögerung aufgrund einer Installationsankündigung.....	82
Tabelle 60 — Konfigurationswort.....	86
Tabelle 61 — Kommunikationssteuerungsfeld	86
Tabelle 62 — CI-Feld	87
Tabelle 63 — RML-Struktur.....	88
Tabelle 64 — Status.....	89
Tabelle 65 — Verbindungsstatus.....	89
Tabelle 66 — Trefferquote	90

Tabelle 67 — Senderliste.....	91
Tabelle 68 — Fehlerzustand (kein Nachrichtenkopf).....	91
Tabelle 69 — Fehlerzustand (kurzer Nachrichtenkopf)	91
Tabelle 70 — Fehlertyp.....	92
Tabelle 71 — Managementfunktionen, Datenformat.....	92
Tabelle 72 — Funktionsfeld	93
Tabelle 73 — Betriebsartfeld, Byte 1, Unterstützte Betriebsarten.....	93
Tabelle 74 — Betriebsartfeld, Byte 2, Zugriffsmöglichkeit und Kanäle.....	94
Tabelle 75 — Nutzung der Kanalbits für Betriebsart N	94
Tabelle 76 — Betriebsartfeld, Byte 3, Leistungspegel	95
Tabelle 77 — Format der Zählermanagementanfrage	96
Tabelle 78 — SF-Feld Zuordnung.....	96
Tabelle 79 — Format der Managementantwort.....	97
Tabelle 80 — SF-Feld-Zuordnung	97
Tabelle 81 — Fehlerberichtzuordnung	98
Tabelle 82 — Format der Get List-Anfrage	99
Tabelle 83 — SF-Feld-Zuordnung	99
Tabelle 84 — Format der Get-Liste-Antwort, Steuerinformationen	100
Tabelle 85 — SF-Feld-Zuordnung	100
Tabelle 86 — Format der Get List-Antwort, Datenwerte	101
Tabelle 87 — Format der Senderlistenanfrage	102
Tabelle 88 — SF-Feld-Zuordnung	103
Tabelle 89 — Format der Sendersuchantwort.....	103
Tabelle 90 — SF-Feld-Zuordnung	104
Tabelle 91 — Fehlerberichtzuordnung	104
Tabelle 92 — Format der ‘Get Repeater Status’-Anfrage	105
Tabelle 93 — SF-Feld-Zuordnung	105
Tabelle 94 — Format der ‘Get Repeater Status’-Antwort.....	105

Tabelle 95 — SF-Feld-Zuordnung	106
Tabelle 96 — Menge der Repeaterfunktionen	107
Tabelle B.1 — SND-UD, vom Anderen Gerät an den Repeater (wM-Bus)	123
Tabelle B.2 — ACK, vom Repeater an ein Anderes Gerät (wM-Bus)	124
Tabelle B.3 — SND-UD, von einem Anderen Gerät an den Repeater (wM-Bus)	126
Tabelle B.4 — ACK, vom Repeater an ein Anderes Gerät (wM-Bus)	127
Tabelle B.5 — REQ-UD2, von einem Anderen Gerät an den Repeater (wM-Bus)	128
Tabelle B.6 — RSP-UD, vom Repeater an ein Anderes Gerät (wM-Bus)	129
Bilder	
Bild 1 — Unidirektionaler Single-Hop-Repeater, USHR	15
Bild 2 — Bidirektionaler Single-Hop-Repeater, BSHR	16
Bild 3 — Netzwerk mit einfachen Knoten, ohne Weitervermittlung	17
Bild 4 — Netzwerk mit Weitervermittlungsknoten	18
Bild 5 — Gegenüberstellung von Router- und Gateway-Lösung	18
Bild 6 — Datenduplizierung	20
Bild 7 — Getakteter Empfänger	22
Bild 8 — Prozess der Zeitsynchronisierung	23
Bild 9 — Datenformat für das C-Feld	30
Bild A.1 — Referenztransfer	109
Bild A.2 — SND-NR über einen zugeordneten batteriebetriebenen BSHR (Betriebsart S, T)	110
Bild A.3 — SND-NR über einen zugeordneten batteriebetriebenen BSHR (optimierte Wiederholung unter Anwendung von Betriebsart C, N, F)	111
Bild A.4 — SND-NR über einen registrierten batteriebetriebenen BSHR (bei Nutzung optionaler Zeitschlitzes)	113
Bild A.5 — SND-UD über einen zugeordneten batteriebetriebenen BSHR (mit einer Zähler-Verzögerung von $n = 3$ bei Betriebsart S oder T)	115
Bild A.6 — SND-UD über einen zugeordneten batteriebetriebenen BSHR (optimierte Übertragungswiederholung in der Betriebsart C, N)	117
Bild A.7 — Installationsverfahren bei batteriebetriebenen BSHR (Teil 1)	119
Bild A.8 — Installationsverfahren bei batteriebetriebenen BSHR (Teil 2)	121

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13757-5:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 294 „Kommunikationssysteme für Zähler“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2016, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2016 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 13757-5:2008.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

EN 13757 *Kommunikationssysteme für Zähler* besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Datenaustausch*
- *Teil 2: Physical und Link Layer*
- *Teil 3: Spezielle Anwendungsschicht*
- *Teil 4: Zählerauslesung über Funk (Fernablesung von Zählern im SRD-Band)*
- *Teil 5: Weitervermittlung für den drahtlosen M-Bus*
- *Teil 6: Lokales Bussystem*

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Protokolle fest, die bei der Weitervermittlung in zur Auslesung von Zählern dienenden Funknetzen anzuwenden sind. Diese Europäische Norm ist eine Erweiterung der in EN 13757-4 festgelegten Zählerauslesung über Funk. Sie unterstützt das Routing der Betriebsarten P und Q und die einfache Single-Hop-Übertragungswiederholung der Betriebsarten S, T, C, F und N.

Hauptzweck dieser Europäischen Norm ist, die einfache Übertragungswiederholung sowie geroutete Funknetzwerke für die Auslesung von Zählern zu unterstützen.

ANMERKUNG Elektrizitätszähler werden von dieser Norm nicht abgedeckt, weil die Normung der Fernauslesung von Elektrizitätszählern Aufgabe von IEC/CENELEC ist.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 13757-1:2014, *Kommunikationssysteme für Zähler — Teil 1: Datenaustausch*

EN 13757-3:2013, *Kommunikationssysteme für Zähler und deren Fernablesung — Teil 3: Spezielle Anwendungsschicht*

EN 13757-4:2013, *Kommunikationssysteme für Zähler und deren Fernablesung — Teil 4: Zählerauslesung über Funk (Fernablesung von Zählern im SRD-Band)*

EN 60870-5-1:1993, *Fernwirkeinrichtungen und -systeme — Teil 5: Übertragungsprotokolle; Hauptabschnitt 1: Telegrammformate (IEC 60870-5-1:1990)*

EN 60870-5-2:1993, *Fernwirkeinrichtungen und -systeme — Teil 5: Übertragungsprotokolle; Hauptabschnitt 2: Übertragungsprozeduren der Verbindungsschicht (IEC 60870-5-2:1992)*

EN 62054-21:2004, *Wechselstrom-Elektrizitätszähler — Tarif- und Laststeuerung — Teil 21: Besondere Anforderungen an Schaltuhren (EN 62054-21:2002)*

RFC 1662 Juli 1994, *HDLC-like Framing, Appendix C. Fast Frame Check Sequence (FCS) Implementation*

ETSI EN 300 220-1:2012, *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Short Range Devices (SRD); Radio equipment to be used in the 25 MHz to 1 000 MHz frequency range with power levels ranging up to 500 mW; Part 1: Technical characteristics and test methods*

CEPT/ERC/REC 70-03, *Relating to the use of short range devices (SRD)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1
bidirektionaler Single-Hop Repeater
BSHR
(en: bidirectional single hop repeater)
Repeater, der die Übertragung von Originaltelegrammen sowohl stromaufwärts als auch stromabwärts wiederholt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das ‚H‘-Bit in der Erweiterten Verbindungsschicht zeigt an, ob es sich bei den Telegrammen um Originale oder Übertragungswiederholungen handelt.

3.2

Block

Teilelement eines Telegramms

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei auf EN 60870-5-1 basierenden Protokollen sind dies bis zu 16 Bytes von Nutzerdaten, die durch eine CRC-Prüfung ergänzt werden.

3.3

Abwärtsstrecke

(en: downlink)

Übertragung stromabwärts

3.4

stromabwärts

(en: downstream)

Übertragung von Daten in der Richtung von der Datenerfassungseinheit zum Zähler

3.5

Endknoten

Zähler oder Datenerfassungseinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Datenerfassungseinheit wird in EN 13757-4 als „Anderes Gerät“ bezeichnet.

3.6

Telegramm

Menge von Daten, die von einem Nachrichtenkopf (en: header) und wahlweise einem Nachspann (en: trailer) umschlossen sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei auf EN 60870-5-1 basierenden Protokollen ist dies ein Startzeichen, gefolgt von bis zu 16 Datenblöcken.

3.7

Gateway

Zwischenknoten in einem Datenkommunikationsnetz, der mit zwei oder mehr logischen Netzwerken verbunden ist, wobei in diesen logischen Netzwerken unterschiedliche Protokolle oder Betriebsarten verwendet werden

3.8

Hop

Übertragung eines Datensatzes von einem Knoten zu einem benachbarten Knoten als einer der Schritte in der Übertragung von Daten zwischen den Endknoten

3.9

Zwischenknoten

zwischen einer Datenerfassungseinheit und einem Zähler befindlicher Knoten in einem Netzwerk

3.10

Zählerzuordnung

ausschließliche Paarung eines Zählers mit einem Repeater

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Zuordnung wird von der Netzwerksteuerung vorgenommen. Sie erlaubt den Zugriff und die stromabwärts gerichtete Kommunikation mit dem Zähler.

3.11

Zählerregistrierung

Registrierung eines Zählers in einem oder mehreren Repeatern

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies ermöglicht dem Repeater, die Übertragungen vom Zähler stromaufwärts zu wiederholen.

3.12

Netzwerksteuerung

NC

(en: network control)

logische Einheit zur Steuerung und Überwachung von Repeatern im Netzwerk

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Netzwerksteuerung kann sich in einer Datenerfassungseinheit, in einem Repeater oder in einem speziell dafür vorgesehenen Gerät außerhalb des Netzwerks befinden.

3.13

Knoten

Einheit in einem Netzwerk, die in der Lage ist, Daten zu senden und zu empfangen

3.14

Anderes Gerät

Datenerfassungseinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies ist die in EN 13757-4 verwendete Benennung.

3.15

Primärstation

Netzwerkknotten, der den gesamten Datenaustausch in einem einfachen Netzwerk mit einem zentralen Knoten, unsymmetrischem Datentransfer und mehreren entfernten Knoten steuert

Anmerkung 1 zum Begriff: Der gesamte Datentransfer wird (üblicherweise) von der Primärstation gesteuert. Eine Datenerfassungseinheit ist eine Primärstation.

3.16

Senderliste

RSL

(en: radio scan list)

Liste aller Zähler, die ein gültiges Telegramm gesendet haben

Anmerkung 1 zum Begriff: Einträge in dieser Liste werden nach einer bestimmten Zeit (Zeitüberschreitung) gelöscht.

3.17

Weitervermittlung

Weiterleitung von Informationen von einem logischen Netzwerk an ein anderes

3.18

Zählerliste des Repeaters

RML

(en: repeat meter list)

Liste der Endknoten, die zur Wiederholung registriert sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Liste wird von der Netzwerksteuerung einem Repeater zugeordnet (und auf diesen geladen). Die Liste wird anhand der Zählerzuordnung und der Zählerregistrierung erzeugt.

3.19

Repeater

Zwischenknoten in einem Datenkommunikationsnetz, der Daten ohne Änderung der Adressinformation erneut überträgt

3.20

Router

Zwischenknoten in einem Datenkommunikationsnetz, der mit zwei oder mehr logischen Netzwerken verbunden ist, in denen dieselben Protokolle und Betriebsarten verwendet werden

3.21

Sekundärstation

Knoten in einem hierarchischem Netzwerk, der in der Lage ist, Befehle und Anfragen aus einem zentralen Knoten, der Primärstation, zu empfangen und eine Antwort an diesen zentralen Knoten zurückzusenden

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Zähler ist eine Sekundärstation.

3.22

unidirektionaler Single-Hop-Repeater

USHR

(en: uni-directional single hop repeater)

Repeater, der originale Telegramme ausschließlich stromaufwärts erneut überträgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das „H“-Bit in der Erweiterten Verbindungsschicht zeigt an, ob es sich bei den Telegrammen um Originale oder Übertragungswiederholungen handelt.

3.23

Aufwärtsstrecke

(en: uplink)

Übertragung stromaufwärts

3.24

stromaufwärts

(en: upstream)

Übertragung von Daten in der Richtung vom Zähler zur Datenerfassungseinheit

4 Symbole

Die folgenden Symbole werden in den Zeichnungen in Anhang A für die Zeitregimeparameter verwendet.

t_{DRFS} Zeitverzögerung des Repeaters, fest, Verweisung auf den Anfang der Nachricht

t_{DRFE} Zeitverzögerung des Repeaters, fest, Verweisung auf das Ende der Nachricht

$t_{DRSlotN}$ Zeitverzögerung des Repeaters, bei dem N 1 bis 7 sein kann

t_{DRR} Zeitverzögerung des Repeaters, randomisiert

t_{IA} Zeitverzögerung der Installationsankündigung

t_{RO} Zeit für die Antwort des Anderen Geräts (Default, schnell)

t_{RO_slow} Zeit für die Antwort des Anderen Geräts (langsam)

t_{RR} Zeit für die Antwort des Repeaters (Default, schnell)

t_{RR_slow}	Zeit für die Antwort des Repeaters (langsam)
t_{TxD}	Zeitverzögerung bei der Übertragung im Mehrfachzugriffszyklus (FAC)

5 Einleitung

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt dient zur Erläuterung, während die speziellen Anforderungen den darauf folgenden Abschnitten dieser Europäischen Norm zu entnehmen sind.

5.2 Nutzen der Übertragungswiederholung

Aufgrund der Verfügbarkeit von Funkmodulen zu niedrigen Preise ist es nunmehr möglich, Zählerdaten mittels Funkkommunikation auszulesen. Viele Zähler sind batteriebetrieben und unterliegen darüber hinaus sehr strengen leistungsbilanzbezogenen und behördlichen Anforderungen. Diese begrenzen die Übertragungsleistungspegel und damit den nutzbringenden Abstand zwischen Sendern und Empfängern. Der Einsatz von Stahlbeton und leitfähigen Oberflächenbeschichtungen, aber auch der unterirdische Einbau der Zähler, z.B. in Gruben oder Kellern von Gebäuden, erschwert die direkte Kommunikation zwischen der Datenerfassungseinheit und dem Zähler. Dies wiederum begrenzt die nutzbringende Größe von Funknetzen, es sei denn, es wird sich der Weiterleitung bedient. Indem es einigen Knoten gestattet wird, Daten weiterzuleiten, lässt sich das Netzwerk wirksam vergrößern. Entsprechend stellen die funkbasierten Netzwerke eine kostengünstigere Lösung dar.

Jedes Weiterleitungskonzept unterliegt dennoch einer Reihe von Einschränkungen. Die mit der Umrüstung des Zählers verbundenen Kosten sind niedrig zu halten, weil Zähler kostensensible Massenprodukte sind. Die in den einzelnen Knoten zur Verfügung stehende begrenzte Energie und Rechenleistung verlangt eine Begrenzung der Komplexität der für die Handhabung des Kommunikationsprotokolls und der Weiterleitung verwendeten Software.

Betriebs- und Installationskosten sind wichtige Faktoren, die bei der Planung von Zählernetzen zu berücksichtigen sind. Die Rekonfiguration des Netzwerks im Falle der Hinzufügung, des Austauschs oder der Entfernung von Zählern darf automatisiert werden, um die Betriebskosten zu begrenzen.

Der durch die Weiterleitung von übertragenen Daten verursachte Mehraufwand ist gering zu halten, um die Übertragungseinschaltdauer innerhalb der von den Behörden geforderten Grenzen zu halten.

Aufgrund der Tatsache, dass Zähler kostensensible Geräte sind, ist es von Vorteil, auch die einfache Single-Hop-Übertragungswiederholung (Wiederholung) zuzulassen. Diese Übertragung findet in erster Linie auf der Ebene der Bitübertragungsschicht statt. Die dafür verwendeten Repeater verfügen nur über begrenzte Funktionen, entsprechen aber dem Bedarf in Bezug auf kostengünstige Zähler. Der Architektur dieser Repeater ist im folgenden Unterabschnitt beschrieben und im Einzelnen in Abschnitt 9 festgelegt.

5.3 Wiederholung

Falls eine direkte Übertragung zwischen einem Zähler und einem Anderen Gerät unmöglich ist, darf dazwischen ein Repeater verwendet werden. Ein solcher Repeater muss in der Lage sein, seine Aufgabe ohne komplexe Installationsprozeduren und ohne Vermittlungsfunktion zu erfüllen. Der Single-Hop-Repeater muss die Einweg- oder Zweiwegkommunikation unterstützen.

ANMERKUNG Ein Repeater nach der vorliegenden Europäischen Norm ist nur in der Lage, die Nachricht für einen Single-Hop weiterzuleiten.

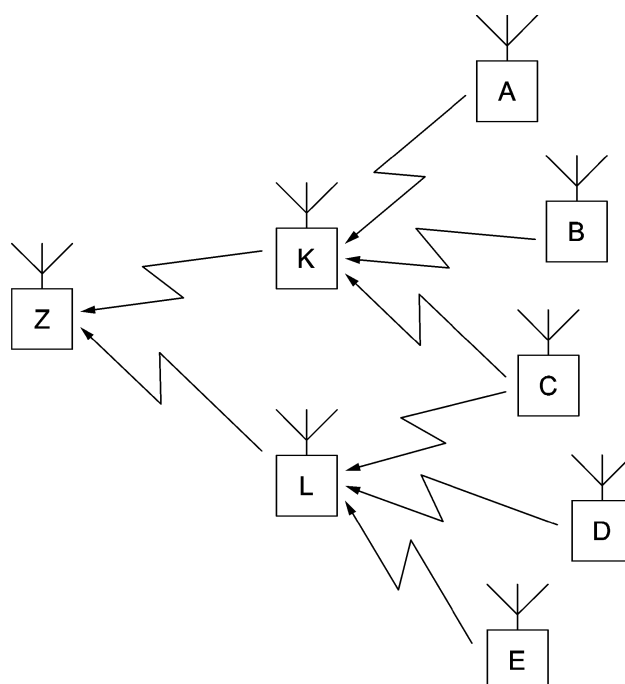
- Unidirektionaler Single-Hop-Repeater (USHR), der Nachrichten vom Zähler nur stromaufwärts zum Anderen Gerät wiederholt;

- bidirektionaler Single-Hop-Repeater (BSHR), die Nachrichten in beide Richtungen, d.h. vom Zähler stromaufwärts zum Anderen Gerät und vom Anderen Gerät stromabwärts an den adressierten Zähler, wiederholt.

Ein Repeater kann für einige Zähler als USHR fungieren, während er gleichzeitig für andere Zähler als BSHR fungiert.

Bild 1 zeigt die Netzwerkarchitektur. Die Zähler A, B, C, D und E sind nicht immer in der Lage, das Andere Gerät Z direkt zu erreichen. Um dieses Problem zu lösen, werden zwei Repeater K und L eingesetzt. Die Zähler A, B und C können den Repeater K erreichen, der ihre Telegramme an das Andere Gerät Z weiterleitet. Die Zähler C, D und E wiederum können den Repeater L erreichen, der ihre Telegramme seinerseits an das Andere Gerät Z weiterleitet. Der Repeater K kann ebenfalls in der Lage sein, die Daten vom Repeater L zu empfangen, er wird aber diese Telegramme nicht noch einmal wiederholen, weil in diesen bereits ein ‚Wiederholt‘-Merkbit (en: repeated flag) gesetzt ist.

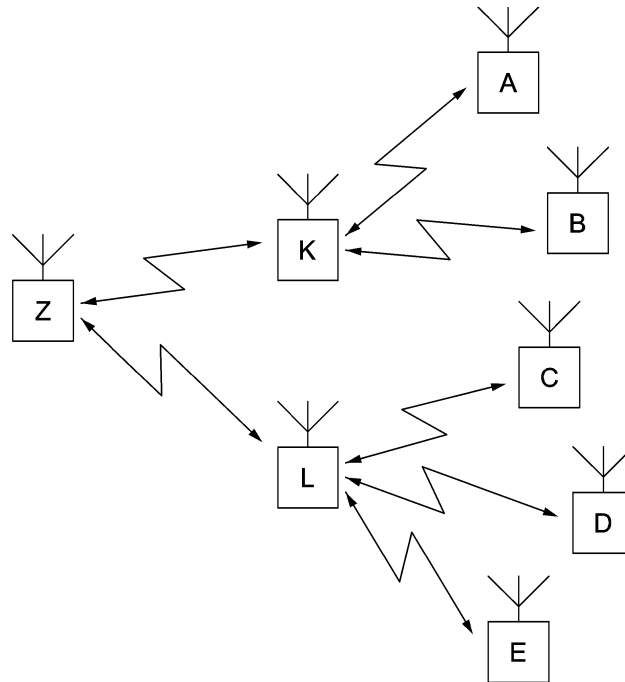
Der Zähler C ist in der Lage, beide Repeater zu erreichen. Dies kann zu Dopplungen und Kollisionen führen. Ein randomisiertes Zeitregime in den einzelnen Repeatern stellt sicher, dass das Telegramm eines Zählers nicht immer wieder kollidiert, wenn es von mehreren unidirektionalen Single-Hop-Repeatern wiederholt wird.



Legende

A-E Zähler
K-L Repeater
Z Anderes Gerät

Bild 1 — Unidirektionaler Single-Hop-Repeater, USHR



Legende

A-E Zähler
K-L Repeater
Z Anderes Gerät

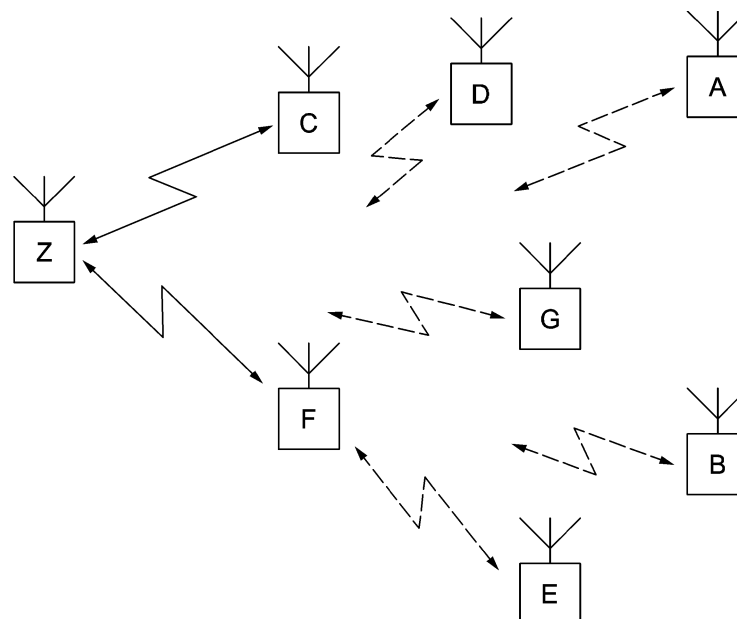
Bild 2 — Bidirektionaler Single-Hop-Repeater, BSHR

Die bidirektionale Wiederholung kann sich, wie in Bild 2 dargestellt, ein wenig komplizierter gestalten, falls bidirektionale Zähler und Repeater eingesetzt werden. Aus Energiespargründen kann der bidirektionale Zähler seinen Empfänger unter Umständen nur in einem schmalen Empfangsfenster aktivieren. Die Konfiguration des Repeaters stellt sicher, dass jede Antwort vom Anderen Gerät innerhalb dieses Empfangsfensters übertragen wird. Die Einzelheiten hierzu sind in Abschnitt 9 festgelegt.

5.4 Weitervermittlung

5.4.1 Überblick

Ein Funknetz kann z.B., wie im nachstehenden Bild 3 gezeigt strukturiert sein. Die Knoten A, B, C, D, E, F und G sind einfache Zähler. Diese müssen alle mit dem Knoten Z, der Datenerfassungseinheit bzw. der Primärstation, kommunizieren. In dieser Konfiguration sind nur die Knoten C und F in der Lage, den Knoten Z zu erreichen. Die anderen Knoten können den Knoten Z nicht erreichen. Die nutzbringende Größe dieses Netzwerk ist daher auf nur 2 Knoten, Knoten C und F, begrenzt.

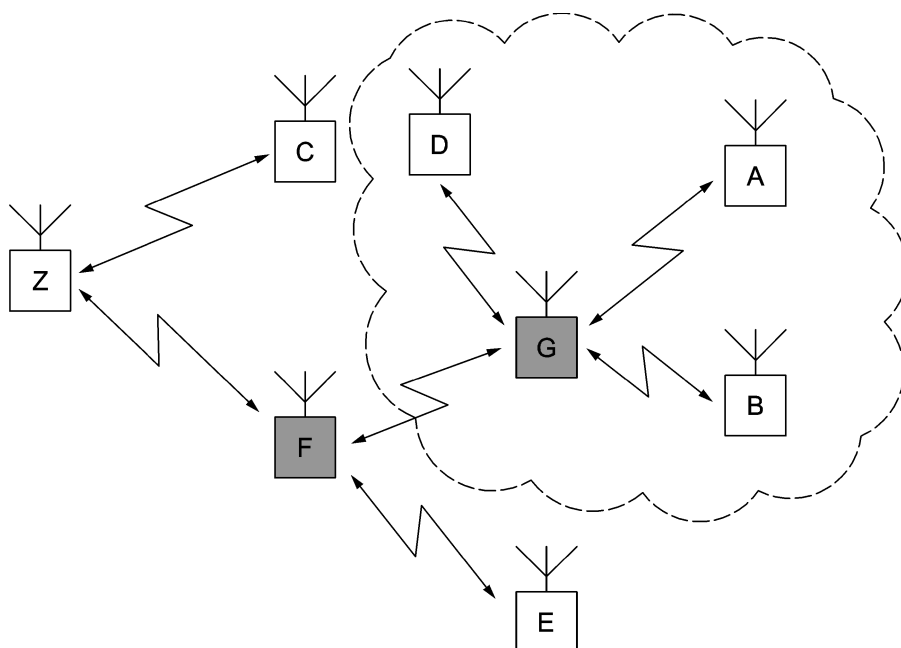


Legende

A-G Einfache Zähler
Z Datenerfassungseinheit/Primärstation

Bild 3 — Netzwerk mit einfachen Knoten, ohne Weitervermittlung

Die Erweiterung des Netzwerks durch Hinzufügung weiterer Knoten mit Weitervermittlungsfunktion ergibt eine Struktur, wie sie in Bild 4 dargestellt ist. Die Knoten F und G verfügen nun über eine Weitervermittlungsfunktion. Die Kommunikation zwischen den Knoten A, B und D und der Primärstation erfolgt durch Weitervermittlung der Daten über die Knoten G und F. Knoten A sendet Daten an Knoten G, Knoten G leitet Daten an Knoten F weiter, und Knoten F leitet Daten an Knoten Z, die Datenerfassungseinheit, weiter. Damit lässt sich das Netzwerk so erweitern, dass es sämtliche gezeigten Knoten einschließt. Die Knoten F und G können spezielle Weitervermittlungsknoten oder Zähler mit erweiterten Funktionen sein. Die Übertragung von einem Knoten zu einem anderen wird als Hop bezeichnet. Die Übertragung von Knoten A zur Datenerfassungseinheit bzw. Primärstation erfolgt in drei Hops.

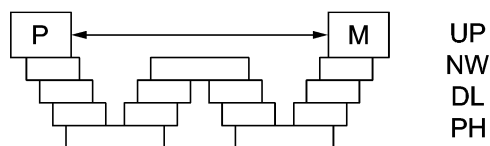


Legende

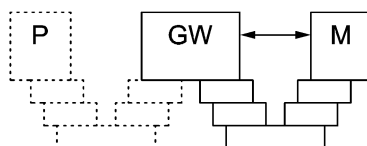
A-E Einfache Zähler
F, G Knoten mit Weitervermittlungsfunktion
Z Datenerfassungseinheit/Primärstation

Bild 4 — Netzwerk mit Weitervermittlungsknoten

Es ist zu beachten, dass das Netzwerk auf der Anwendungsebene trotz der Weitervermittlungsknoten weiterhin hierarchisch strukturiert ist. Jeder Ende-zu-Ende-Datentransfer erfolgt zwischen der Datenerfassungseinheit und den Zählern. Auf der Anwendungsebene kommunizieren weder die Zähler noch die Relais miteinander.



Router-Ansatz



Gateway-Ansatz

Legende

UP obere Schichten (Transport – Anwendung)
NW Vermittlungsschicht
DL Verbindungsschicht
PH Bitübertragungsschicht
M Zähler
GW Knoten mit Weitervermittlungsfunktion (Gateway)
P Datenerfassungseinheit/Primärstation

Bild 5 — Gegenüberstellung von Router- und Gateway-Lösung

Wie in Bild 5 dargestellt ist, kann die Weitervermittlung auf zwei Arten und Weisen erfolgen, entweder nach dem Gateway- oder nach dem Router-Ansatz.

Beim Router-Ansatz haben alle Knoten im Netzwerk Kenntnis von den anderen Knoten im Netzwerk, und sämtliche Knoten verwenden dasselbe Protokoll in beiden Richtungen. Die Knoten haben auch Kenntnis über die Vermittlungsfunktion bestimmter Knoten. Wie in Bild 4 zu sehen ist, weiß z. B. Knoten B, dass er Daten über die Weitervermittlungsknoten G und F zu senden hat, um die Datenerfassungseinheit zu erreichen.

Beim Gateway-Ansatz sind nur die lokal erreichbaren Knoten bekannt. Jenseits des Gateways befindliche Knoten sind verborgen. Für die Knoten A, B und D in Bild 4 ist das Netzwerk auf den Bereich innerhalb der gestrichelten Linie begrenzt, während Knoten E für alle nachgeordneten Einheiten die ‚Datenerfassungseinheit‘ ist. Die Gateways sind außerdem in einer Hierarchie von Netzwerken organisiert, wie in Bild 4 dargestellt, in dem sich Knoten E auf der untersten Ebene der Hierarchie, Knoten F eine Ebene höher und Knoten Z, die eigentliche Datenerfassungseinheit, auf der obersten Ebene befindet.

Die gattungsmäßigen Einzelheiten des Gateway- und des Router-Ansatzes sind in den folgenden Unterabschnitten festgelegt.

5.4.2 Verwendung von Routern

In einem gerouteten Netzwerk verhalten sich sämtliche Knoten wie Peer-Entitäten auf der Netzwerkebene. Die Übertragung zwischen den Knoten basiert auf Adresspaaren, bestehend aus der Adresse des Senderknotens und der Adresse des Empfängerknotens. Dies ermöglicht eine nicht-hierarchische Struktur der Knoten in einem Netzwerk mit parallelen Strecken.

Die Tatsache, dass ein Adresspaar benötigt wird, hat zur Folge, dass der geroutete Ansatz nicht mit der in EN 13757-4 verwendeten Verbindungsschicht kompatibel ist. Es besteht folglich die Notwendigkeit, an der Verbindungsschicht zwischen EN 13757-4 entsprechenden nativen Daten und gerouteten Daten unterscheiden zu können. Damit wird sichergestellt, dass einfache Knoten nicht fälschlich versuchen, geroutete Daten zu entschlüsseln und zu behandeln.

Die Art der Auswahl der für das Senden eines Pakets durch ein Netzwerk zu wählenden Strecke kann auf zwei verschiedene Arten und Weisen ermittelt werden. Die erste ist das Hop-by-Hop-Verfahren. In diesem Falle wird vor Beginn der ersten Übertragung die gesamte Strecke, einschließlich aller miteinander zu verbindenden Knoten eingerichtet. Beim zweiten Verfahren werden netzwerkgenerierte Strecken genutzt. In diesem Falle sendet der erste Knoten die Daten an einen geeigneten benachbarten Router, der dann, basierend auf den ihm zur Verfügung stehenden Vermittlungsinformationen, den nächsten Hop für die Daten ermittelt. Dieses Verfahren entspricht dem, das vom IP-Protokoll im Internet angewendet wird. Der für diese Anwendung gewählte Ansatz ist das Hop-by-Hop-Adressierungsverfahren, weil sich dessen Implementierung weniger kompliziert gestaltet und es geringere Netzwerkverkehr-Zusatzkosten mit sich bringt und weniger intelligente Knoten im Netzwerk verlangt.

5.4.3 Verwendung von Gateways

Ein einfacher Knoten hat nur ein einziges Adressfeld. Er kann nur in einem Netzwerk mit einer einzigen Primärstation arbeiten, die das Netzwerk und eine oder mehrere Sekundärstation(en)/Zähler steuert. Ein einfacher Knoten sucht beim Empfang von Daten nach seiner eigenen Adresse im Adressfeld. Er wird davon ausgehen, dass sämtliche an ihn gesendeten Daten von der Primärstation stammen. Ein einfacher Knoten gibt in seiner Antwort seine eigene Adresse im Nachrichtenkopf an. Er setzt voraus, dass die Primärstation sämtliche Daten empfangen wird.

Das Gateway verbirgt sowohl das Netzwerk als auch dessen Komplexität vor den einfachen Knoten. Für den Knoten erscheint das Gateway als Primärstation. Falls das in Bild 4 dargestellte Netzwerk den Gateway-Ansatz nutzt, erscheint Knoten G den Knoten A, B und D als Primärstation. Knoten E geht davon aus, dass Knoten F die Primärstation ist und dass sich nur Knoten C tatsächlich mit dem Knoten Z, der

Datenerfassungseinheit, verbindet. Beim Gateway-Knoten kann es sich um einen speziellen Knoten oder einen Zähler mit erweiterten Funktionen handeln.

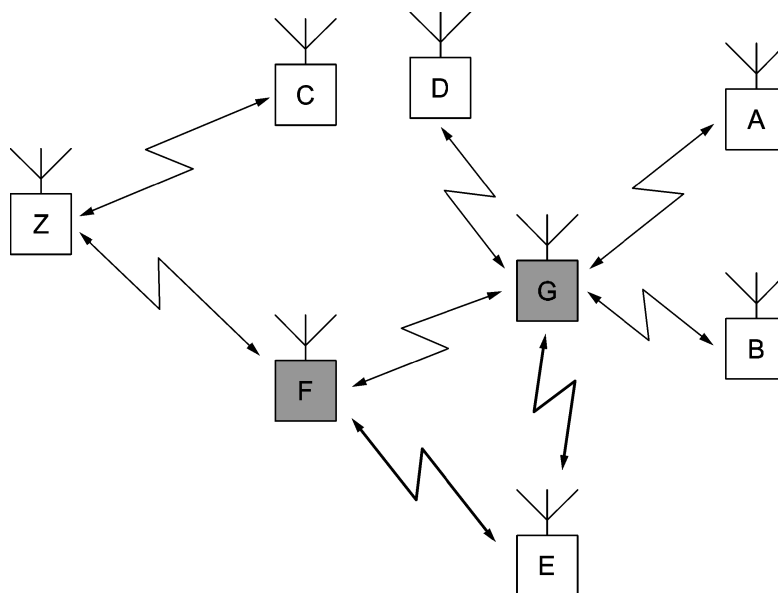
Das Gateway erscheint dem (den) einfachen Knoten beim Senden von Daten stromabwärts als Primärstation. Und auch beim Empfang der von einem einfachen Knoten aus stromaufwärts gesendeten Daten wird es als Primärstation erscheinen.

Das Gateway hat vorab keine Kenntnis von der Gesamtkonfiguration des Netzwerks. Die Weitervermittlung von Daten beruht daher entweder auf festgelegten Regeln oder auf im Nachrichtenkopf der Daten zur Verfügung gestellten Informationen. In diesem Gateway-Protokoll kommen beide Ansätze zur Anwendung.

Werden Daten stromaufwärts gesendet, so kann das Gateway die allgemeine Regel anwenden, dass das Netzwerk hierarchisch strukturiert ist. In diesem Falle wird das Gateway, stromaufwärts zu sendende Daten, nachdem es sie von einem einfachen Knoten empfangen hat, stromaufwärts weiterleiten. Daraufhin werden die Daten von einem anderen Gateway oder der Primärstation empfangen. Es besteht keine Notwendigkeit bezüglich einer Zieladressierung der stromaufwärts gesendeten Daten.

5.4.4 Datenduplizierung

Es sollten nicht alle stromaufwärts gesendeten Daten weitergeleitet werden, weil das zu einer Duplizierung von Daten führen kann. Dies ist im nachstehenden Bild 6 dargestellt.



Legende

- A-E Einfache Zähler
- F, G Knoten mit Weitervermittlungsfunktion
- Z Datenerfassungseinheit/Primärstation

Bild 6 — Datenduplizierung

Vom Knoten E gesendete Daten können vom Gateway G ebenso wie vom Gateway F empfangen werden. Falls Knoten E einen Datensatz sendet, wird dieser von beiden Gateways empfangen. Ein Datensatz wird über die Strecke E–G–F an Knoten Z, d. h. die Datenerfassungseinheit, gesendet und ein weiterer über die Strecke E–F an Knoten Z. Die Nutzung der bedingungslosen Weitervermittlung führt zu Duplizierung der von der Datenerfassungseinheit empfangenen Daten und damit auch zu unnötigem Verkehr im Netzwerk. Es müssen Verfahren und Regeln implementiert werden, um eine Begrenzung von Datenduplizierung sicherzustellen.

Wenn es darum geht, Datenduplizierungen zu vermeiden, sollten zwei Aspekte berücksichtigt werden:

- a) ob Aktivierungs- oder Deaktivierungslisten zu verwenden sind;
- b) ob eine Liste von lokalen oder globalen Knoten zu verwenden ist.

Das Wesen der Funkkommunikation bringt es mit sich, dass der tatsächliche Übertragungsabstand über der Zeit sehr stark variieren kann. Es ist daher unzumutbar, eine Liste von Knoten zu erstellen, für die eine Weiterleitung nicht gestattet ist. Besondere Übertragungsbedingungen, z.B. aufgrund besonderer Witterungsbedingungen, können den Zugriff auf weit entfernte Knoten ermöglichen. Ebenso besteht die Möglichkeit, dass ein neuer Betreiber, der ebenfalls die vorliegende Europäische Norm befolgt, neue Knoten einrichtet, die bei der Ersteinrichtung des Netzwerkes noch nicht bekannt waren. Daten aus diesen neuen Knoten sind nicht standardmäßig auszuführen, es ist nicht möglich, über das Einrichten dieser Knoten vorab Kenntnis zu erlangen. Dies sind Beispiele für Situationen, die nicht der Reihenfolge nach anhand einer Deaktivierungsliste behandelt werden können. An deren Stelle muss daher eine Aktivierungsliste verwendet werden.

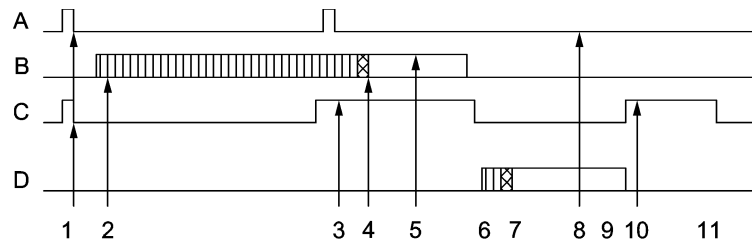
Für die Verwendung einer globalen Liste von Knoten wäre es erforderlich, dass Knoten auf den höheren Hierarchieebenen über sehr umfangreiche Listen verfügen, die die Adressen aller nachgeordneten Einheiten enthielten, von denen sie Daten empfangen sollen. Ebenso müssten alle möglichen Zwischenknoten Informationen über alle ihnen nachgeordneten Knoten enthalten. Dies würde viel Speicherplatz für die betreffenden Daten in den Gateways erfordern und erheblichen Datenverkehr im betreffenden Netzwerk mit sich bringen, wenn es darum ginge, die Listen zu aktualisieren. Die Verwendung von lokalen Listen wird daher als besser eingestuft und entsprechend gewählt. Die Verwendung von lokalen Listen hat den geringfügigen Nachteil, dass stromaufwärts gesendete Daten die (lokale) Adresse des sendenden Knotens ebenso wie die Adresse des Ausgangspunktes, also des Zählers, enthalten müssen.

Das Gateway benötigt weitere Adressinformationen, wenn es Daten empfängt, die stromabwärts zu senden sind. Es muss wissen, an welche(n) Knoten es die Daten weiterzuleiten hat. Diese Informationen, bei denen es sich um Netzwerksteuerungsinformationen handelt, müssen als Bestandteil des Nachrichtenkopfes der Daten verfügbar sein.

Betriebsarten, bei denen ein Gateway zum Einsatz kommt, sind nicht mehr Gegenstand der vorliegenden Norm.

5.4.5 Verwendung von getakteten Einheiten

Viele Zähler und Zwischenknoten sind batteriebetrieben und speisen sich für ihren Betrieb über mehrere Jahre aus nur einer einzigen Batterie. Dies macht es erforderlich, durch Abschalten von ungenutzten Schaltungsteilen des Knotens Strom zu sparen. Ein solcher Teil ist die Funkeinheit. Dies wird in Bild 7 näher erläutert. Das Steuerprogramm in einem Knoten kann für die Zeit, in der der Knoten nicht kommuniziert, den Empfänger nur kurz und mit festgelegten Intervallen einschalten (1, 3). Diese Empfangsfunktion wird deaktiviert, sobald der Knoten sendet (8). Ein anderer Knoten, der mit dem getakteten Knoten zu kommunizieren wünscht, sendet dann ein Weckrufsignal (2). Der getaktete Empfänger sucht im Verlauf seines Empfangsintervalls nach einem Datentransfer des erwarteten Typs (einem Weckrufsignal) und schaltet sich wieder ab, wenn kein Datentransfer erkannt wird (1). Der Empfänger muss, falls ein Weckruf erkannt wird (3), nach einem Synchronisationsmuster (4) suchen und mit der Datenerfassung (5) beginnen. Falls die Zieladresse der Information nicht der des Knotens entspricht, darf der Empfänger abschalten, um Strom zu sparen. Nachdem der Sender im Knoten aktiv war (6, 7, 9), sollte dieser Knoten den Empfänger für eine bestimmte Dauer (10, 11) in Erwartung einer Antwort auf die übertragene Nachricht einschalten. Dieses Verhalten führt zu einer Verbesserung der Datenverarbeitung und begrenzt die Einschaltdauer, weil keine Weckruffolge erforderlich ist.



Legende

- A Empfängerlauschfenster
- B Weckruf- und Datensignal
- C Empfänger aktiv
- D übertragene Daten

Bild 7 — Getakteter Empfänger

Die Weckruffolge muss von ausreichender Dauer sein, damit sie vom Knoten während des ersten Empfangsintervalls erkannt wird, um einen erfolgreichen Datentransfer sicherzustellen, d. h. länger als das Empfangsintervall des Empfängers.

Um ein unnötiges Wecken von Zählern zu vermeiden, verwendet das Weckrufsignal eine andere Datenrate als normale Datentransfers. Laufende Datentransfers zwischen Knoten wecken schlafende Knoten nicht auf, wodurch ebenfalls Strom gespart wird.

Die Parameter für die Steuerung des Einschaltverhaltens sollten genormt werden, um einen energieeffizienten Datentransfer im Funknetz sicherzustellen.

5.4.6 Fehlerbehandlung

Die Datenfehlerrate ist in Funknetzen höher als in einem drahtgebundenen Netzwerk. Zu den Gründen hierfür gehören u. a. die folgenden:

- Die Einheiten arbeiten in einem lizenzfreien Frequenzband, in dem gleichzeitig auch eine große Anzahl anderer Einheiten aktiv sein kann. Solche Einheiten können die Übertragung zwischen einem Paar von Knoten im Zählernetz verstümmeln oder unterdrücken.
- Rauschen aus anderen Quellen kann die Signale beeinträchtigen.
- Die Funkübertragungsbedingungen können sich aufgrund von Änderungen in der Umgebung (Errichtung neuer Gebäude, Aufstellung großer Behälter vor den Zählern) oder Änderung der Witterungsbedingungen ändern.
- Die Übertragung von Informationen von einem Zähler zur Datenerfassungseinheit kann diverse Verbindungen durchlaufen. Die Übertragung insgesamt ist nur dann erfolgreich, wenn sämtliche einzelnen Hops sowohl vorwärts als auch rückwärts erfolgreich sind.

All dies erfordert im Falle von funkbasierten Multi-Hop-Netzwerken die Anwendung effizienter Fehlerbehandlungsalgorithmen, d. h. Netzwerke mit Routern oder Gateways. Um die Fehlerbehandlung zu erleichtern, werden die folgenden Konzepte in den Protokollen Betriebsart P und Betriebsart Q implementiert:

- für jeden Hop wird die Datenübertragung quittiert;
- es gibt eine schnelle Quittierung an der Verbindungsschicht;

- falls die zu quittierende Nachricht verstümmelt ist und der Sender identifiziert werden kann, wird negativ quittiert;
- es wird ein genormter Wiederholversuchsalgorithmus angewendet.

Falls der Wiederholversuchsalgorithmus fehlschlägt, wird der Ursprungsknoten über diesen Fehlschlag und den Hop, bei dem der Versuch fehlschlug, informiert. Diese Information wird Protokollen höherer Ebenen zur Verfügung gestellt, die gegebenenfalls versuchen können, den Datenverkehr über andere Knoten im Netzwerk umzuleiten. Die Protokolle für eine solche Umleitung sind nicht Gegenstand der vorliegenden Europäischen Norm.

5.4.7 Zeitsynchronisierung

Die neueren der für den Energiemarkt geltenden Bestimmungen [COM (2003) 739 Final] verlangen eine verbesserte Energieeffizienz. Hierzu werden Daten zu tatsächlichen Nutzungszeiten und damit genaue Zeitinformationen von den Zählern benötigt. Normen für Energiezähler, wie z.B. EN 62054-21, quantifizieren diese Anforderungen bereits. Dies verlangt die Implementierung der Funktion eines präzisen Zeitregimes in den Zählern und damit eines Kommunikationssystems, das eine präzise Synchronisation im gesamten Netzwerk erlaubt.

Dieses Bedürfnis steht bis zu einem gewissen Grade im Widerspruch zur Verwendung von getakteten Zählern und Routern, wie in Bild 8 dargestellt ist.

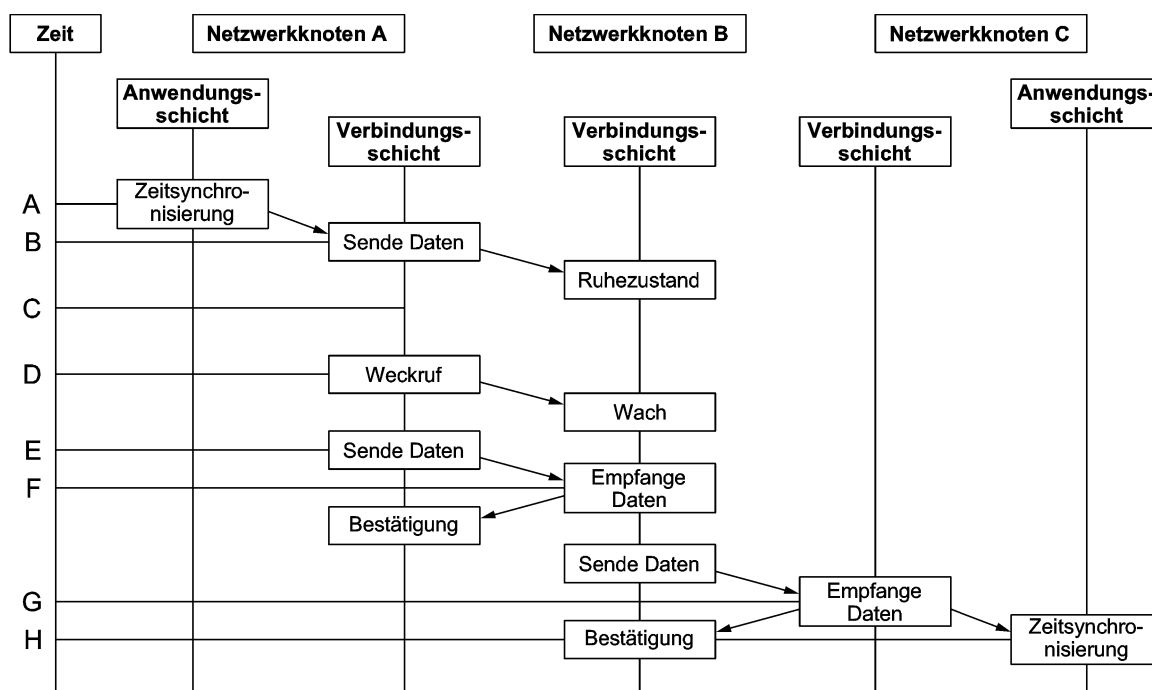


Bild 8 — Prozess der Zeitsynchronisierung

Das Szenario sieht vor, dass ein Netzwerkknoten A ein Zeitsynchronisierungssignal an einige andere Knoten im Netzwerk, in diesem Falle die Knoten B und C verteilt. Einer der empfangenden Knoten B befindet sich im Ruhezustand und bedarf eines Weckrufsignals, bevor ihm Daten übertragen werden können.

Die Managementanwendung in Knoten A fragt die Zeitinformation bei t_A ab. Diese Information wird von den unteren Protokollschichten des betreffenden Knotens verarbeitet und bei t_B an das Netzwerk gesendet. Der schlafende Empfangsknoten nimmt diese Information nicht wahr. Dies führt bei t_C zu einer Zeitüberschreitung im sendenden Knoten A, weil kein Quittierungssignal empfangen wird.

Die Zeitüberschreitung wiederum führt dazu, dass die Verbindungsschicht in Knoten A bei t_D ein Weckrufsignal sendet, gefolgt von einer Übertragungswiederholung des Pakets bei t_E . Der Empfangsknoten B ist nun wach und wird die Daten bei t_F empfangen, das Paket quittieren und dieses an den Knoten C weitersenden. Knoten C empfängt die Daten bei t_G und gibt die Informationen bei t_H an die Anwendungsschicht weiter.

Die Synchronisierungszeit in den Anwendungsdaten ist t_{BA} , während die aktuelle Zeit t_H ist. Dieser Zeitunterschied $t_H - t_A$ liegt im Bereich von (mehreren) Sekunden, falls sich vor dem Transfer ein oder mehrere Zwischenknoten im Schlafzustand befanden. Dies ist nach den in EN 62054-21 festgelegten Anforderungen an moderne Zähler nicht zulässig.

Ein Übertragungsprotokoll ist erforderlich, das sicherstellt, dass präzise Zeitregimeinformationen übertragen werden können. Ein solches Protokoll berücksichtigt die während der Ende-zu-Ende-Übertragung eingeführte Verzögerung. Diese Informationen werden für jeden Hop im Verlauf der Übertragung aktualisiert. Diese Datenverarbeitung erfolgt an der Verbindungsschicht der Knoten. Die mit anderen Präzisionszeitregime-Protokollen wie z.B. IEEE 1588-2002 gesammelten Erfahrungen zeigen, dass dies besondere Vorgehensweisen an den niedrigeren Protokollschichten erfordert. Zu diesem Zweck wird eine spezielle Gruppe von Protokollen für die tiefer gelegenen Schichten festgelegt. Das Protokoll muss eine Synchronisierungszeit t_A sowie eine Information zur Verzögerung $t_H - t_{BA}$ enthalten. Die Synchronisierungszeit ist Bestandteil der Anwendungsdaten. Die Verzögerungsinformation ist Teil der Verbindungsschichtinformationen. Die Verzögerungsinformation wird für jeden Hop bzw. jede Übertragungswiederholung der Daten aktualisiert. Dieses Protokoll kann dann angewendet werden, wenn eine Anforderung bezüglich eines präzisen Zeitregimes besteht.

ANMERKUNG Um dieses Protokoll anwenden zu können, ist ein Anwendungsschicht-Gateway erforderlich, falls eine Schnittstelle mit Zählern nach EN 13757-4 gebildet wird.

5.5 Protokollmöglichkeiten

Basierend auf den in diesem Abschnitt angegebenen allgemeinen Bedarfen werden drei verschiedene Protokolle für die Weitervermittlung in einem Funknetz festgelegt. Sie haben die folgenden allgemeinen Merkmale:

- ein routerbasiertes Protokoll. Dieses als Betriebsart P bezeichnete Protokoll erweitert die Adressierung auf ein Zweiadressen- bzw. ein symmetrisches Protokoll, wie es von allen modernen Verbindungsschicht Protokollen verwendet wird. Dies erfolgt unter Verwendung der in EN 60870-5-1 festgelegten Bitübertragungsschicht und der in EN 60870-5-2 festgelegten Verbindungsschicht. Knoten, die das Protokoll der Betriebsart P verwenden, können mit R2-Knoten zwar nicht direkt kommunizieren, aber mit diesen im selben Frequenzband koexistieren. Das P- und das R2-Protokoll sind sich ihrer Struktur nach sehr ähnlich und können zweimodige Knoten, die sowohl die Betriebsart R2 als auch die Betriebsart P unterstützen, vorgesehen werden. Dies ist das Protokoll, das anzuwenden ist, wenn man ein echtes geroutetes Netzwerk mit vollständiger Adressierung zu nutzen, aber gleichzeitig die allgemeine Struktur des R2-Protokolls beizubehalten wünscht.
- Ein aktuelles Protokoll, das ein präzises Zeitregime unterstützt. Dieses als Betriebsart Q bezeichnete Protokoll ist für den Fall vorgesehen, dass keine Notwendigkeit besteht, die Normenreihe EN 60870-5 zu befolgen. Die Normen der Reihe EN 60870-5 wurden vor etwa 15 Jahren ausgearbeitet und entsprechen nicht mehr allen Ansprüchen, die von einem modernen Protokoll gestellt werden. Die Betriebsart Q berücksichtigt die durch die Nutzung der Taktung der Knoten gegebenen Möglichkeiten zur Energieeinsparung sowie den Bedarf in Bezug auf die Übermittlung von präzisen Zeitregimeinformationen und die Möglichkeit der Verwendung von NRZ-Codierung basierend auf digitalen Signalprozessoren. Das Protokoll ist als Transportdienst für moderne objektorientierte High-Level-Anwendungsschichtdienste wie z.B. das in EN 13757-1 festgelegte DLMS-Protokoll anwendbar.
- Single-Hop-Wiederholungsprotokoll. Ein Bitübertragungs- und Verbindungsschichtprotokoll. Dieses ist auf Knoten anwendbar, die die Betriebsarten R, S, T, C, N und F nutzen, wie in EN 13757-4 festgelegt.

6 Betriebsart P – Protokoll für die Verwendung von Routern

6.1 Allgemeines

Dieses Protokoll gilt für die Kommunikation zwischen Knoten mit Vermittlungsfunktion. Das Protokoll muss die Betriebsart P sowohl in der Bitübertragungs- als auch der Verbindungsschicht verwenden, um sicherzustellen, dass Knoten ohne Vermittlungsfunktion nicht versuchen, diese Nachrichten zu behandeln.

Das Protokoll ist für batteriebetriebene Einheiten mit getakteter Funkeinheit optimiert.

6.2 Bitübertragungsschichtprotokoll

6.2.1 Allgemeines

Sämtliche Parameter müssen mindestens ETSI EN 300 220 entsprechen, selbst wenn einige Anwendungen einen größeren Temperatur- oder Spannungsbereich erfordern können. Kanal und Frequenzband müssen den Angaben in Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1 — Betriebsart P, allgemein

Kenngröße	Mindestens	Typ	Höchstens	Einheit
Frequenzband ^a	868,0	-	868,6	MHz
Kanalabstand	-	60	-	kHz
Sendereinschaltdauer ^b	-	-	1	%
ANMERKUNG Die Kenngrößen sind für das SRD-Band identisch mit den Kenngrößen für die in EN 13757-4 festgelegten Betriebsarten S und R2.				
^a Diese Norm ist für das Frequenzband 868 MHz bis 870 MHz optimiert, kann aber, eine örtliche funktechnische Zulassung vorausgesetzt, auch den Betrieb in anderen Frequenzbändern zulassen.				
^b Die Einschaltdauer muss in den SRD-Bändern den Festlegungen von ETSI EN 300 220-1 entsprechen. Eine örtliche funktechnische Zulassung vorausgesetzt, können für andere Frequenzbänder auch andere Einschaltdauern zulässig sein.				

6.2.2 Sender

Die Parameter für die Sender müssen den Angaben in Tabelle 2 entsprechen.

Tabelle 2 — Betriebsart P, Sender

Kenngröße	Symbol	Mindestens	Typ	Höchstens	Einheit	Bemerkung
Mittenfrequenz ^a (Anderes Gerät)			868,330		MHz	
Mittenfrequenz ^a (Zähler)			$868,030 + n \times 0,06^h$		MHz	
Zulässige Frequenzabweichung (Zähler/Anderes Gerät)			0	± 17	kHz	~ 20 ppm
FSK-Hub		$\pm 4,8$	± 6	$\pm 7,2$	kHz	
Weckrufchiprate ^b			3,12		kcps	
Zulässige Abweichung der Weckrufchiprate			0	$\pm 2,5$	%	
Dauer des Weckrufsignals	t_{WD}	5 200		6 000	µs	
Chiprate der Kommunikation ^b			4,8		kcps	
Zulässige Abweichung der Kommunikationschiprate			0	$\pm 1,5$	%	
Digitale Bitunsicherheit (Jitter) ^c				± 5	µs	
Datenübertragungsrate (Manchester-Codierung) ^d			$f_{chip} \times 1/2$		bps	
Länge der Präambel einschließlich Bit/Byte-Synchronisierung	L_{PR}	96			chips	
Länge der Postambel (des Nachspanns) ^d	L_{PO}	2		16	chips	
Quittierungsfenster ^f	t_{AW}	3		50	ms	
Ansprechverzögerung ^g	t_{RD}	5		10 000	ms	

ANMERKUNG Die Weckrufchiprate wurde so gewählt, dass sie von derselben Master-Uhr abgeleitet werden kann wie die Kommunikationschiprate.

- ^a Diese Norm ist für das Frequenzband 868 MHz bis 870 MHz optimiert, kann aber, eine örtliche funktechnische Zulassung vorausgesetzt, auch den Betrieb in anderen Frequenzbändern zulassen.
- ^b Die Chiprate während der Kommunikation ist eine andere als die Chiprate während des Aufwachens. Damit wird sichergestellt, dass eine laufende Übertragung an einen anderen Knoten nicht von einer getakteten Einheit als Weckrufsignal gedeutet wird.
- ^c Die Bitunsicherheit (bit jitter) ist am Ausgang des Mikroprozessors oder der Codiereinrichtung zu messen.
- ^d Jedes Bit muss durch 2 Chips codiert sein (Manchester-Codierung).
- ^e Die Postambel (Nachspann) muss aus $n = 1$ bis 8 „Einsen“ bestehen, d.h. die Chipfolge muss $n \times (01)$ sein.
- ^f Quittierungsfenster: Nach Senden einer Nachricht muss der Knoten innerhalb einer kürzeren Zeit als dem kleinsten Quittierungsfenster für den Empfang einer Quittierungsnachricht bereit sein. Nach dem Senden einer Nachricht muss der Knoten weiterhin mindestens für die Dauer des größten Quittierungsfensters empfangen.
- ^g Ansprechverzögerung: Nach Empfang einer Anfragenachricht darf der Knoten nicht vor Ablauf der Mindestansprechverzögerung und nach Ablauf der maximalen Ansprechverzögerung mit dem Zurückschicken der Antwort beginnen.
- ^h n muss im Bereich von 0 bis 9 liegen.

6.2.3 Empfänger

Die Parameter für die Empfänger müssen den Angaben in Tabelle 3 entsprechen.

Tabelle 3 — Betriebsart P, Empfänger

Kenngröße	Klasse	Sym- bol	Minde- stens	Typ	Höchst- stens	Einheit	Bemer- kung
Empfindlichkeit ^b	H_R	P_o	−105	−110		dBm	
Unterdrückungsleistung	L_R		3			Klasse ^a	
Unterdrückungsleistung ^c	M_R		2			Klasse ^a	
Unterdrückungsleistung ^{c,d}	H_R		2			Klasse ^a	
Annehmbarer Chipraten- bereich		f_{chip}	4,7	4,8	4,9	kcps	~ 2 %
Annehmbare Abweichung der Chiprate in Nachrichtenkopf und Telegramm		Df_{chip}		0	± 0,2	%	
Aufwachzeit		t_{WUP}			5 000	ms	
Quittierungsverzögerung ^e		t_{AD}	5		48	ms	
Ansprechzeit ^f		t_{RW}			21 000	ms	
ANMERKUNG Die frequenz- und leistungsbezogenen Kenngrößen sind dieselben wie die in EN 13757-4 für die Betriebsart R2 festgelegten Kenngrößen.							
^a Empfängerklasse nach ETSI EN 300 220-1:2000, 9.3. ^b Die Empfindlichkeit ist entweder bei ($\text{BER} < 10^{-2}$) in leitungsgeführten Moden, wie in ETSI EN 300 220-2:2000, 4.1 festgelegt, zu messen oder, falls dies nicht möglich ist, bei einer Block-Annahmerate > 80 %, wie in ETSI EN 300 220-2:2000, 4.2 festgelegt. ^c Zusätzliche Anforderung an die Empfängerklassen MR und HR: Der Empfänger muss die in ETSI EN 301 489-1:2002, 9.2 und ETSI EN 301 489-3, Abschnitt 6 festgelegten Leistungskriterien erfüllen. ^d Zusätzliche Anforderung an die Empfängerklasse HR: Als Mindestwert muss die Selektivität, in ETSI EN 300 220-1:2000 V1-3-1, 9.1 bzw. 9.2 festgelegt, für benachbarte Bänder > 40 dB und für benachbarte Kanäle > 40 dB sein. ^e Quittierungsverzögerung: Nach Empfang einer Nachricht darf der Knoten nicht vor Ablauf der Mindestquittierungsverzögerung mit dem Senden der Quittierung beginnen. Nach Erhalt einer Nachricht muss der Knoten vor dem Ablauf der maximalen Quittierungsverzögerung mit dem Senden der Quittierung beginnen. ^f Ansprechzeit: Nach dem Senden einer Nachricht darf der Knoten, sofern eine Antwort erwartet wird, nicht vor Ablauf der maximalen Ansprechzeit eine Zeitüberschreitung für die Verbindung an der Anwendungsschicht anzeigen. Der Höchstwert berücksichtigt, dass einige der Einheiten ein Weckrufsignal benötigen. Der Höchstwert darf in Abstimmung mit dem Betreiber erhöht werden.							

6.3 Datencodierung

6.3.1 Manchester-Codierung

Bei dieser Betriebsart ist die Manchester-Codierung anzuwenden. Sie erlaubt eine einfache Codierung/Decodierung. Jedes Bit muss entweder als eine „10“-Chipfolge codiert werden, die einen Datenwert von „0“ repräsentiert, oder als eine „01“-Chipfolge, die eine „1“ repräsentiert. Die niedrigere Frequenz muss einem Chipwert von „0“ entsprechen.

6.3.2 Übertragungsreihenfolge der codierten Daten

Jedes Datenbyte ist grundsätzlich mit dem höchstwertigen Bit (en: most significant bit, MSB) zuerst zu übertragen. Die Bytefolge des CRC muss mit dem höherwertigen Byte zuerst übertragen werden. Die Bytefolge aller anderen mehrere Bytes umfassenden Felder muss mit dem niederwertigen Byte zuerst übertragen werden.

6.3.3 Weckruf- und Präambel-Chipfolgen

Dieses Protokoll ist für die Anwendung mit langlebigen batteriebetriebenen Zählern ausgelegt. Es ist wichtig, dass diese Zähler nicht im falschen Moment aktiviert werden. Der Kommunikationsteil des Zählers befindet sich in der Regel im Ruhe- bzw. Ausschaltzustand. Der Zähler muss in regelmäßigen Zeitabständen für eine kurze Zeit auf ein spezielles Weckrufsignal lauschen. Falls kein Weckrufsignal erkannt wird, kann er wieder in den Ruhezustand wechseln.

Die Chiprate für die Weckrufsignale muss eine andere sein als die Chiprate für die normale Kommunikation. Damit wird sichergestellt, dass der normale Datenverkehr nicht als Weckrufsignal gedeutet wird.

Das Weckrufsignal muss noch vor der Präambel gesendet werden, falls für den Sender davon auszugehen ist, dass sich der Empfänger im Ruhezustand befindet. Die Präambel muss unmittelbar nach dem Weckrufsignal folgen. Für diese Betriebsart muss die gesamte Chipfolge der Präambel (Nachrichtenkopf + Synchronisierung) lauten: $n \times (01) 000111 0101 1010 0101$ mit $n \geq 39$.

ANMERKUNG 1 In der Manchester-Codierung ist die Chipfolge 000111 ungültig. Sie wird aber nahe dem Ende des Nachrichtenkopfes dazu verwendet, einem Empfänger zu ermöglichen, den Beginn einer neuen oder stärkeren Übertragung zu erkennen. Dies gilt selbst während des Empfangs einer schwächeren Übertragung. Das Übertönen ermöglicht eine effiziente Kommunikation auch auf einem Kanal, in dem viele schwache Sender aus einem großen Bereich anderenfalls den Empfang eines näher gelegenen (stärkeren) Senders wirksam unterdrücken könnten. Außerdem erlaubt es getakteten Empfängern, sicher zwischen dem Beginn eines gültigen Telegramms und einer zufälligen „Synchronsequenz“ innerhalb einer laufenden Übertragung zu unterscheiden.

ANMERKUNG 2 Das Synchronisationsmuster unterscheidet sich von dem in EN 13757-4 für die Betriebsarten S und R2 festgelegten Muster.

Sämtliche Chips jedes Telegramms, einschließlich Präambel und Postambel, müssen eine ununterbrochene Chipfolge bilden.

6.4 Verbindungsschichtprotokoll

6.4.1 Allgemeines

Das angewendete Protokoll muss symmetrisch sein, d.h. dass unabhängig davon, ob es sich um einen stromaufwärts oder stromabwärts gerichteten Datentransfer handelt, dieselbe Datenformatierung verwendet wird.

Mit Ausnahme der nachstehenden Situationen muss die Verbindungsschicht von EN 60870-5-2, 3.4 mit der Formatklasse FT3 verwendet werden:

- Die beiden in EN 60870-5-1, 6.2.4.4.2 festgelegten Anfangszeichen werden nicht verwendet, weil es stattdessen eine Präambel gibt;
- ein Teil der Informationen des Nachrichtenkopfes, die Adresse des Quellknotens, wird in den zweiten Block verlängert, um eine für Adressfelder ausreichende Größe sicherzustellen.

6.4.2 Telegrammformat

Ein Telegramm muss aus mindestens zwei – wahlweise mehr – Blöcken bestehen.

Das Format des ersten Blocks muss den Angaben in Tabelle 4 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Um zu vermeiden, dass Adressen in zwei Teile getrennt werden, hat der erste Block eine Größe kleiner als 16 Bytes.

Tabelle 4 — Format des ersten Blocks

L-Feld	C-Feld	M1-Feld	A1-Feld	CRC-Feld
1 Byte	1 Byte	2 Bytes	6 Bytes	2 Bytes

Dabei ist

- L-Feld die Gesamtanzahl der Daten in Block 2 ff., wie in EN 60870-5-1 festgelegt;
- C-Feld das Steuerfeld, wie in EN 60870-5-2, 6.1.2 (symmetrische Übertragung) festgelegt;
- M1-Feld das Feld für die Herstellerkennung, für den Zielknoten, wie in EN 13757-4:2013, 11.5.5 festgelegt;
- A1-Feld die Adresse des Zielknotens;
- CRC-Feld das Prüffeld, wie in EN 60870-5-1, Tabelle 1 für die Formatklasse FT3 festgelegt.

ANMERKUNG 2 Die Größe der beiden A-Felder wurde auf 6 Bytes festgesetzt, um die Kompatibilität mit dem in EN 13757-4 festgelegten Zähleradressformat sicherzustellen und damit in der Lage zu sein, den Zähler durch die Verbindungsschichtadresse eindeutig zu identifizieren. Dies erfordert eine Splittung der Gesamtadressinformationen in zwei Blöcke unter Einsetzen eines Teils der Adressinformation in den zweiten Block.

Das Format des zweiten Blocks muss den Angaben in Tabelle 5 entsprechen.

Tabelle 5 — Format des zweiten Blocks

M2-Feld	A2-Feld	CI-Feld	Daten	CRC-Feld
2 Bytes	6 Bytes	1 Byte	(7 Bytes oder, falls es sich um den letzten Block handelt, (L – 9)) Bytes	2 Bytes

Dabei ist

- M2-Feld das Feld für die Herstellerkennung für den Quellknoten, wie in EN 13757-4:2013, 11.5.5 festgelegt;
- A2-Feld die Adresse des Quellknotens;
- CI-Feld das Steuerinformationsfeld;
- Daten Netzwerksteuerung und Anwendungsdaten;
- CRC-Feld Das Prüffeld, wie in EN 60870-5-1, Tabelle 1 für die Formatklasse FT3 festgelegt.

Das Format der anderen optionalen Blöcke muss den Angaben in Tabelle 6 entsprechen.

Tabelle 6 — Optionale Blockformate

Daten	CRC-Feld
(16 Bytes oder, falls es sich um den letzten Block handelt, $((L - 1) \bmod 16) + 1$) Bytes	2 Bytes

Dabei ist

Daten Netzwerksteuerungs- und Anwendungsdaten;
CRC-Feld das Prüffeld, wie in EN 60870-5-1, Tabelle 1 festgelegt.

ANMERKUNG 3 Die Gesamtanzahl der Blöcke, die in einem Telegramm enthalten sein können, ist wegen der Größe des L-Feldes auf 16 begrenzt.

6.4.3 C-Feld

6.4.3.1 Allgemeines

Für Relais, bei denen der Routeransatz zur Anwendung kommt, gelten die in EN 60870-5-2, 6.1.2 festgelegten Anforderungen an die Codierung des C-Feldes. Dies wird als symmetrische Übertragung bezeichnet.

ANMERKUNG In den nachstehenden Unterabschnitten werden die in EN 60870-5-2 definierten Begriffe verwendet.

Das Format des C-Feldes muss Bit für Bit den Angaben in Bild 9 entsprechen.

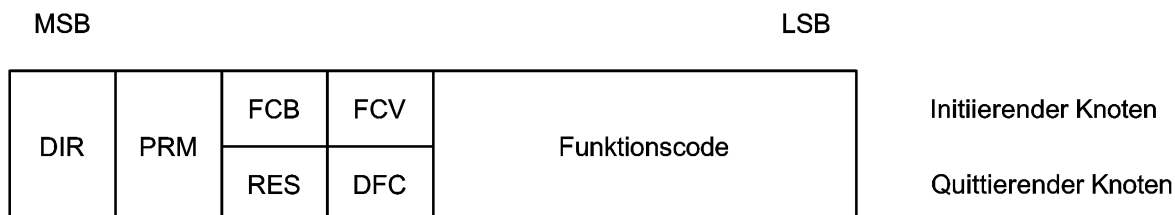


Bild 9 — Datenformat für das C-Feld

6.4.3.2 Bei Initiierung eines Datenaustauschs

Wird ein Datenaustausch initiiert, so gilt Folgendes:

Das DIR-Bit muss ,1' sein, weil die Richtung vom initiierenden Knoten ausgeht.

Das PRM-Bit muss ,1' sein, wenn die Richtung stromabwärts zeigt, und ,0', wenn die Richtung stromaufwärts zeigt.

Die FCB- und FCV-Bitcodierung muss den Angaben in EN 60870-5-2 entsprechen.

Der Funktionscode muss einen der in Tabelle 7 aufgeführten Werte haben.

Tabelle 7 — Initiierungsfunktionscodes

Funktionscode ^a	Symbolischer Name	Funktion	Quittierung
0 _h	LRESET	Rücksetzen der Verbindung (en: link reset), ist zu verwenden, wenn das FCB-Bit für diese Verbindung zurückgesetzt werden muss	Nein
3 _h	SEND	Sende Daten (en: send data), ist zu verwenden, wenn der Knoten normale Daten sendet	Ja
4 _h	BCAST ^b	Sende Daten rund (en: broadcast data), ist zu verwenden, wenn der Knoten Broadcastdaten sendet	Nein
6 _h	INSTALL	Installationsinformationen (en: install information), ist zu verwenden, wenn der Knoten Daten sendet und selbst im Installationsmodus ist	Ja
ANMERKUNG Auf der Ebene der Verbindungsschicht besteht kein Bedarf bezüglich eines REQUEST-Funktionscodes, weil Anfragen und Antworten auf der Ebene der Anwendungsschicht behandelt werden.			
^a Der Wert des 4-Bit-Funktionscodes ist im Hexadezimalformat festgelegt, wie durch den tiefgestellten Index ,h‘ gekennzeichnet.			
^b Broadcastdaten dürfen nicht über Router weitergeleitet werden.			

6.4.3.3 Während der Quittierung eines Datenaustauschs

Bei der Antwort auf einen Datenaustausch gilt Folgendes:

Falls die Richtung vom antwortenden Knoten ausgeht, muss das DIR-Bit ,0‘ sein.

Das PRM-Bit muss ,1‘ sein, wenn die Richtung stromabwärts zeigt, und ,0‘, wenn die Richtung stromaufwärts zeigt.

Das RES-Bit muss ,0‘ sein.

Das DFC-Bit muss ,1‘ sein.

Der Funktionscode muss einen der in Tabelle 8 aufgeführten Werte haben.

Tabelle 8 — Funktionscodes für die Quittierung

Funktionscode	Symbolischer Name	Funktion
0 _h	ACK	Quittierung – ist zu verwenden, wenn der Knoten eine Nachricht mit einem der beiden Funktionscodes SEND oder INSTALL bestätigt
1 _h	NACK	Keine Quittierung – ist zu verwenden, wenn der Knoten eine Nachricht mit einem der Funktionscodes SEND oder INSTALL ablehnt

6.4.4 M- und A-Felder

Die Größe des ersten Blocks ist nach EN 60870-5-1 auf 16 Bytes begrenzt. Dieser Block muss nach EN 60870-5-2 sämtliche Adressenfelder enthalten. Dies lässt ein vollständiges 8-Byte-Adressfeld nicht zu.

Die Adresse wurde in den zweiten Block hinein verlängert, um die Nutzung des vollständigen 8-Byte-Adressfeldes zu ermöglichen. Dies entspricht EN 60870-5-2:1993, 3.4 nicht ganz.

Das M1- und das M2-Feld müssen eine eindeutige Nutzer- bzw. Herstellerkennung eines Knotens enthalten. Die 15 niedrigstwertigen Bits dieser beiden Bytes müssen aus einem dreibuchstabigen Code gebildet werden, wie in EN 13757-3 festgelegt. Falls das höchstwertige Bit des M-Feldes ,0' ist, muss das betreffende A-Feld eine eindeutige (hart programmierte) vom Hersteller festgelegte und aus 6 Bytes bestehende Knotenadresse sein. Falls das höchstwertige Bit des M-Feldes ,1' ist, darf das betreffende A-Feld eine frei programmierbare Adresse sein. Diese Adresse muss über die gesamte Reichweite des Netzwerks eindeutig sein. Eine solche Adresse wird dem Knoten üblicherweise bei der Installation zugewiesen.

Ein Knoten kann über eine Mehrfach-Zielansteuerung verfügen (en: "to be multi-homed"), d.h. er kann auf mehrere Zieladressen ansprechen.

ANMERKUNG Die Reihenfolge des M- und des A-Feldes stellt sicher, dass der Empfangsknoten in der Lage ist, die Zieladresse des Telegramms so früh wie möglich zu erkennen. Auf diese Weise lässt sich die Einschaltzeit und damit der Stromverbrauch besser begrenzen.

EN 60870-5-2 legt fest, dass die Broadcastadresse ein Adressfeld sein muss, dessen Bits sämtlich auf ,1' gesetzt sind. Im hier erörterten Zusammenhang ist dies wie folgt zu interpretieren.

Im verketteten M- und A-Zielfeld müssen sämtliche Bits in einer Broadcastnachricht auf ,1' gesetzt sein. Das M- und A-Quellfeld muss das des Knotens sein, der die Broadcastnachricht sendet.

6.4.5 Das CI-Feld

Das CI-Feld ist der Nachrichtenkopf der oberen Schichten. Die Verwendung dieses Bytes wird in den nachstehenden Abschnitten zur Vermittlungsschicht und zur Anwendungsschicht erläutert.

6.4.6 Nachrichtenbehandlung

6.4.6.1 Allgemeines

Die hier festgelegten Anforderungen an die Nachrichtenbehandlung gelten sämtlich für die Ebene der Verbindungsschicht.

6.4.6.2 Senden von einem initiiierenden Knoten aus

Der Sender sollte vor Initiierung einer Übertragung auf dem gewählten Kanal empfangen, um sicherzustellen, dass die Übertragung keine andere bereits laufende Übertragung unterdrückt.

Der initiiierende Knoten muss zunächst die Nachricht ohne einleitendes Weckrufsignal senden.

Beim ersten und zweiten aufgrund eines NACK erforderlich gewordenen Übertragungswiederholungsversuch muss der initiiierende Knoten der Nachricht eine Nachricht zur Verbindungsrücksetzung (Link Reset) voranstellen. Er darf kein einleitendes Weckrufsignal senden.

Beim ersten aufgrund einer Zeitüberschreitung erforderlich gewordenen Übertragungswiederholungsversuch muss der initiiierende Knoten diese Nachricht mit einleitendem Weckrufsignal senden.

Beim zweiten aufgrund einer Zeitüberschreitung erforderlich gewordenen Übertragungswiederholungsversuch muss der initiiierende Knoten diese Nachricht ohne einleitendes Weckrufsignal senden.

Falls die Übertragung auch nach 3 Versuchen nicht erfolgreich war, muss der initiiierende Knoten ein ,Kein Erfolg'-Merkbit (en: 'not success' flag) an die Vermittlungsschicht übergeben.

6.4.6.3 Senden von einem quittierenden Knoten aus

Der quittierende Knoten muss die Quittierungsnachricht ohne einleitendes Weckrufsignal senden.

ANMERKUNG Dies ist eine Antwort an einen Knoten, der kürzlich eine Nachricht gesendet hat und der daher noch eingeschaltet und aktiv sein sollte.

6.4.6.4 Empfang von einem initiiierenden Knoten

Für den Empfang von einem initiiierenden Knoten gilt Folgendes:

Der empfangende Knoten muss das Telegramm verwerfen, falls die Zieladresse, d.h. das M1- oder das A1-Feld, inkorrekt ist.

Falls die CRC-Prüfung des ersten Blocks fehlschlägt, muss der Knoten das Telegramm verwerfen.

Der Knoten darf die Nachricht nicht quittieren, wenn der Funktionscode keine Quittierung verlangt, siehe Tabelle 4.

Wenn das DIR-Bit ,0' ist, muss der Knoten mit einem NACK antworten.

Falls die FCV/FCB-Steuerung des Telegramms fehlschlägt, muss der Knoten mit einem NACK antworten.

Falls der Funktionscode nicht in der in Tabelle 4 festgelegten Gruppe enthalten ist, muss der Knoten mit einem NACK antworten.

Falls eine der nachfolgenden CRC-Prüfungen der Blöcke fehlschlägt, muss der Knoten mit einem NACK antworten.

Werden alle oben stehenden Prüfungen bestanden, so muss der Knoten mit einem ACK antworten und die Daten an die Vermittlungsschicht weiterleiten.

6.4.6.5 Empfang von einem quittierenden Knoten

Für den Empfang von einem quittierenden Knoten gilt Folgendes:

Der Knoten muss das Telegramm verwerfen, falls die Zieladresse, d.h. das M1- oder das A1-Feld, inkorrekt ist.

Falls die CRC-Prüfung des ersten Blocks fehlschlägt, muss der Knoten die Übertragungswiederholung initiieren.

Falls das DIR-Bit ,1' ist, muss der Knoten die Übertragungswiederholung initiieren.

Falls ein NACK empfangen wird, muss der Knoten die Verbindung zurücksetzen und mit der Übertragungswiederholung beginnen.

Werden alle oben stehenden Prüfungen bestanden, so muss der Knoten ein ,Angenommen'-Merkerbit ('accepted' flag) an die Vermittlungsschicht übergeben.

6.4.7 Anforderungen an das Zeitregime

Die hier festgelegten Anforderungen an das Zeitregime gelten sämtlich für die Ebene der Verbindungsschicht.

Die in diesem Unterabschnitt in Bezug genommenen Zeitregimeparameter sind in den Tabellen 2 und 3 festgelegt.

Falls von der Verbindungsschicht ein ACK oder NACK gesendet werden muss, darf der betreffende Knoten nicht vor Erreichen des Mindestwertes von t_{AW} mit dem Senden der Antwort beginnen.

ANMERKUNG 1 Damit wird sichergestellt, dass der Empfänger im Knoten, der zuvor gesendet hat, sich vor Empfang der Nachricht darauf vorbereiten kann.

Falls von der Verbindungsschicht ein ACK oder NACK gesendet werden muss, muss der Knoten innerhalb von t_{AD} ab dem Ende der empfangenen Nachricht die Antwort senden.

Ein Knoten, der einen ACK oder NACK erwartet, muss eine Zeitüberschreitung für den Transfer anzeigen, falls vor Erreichen des Höchstwertes von t_{AW} keine Daten empfangen wurden.

ANMERKUNG 2 Anfragen und Antworten werden in der Anwendungsschicht behandelt.

6.5 Vermittlungsschichtprotokoll

6.5.1 Allgemeines

Dieses Protokoll darf nur mit der Verbindungsschicht für die Betriebsart P verwendet werden.

Das Vorhandensein eines CI-Feldes legt fest, dass Daten höherer Schichten folgen. Die Struktur von Protokollen höherer Ebenen muss den Angaben in Tabelle 9 entsprechen.

Falls die Vermittlungsschicht leer ist, muss ein CI-Feld $\neq 81_h$ verwendet werden. Eine leere Vermittlungsschicht darf nur dann verwendet werden, wenn eine direkte Verbindung zwischen zwei Endknoten besteht. In diesem Falle wird keine ‚Vermittlungsschichtinformation‘ übertragen, und das erste Byte der höheren Schichten muss das Anwendungsschicht-CI-Feld sein.

Ist eine Vermittlungsschicht vorhanden, so muss ein CI-Feld $= 81_h$ verwendet werden. Der Vermittlungsschichtinformation folgt dann ein sekundäres CI-Feld, das Anwendungsschicht-CI-Feld.

Tabelle 9 — Format der höheren Schichten

CI	Hop-Info	Adresse 1	...	Adresse n	App-CI	Anwendungsdaten
81_h	2 Bytes	8 Bytes		8 Bytes	1 Byte	x Bytes
Vermittlungsschichtinformation					Anwendungsschichtinformation	

6.5.2 Vermittlungsschichtformat

Das Format der Vermittlungsschichtinformationen ist im Wesentlichen eine Liste der für die einzelnen Hops zu nutzenden Zwischenrouter. Das Format muss den Angaben in Tabelle 10 entsprechen.

Tabelle 10 — Format der Vermittlungsschicht

CI	Hop-Anzahl	Aktueller Hop	Quell-adresse	Zwischen-adresse 1	...	Zwischen-adresse n	Ziel-adresse
81_h	1 Byte	1 Byte	8 Bytes	8 Bytes		8 Bytes	8 Bytes

Dabei ist

CI 1 Byte – muss 81_h sein; legt fest, dass eine Vermittlungsschichtinformation folgt;

Hop-Anzahl 1 Byte – die Gesamtanzahl der auszuführenden Hops, im Bereich von 1 bis 10;

ANMERKUNG 1 Dieses Feld ist ,1', falls es sich um einen Ende-zu-Ende-Transfer ohne irgendwelche Zwischenknoten handelt. Die Gesamtanzahl der Adresselemente in der Vermittlungsschichtinformation ist die Hop-Anzahl + 1, weil auch die Quelladresse übertragen wird.

Aktueller Hop 1 byte, Anzahl der nächsten Zwischenknoten als Verwendung des Ziels, Bereich 1 .. 10.

ANMERKUNG 2 Dieses Feld hat während des ersten Hops, d. h. beim Senden vom Endknoten aus, den Wert ,1'. Beim letzten Hop, d. h. beim Empfang durch den betreffenden Endknoten, hat es den Wert ,Hop-Anzahl'.

Quelleadresse	8 Bytes – die Verbindungsschichtadresse des initiiierenden Endknotens; sie muss auch in den Vermittlungsschichtdaten enthalten sein, um sicherzustellen, dass eine Antwort zurückgeschickt werden kann; dieses Feld ist die Konkatenation des M- und des A-Feldes aus der Verbindungsschicht;
Zwischenadresse 1	8 Bytes – optional; die Verbindungsschichtadresse des ersten bei diesem Transfer zu nutzenden Zwischenknotens (Routers); muss leer sein, falls es sich um eine Ende-zu-Ende-Verbindung handelt;
Zwischenadresse n	8 Bytes – optional; die Verbindungsschichtadresse des letzten bei diesem Transfer zu nutzenden Zwischenknotens (Routers); ist nur ein Router vorhanden, so ist dies Zwischenadresse 1; muss leer sein, falls es sich um eine Ende-zu-Ende-Verbindung handelt; es kann bis zu 9 Zwischenadressen geben;
Zieladresse	8 Bytes – die Verbindungsschichtadresse des empfangenden Endknotens für den Datentransfer.

Daten im Vermittlungsschichtprotokoll dürfen nicht bewegt werden, während Daten durch das Netzwerk übertragen werden. Der einzige Parameter, der sich bei diesem Hop ändern darf, ist das Feld ,Aktueller Hop'. Dessen Wert muss inkrementell erhöht werden. Die Reihenfolge der Vermittlungsschicht-Adresselemente muss am Endknoten umgekehrt werden, bevor eine Antwort an den initiiierenden Knoten zurückgesendet werden kann.

6.5.3 Weitervermittlungsregeln

Die folgenden Regeln sind bei der Behandlung von Informationen an der Vermittlungsschicht und der Weitergabe von Steuerinformationen von der Vermittlungsschicht an die Verbindungsschicht zu befolgen:

- Beim initiiierenden Endknoten muss der ,aktuelle Hop' ,1' sein.
- Der Wert der ,Hop-Anzahl' muss im Bereich von 1 bis 10 liegen. Falls der Wert der ,Hop-Anzahl' außerhalb dieses Bereichs liegt, ist das Telegramm abzuweisen.
- Falls der Wert des ,aktuellen Hops' außerhalb des Bereichs von ,1' bis ,Hop-Anzahl' liegt, ist das Telegramm abzuweisen.
- In den Vermittlungsschichtdaten muss es ein ,Hop-Anzahl + 1'-Adresselement, einschließlich der Quell- und der Zieladresse geben.
- Die Quelladresse kann als ,Zwischenadresse 0' und die Zieladresse als ,Zwischenadresse (Hop-Anzahl)' interpretiert werden.
- In einem Zwischenknoten (Router) müssen die Verbindungsschichtadressen für den nächsten Hop wie folgt generiert werden:
 - Die Information ist von ,Zwischenadresse (Aktueller Hop – 1)' zum Quelladressenfeld in der Verbindungsschicht zu verschieben;

- 2) die Information von ‚Zwischenadresse (Aktueller Hop)‘ ist in das Zieladressenfeld in der Verbindungsschicht zu verschieben.
- g) Der Zwischenknoten (bzw. der initiiierende Knoten) muss dann die Informationen an die Verbindungsschicht weitergeben, d.h. die Daten senden.
- h) Falls ‚Aktueller Hop‘ = ‚Hop count‘ gilt, muss der empfangende Knoten die Daten an die Anwendungsschicht weitergeben.
- i) Falls ‚Aktueller Hop‘ < ‚Hop-Anzahl‘, muss der empfangende Knoten den Wert von ‚Aktueller Hop‘ inkrementell erhöhen und von Schritt f) an wiederholen.
- j) Falls die Verbindungsschicht beim Senden von Daten ein ‚Kein Erfolg‘-Merkerbit (‘not success’ flag) ausgibt, muss der sendende Knoten folgende Fehlerbehandlung ausführen:
 - 1) Falls der Transfer stromabwärts gerichtet ist, muss der sendende Knoten eine Fehlermeldung an den Datenerfassungsendknoten zurückschicken;
 - 2) Falls der Transfer stromaufwärts gerichtet ist, kann der sendende Knoten die Informationen über die fehlende Stromaufwärtsverbindung wahlweise in einem Fehlerprotokoll speichern und er muss einen Merker setzen, dass die Stromaufwärtsverbindung fehlerhaft ist.

Das Protokoll ist auf der Ebene der Verbindungsschicht und der Ebene der Vermittlungsschicht symmetrisch, auf der Ebene der Anwendungsschicht dagegen mastergesteuert. Der Zähler sendet nur dann Daten, wenn er dazu von der Datenerfassungseinheit aufgefordert wurde. Ein in der Strecke stromaufwärts auftretender Fehler hat in der Strecke stromabwärts entweder eine Zeitüberschreitung in Bezug auf die Quittierung auf der Verbindungsschichtebene oder eine Zeitüberschreitung in Bezug auf die Antwort auf der Anwendungsschichtebene zur Folge. Es obliegt in diesem Falle der Datenerfassungseinheit zu entscheiden, was zu tun ist. Der Zwischenknoten darf die Daten bei Übertragungsfehlern in der Richtung stromaufwärts nicht in eine Warteschlange schicken.

6.6 Anwendungsschichtprotokoll

6.6.1 CI-Feld

Das CI-Feld bzw. das Steuerinformationsfeld zeigt den Typ der folgenden Anwendungsdaten an. Tabelle 11 enthält spezielle Werte, die in den nachstehenden Abschnitten beschrieben sind. Zusätzlich zu den aufgeführten CI-Feld-Werten dürfen allgemeine Datenelemente und herstellerspezifische CI-Felder verwendet werden. Zu solchen Werten siehe EN 13757-3:2013, Tabelle 1.

Tabelle 11 — Anwendungsschicht, Steuerinformationsfeld

CI-Wert	Bezeichnung	Bemerkungen
6E _h	Fehlerberichtsdaten	Anwendungsfehler vom Gerät (kurzer Nachrichtenkopf)
6F _h	Fehlerberichtsdaten	Anwendungsfehler vom Gerät (langer Nachrichtenkopf)
70 _h	Fehlerberichtsdaten	Anwendungsfehler vom Gerät (kein Nachrichtenkopf)
81 _h	Vermittlungsschichtdaten	Als Anwendungsschichtdaten nicht zulässig
82 _h	Reserviert	Reserviert für Netzwerkmanagementdaten
83 _h	Netzwerkmanagementanwendung	Für das Vermittlungsschichtmanagement

6.6.2 Fehlerberichtdienst

6.6.2.1 Allgemeines

Ein Vermittlungsknoten muss einen Fehlerberichtdienst enthalten. Der Knoten muss den Dienst zur Ausgabe von Fehlerzustandsinformationen nutzen. Die ausgegebenen Fehlerinformationen müssen ein CI-Feld von $6E_h$, $6F_h$ oder 70_h nutzen. Das erste auf das CI-Feld folgende Byte ist ein Typ-Feld. Das Format der Daten muss den Angaben in Tabelle 12 entsprechen.

Tabelle 12 — Format der Fehlerzustandsdaten

CI	Typ	Anwendungsdaten
$6E_h/6F_h/70_h$	XX_h	Weitere Fehlerinformationen
1 Byte	1 Byte	n Bytes

Das Typ-Feld kann die in Tabelle 13 angegebenen Werte enthalten.

Tabelle 13 — Fehlerart

Typ-Wert	Bezeichnung	Bemerkungen
00 _h	Nicht spezifizierter Fehler	Nicht spezifizierter Fehler oder fehlendes Datenfeld
01 _h	Keine Anwendung	Nicht implementiertes CI-Feld
02 _h – 09 _h	Anwendungsfehler	Kompatibel mit EN 13757-3
0A _h – 10 _h		Reserviert
11 _h	Keine Funktion	Funktion im Netzwerkmanagement nicht implementiert
12 _h	Datenfehler	Zu liefernde Daten sind nicht verfügbar
13 _h	Weitervermittlungsfehler	Kann die Daten nicht weiterleiten
14 _h	Zugriffsverletzung	Verletzung des Datenzugriffsrechts
15 _h	Parameterfehler	Falscher oder fehlender Parameter
16 _h	Größenfehler	Die angeforderte Datenmenge kann nicht gehandhabt werden
17 _h – 1F _h		Reserviert
20 _h	Falscher Verschlüsselungscode	Entschlüsselung fehlgeschlagen ^a
21 _h	Falsches Verschlüsselungsverfahren	Verschlüsselungsverfahren nicht unterstützt
22 _h – EF _h		Reserviert
F0 _h		Dynamischer Anwendungsfehler ^b
F1 _h – FF _h	Herstellerspezifisch	Herstellerspezifische Fehlerinformation

^a Dieser Fehler war zuvor als „Zählerinstallationsmodus“ definiert. Er wurde um der Kompatibilität mit EN 13757-3 willen geändert.

^b Der Datenpunkt ist als ein M-Bus-spezifischer Datenpunkt mit einleitendem DIF/VIF codiert. Die Deklaration ist händlerspezifisch. Der dynamische Anwendungsfehler ist auf 7 Bytes begrenzt.

Die detaillierte Spezifikation der verschiedenen Arten von Fehlerzuständen ist in den nachstehenden Unterabschnitten festgelegt.

6.6.2.2 Keine Anwendung

Dieser Fehlerzustand muss von der Anwendungsschicht ausgegeben werden, falls das angeforderte CI-Feld der Anwendung im betreffenden Knoten nicht implementiert ist. Auf das Typ-Feld muss eine Kopie des fehlerbehafteten CI-Feldes folgen.

6.6.2.3 Anwendungsfehler

Diese Fehlercodes dürfen verwendet werden, wenn eine Anwendungsschicht nach EN 13757-3 implementiert ist.