

DIN EN 13757-4



ICS 33.200; 35.100.10; 35.100.20

Einsprüche bis 2024-10-23
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13757-4:2019-09

Entwurf

**Kommunikationssysteme für Zähler –
Teil 4: Drahtlose M-Bus-Kommunikation;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13757-4:2024**

Communication systems for meters –
Part 4: Wireless M-Bus communication;
German and English version prEN 13757-4:2024

Systèmes de communication pour compteurs –
Partie 4: Communication sans fil M-Bus;
Version allemande et anglaise prEN 13757-4:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-08-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nhrs@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 222 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS)
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Das Dokument prEN 13757-4:2024 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 294 „Kommunikationssysteme für Zähler“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13757-4:2019-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) referenzierte Normen auf die neuesten Versionen aktualisiert;
- b) Aufnahme von Sensoren und Aktoren, die als Teil der Bereitstellung von Messdiensten verwendet werden;
- c) Streichung der Low Performance Receiver Class, siehe 5.3;
- d) Entfernen von Digital Bit Jitter siehe, 6.2;
- e) Erläuterung zur Adressierung, siehe 12.5.6;
- f) Erweiterung der Schemata für Installationsmeldungen, siehe 12.6.1;
- g) Einführung von FAC-Übertragungsverzögerung, siehe 14.2.2.13;
- h) Einführung von Error2-Meldung, siehe 14.2.3.6;
- i) SF2-Feld ausgefüllt, siehe 14.3.3.3;
- j) Aktualisierung der Frequenzzuweisung für das 868-MHz-Band, Angleichung des Formats an Anhang B, siehe Anhang A;
- k) redaktionelle Überarbeitung des Dokuments.

August 2024

prEN 13757-4

Kommunikationssysteme für Zähler – Teil 4: Drahtlose M-Bus-Kommunikation

Communication systems for meters – Part 4: Wireless M-Bus communication

Systèmes de communication pour compteurs – Partie 4: Communication sans fil M-Bus

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	7
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
4 Symbole und Abkürzungen	12
4.1 Abkürzungen	12
4.2 Symbole	12
5 Allgemeines	13
5.1 Betriebsarten	13
5.2 Zähler-Kommunikationsarten	14
5.3 Leistungsklassen	17
6 Betriebsart S	18
6.1 Kanaleigenschaften	18
6.2 Transmitter	19
6.3 Empfänger	20
6.4 Datenkodierung und Präambel	20
6.4.1 Datenkodierung	20
6.4.2 Übertragungsreihenfolge der kodierten Daten	20
6.4.3 Präambel und Synchronisationsmuster	20
7 Betriebsart T	21
7.1 Kanaleigenschaften	21
7.2 Transmitter	21
7.3 Empfänger	22
7.4 Datenkodierung und Präambel	23
7.4.1 Allgemeines	23
7.4.2 Zählerübertragung, „3 von 6“-Kodierung	23
7.4.3 Anderes Gerät Übertragung, Manchester-Kodierung	24
8 Betriebsart R2	25
8.1 Kanaleigenschaften	25
8.2 Transmitter	25
8.3 Empfänger	26
8.4 Datenkodierung und Präambel	27
8.4.1 Datenkodierung	27
8.4.2 Übertragungsreihenfolge der kodierten Daten	27
8.4.3 Präambel und Synchronisationsmuster	27
9 Betriebsart C	28
9.1 Kanaleigenschaften	28
9.2 Transmitter	28
9.3 Empfänger	30
9.4 Datenkodierung und Präambel	30
9.4.1 Kodierung	30
9.4.2 Präambel und Synchronisationsmuster	30
10 Betriebsart N	31
10.1 Kanaleigenschaften	31
10.2 Parameter der physischen Verbindung	32
10.3 Empfindlichkeit von Empfängern	34
10.4 Datenkodierung und Präambel	35
10.4.1 Kodierung	35
10.4.2 Präambel und Synchronisationsmuster	35
11 Betriebsart F	36

11.1	Kanaleigenschaften	36
11.2	Parameter der physischen Verbindung	36
11.3	Empfindlichkeit von Empfängern	37
11.4	Datenkodierung und Präambel	37
11.4.1	Datenkodierung	37
11.4.2	Präambel und Synchronisationsmuster	38
12	Datenverbindungsschicht	38
12.1	Allgemeines	38
12.2	Reihenfolge von Mehrfachbyte-Feldern	38
12.3	Frame-Format A	38
12.4	Frame-Format B	39
12.5	Felddefinitionen	40
12.5.1	Allgemeines	40
12.5.2	Mehrfachbyte-Felder	40
12.5.3	Längenfeld (L-Feld)	40
12.5.4	Steuerfeld (C-Feld)	40
12.5.5	Hersteller-ID (M-Feld)	43
12.5.6	Adresse (A-Feld)	43
12.5.7	Zyklische Redundanzprüfung (CRC-Feld)	44
12.5.8	Steuerinformationsfeld (CI-Feld)	44
12.6	Zeitsteuerung	44
12.6.1	Zeitsteuerung für Installationsnachrichten	44
12.6.2	Synchrone Übertragungen von Zählernachrichten	45
12.6.3	Zugriffs-Zeitsteuerung	46
12.7	Wiederholte oder doppelte Nachrichten	48
12.8	Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC)	48
12.8.1	Übersicht	48
12.8.2	Datagrammstruktur	48
12.8.3	FEC-Algorithmus	49
13	Verbindung zu höheren Protokollschichten	50
13.1	Das Steuerinformationsfeld (CI-Feld)	50
13.2	CI-Felder für die Extended Link Layer	52
13.2.1	Allgemeines	52
13.2.2	CI-Feld = $8C_h$	53
13.2.3	CI-Feld = $8D_h$	53
13.2.4	CI-Feld = $8E_h$	53
13.2.5	CI-Feld = $8F_h$	53
13.2.6	CI-Feld = 86_h	53
13.2.7	Kommunikationssteuerfeld (CC-Feld)	54
13.2.8	Zugriffsnummer-Feld (ACC-Feld)	56
13.2.9	Hersteller-ID 2 (M2-Feld)	56
13.2.10	Adresse 2 (A2-Feld)	56
13.2.11	Sitzungsnummer-Feld (SN-Feld)	56
13.2.12	AES-128 Zählerbetriebsart-Verschlüsselung	57
13.2.13	Laufzeitverzögerung (RTD-Feld)	58
13.2.14	Empfangsstärkefeld (RXL-Feld)	59
13.2.15	Nutzdaten-Prüfsummenfeld (PayloadCRC-Feld)	60
13.3	CI-Felder für die Transportschicht	61
13.3.1	Allgemeines	61
13.3.2	Kurze Transportschicht	61
13.3.3	Lange Transportschicht	61
14	Managementfunktionen für die Verbindungssteuerung	61
14.1	Allgemeines	61
14.2	Funkparameter einstellen	66
14.2.1	Allgemeines	66
14.2.2	Befehl	66
14.2.3	Antwort	70

14.3	Funkparameter abrufen	72
14.3.1	Allgemeines	72
14.3.2	Befehl	72
14.3.3	Antwort	73
14.4	Einstellen der begrenzten Funkparameter	75
14.4.1	Allgemeines	75
14.4.2	Befehl	75
14.4.3	Antwort	76
14.5	Funkparameter bestätigen	77
14.5.1	Allgemeines	77
14.5.2	Befehl	77
14.5.3	Antwort	78
14.6	Herstellerspezifische Parameter einstellen	79
14.6.1	Allgemeines	79
14.6.2	Befehl	79
14.6.3	Antwort	80
Anhang A	(informativ) Frequenzzuweisung und Übertragungsleistung für das 868 MHz-Band	81
Anhang B	(informativ) Frequenzzuweisung für das 169 MHz-Band	83
B.1	Frequenzen und zulässige Leistungsstufen	83
B.2	Frequenzen und zulässige Lastzyklen	83
Anhang C	(informativ) Beispiele für Frames	85
C.1	Beispiel für einen Frame eines Zählers in der Betriebsart S	85
C.1.1	Bedingungen	85
C.1.2	Blockinhalt	85
C.1.3	Bit String	86
C.2	Beispiel für einen Frame eines Zählers in der Betriebsart T1	86
C.2.1	Bedingung	86
C.2.2	Blockinhalt	87
C.2.3	Bit String	87
C.3	Beispiel für einen Frame eines Zählers in der Betriebsart C1	88
C.3.1	Bedingungen	88
C.3.2	Blockinhalt	88
C.3.3	Bit String	89
Anhang D	(informativ) Beispiel für den prädiktiven Empfang synchroner Nachrichten	90
Anhang E	(informativ) Zeitsteuerungs-Diagramme	91
Anhang F	(informativ) Zählerbetriebsart-Ablauf	114
Literaturhinweise		115

Bilder

Bild 1	— Beispiel für die Nutzung des RXL-Felds (Verwendung der RSSI)	60
Bild 2	— Vorbereitung auf die Änderung von Funkparameter	64
Bild 3	— Start nach Änderung der Funkparameter	65
Bild A.1	— Frequenzzuweisung und Übertragungsleistung für das 868 MHz-Band	81
Bild A.2	— Frequenzzuweisung und Lastzyklus für das 868 MHz-Band	82
Bild B.1	— Frequenzen und zulässige Leistungsstufen	83
Bild B.2	— Frequenzen und zulässige Lastzyklen	84
Bild D.1	— Vorhersage der synchronen Übertragungszeit	90
Bild E.1	— Legende für das Lesen des Zeitsteuerungs-Diagramms	93
Bild E.2	— Installations-Zeitsteuerung	94
Bild E.3	— Verbindung unter Verwendung der langen Transportschicht	96
Bild E.4	— Verbindung unter Verwendung der kurzen Transportschicht	98
Bild E.5	— Timeout, Mehrfachzugriffzyklus	100
Bild E.6	— Zugriffsaufforderung	101
Bild E.7	— RF-Verbindung unter Verwendung von SND-UD2	103

Bild E.8 — Betriebsart C, übliche Übertragung	104
Bild E.9 — Betriebsart C, Übertragung unter Verwendung des Repeaters	106
Bild E.10 — Betriebsart C unter Verwendung des Mehrfachzugriffzyklus	108
Bild E.11 — Betriebsart C, schnelle oder langsame Antwortverzögerung	109
Bild E.12 — Vorbereitung für Multicast	110
Bild E.13 — Multicast-Synchronisierung und Übertragung unter Verwendung von SND-UD3	113
Bild F.1 — AES (128) Verschlüsselungsablauf der Zählerbetriebsart	114
Bild F.2 — AES (128) Entschlüsselungsverlauf der Zählerbetriebsart	114

Tabellen

Tabelle 1 — Zähler-Kommunikationsarten	14
Tabelle 2 — Transmitter-Leistungsklassen	18
Tabelle 3 — Empfänger-Leistungsklassen	18
Tabelle 4 — Betriebsart S, Kanaleigenschaften	18
Tabelle 5 — Betriebsart S, Transmitter	19
Tabelle 6 — Betriebsart S, Empfänger	20
Tabelle 7 — Betriebsart T, Kanaleigenschaften	21
Tabelle 8 — Betriebsart T, Transmitter	21
Tabelle 9 — Empfänger (nur T2)	22
Tabelle 10 — Betriebsart T, Zählerübertragung, „3 von 6“-Datenkodierung	23
Tabelle 11 — Betriebsart R2, Kanaleigenschaften	25
Tabelle 12 — Betriebsart R2, Transmitter	25
Tabelle 13 — Betriebsart R2, Empfänger	27
Tabelle 14 — Betriebsart C, Kanaleigenschaften	28
Tabelle 15 — Betriebsart C, Transmitter	28
Tabelle 16 — Betriebsart C, Empfänger	30
Tabelle 17 — Betriebsart N, Kanaleigenschaften, Subband A	31
Tabelle 18 — Betriebsart N, Kanaleigenschaften, Subband B	31
Tabelle 19 — Betriebsart N, Kanaleigenschaften, Subband C	31
Tabelle 20 — Betriebsart N, Kanaleigenschaften, Subband D	32
Tabelle 21 — Betriebsart N, Frequenzen und Kanäle	32
Tabelle 22 — Betriebsart N, Modulation und Zeitsteuerung	33
Tabelle 23 — Betriebsart N, Empfänger	34
Tabelle 24 — Betriebsart F, Kanaleigenschaften	36
Tabelle 25 — Betriebsart F, Transmitter-Parameter	36
Tabelle 26 — Betriebsart F, Empfänger	37
Tabelle 27 — Format A, Format des ersten Blocks	38
Tabelle 28 — Format A, Format des zweiten Blocks	39
Tabelle 29 — Format A, Formate optionaler Blöcke	39
Tabelle 30 — Format B, Format des ersten Blocks	39
Tabelle 31 — Format B, Format des zweiten Blocks	39
Tabelle 32 — Format B, Format optionaler Block (Blöcke)	39
Tabelle 33 — C-Feld-Datenformat	40
Tabelle 34 — Funktionscodes des C-Felds in von Primärstationen gesendeten Nachrichten	41
Tabelle 35 — Funktionscodes des C-Felds in von Sekundärstationen gesendeten Nachrichten	42
Tabelle 36 — Höchstwerte des Nennübertragungsintervalls, t_{NOM}	45
Tabelle 37 — Zugänglichkeit eines R-, S-, T-, C-, N-, F-Zählers	47
Tabelle 38 — Datagrammstruktur mit FEC	48
Tabelle 39 — FEC-Headerstruktur	49
Tabelle 40 — Zuweisung der FEC-ID	49
Tabelle 41 — Mögliche Nutzung der FEC für verschiedene Betriebsarten	50
Tabelle 42 — CI-Feld	50
Tabelle 43 — CI-Felder für die Extended Link Layer	52
Tabelle 44 — Extended Link Layer mit $\text{CI} = 8\text{C}_h$	53

Tabelle 45 — Extended Link Layer mit CI = 8D _h	53
Tabelle 46 — Extended Link Layer mit CI = 8E _h	53
Tabelle 47 — Extended Link Layer mit CI = 8F _h	53
Tabelle 48 — Extended Link Layer mit CI-Feld 86 _h	54
Tabelle 49 — Steuerung der Extended Link Layer, ECL, Feld (1 Byte)	54
Tabelle 50 — Kommunikationssteuerfeld	55
Tabelle 51 — Spezifikation der Antwortverzögerung	55
Tabelle 52 — Sitzungsnummer-Feld	56
Tabelle 53 — Verschlüsselung	57
Tabelle 54 — AES-128 (CTR) Anfangszählerblock	58
Tabelle 55 — Bedeutung des RXL-Felds	59
Tabelle 56 — Kodierung der Empfangsstärke (RL) im RXL-Feld	59
Tabelle 57 — Kurze Transportschicht	61
Tabelle 58 — Lange Transportschicht	61
Tabelle 59 — Funktionsfelder für das Management von Funkparametern	62
Tabelle 60 — Format des „Funkparameter einstellen“-Befehls, Teil 1	66
Tabelle 61 — Format des „Funkparameter einstellen“-Befehls, Teil 2	66
Tabelle 62 — SF-Feld-Zuweisung	66
Tabelle 63 — Zuweisung des SF2-Felds	67
Tabelle 64 — Betriebsartenwahl	68
Tabelle 65 — Auswahl des Frame-Formats	68
Tabelle 66 — Konfiguration von Tx-Leistung	68
Tabelle 67 — Format herstellerspezifischer Befehle	69
Tabelle 68 — Format der „Funkparameter einstellen“-Antwort	70
Tabelle 69 — SF-Feld-Zuweisung	70
Tabelle 70 — Verwendete Leistungsstufe	71
Tabelle 71 — Fehlermeldung	71
Tabelle 72 — Error2-Meldung (Teil 1)	72
Tabelle 73 — Error2-Meldung (Teil 2)	72
Tabelle 74 — Format des „Funkparameter abfragen“-Befehls	72
Tabelle 75 — Format der „Funkparameter abfragen“-Antwort, Teil 1	73
Tabelle 76 — Format der „Funkparameter abfragen“-Antwort, Teil 2	73
Tabelle 77 — SF-Feld-Zuweisung	73
Tabelle 78 — Zuweisung des SF2-Felds	74
Tabelle 79 — Format des Befehls „Begrenzte Funkparameter einstellen, Teil 1	75
Tabelle 80 — Format des Befehls „Begrenzte Funkparameter einstellen, Teil 2	75
Tabelle 81 — SF-Bit-Zuweisung	76
Tabelle 82 — Format der Antwort „Begrenzte Funkparameter einstellen“	76
Tabelle 83 — Format des Befehls „Funkparameter bestätigen“	77
Tabelle 84 — SF-Bit-Zuweisung	77
Tabelle 85 — Format der Antwort „Funkparameter bestätigen“	78
Tabelle 86 — SF-Bit-Zuweisung	78
Tabelle 87 — Zuweisung der Fehlermeldung	78
Tabelle 88 — Format herstellerspezifischer Befehle	79
Tabelle 89 — Zuweisung des SF-Felds	79
Tabelle 90 — Format der herstellerspezifischen Antwort	80
Tabelle 91 — SF-Bit-Zuweisung	80
Tabelle C.1 — Blockinhalt in der Betriebsart C, Format B	88

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13757-4:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 294 „Kommunikationssysteme für Zähler“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13757-4:2019 ersetzen.

prEN 13757-4:2024 beinhaltet die folgenden wesentlichen technischen Änderungen im Vergleich zu EN 13757-4:2019:

Die wesentlichen Änderungen seit EN 13757-4:2019 sind folgende:

- Referenznormen wurden auf die aktuellen Versionen aktualisiert;
- Sensoren und Stellantriebe werden als Teil der Bereitstellung von Messdienstleistungen verwendet;
- Niedrigleistungs-Empfängerklasse wurde entfernt, siehe 5.3;
- Digitales Bit-Flimmern entfernt, siehe 6.2;
- Erläuternde Anmerkungen zu Adressierung, siehe 12.5.6;
- Erweiterung der Installationsnachrichten-Schemata, siehe 12.6.1;
- Einführung der FAC-Übertragungsverzögerung, siehe 14.2.2.13;
- Error2-Nachricht eingeführt, siehe 14.2.3.6;
- SF2-Feld ist befüllt, siehe 14.3.3.3;
- Aktualisierung der Frequenzzuweisung für das 868 MHz-Band, Abstimmung des Formats mit Anhang B, siehe Anhang A.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission CEN erteilt hat. Der Ständige Ausschuss der EFTA-Staaten genehmigt anschließend diese Aufträge für die Mitgliedsstaaten.

Die Norm ist nicht durch Anforderungen der Richtlinie 2004/22/EG betroffen, da sie nur die grundlegenden Übertragungsinformationen des Zählers an eine externe Einheit abdeckt. Die Norm stellt sicher, dass übertragene Daten nicht unerkannt verändert werden können. Vertraulichkeit, Integrität und Authentizität werden durch die in anderen Teilen der Normenreihe EN 13757 festgelegten Fähigkeiten ermöglicht. Die Norm legt keine Messfähigkeiten des Zählers und keine metrologischen Fähigkeiten desselben fest.

Die Norm ermöglicht die verschlüsselte Datenübertragung entweder direkt oder wie in anderen Teilen der Normenreihe EN 13757 festgelegt. Die Verschlüsselung stellt die Vertraulichkeit aller personenbezogenen Daten sicher.

Die Norm sieht Interoperabilitäts-Fähigkeiten von Zählern vor, wie in M/441 gefordert, die verwendet werden können, um das Bewusstsein des Kunden für den tatsächlichen Verbrauch zu verbessern.

Einleitung

Dieses Dokument ist Teil der Normenreihe EN 13757, die Kommunikationssysteme für Zähler behandelt.

EN 13757-1 enthält allgemeine Beschreibungen und ein Kommunikationsprotokoll.

EN 13757-2 beschreibt eine Bitübertragungs- und eine Verbindungsschicht für einen zweidrahtbasierten Zählerbus (M-Bus).

EN 13757-3 beschreibt die Anwendungsschicht-Protokolle (oftmals als M-Bus bezeichnet).

EN 13757-5 beschreibt das für die Wiederholung, Weitervermittlung und das Routing für die in EN 13757-4 beschriebenen Betriebsarten zu nutzende Funknetz.

EN 13757-7 beschreibt Transport- und Sicherheitsdienste.

EN 13757-8 beschreibt die für die drahtlose Kommunikation anzuwendende Anpassungsschicht außer drahtlosem M-Bus

Diese oberen M-Bus-Protokollschichten können mit verschiedenen Bitübertragungsschichten und mit Verbindungsschichten sowie Netzwerkschichten verwendet werden, die die Übertragung von binären transparenten Nachrichten von variabler Länge unterstützen. Häufig werden die Bitübertragungsschichten und die Verbindungsschichten von EN 13757-2 (Zweidraht) und EN 13757-4 (drahtlos) sowie EN 13757-5 (drahtlos mit Routingfunktion) oder die in EN 13757-1 beschriebenen Alternativen verwendet.

Die verschiedenen Teile dieser Norm werden durch CEN/TR 17167 ergänzt, die Beispiele und ergänzende Informationen in Bezug auf EN 13757-2, EN 13757-3 und EN 13757-7 enthält.

Diese oberen M-Bus-Protokollschichten wurden für einen minimalen Batterieverbrauch der Zähler optimiert, um eine längere Batterielebensdauer der Zähler sicherzustellen, insbesondere im Fall einer drahtlosen Kommunikation. Zweitens wurden sie für eine minimale Nachrichtenlänge optimiert, um die Belegung des drahtlosen Kanals und somit die Kollisionsrate zu minimieren. Drittens wurden diese so optimiert, dass an den Zählerprozessor bezüglich der RAM-Größe, Codelänge und Rechenleistung nur minimale Anforderungen gestellt werden.

In dieser Norm liegt der Schwerpunkt auf der Zählerkommunikation. Der Zähler kommuniziert mit einem (oder manchmal mehreren) festen oder mobilen Kommunikationspartnern, die wiederum Teil eines privaten oder öffentlichen Netzwerks sind. Diese weiteren Kommunikationssysteme können dieselben oder andere Anwendungsschichtprotokolle, Sicherheits-, Privatsphäre-, Authentifizierungs- und Managementverfahren verwenden.

Das Europäische Komitee für Normung (CEN) weist darauf hin, dass die Übereinstimmung mit diesem Dokument die Verwendung eines Patents bezüglich der vorwärts gerichteten Fehlerkorrektur in 12.8 bedeuten kann.

CEN nimmt keine Stellung bezüglich des Nachweises, der Gültigkeit und des Geltungsbereichs dieses Patentrechts.

Der Inhaber dieses Patentrechts hat CEN gegenüber eine Bereitschaft versichert, mit Anwendern weltweit über Lizenzen zu annehmbaren und nicht benachteiligenden Bedingungen zu verhandeln. Diesbezüglich ist die Erklärung des Inhabers dieses Patentrechts bei CEN registriert. Informationen können unter der folgenden Adresse angefordert werden:

Kamstrup A/S

Rasmus Sjøby Dupont, IP Manager, Technology

Industrivej 28, Stilling

8660 Skanderborg

Dänemark

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Teile dieses Dokuments noch weitere Patentrechte berühren können, ohne dass diese vorstehend identifiziert wurden. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen an die Parameter für die Bitübertragungs- und Verbindungsschicht für Systeme, die Funk für das Fernablesen von Zählern verwenden, fest. Das Hauptaugenmerk liegt auf nichtlizenzierten Bändern von Funkanlagen mit kurzer Reichweite (en: Short Range Device, SRD). Die Norm umfasst Systeme für Walk-by-, Drive-by- und ortsfeste Anlagen. Als allgemeine Definition kann dieses Dokument für verschiedene Anwendungsschichten verwendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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, *Kommunikationssysteme für Zähler — Teil 1: Datenaustausch*

EN 13757-3:2018, *Kommunikationssysteme für Zähler — Teil 3: Anwendungsprotokolle*

EN 13757-7:2018, *Kommunikationssysteme für Zähler — Teil 7: Transport- und Sicherheitsdienste*

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

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

ETSI EN 300220-1, V3.1.1:2017-02, *Short Range Devices (SRD) operating in the frequency range 25 MHz to 1 000 MHz — Part 1: Technical characteristics and methods of measurement*

ETSI EN 300220-2, V3.2.1:2018-06, *Short Range Devices (SRD) operating in the frequency range 25 MHz to 1 000 MHz — Part 2: Harmonised Standard for access to radio spectrum for non specific radio equipment*

ETSI EN 300 220-4, V1.1.1:2017-02, *Short Range Devices (SRD) operating in the frequency range 25 MHz to 1 000 MHz — Part 4: Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU; Metering devices operating in designated band 169,400 MHz to 169,475 MHz*

CCSDS 131.0-B-2 (Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS)), August 2011, *Recommended standard for TM Synchronization and Channel Coding, Issue 2*

ERC/REC 70-03 relating to the use of short range devices (SRD), issued by the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), Electronics Communications Committee on 2023 02

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing-Plattform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp/>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org>

3.1

BER, en: bit error rate
Bitfehlerrate

3.2

FEC, en: Forward Error Correction
Vorwärtsfehlerkorrektur

3.3

Frame
Übertragungseinheit der Verbindungsschicht

3.4

FSK, en: frequency shift keying
Frequenzumtastung

3.5

GFSK, en: gaussian frequency shift keying
Gaußsche Frequenzumtastung

3.6

individuelles Übertragungsintervall

exakte Zeitdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden synchronen oder periodischen Übertragungen, die sich bei jeder Übertragung ändert

3.7

LSB, en: least significant byte
niedrigstwertiges Byte

3.8

LSBit, en: least significant bit
niedrigstwertiges Bit

3.9

Nachricht
Datensatz in der Anwendungsschicht

3.10

Zähler
Messgerät für den Wasser- oder Energieverbrauch,

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Teil der Norm definiert nur die unteren Kommunikationsschichten des Messsystems. Hier beinhaltet der Begriff Zähler auch Sensoren und Stellantriebe, die zur Bereitstellung von Messdiensten verwendet werden.

3.11

MSB, en: most significant byte
höchstwertiges Byte

3.12

MSBit, en: most significant bit
höchstwertiges Bit

3.13

Nennübertragungsintervall

durchschnittliches individuelles Übertragungsintervall zwischen allen synchronen oder periodischen Nachrichten (neu, alt oder ohne Daten) für Funkzähler

3.14

NRZ
Non-Return-to-Zero

3.15

anderes Gerät

Endgerät, das Informationen mit dem Zähler austauscht

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Repeater ist kein Anderes Gerät, da er keine Informationen austauscht, sondern diese nur weiterleitet. Ein Kommunikations-Controller (Gateway) ist ein anderes Gerät. Ein physikalischer Zähler darf diese Rolle übernehmen, wenn er zusätzliche Netzwerkfunktionen unterstützt.

3.16

PER, en: packet error rate
Paketfehlerrate

3.17

PN9

Neun Bit Pseudo-Zufallsmuster

Anmerkung 1 zum Begriff: Das PN9 muss entsprechend ITU-T Rec. O.150 gestaltet sein.

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

CI	Steuerinformationsfeld (en: Control Information Field)
Ident.-Nr.	Identifikationsnummer (Seriennummer) (Teil der Zähleradresse)
Herst.	Akronym des Herstellers (Teil der Zähleradresse)
Ver.	Version (Teil der Zähleradresse)
Gerätetyp	Gerätetyp (Teil der Zähleradresse)
ACC	Zugangsnummer (siehe EN 13757-7)
STS	Status (siehe EN 13757-7)
Conf.Field	Konfigurationsfeld (en: Configuration Field (siehe EN 13757-7)
M-2-O	Zähler zu anderem Gerät (Übertragungsrichtung)
O-2-M	Anderes Gerät zum Zähler (Übertragungsrichtung)
min.	Minimalwert
nom.	Nennwert (en: nominal value)
max.	Maximalwert
RFU	Reserviert für zukünftige Nutzung
MBAL	M-Bus-Anpassungsschicht (siehe EN 13757-8)

4.2 Symbole

Hexadezimal-Notationen sind durch ein nachgestelltes „h“ gekennzeichnet.

Binärzahlen sind durch ein nachgestelltes „b“ gekennzeichnet.

Dezimalzahlen besitzen kein Suffix.

5 Allgemeines

5.1 Betriebsarten

Die „Zähler“ dürfen mit „anderen“ Systemkomponenten wie etwa mobilen Auslesegeräten, stationären Empfängern, Datensammlern, Konzentratoren für mehrere Betriebsmittel oder Systemnetzwerkkomponenten kommunizieren. Solche Geräte werden in diesem Dokument als „Anderes Gerät“ bezeichnet. Für die Zählerseite wird angenommen, dass die Kommunikationsfunktion ohne Eingriff eines Bedieners und ohne dass ein Batteriewechsel während der gesamten Lebensdauer des Funkteils des Zählers erforderlich ist, funktionieren wird. Andere Komponenten wie etwa das mobile Auslesegerät oder stationäre Geräte können eine kürzere Batterielebensdauer haben oder eine externe Stromversorgung je nach technischen Parametern und Nutzung erfordern.

Für die Kommunikation mit dem Zähler sind verschiedene Betriebsarten definiert. Viele Parameter der Bitübertragungs- und Verbindungsschicht dieser verschiedenen Betriebsarten sind identisch und ermöglichen, die Verwendung gebräuchlicher Hardware und Software. Einige Parameter werden sich jedoch aufgrund der betrieblichen und technischen Anforderungen unterscheiden.

Der Name einer Betriebsart wird durch einen Buchstaben und eine Zahl angegeben. Der Buchstabe gibt die Betriebsart an und die Zahl, ob die Betriebsarten unidirektionale (= 1) oder bidirektionale (= 2) Datenübertragung unterstützen.

- a) Die „stationäre Betriebsart“, Betriebsart S, ist für die unidirektionale oder bidirektionale Kommunikation zwischen dem Zähler und einem stationären oder mobilen Gerät vorgesehen. Eine spezielle, auf die reine Übertragung ausgelegte, Teilbetriebsart S1 ist für stationäre batteriebetriebene Geräte mit einem langen Header vorgesehen, und die Teilbetriebsart S1 speziell auf mobile Empfänger ausgerichtet.
- b) Die „Betriebsart mit häufiger Übertragung“, Betriebsart T. Bei dieser Betriebsart überträgt der Zähler einen sehr kurzen Frame (üblicherweise 3 ms bis 8 ms) in Intervallen von einigen Sekunden und ermöglicht so das „Walk-by“- und/oder „Drive-by“-Ablesen.

Teilbetriebsart T1 mit reiner Übertragung. Hierbei handelt es sich um die minimale Übertragung einer Zähler-ID sowie eines Auslesewerts, der regelmäßig gesendet wird.

Die bidirektionale Teilbetriebsart T2 überträgt in kurzen Abständen einen kurzen Frame, der mindestens seine ID enthält und wartet dann für einen sehr kurzen Zeitraum nach jeder Übertragung auf den Empfang einer Antwort. Der Empfang einer Antwort wird einen bidirektionalen Kommunikationskanal öffnen. Alternativ enthält der erste Frame auch einen Auslesewert und die Downlink-Antwort wird nur für spezielle Dienste verwendet.

- c) „Betriebsart mit häufigem Empfang“, Betriebsart R. Bei dieser Betriebsart ist nur R2 relevant, da R1 hier nutzlos ist. Der Zähler lauscht im Abstand von wenigen Sekunden auf den Empfang einer Wecknachricht eines mobilen Transceivers. Nach dem Erhalt eines solchen Weckrufs wird sich das Gerät auf einige Sekunden Kommunikationsdialog mit dem initiiierenden Transceiver vorbereiten. In dieser Betriebsart ermöglicht eine „Mehrkanalempfangs-Betriebsart“ das gleichzeitige Auslesen mehrerer Zähler, die jeweils mit einem anderen Frequenzkanal arbeiten. Diese Betriebsart ist auch auf stationäre „Andere Geräte“ angewendet.
- d) Die „Kompakte Betriebsart“, Betriebsart C. Diese Betriebsart ist mit der Betriebsart T vergleichbar, ermöglicht jedoch die Übertragung von mehr Daten innerhalb desselben Energiebudgets und mit demselben Lastzyklus. Sie unterstützt die Teilbetriebsarten C1 und C2 für unidirektionale und bidirektionale Geräte. Sie ist für das „Walk-by“- und/oder „Drive-by“-Auslesen geeignet. Der übliche Empfang von Frames der Betriebsart T und Betriebsart C ist mit einem einzigen Empfänger möglich.
- e) „Schmalband-VHF“, Betriebsart N. Optimierte für den Schmalbandbetrieb im 169-MHz-Frequenzbereich, zugewiesen für die Auslesung von Zählern und einige andere Dienste. Der Bereich der Teilbetriebsarten

kann mit Repeatern erweitert werden. Das Subband A ist unter Anderem für die sekundäre Weitbereichs-Kommunikation unter Verwendung von Multi-Hop-Repeatern vorgesehen.

- f) „Betriebsart mit Empfang und Übertragung in kurzen Intervallen“, Betriebsart F. Wird im 433-MHz-Frequenzbereich für die Weitbereichs-Kommunikation verwendet. Bei den bidirektionalen Teilbetriebsarten F2-m lauscht der Zähler im Abstand von wenigen Sekunden auf den Empfang einer Wecknachricht von einem stationären oder mobilen Transceiver. Nach einer solchen Wecknachricht bereitet sich das Gerät auf einige Sekunden Kommunikationsdialog mit dem initiiierenden Transceiver vor. Die bidirektionale Teilbetriebsart F2 überträgt einen Frame und wartet für einen kurzen Zeitraum auf den Empfang einer Antwort. Die Antwort wird offen für bidirektionale Kommunikation sein.

Zähler oder andere Kommunikationseinrichtungen dürfen eine, mehrere oder alle beschriebenen Betriebsarten unterstützen.

ANMERKUNG Weitere Betriebsarten, die das Wiederholen und Routing von Daten unterstützen, sind in EN 13757-5 beschrieben.

5.2 Zähler-Kommunikationsarten

Die Tabelle 1 beschreibt die Hauptmerkmale für jede Betriebsart und Teilbetriebsart.

Tabelle 1 — Zähler-Kommunikationsarten

Betriebsarten und Teilbetriebsarten	WEG	Übliche Anwendung	Chip-Rate (in kcps)	Maximaler Lastzyklus ^a	Datenkodierung und -header	Beschreibung
S1	1	Zähler mit reiner Übertragung für den stationären Empfang von Auslesedaten	32,768	0,02 % ^b	Manchester und langer Header	Nur Übertragung; überträgt mehrmals täglich an eine stationäre Empfangsstelle. Überträgt in dem Lastzyklus-Frequenzbereich von 1 %. Aufgrund des langen Headers ist er auch für batteriebetriebene Empfänger geeignet.
S1-m	1	Überträgt nur Zähler für die mobile oder stationäre Auslesung	32,768	0,02 % ^b	Manchester und kurzer Header	Nur Übertragung, überträgt mit einer Lastzyklusbegrenzung von 0,02 % an mobile oder stationäre Empfangsstellen. Überträgt in einem Lastzyklus-Frequenzbereich von 1 %. Erfordert einen dauerhaft aktivierten Empfänger.

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Betriebsarten und Teilbetriebsarten	WEG	Übliche Anwendung	Chip-Rate (in kcps)	Maximaler Lastzyklus ^a	Datenkodierung und -header	Beschreibung
S2	2	Alle Zählertypen. Stationäres Auslesen	32,768	1 %	Manchester und kurzer Header oder optional langer Header	Zählereinheit mit einem Empfänger, der entweder dauerhaft aktiviert oder synchronisiert ist und keine Präambel für das Wecken benötigt. Auch für Knoten-Transponder oder Konzentratoren nutzbar. Ein langer Header ist optional.
T1	1	Häufige Übertragung (Zähler mit kurzem Frame)	100	0,1 %	3 von 6 und ein kurzer Header	Überträgt nur mit kurzen Daten-Bursts, üblicherweise 3 ms bis 8 ms in Intervallen von wenigen Sekunden, Betrieb in einem Lastzyklus-Frequenzbereich von 0,1 %.
T2	2	Häufige Übertragung (Zähler mit kurzem Frame mit Zwei-Wege-Fähigkeit aktiviert)	M-2-O: 100	0,1 %	3 von 6 und ein kurzer Header	Die Zählereinheit überträgt auf regelmäßiger Basis wie Typ T1 und ihr Empfänger ist für einen kurzen Zeitraum nach
			O-2-M: 32,768		Manchester und kurzer Header	dem Ende jeder Übertragung aktiviert und arretiert wieder, wenn ein S2-Acknowledge (bei 32,768 kcps) empfangen wird. Weiter bidirektionale Kommunikation unter Verwendung der gemischten T1-S2-Betriebsart darf folgen.
R2	2	Häufiger Empfang (Weitbereich)	4,8	1 %	Manchester und mittlerer Header	Zählerempfänger mit möglichem Batterie-Economiser, der eine erweiterte Präambel für das Wecken erfordert. Optional kann er bis zu 10 Frequenzkanäle mit hochpräzisem Frequenzteilungs-Multiplexing besitzen. Der Zähler antwortet mit 4,8-kcps-Wecksignal, gefolgt von einem 4,8-kcps-Header.

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Betriebsarten und Teilbetriebsarten	WEG	Übliche Anwendung	Chip-Rate (in kcps)	Maximaler Lastzyklus ^a	Datenkodierung und -header	Beschreibung
C1	1	Zähler mit reiner häufiger Übertragung für mobiles oder stationäres Auslesen	100	0,1 %	NRZ und kurzer Header	Nur Übertragung, auf regelmäßiger Basis mit kurzen Daten-Bursts < 22 ms, Betrieb in einem Lastzyklus-Frequenzbereich von 0,1 %.
C2	2	Zähler mit häufiger Übertragung für mobiles oder stationäres Auslesen	M-2-O: 100	M-2-O: 0,1 %	NRZ, kurzer Header	Die Zählereinheit überträgt auf regelmäßiger Basis wie Typ C1 und ihr Empfänger ist für einen kurzen Zeitraum nach dem Ende jeder Übertragung aktiviert und arretiert, wenn eine korrekte Präambel und ein Synchronisationswort erkannt wird. Von dem Zähler empfangene Daten-Frames werden für Protokoll-Aktualisierungen und Befehle verwendet.
			O-2-M: 50	O-2-M: 10 %		
N1	1	Weitbereich-Übertragung für das stationäre Auslesen.	2,4, 4,8, 6,4 oder 19,2	10 % oder weniger ^c	NRZ	Nur Übertragung, überträgt auf regelmäßiger Basis an eine stationäre Empfangsstelle.
N ₂	2	Zwei-Wege-Weitbereich-kommunikation für stationäres Auslesen.	2,4, 4,8, 6,4 oder 19,2	10 % oder weniger ^c	NRZ	Die Zählereinheit überträgt auf regelmäßiger Basis wie Typ N1 und ihr Empfänger ist für einen kurzen Zeitraum nach dem Ende jeder Übertragung aktiviert. Sie arretiert, wenn eine korrekte Präambel und ein Synchronisationswort erkannt wird.
F2-m	2	Zwei-Wege-Weitbereich-kommunikation	2,4	10 %	NRZ	Zählerempfänger mit möglichem Batterie-Economiser, der eine erweiterte Präambel für das Wecken erfordert.

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Betriebsarten und Teilbetriebsarten	WEG	Übliche Anwendung	Chip-Rate (in kcps)	Maximaler Lastzyklus ^a	Datenkodierung und -header	Beschreibung
F2	2	Zwei-Wege-Weitbereichskommunikation für stationäres Auslesen.	2,4	10 %	NRZ	Die Zählereinheit überträgt auf regelmäßiger Basis. Ihr Empfänger ist für einen kurzen Zeitraum nach dem Ende jeder Übertragung aktiviert. Sie arretiert, wenn eine korrekte Präambel und ein Synchronisationswort erkannt wird.
Alle						Eine Systemkomponente darf gleichzeitig, sequenziell oder durch Befehl in mehr als einer Betriebsart betrieben werden, solange sie die Anforderungen jeder dieser Betriebsarten erfüllt.
^a Die Lastzyklus-Beschränkung muss der für den Betrieb in den anzuwendenden Frequenzbereichen nach ERC/REC 70-03 definierten Frequenzbereichzuweisungen entsprechen. ^b Die gesamte Kanalbelegung muss auf < 10 % beschränkt werden. Dies impliziert, dass der Lastzyklus je Zähler auf 0,02 % je Stunde bei 500 im Übertragungsbereich installierten Messgeräten begrenzt werden muss. ^c Der Lastzyklus ist vom Subband abhängig. Beschränkungen entsprechen dem Beschluss der Europäischen Kommission 2013/752/EU.						

5.3 Leistungsklassen

Die Transmitter müssen einer der beiden Klassen von mittlerer bis hoher Strahlungsleistung (siehe Tabelle 2) entsprechen.

Die maximal zulässige Strahlungsleistung für den Transmitter ist nach ERC/REC 70-03 definiert.

ANMERKUNG Es wird auf lokale Funkvorschriften hingewiesen, die anwendbar sein können.

Die Übertragungsleistung muss als effektive Strahlungsleistung (en: effective radiated power, ERP) nach ETSI EN 300 220-1, V3.1.1:2017, 5.2, gemessen werden.

Sofern vorhanden, muss der Empfänger einer der beiden Klassen der Empfindlichkeits- und Blockierungsleistung von mittel bis hoch angehören (siehe Tabelle 3). Die Leistungsklasse von Empfängern und Transmittern definiert die Leistung, die Empfindlichkeit und die Selektivität. Der Transmitter und der Empfänger dürfen unterschiedlichen Leistungsklassen angehören.

Die maximale nutzbare Empfindlichkeit muss nach ETSI EN 300 220-1, V3.1.1:2017, 5.14, gemessen werden.

Tabelle 2 — Transmitter-Leistungsklassen

Transmitterklasse	Typische Anwendung	Beschreibung	Richtung	Mindest-ERP (P_{erp})
L_T	Geringste Leistung	Begrenzte Übertragungsleistung	Beide	–5 dBm (alle außer Betriebsart N) 0 dBm (Betriebsart N)
M_T	Mittlere Leistung	Mittlere Übertragungsleistung	Beide	0 dBm (alle außer Betriebsart N) 10 dBm (Betriebsart N)
H_T	Höchste Leistung	Höchste Übertragungsleistung	M-2-O	+5 dBm (Betriebsart R, S, T, C) +3 dBm (Betriebsart F) 20 dBm (Betriebsart N, Subband A)
			O-2-M	+8 dBm (Betriebsart R, S, T, C) +7 dBm (Betriebsart F) +20 dBm (Betriebsart N, Subband A)

Tabelle 3 — Empfänger-Leistungsklassen

Empfängerklasse	Typische Anwendung	Beschreibung	Erforderliches Empfindlichkeitsniveau P_0
M_R	Mittlere Leistung	Mittlere Empfindlichkeit, gute Blockierungsleistungen	–90 dBm (Betriebsart R, S, T, C) –100 dBm (Betriebsart N) –110 dBm (Betriebsart F)
H_R	Höchste Leistung	Beste Empfindlichkeit und beste Blockierungsleistungen	Siehe Tabelle 6, Tabelle 9, Tabelle 13, Tabelle 16, Tabelle 20 und Tabelle 23

6 Betriebsart S

6.1 Kanaleigenschaften

Der Funkteil eines Zählers muss für alle Parameter mindestens die Anforderungen von ETSI EN 300 220-1 und ETSI EN 300 220-2 erfüllen, selbst wenn eine Anwendung einen erweiterten Temperatur- oder Spannungsbereich erfordert. Tabelle 4 unten gibt die spezifischen Anforderungen für den Frequenzbereich-Lastzyklus an.

Tabelle 4 — Betriebsart S, Kanaleigenschaften

Eigenschaft	min.	typisch	max.	Einheit
Frequenzbereich ^a	868,0		868,6	MHz
Transmitter-Lastzyklus S_2^b		0,02	1	%
Transmitter-Lastzyklus S_1 und $S_1\text{-}m^c$			0,02	%
^a Dieses Dokument ist für das Band von 868 MHz bis 870 MHz optimiert, auch wenn mit einer geeigneten Übertragungslizenz andere Frequenzbereiche genutzt werden könnten. ^b Lastzyklus wie durch ETSI EN 300 220-1, V3.1.1:2017, 5.4, definiert. ^c Der Lastzyklus ist auf 0,02 % je Stunde begrenzt, um die Gesamtbelegung des Kanals zu beschränken, siehe Tabelle 1, Fußnote b.				

ANMERKUNG Siehe Bild A.1 und Bild A.2 für zusätzliche Informationen zu Frequenz- und Leistungsempfehlungen.

6.2 Transmitter

Die Parameter für die Transmitter müssen Tabelle 5 unten entsprechen:

Tabelle 5 — Betriebsart S, Transmitter

Eigenschaft	Betriebsart	Symbol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
Mittenfrequenz (Zähler mit reiner Übertragung, Teilbetriebsart S1)			868,25	868,30	868,35	MHz	±60 ppm
Mittenfrequenz (Anderes Gerät und Betriebsart S2)			868,278	868,300	868,322	MHz	±25 ppm
FSK-Abweichung			±40	±50	±80	kHz	
Chiprate der Übertragung		f_{chip}		32,768		kcps	
Chipraten-Toleranz					±1,5	%	
Datenrate (Manchester) ^b				$f_{\text{chip}} \times 1/2$		bps	
Präambel-Länge einschließlich Bit/Byte-Synchronisierung, beide Richtungen	S2, S1-m		48			Chips	
Präambel-Länge einschließlich Bit/Byte-Synchronisierung	S1	PL	576			Chips	Optional für S2
Postambel-Länge (Nachläufer) ^c			2		8	Chips	
Antwortverzögerung ^{a d} (O-2-M Kommunikation)		t_{RO}	3		15	ms	
FAC-Übertragungsverzögerung ^{e f}	S2	t_{TxD}	$N \times 1\,000 - 0,5$	$N \times 1\,000$	$N \times 1\,000 + 0,5$	ms	$N = 2, 3 \text{ oder } 5$
FAC-Timeout ^g	S2	t_{TO}	25		30	s	

- ^a EN 13757-4 wendet eine maximale Antwortverzögerung O-2-M von 50 ms.
- ^b Jedes Bit muss als 2 Chips kodiert werden (Manchester-Kodierung).
- ^c Die Postambel (Nachläufer) muss aus $n = 1$ bis 4 „Einsen“ bestehen, d. h. die Chipsequenz ist $n \times (01)$.
- ^d Antwortverzögerung: Der Empfänger muss für den Empfang in einer Zeit bereit sein, die kürzer ist, als die Mindest-Antwortverzögerung und muss mindestens bis zur maximale Antwortverzögerung (d. H. das Ende der vorherigen Übertragung) empfangen.
- ^e FAC-Antwortverzögerung: beschreibt die Dauer, über die ein Zähler die Antwort auf eine empfangene Nachricht von einem Anderen Gerät in Bezug auf seine letzte Übertragung verzögern muss. Diese Verzögerung muss auch zwischen der ersten Antwort des Zählers und der nächsten wiederholten Antwort des Zählers und allen folgenden wiederholten Antworten während des Mehrfachzugriffzyklus (en: Frequenz Access Cycle, FAC) angewendet werden. Der Referenzzeitpunkt muss das Ende der Präambel (Ende der Synchronisationssequenz) der Zählerübertragung sein. Für Zeitsteuerungsdiagramme siehe Anhang E.
- ^f Der gewählte Zeit-Slot N muss während des gesamten Mehrfachzugriffzyklus derselbe sein.
- ^g FAC-Timeout: der Zeitraum zwischen dem letzten erfolgreichen Empfang eines Frames von dem Anderen Gerät während des Mehrfachzugriffzyklus (FAC) und dem Zeitpunkt, zu dem die Wiederholung der letzten Antwort des Zählers gestoppt werden muss (Ende des Mehrfachzugriffzyklus).

6.3 Empfänger

Die Parameter für den Empfänger müssen den Angaben in Tabelle 6 unten entsprechen.

Tabelle 6 — Betriebsart S, Empfänger

Eigenschaft	Klasse	Symbol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
Empfindlichkeit ($BER < 10^{-2}$) oder ($PER < 0,8$)	H_R	P_o	–100	–105		dBm	Frame-Größe von 20 Byte
Blockierungsleistung ^a	M_R		2			Kategorie	
Blockierungsleistung ^a	H_R		2			Kategorie	
Akzeptable Chipratenabweichung		D_{fchip}			±2	%	
Chiprate (Zähler)		f_{chip}		32,768		kcps	
^a Blockierungsleistung des Empfängers nach ETSI EN 300 220–1, V3.1.1:2017, 5.18.							

6.4 Datenkodierung und Präambel

6.4.1 Datenkodierung

Die Manchester-Kodierung muss für diese Betriebsart verwendet werden, um eine einfache Kodierung/Dekodierung zu ermöglichen und ein schmaleres Basisband zu belegen. Jedes Bit muss entweder als „10_b“ Chipsequenz für eine „Null“ oder als „01_b“ für eine „Eins“ kodiert werden. Die niedrigere Frequenz muss einem Chipwert von „0_b“ entsprechen.

6.4.2 Übertragungsreihenfolge der kodierten Daten

Jedes Datenbyte muss mit dem höchstwertigen Bit zuerst übertragen werden. Die Reihenfolge der Multibyte-Felder ist in 12.2 definiert.

6.4.3 Präambel und Synchronisationsmuster

Die gesamte Chipsequenz der Präambel (Header + Synchronisierung) für diese Betriebsart muss $n \times (01)000111011010010110$ sein:

- dabei ist $n \geq 279$ für die Teilbetriebsart S1 (langer Header);
- dabei ist $n \geq 15$ für die Teilbetriebsart S2 (kurzer Header);
- dabei ist $n \geq 279$ für die Teilbetriebsart S2 (optionaler langer Header).

Alle Chips jedes Frames einschließlich der Präambel und Postambel müssen eine ununterbrochene Sequenz bilden. Auf diese Präambel muss ein Frame des Formats A folgen.

ANMERKUNG In der Manchester-Kodierung ist die Chipsequenz 000111 ungültig, wird jedoch nahe dem Ende des Headers verwendet, damit ein Empfänger den Beginn einer neuen oder stärkeren Übertragung erkennen kann. Dies gilt auch während des Empfangs einer schwächeren Übertragung. Der Erfassungseffekt ermöglicht eine effiziente Kommunikation selbst in einem Kanal, in dem viele schwache Transmitter aus einem großen Bereich andernfalls den Empfang eines näheren (stärkeren) Transmitters blockieren könnten. Darüber hinaus ermöglicht dies gepulsten Transmittern, sicher zwischen dem Beginn eines gültigen Frames und der Erkennung einer zufälligen „Synchronisierungs“-Sequenz innerhalb einer laufenden Übertragung zu unterscheiden.

7 Betriebsart T

7.1 Kanaleigenschaften

Der Funkteil eines Zählers muss für alle Parameter mindestens die Anforderungen von ETSI EN 300 220-1 und ETSI EN 300 220-2 erfüllen, selbst wenn eine Anwendung einen erweiterten Temperatur- oder Spannungsbe-
reich erfordert. Tabelle 7 enthält die spezifischen Anforderungen an Frequenzbereiche.

Tabelle 7 — Betriebsart T, Kanaleigenschaften

Eigenschaft	Betriebsart	min.	nom.	max.	Einheit
Frequenzbereich: M-2-O ^a	T1, T2	868,7		869,2	MHz
Frequenzbereich: O-2-M	T2	868,0		868,6	MHz
^a Dieses Dokument ist für das Band von 868 MHz bis 870 MHz optimiert, auch wenn mit einer geeigneten Übertragungslizenz andere Frequenzbereiche genutzt werden könnten.					

ANMERKUNG Siehe Bild A.1 und Bild A.2 für zusätzliche Informationen zu Frequenz- und Leistungsempfehlungen.

7.2 Transmitter

Die Parameter für den Transmitter müssen den Angaben in Tabelle 8 entsprechen.

Tabelle 8 — Betriebsart T, Transmitter

Eigenschaft	Betriebsart	Sym- bol	min.	nom.	max.	Ein- heit	Anmer- kung
Mittenfrequenz (M-2-O)	T1, T2		868,900	868,950	869,000	MHz	±60 ppm
Mittenfrequenz (O-2-M)	T2		868,278	868,300	868,322	MHz	±25 ppm
FSK-Abweichung (M-2-O)	T1, T2		±40	±50	±80	kHz	
FSK-Abweichung (O-2-M)	T2		±40	±50	±80	kHz	
Chiprate des Transmitters (M-2-O)	T1, T2	f_{chip2}	90	100	110	kcps	
Ratenabweichung innerhalb des Headers und Frames (Zähler)	T1, T2	D_{fchip}		0	±1	%	
Datenrate ^a (M-2-O, 3 von 6 Kodierung)	T1, T2	f_{chip2}		$f_{\text{chip}} \times 2/3$		bps	
Chiprate des Transmitters (O-2-M)	T2			32,768		kcps	
Chipraten-Toleranz (O-2-M)	T2				±1,5	%	
Datenrate (O-2-M, Manchester-Kodierung)	T2			$f_{\text{chip2}} \times 1/2$		bps	
Präambel-Länge einschließlich Bit/Byte-Synchronisierung, beide Richtungen	T1, T2	PL	48			Chips	

Tabelle 8 (*fortgesetzt*)

Eigenschaft	Betriebsart	Sym-bol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
Postambel-Länge (Nachläufer) ^c	T1, T2		2		8	Chips	
Antwortverzögerung ^d (O-2-M Kommunikation)	T2	t_{RO}	2		3	ms	
FAC-Übertragungsverzögerung ^{e f}	T2	t_{TxD}	$N \times 1\,000 - 0,5$	$N \times 1\,000$	$N \times 1\,000 + 0,5$	ms	$N = 2, 3, \text{ oder } 5$
FAC-Timeout ^b	T2	t_{TO}	25		30	s	
^a Jedes Halbbyte (4 Bit) muss als 6 Chips kodiert werden, siehe Tabelle 10. ^b FAC-Timeout: der Zeitraum zwischen dem letzten erfolgreichen Empfang eines Frames von dem Anderen Gerät während des Mehrfachzugriffzyklus (FAC) und dem Zeitpunkt, zu dem die Wiederholung der letzten Antwort des Zählers gestoppt werden muss (Ende des Mehrfachzugriffzyklus). ^c Die Postambel (Nachläufer) muss aus mindestens zwei alternierenden Chips bestehen. Wenn der letzte Chip eines CRC eine Null war, muss die Mindest-Postambel „10“ oder andernfalls „01“ sein. ^d Antwortverzögerung: Der Empfänger muss für den Empfang in einer Zeit bereit sein, die kürzer ist, als die Mindest-Antwortverzögerung und muss mindestens bis zur maximale Antwortverzögerung (d. H. das Ende der vorherigen Übertragung) empfangen. ^e FAC-Antwortverzögerung: beschreibt die Dauer, über die ein Zähler die Antwort auf eine empfangene Nachricht von einem Anderen Gerät in Bezug auf seine letzte Übertragung verzögern muss. Diese Verzögerung muss auch zwischen der ersten Antwort des Zählers und der nächsten wiederholten Antwort des Zählers und allen folgenden wiederholten Antworten während des Mehrfachzugriffzyklus (en: Frequenz Access Cycle, FAC) angewendet werden. Der Referenzzeitpunkt muss das Ende der Präambel (Ende der Synchronisationssequenz) der Zählerübertragung sein. Für Zeitsteuerungs-Diagramme siehe Anhang E. ^f Der gewählte Zeit-Slot N muss während des gesamten Mehrfachzugriffzyklus derselbe sein.							

7.3 Empfänger

Die Parameter für den Empfänger müssen den Angaben in Tabelle 9 entsprechen.

Tabelle 9 — Empfänger (nur T2)

Eigenschaft	Betriebsart/Klasse	Sym-bol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
Empfindlichkeit ($BER < 10^{-2}$) oder ($PER < 0,8$)	H_R	P_o	-100	-105		dBm	Frame-Größe von 20 Byte
Blockierungsleistung ^a	M_R		2			Kategorie	
Blockierungsleistung ^a	H_R		2			Kategorie	
Chiprate: (Zähler)	T2	f_{chip}		32,768		kcps	

Tabelle 9 (fortgesetzt)

Eigenschaft	Betriebs- art/Klas- se	Sym- bol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
Akzeptable Chipratenänderung des Headers: (Anderes Gerät)	T1, T2	f_{chip}	88	100	112	kcps	$\pm 12 \%$
Akzeptable Chipratenabweichung	T1, T2	$D_{f\text{chip}}$			± 2	%	
^a Empfänger-Kategorie nach ETSI EN 300 220-1, V3.1.1:2017, 4.2.5.							

7.4 Datenkodierung und Präambel

7.4.1 Allgemeines

In der Betriebsart T1 und der Betriebsart T2 müssen die von dem Zähler an das Lesegerät (Anderes Gerät) übertragenen Daten für eine optimale schnelle Übertragung durch den effizienten „3 von 6“-Code kodiert werden. In der Betriebsart T2 darf das Lesegerät eine Nachricht an den Zähler zurücksenden. Diese Nachricht muss anhand der Manchester-Kodierung (siehe 8.4.1) kodiert werden.

7.4.2 Zählerübertragung, „3 von 6“-Kodierung

7.4.2.1 Kodierungsregeln

Die „3 von 6“-Kodierung muss für die Betriebsart T1 und die Betriebsart T2 verwendet werden, um die Effizienz im Vergleich zu der Manchester-Kodierung zu verbessern. Eindeutige Codes müssen für spezifische Steuerungsfunktionen wie etwa Präambel, Nachrichtenstart usw. verwendet werden. Die Kodierung muss nach Tabelle 10 erfolgen.

Jedes 4-Bit Daten-Halbbit muss als 6-Bit-Wort kodiert werden. Nur die Wörter aus den 64 Kombination mit einer gleichen Anzahl an Nullen und Einsen und mindestens zwei Übergängen wurden ausgewählt.

Die niedrigere Frequenz muss einem Chipwert von „0_b“ entsprechen.

Tabelle 10 — Betriebsart T, Zählerübertragung, „3 von 6“-Datenkodierung

NRZ-Code	Dezimal	6-Bit-Code	Dezimal	Anzahl der Übergänge
0000 _b	0	010110 _b	22	4
0001 _b	1	001101 _b	13	3
0010 _b	2	001110 _b	14	2
0011 _b	3	001011 _b	11	3
0100 _b	4	011100 _b	28	2
0101 _b	5	011001 _b	25	3
0110 _b	6	011010 _b	26	4
0111 _b	7	010011 _b	19	3
1000 _b	8	101100 _b	44	3
1001 _b	9	100101 _b	37	4

Tabelle 10 (fortgesetzt)

NRZ-Code	Dezimal	6-Bit-Code	Dezimal	Anzahl der Übergänge
1010 _b	10	100110 _b	38	3
1011 _b	11	100011 _b	35	2
1100 _b	12	110100 _b	52	3
1101 _b	13	110001 _b	49	2
1110 _b	14	110010 _b	50	3
1111 _b	15	101001 _b	41	4

7.4.2.2 Übertragungsreihenfolge der kodierten Daten

Die als „3 von 6“ kodierten Daten müssen mit dem höchstwertigen Bit (MSBit = Linkes Bit des 6-Bit-Codes) zuerst und dem höchstwertigen Halbbit (MSN) zuerst übertragen werden.

Jedes Datenbyte muss mit dem höchstwertigen Bit zuerst übertragen werden.

Die Reihenfolge von Multibyte-Feldern ist in 12.2 definiert.

7.4.2.3 Präambel und Synchronisationsmuster

Die gesamte Chipsequenz der Präambel (Header + Synchronisierung) für diese Betriebsart muss wie folgt lauten:

$n \times (01) 0000111101_b$ mit $n \geq 19$.

Nach dieser Präambel muss ein Format-A-Frame folgen.

Die Chipsequenz 0101010101_b wurde für die Übertragungspräambel reserviert, damit ein Empfänger bei maximaler Chiprate mit der Abtastung beginnen und dann die tatsächliche Chiprate aus diesen Mustern bestimmen kann. Darüber hinaus stellt die hohe Anzahl an Übergängen die beste Erkennung der tatsächlichen Chiprate sicher. Innerhalb des Frames beträgt die maximale Anzahl der aneinander grenzenden Nullen oder Einsen vier, aber weder das Muster „00001111_b“ noch das Muster „11110000_b“ wird jemals in einer „3 von 6“-kodierten Chipsequenz auftreten. Das Muster kann daher für die Synchronisierung verwendet werden.

Die Chipsequenz 0101010101_b wird niemals während einer üblichen Chipsequenz auftreten. Der Dekodierer darf dies verwenden, um zu erkennen, dass der Empfänger eine weitere Übertragung erfasst hat. In diesem Fall muss der Empfänger die Analyse des aktuellen Frames beenden und mit der Erkennung eines neuen Frames beginnen. Diese „Erfassen und Erkennen“-Funktion erhöht die Kommunikationskapazität des Systems bei Anwesenheit vieler Anwender.

7.4.3 Anderes Gerät Übertragung, Manchester-Kodierung

7.4.3.1 Kodierungsregeln

Die Manchester-Kodierung muss für diese Betriebsart angewendet werden, um eine einfache Kodierung/Dekodierung und ein enges Basisband zu ermöglichen. Jedes Bit muss entweder als „10_b“ Chipsequenz für eine „Null“ oder als „01_b“ für eine „Eins“ kodiert werden. Die niedrigere Frequenz muss einem Chipwert von „0_b“ entsprechen.

7.4.3.2 Präambel und Synchronisationsmuster

Die gesamte Chipsequenz der Präambel (Header + Synchronisierung) für diese Betriebsart muss $n \times (01)000111011010010110_b$ mit $n \geq 15$ lauten. Alle Chips jedes Frames einschließlich der Präambel und Postambel müssen eine ununterbrochene Sequenz bilden. Auf diese Präambel muss ein Frame des Formats A folgen.

ANMERKUNG 1 In der Manchester-Kodierung ist die Chipsequenz 000111_b ungültig, wird jedoch nahe dem Ende des Headers verwendet, damit ein Empfänger den Beginn einer neuen oder stärkeren Übertragung erkennen kann. Dies gilt auch während des Empfangs einer schwächeren Übertragung. Der Erfassungseffekt ermöglicht eine effiziente Kommunikation selbst in einem Kanal, in dem viele schwache Transmitter aus einem großen Bereich andernfalls den Empfang eines näheren (stärkeren) Transmitters blockieren könnten. Darüber hinaus ermöglicht dies gepulsten Transmittern, sicher zwischen dem Beginn eines gültigen Frames und der Erkennung einer zufälligen „Synchronisations“-Sequenz innerhalb einer laufenden Übertragung zu unterscheiden.

ANMERKUNG 2 Die Datenkodierung ist dieselbe wie für die Betriebsart S und die Betriebsart R2.

8 Betriebsart R2

8.1 Kanaleigenschaften

Der Funkteil eines Zählers muss für alle Parameter mindestens die Anforderungen von ETSI EN 300 220-1 und ETSI EN 300 220-2 erfüllen, selbst wenn eine Anwendung einen erweiterten Temperatur- oder Spannungsbereich erfordert. Die spezifischen Anforderungen für den Frequenzbereich und den Kanalabstand sind in Tabelle 11 angegeben.

Tabelle 11 — Betriebsart R2, Kanaleigenschaften

Eigenschaft	min.	nom.	max.	Einheit
Frequenzbereich ^a	868,00		868,60	MHz
Kanalabstand		60		kHz
^a Dieses Dokument ist für das Band von 868 MHz bis 870 MHz optimiert, auch wenn mit einer geeigneten Übertragungslizenz andere Frequenzbereiche genutzt werden könnten.				

ANMERKUNG Siehe Bild A.1 und Bild A.2 für zusätzliche Informationen zu Frequenz- und Leistungsempfehlungen.

8.2 Transmitter

Die Parameter für den Transmitter müssen den Angaben in Tabelle 12 entsprechen.

Tabelle 12 — Betriebsart R2, Transmitter

Eigenschaft	Symbol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
Mittenfrequenz (Anderes Gerät)			868,330		MHz	
Mittenfrequenz (Zähler)			868,030 + $n \times 0,06$		MHz	
Frequenztoleranz (Zähler/Anderes Gerät)				±17	kHz	±20 ppm
FSK-Abweichung		±4,8	±6	±7,2	kHz	

Tabelle 12 (*fortgesetzt*)

Eigenschaft	Symbol	min.	nom.	max.	Einheit	An- merkung
Chiprate (Wecken und Kommunikation)			4,8		kcps	
Chipraten-Toleranz (Wecken und Kommunikation)				±1,5	%	
Datenrate (Manchester-Kodierung) ^b			$f_{\text{chip}} \times \frac{1}{2}$		bps	
Präambel-Länge einschließlich Bit/Byte-Synchronisierung	PL	96			Chips	
Postambel-Länge (Nachläufer) ^c		2		8	Chips	
Antwortverzögerung (O-2-M Kommunikation)	t_{RO}	3		50	ms	
Antwortverzögerung ^d (M-2-O)	t_{RM}	10		10 000	ms	
FAC-Übertragungsverzögerung ^{e f}	t_{TxD}	$N \times 1\,000 - 1$	$N \times 1\,000$	$N \times 1\,000 + 1$	ms	$N = 5, 7$ oder 13
FAC-Timeout ^a	t_{TO}	25		30	s	

^a FAC-Timeout: der Zeitraum zwischen dem letzten erfolgreichen Empfang eines Frames von dem Anderen Gerät während des Mehrfachzugriffzyklus (FAC) und dem Zeitpunkt, zu dem die Wiederholung der letzten Antwort des Zählers gestoppt werden muss (Ende des Mehrfachzugriffzyklus).

^b Jedes Bit muss als 2 Chips kodiert werden (Manchester-Kodierung).

^c Die Postambel (Nachläufer) muss aus $1 \leq n \leq 4$ „Einsen“ bestehen, d. h. die Chipsequenz muss $n \times (01)$ lauten.

^d Antwortverzögerung: Der Empfänger muss für den Empfang in einer Zeit bereit sein, die kürzer ist, als die Mindest-Antwortverzögerung und muss mindestens bis zur maximale Antwortverzögerung (d. h. das Ende der vorherigen Übertragung) empfangen. Die Antwortverzögerung t_{RO} muss verwendet werden, wenn das CI-Feld der empfangenen Frames 81_{h} beträgt, andernfalls muss die Antwortverzögerung t_{RM} verwendet werden.

^e FAC-Antwortverzögerung: beschreibt die Dauer, über die ein Zähler die Antwort auf eine empfangene Nachricht von einem Anderen Gerät in Bezug auf seine letzte Übertragung verzögern muss. Diese Verzögerung muss auch zwischen der ersten Antwort des Zählers und der nächsten wiederholten Antwort des Zählers und allen folgenden wiederholten Antworten während des Mehrfachzugriffzyklus (en: Frequenz Access Cycle, FAC) angewendet werden. Der Referenzzeitpunkt muss das Ende der Präambel (Ende der Synchronisationssequenz) der Zählerübertragung sein.

^f Der gewählte Zeit-Slot N muss während des gesamten Mehrfachzugriffzyklus derselbe sein.

8.3 Empfänger

Die Parameter für den Empfänger müssen den Angaben in Tabelle 13 entsprechen.

Tabelle 13 — Betriebsart R2, Empfänger

Eigenschaft	Klasse	Symbol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
Empfindlichkeit (BER < 10 ⁻²) oder (PER < 0,8)	H _R	P ₀	-105	-110		dBm	Bei einer Frame- Größe von 20 Byte
Blockierungsleistung ^a	M _R		2			Kategorie	
Blockierungsleistung ^a	H _R		2			Kategorie	
Akzeptable Chipratenänderung		f _{chip}	4,7	4,8	4,9	kcps	etwa ± 2 %
Akzeptable Chipratenänderung während Header und Frame		D _{fchip}			±0,2	%	
Angrenzende Kanal- Selektivität ^b	H _R		40			dB	
^a Die Empfänger-Kategorie muss ETSI EN 300 220-1 V3.1.1:2017, 4.2.5, entsprechen.							
^b Angrenzende Kanal-Selektivität gemessen nach ETSI EN 300 220-1, V3.1.1:2017, 5.15.							

8.4 Datenkodierung und Präambel

8.4.1 Datenkodierung

Die Manchester-Kodierung muss für diese Betriebsart angewendet werden, um eine einfache Kodierung/Dekodierung und ein enges Basisband zu ermöglichen. Jedes Bit muss entweder als „10_b“ Chipsequenz für eine „Null“ oder als „01_b“ für eine „Eins“ kodiert werden. Die untere Frequenz entspricht einem Chipwert von „0_b“.

8.4.2 Übertragungsreihenfolge der kodierten Daten

Jedes Datenbyte muss mit dem höchstwertigen Bit zuerst übertragen werden.

Die Reihenfolge der Multibyte-Felder ist in 12.2 definiert.

8.4.3 Präambel und Synchronisationsmuster

Die gesamte Chipsequenz der Präambel (Header + Synchronisierung) für diese Betriebsart muss $n \times (01)000111011010010110_b$ mit $n \geq 39$ betragen. Alle Chips für jeden Frame müssen eine ununterbrochene Chipsequenz bilden. Auf diese Präambel muss ein Frame des Formats A folgen.

ANMERKUNG 1 In der Manchester-Kodierung ist die Chipsequenz 000111_b ungültig, wird jedoch nahe dem Ende des Headers verwendet, damit ein Empfänger den Beginn einer neuen oder stärkeren Übertragung erkennen kann. Dies gilt auch während des Empfangs einer schwächeren Übertragung. Der Erfassungseffekt ermöglicht eine effiziente Kommunikation selbst in einem Kanal, in dem viele schwache Transmitter aus einem großen Bereich andernfalls den Empfang eines näheren (stärkeren) Transmitters blockieren könnten. Darüber hinaus ermöglicht dies gepulsten Transmittern, sicher zwischen dem Beginn eines gültigen Frames und der Erkennung einer zufälligen „Synchronisierungs“-Sequenz innerhalb einer laufenden Übertragung zu unterscheiden.

ANMERKUNG 2 Die Datenkodierung ist dieselbe wie für die Betriebsart S und die Betriebsart T2.

9 Betriebsart C

9.1 Kanaleigenschaften

Der Funkteil eines Zählers muss für alle Parameter mindestens die Anforderungen von ETSI EN 300 220-1 und ETSI EN 300 220-2 erfüllen, selbst wenn dies eine Anwendung einen erweiterten Temperatur- oder Spannungsbereich erfordert. Tabelle 14 enthält die spezifischen Anforderungen an Frequenzbereiche.

Tabelle 14 — Betriebsart C, Kanaleigenschaften

Eigenschaft	Betriebsart	min.	nom.	max.	Einheit
Frequenzbereich: M-2-O ^a	C1, C2	868,7		869,2	MHz
Frequenzbereich: O-2-M ^a	C2	869,4		869,65	MHz
^a Dieses Dokument ist für das Band von 868 MHz bis 870 MHz optimiert, auch wenn mit einer geeigneten Übertragungslizenz andere Frequenzbereiche genutzt werden könnten.					

9.2 Transmitter

Die Parameter für den Transmitter müssen den Angaben in Tabelle 15 entsprechen.

Tabelle 15 — Betriebsart C, Transmitter

Eigenschaft	Be- triebs- art	Symbol	min.	nom.	max.	Ein- heit	Anmerkung
Mittenfrequenz (M-2-O)	C1, C2		868,928	868,950	868,972	MHz	±25 ppm
Mittenfrequenz (O-2-M)	C2		869,503	869,525	869,547	MHz	±25 ppm
FSK-Abweichung ^a (M-2-O)	C1, C2		±33,75	±45	±56,25	kHz	
GFSK-Abweichung ^a (O-2-M)	C2		±18,75	±25	±31,25	kHz	
Relative GFSK-Bandbreite	C2	BT		0,5			
Chiprate (M-2-O)	C1, C2	f_{chip}		100		kcps	
Chiprate (O-2-M)	C2	f_{chip}		50		kcps	
Chipraten-Toleranz	C1, C2				±100	ppm	
Datenrate ^b	C1, C2			f_{chip}		bps	
Präambel-Länge ^c	C1, C2	PL	32		32	Chips	
Synchronisierungslänge	C1, C2	SL	32		32	Chips	
Schnelle Antwortverzögerung ^{d e f} (Standard) (O-2-M)	C2	t_{RO}	99,5	100	100,5	ms	
Langsame Antwortverzögerung ^{d e f} (O-2-M)	C2	$t_{\text{RO_slow}}$	999,5	1 000	1 000,5	ms	

Tabelle 15 (fortgesetzt)

Eigenschaft	Be- triebs- art	Symbol	min.	nom.	max.	Ein- heit	Anmerkung
Schnelle Antwortverzögerung ^d ^e (Standard) (M-2-O)	C2	t_{RM}	99,5	100	100,5	ms	
Langsame Antwortverzögerung ^{d e} (M-2-O)	C2	t_{RM_slow}	999,5	1 000	1 000,5	ms	
FAC-Übertragungs- verzögerung ^{g h}	C2	t_{TxD}	$N \times 1\,000$ –0,5	$N \times$ 1 000	$N \times$ 1 000 +0,5	ms	$N = 2,3$ oder 5
FAC-Timeout ⁱ	C2	t_{TO}	25		30	s	
^a 75 % bis 125 % der Nennabweichung, gemessen in der Chipmitte (Frequenz im Vergleich zu Aufwachen), bei Übertragung einer 9-Bit-Pseudo-Zufallssequenz (PN9), min./max. Basierend auf dem Effektivwert (rms) des Fehlers. ^b Alle Bits sind NRZ-kodiert. ^c Falls erforderlich, dürfen die ersten drei Chips der Präambel für die Leistungssteigerung verwendet werden. ^d Nach dem Empfang eines Frames muss die empfangende Einheit die Übertragung der Präambel nach der festgelegten Antwortverzögerung starten. Die Antwortverzögerung wird ab der Empfangszeit des letzten Bits des Frames gemessen. Für Zeitsteuerungsdiagramme siehe Anhang E. ^e Die Verwendung der langsamen oder schnellen Antwortverzögerung ist in dem „Kommunikationssteuerungsfeld“ der Extended Link Layer festgelegt – siehe 13.2.7. Für Zeitsteuerungsdiagramme siehe Anhang E. Wenn der Frame keine Extended Link Layer enthält, muss die Standardantwortverzögerung verwendet werden. ^f Wenn der Frame wiederholt wird (in dem „Kommunikationssteuerungsfeld“ der Extended Link Layer festgelegt – siehe 13.2.7), muss das Andere Gerät stattdessen eine kürzere Antwortverzögerung (t_{RR} oder t_{RR_slow}) verwenden, die 85 ms kürzer ist als die entsprechende t_{RO} oder t_{RO_slow} . Dies ermöglicht die Wiederholung der bidirektionalen Kommunikation ohne Verlust der Kommunikationsgeschwindigkeit. Der Frame vom Zähler zu dem Anderen Gerät muss mit einer Verzögerung von weniger als 5 ms (t_{DRFE}) wiederholt werden. Für Zeitsteuerungs-Diagramme siehe Anhang E. ^g FAC-Übertragungsverzögerung: Diese Verzögerung muss zwischen der ersten Antwort des Zählers und der nächsten wiederholten Antwort des Zählers und allen folgenden wiederholten Antworten während des Mehrfachzugriffzyklus (FAC) angewendet werden. Der Referenzzeitpunkt muss das Ende der Präambel (Ende der Synchronisationssequenz) der Zählerübertragung sein. Für Zeitsteuerungsdiagramme siehe Anhang E. ^h Der gewählte Zeit-Slot N muss während des gesamten Mehrfachzugriffzyklus gleich sein. ⁱ FAC-Timeout: Dies ist der Zeitraum zwischen dem letzten erfolgreichen Empfang eines Frames von dem Anderen Gerät während des Mehrfachzugriffzyklus (FAC) und dem Zeitpunkt, zu dem die Wiederholung der letzten Antwort des Zählers gestoppt werden muss (Ende des Mehrfachzugriffzyklus).							

9.3 Empfänger

Die Parameter für den Empfänger müssen den Angaben in Tabelle 16 entsprechen.

Tabelle 16 — Betriebsart C, Empfänger

Eigenschaft	Klasse	Symbol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
Empfindlichkeit ($BER < 10^{-2}$) oder ($PER < 0,8$) (Anderes Gerät)	H_R	P_o	-100	-105		dBm	Frame-Größe 20 Byte
Empfindlichkeit ($BER < 10^{-2}$) oder ($PER < 0,8$) (Zähler)	H_R	P_o	-95			dBm	
Blockierungsleistung ^a	M_R		2			Kategorie	
Blockierungsleistung ^a	H_R		2			Kategorie	
^a Empfänger-kategorie ETSI EN 300 220-1, V3.1.1:2017, 4.2.5.							

9.4 Datenkodierung und Präambel

9.4.1 Kodierung

Die gesamte Kommunikation zwischen dem Zähler und dem Anderen Gerät wird als FSK-modulierte Daten übertragen. Die gesamte Kommunikation zwischen dem Zähler und dem Anderen Gerät wird als FSK-modulierte Daten übertragen. Die gesamte Kommunikation ist NRZ-kodiert, wobei die untere Frequenz einer binären „0“ entspricht.

Jedes Datenbyte muss mit dem höchstwertigen Bit zuerst übertragen werden.

Die Reihenfolge der Multibyte-Felder ist in 12.2 definiert.

9.4.2 Präambel und Synchronisationsmuster

Der gesamten Kommunikation muss folgendes vorausgehen

- a) $n \times (01) 0101010000111101 01010100 11001101_b$, oder
- b) $n \times (01) 0101010000111101 01010100 00111101_b$, mit $n = 16$.

Die ersten 16 Chips des Synchronisationsworts entsprechen der Präambel+ Synchronisationswort der Betriebsart T. Dies ermöglicht es, einen Dekodierer zu implementieren, der in der Lage ist, beide Frames der Betriebsart T und Frames der Betriebsart C zu dekodieren. Wenn der Frame von der Betriebsart C ist, werden die nächsten 6 Chips das Muster „010101_b“ bilden. Der Dekodierer darf dies verwenden, um zu erkennen, dass der empfangene Frame nicht von der Betriebsart T ist, weil das Muster „010101_b“ niemals außerhalb der „3 von 6“-kodierten und in der Betriebsart T verwendeten Chipsequenz auftreten wird. Die letzten 8 Chips entscheiden über das ausgewählte Frame-Format. Wenn das Muster der letzten 8 Chips „11001101_b“ entspricht, folgt das Frame-Format A. Wenn das Muster der letzten 8 Chips „00111101_b“ entspricht, folgt das Frame-Format B (siehe 12.4).

Der Dekodierer darf optional erkennen, dass der Empfänger eine andere Übertragung erfasst hat, indem er eine neue Präambel und Synchronisationssequenz in Verbindung mit einer abrupten Erhöhung der empfangenen Signalstärke erkennt. In diesem Fall muss der Empfänger die Analyse des aktuellen Frames beenden und mit der Erkennung eines neuen Frames beginnen. Diese „Erfassen und Erkennen“-Funktion erhöht die Kommunikationskapazität des Systems bei Anwesenheit vieler Anwender.

10 Betriebsart N

10.1 Kanaleigenschaften

Der Funkteil eines Zählers muss für alle Parameter mindestens die Anforderungen von ETSI EN 300 220-1, ETSI EN 300 220-2 und ETSI EN 300 220-4 erfüllen, selbst wenn dies die Anwendung eines erweiterten Temperatur- oder Spannungsbereichs erfordert. Es bestehen individuelle Anforderungen für den Frequenzbereich, den Lastzyklus und den Kanalabstand für die verschiedenen Subbänder. Diese sind in Tabelle 17, Tabelle 18, Tabelle 19 und Tabelle 20 angegeben. Anhang B enthält eine Übersicht hierzu.

Tabelle 17 — Betriebsart N, Kanaleigenschaften, Subband A

Eigenschaft	min.	nom.	max.	Einheit
Frequenzbereich ^a	169,400		169,475	MHz
Kanalabstand		12,5/25/50	50	kHz
Übertragungsleistung			500	mW
Transmitter-Lastzyklus			10	%
^a Dieses Dokument ist für das 169-MHz-Band optimiert, mit einer geeigneten Übertragungslizenz können jedoch auch andere Frequenzbereiche genutzt werden.				

Tabelle 18 — Betriebsart N, Kanaleigenschaften, Subband B

Eigenschaft	min.	nom.	max.	Einheit
Frequenzbereich ^a	169,475		169,487 5	MHz
Kanalabstand		12,5		kHz
Übertragungsleistung			10	mW
Transmitter-Lastzyklus ^b			0,1	%
^a Dieses Dokument ist für das 169-MHz-Band optimiert, mit einer geeigneten Übertragungslizenz können jedoch auch andere Frequenzbereiche genutzt werden.				
^b Die nationalen Rechtsvorschriften können weniger restriktiv sein.				

Tabelle 19 — Betriebsart N, Kanaleigenschaften, Subband C

Eigenschaft	min.	nom.	max.	Einheit
Frequenzbereich ^a	169,487 5		169,587 5	MHz
Kanalabstand		12,5/25/50		kHz
Übertragungsleistung			10	MW
Transmitter-Lastzyklus ^{b c}			0,001	%
ANMERKUNG Für dieses Subband gibt ERC/REC 70-03 folgendes an: Geräte, die sich auf einzelne Geräte konzentrieren oder diese multiplexen, sind ausgeschlossen. Die jeweiligen nationalen Rechtsvorschriften können weniger restriktiv sein.				
^a Dieses Dokument ist für das 169-MHz-Band optimiert, mit einer geeigneten Übertragungslizenz können jedoch auch andere Frequenzbereiche genutzt werden.				
^b Zwischen 00:00 Uhr und 06:00 Uhr Ortszeit darf eine Lastzyklusbegrenzung von 0,1 % angewendet werden.				
^c Nationale Rechtsvorschriften können weniger restriktiv sein.				

Tabelle 20 — Betriebsart N, Kanaleigenschaften, Subband D

Eigenschaft	min.	nom.	max.	Einheit
Frequenzbereich ^a	169,587 5		169,812 5	MHz
Kanalabstand		12,5		kHz
Übertragungsleistung			10	MW
Transmitter-Lastzyklus ^b			0,1	%
^a Dieses Dokument ist für das 169-MHz-Band optimiert, mit einer geeigneten Übertragungslizenz können jedoch auch andere Frequenzbereiche genutzt werden.				
^b Die nationalen Rechtsvorschriften können weniger restriktiv sein.				

10.2 Parameter der physischen Verbindung

Die Teilbetriebsarten müssen den Kanälen und Frequenzen nach Tabelle 21 zugewiesen werden.

Tabelle 21 — Betriebsart N, Frequenzen und Kanäle

Sub-band	Index	Mitten-frequenz MHz	Kanal-abstand kHz	GFSK kbps	4 GFSK kbps	Frequenz-toleranz kHz	Kanalbereich
A	1	$169,406\,25 + n \times 0,012\,5$	12,5	2,4		$\pm 2,0$	$0 \leq n \leq 5$
A	2	$169,406\,25 + n \times 0,012\,5$	12,5	4,8		$\pm 1,5$	$0 \leq n \leq 5$
A	3	$169,406\,25 + n \times 0,012\,5$	12,5		6,4	$\pm 1,5$	$0 \leq n \leq 5$
A	4	169,437 5	50		19,2	$\pm 2,5$	$n = 0$
B	5	169,481 25	12,5	2,4		$\pm 2,0$	$n = 0$
B	6	169,481 25	12,5	4,8		$\pm 1,5$	$n = 0$
C	7	$169,493\,75 + n \times 0,012\,5$	12,5	2,4		$\pm 1,5$	$0 \leq n \leq 7$
C	8	$169,493\,75 + n \times 0,012\,5$	12,5	4,8		$\pm 1,5$	$0 \leq n \leq 7$
C	9	$169,493\,75 + n \times 0,012\,5$	12,5		6,4	$\pm 1,5$	$0 \leq n \leq 7$
D	10	$169,593\,75 + n \times 0,012\,5$	12,5	2,4		$\pm 2,0$	$0 \leq n \leq 17$
D	11	$169,593\,75 + n \times 0,012\,5$	12,5	4,8		$\pm 1,5$	$0 \leq n \leq 17$
D	12	$169,593\,75 + n \times 0,012\,5$	12,5		6,4	$\pm 1,5$	$0 \leq n \leq 17$
D	13	$169,625 + n \times 0,05$	50		19,2	$\pm 2,5$	$0 \leq n \leq 3$
ANMERKUNG Uplink- und Downlink-Nachrichten dürfen einen anderen Kanal und/oder eine andere Modulation verwenden.							

Die Modulation und die Zeitsteuerung müssen Tabelle 22 entsprechen.

Tabelle 22 — Betriebsart N, Modulation und Zeitsteuerung

Eigenschaft	Daten-rate	Symbol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
GFSK, Abweichung (Mod. Index 2,0)	2,4 kbps		±1,68	±2,4	±3,12	kHz	70 % bis 130 % Nenn- abweichung ^a
GFSK, Abweichung (Mod. Index 1,0)	4,8 kbps		±1,68	±2,4	±3,12	kHz	70 % bis 130 % Nenn- abweichung ^a
4GFSK, Abweichung (Mod. Index 1,0)	6,4 kbps		±2,24	-3,2, -1,06, +1,06, +3,2	±4,16	kHz	70 % bis 130 % Nenn- abweichung ^a
4GFSK, Abweichung (Mod. Index 0,5)	19,2 kbps		±5,04	-7,2, -2,4, +2,4, +7,2	±9,36	kHz	70 % bis 130 % Nenn- abweichung ^a
Relative GFSK/4GFSK- Bandbreite	Alle	BT		0,5			
Bit-/Symbolraten- toleranz	Alle				±100	ppm	
Präambel-Länge	Alle	PL	16 ^f		16 ^f	Bits oder Symbole	
Synchroni- sierungslänge	Alle	SL	16		16	Bits oder Symbole	
Länge der Postambel (Nachläufer)	Alle			0		Bits oder Symbole	
Schnelle Antwort- verzögerung ^b (O- 2-M)	Alle	t_{RO}	99,5	100	100,5	ms	
Langsame Antwort- verzögerung ^b (O-2-M)	4,8 kbps 6,4 kbps 19,2 kbps	t_{RO_slow}	1 099,5 1 099,5 1 099,5	1 100 1 100 1 100	1 100,5 1 100,5 1 100,5	ms	
Langsame Antwort- verzögerung ^b (O- 2-M)	2,4 kbps	t_{RO_slow}	2 099,5	2 100	2 100,5	ms	
Erweiterte Antwort- verzögerung (Standard) ^{b g} (O-2-M)	Alle	t_{RO_extd}	4 997,5	5 000	5 002,5	ms	
FAC- Übertragungs- verzögerung ^{c d}		t_{TxD}	$N \times$ 1 000 -0,5	$N \times 1 000$	$N \times 1 000$ +0,5	ms	$N = 5,7$ oder 13 ^h

Tabelle 22 (*fortgesetzt*)

Eigenschaft	Daten-rate	Symbol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
FAC-Timeout ^e	Alle	t_{TO}	25		30	s	
ANMERKUNG Die kontinuierliche Phasenmodulation wird für alle Modulationen empfohlen, um die Demodulation zu unterstützen.							
^a Gemessen in der Mitte der äußeren symbolübertragenden PN9-Sequenz (Frequenz im Vergleich zum Aufwachen), min./max. basierend auf dem auf dem Effektivwert des Fehlers. ^b Der Transmitter muss innerhalb dieser Zeitverzögerung nach dem letzten Bit des empfangenen Rahmens mit der Übertragung der Präambel beginnen. Die Nutzung der langsamen, schnellen oder erweiterten Antwortverzögerung ist in dem „Kommunikationssteuerfeld“ der Extended Link Layer festgelegt – siehe 13.2.7.3. Für Zeitsteuerungsdiagramme siehe Anhang E. Wenn keine Extended Link Layer vorhanden ist, muss die Standard-Antwortverzögerung verwendet werden. ^c FAC-Übertragungsverzögerung: beschreibt die Dauer, für die ein Zähler die erste Antwort einer empfangenen Nachricht eines anderen Geräts in Bezug auf seine letzte Übertragung verzögern muss. Diese Verzögerung muss auch zwischen der ersten Antwort des Zählers und der nächsten wiederholten Antwort des Zählers und allen folgenden wiederholten Antworten während des Mehrfachzugriffzyklus (en: Frequenz Access Cycle, FAC) angewendet werden. Der Referenzzeitpunkt muss das Ende der Präambel (Ende der Synchronisationssequenz) der Zählerübertragung sein. ^d Der ausgewählte Zeitslot N muss für den gesamten Mehrfachzugriffzyklus gleich sein. ^e FAC Timeout: Dies ist der Zeitraum zwischen dem letzten erfolgreichen Empfang eines Frames von dem Anderen Gerät während des Mehrfachzugriffzyklus (FAC) und dem Zeitpunkt, zu dem die Wiederholung der letzten Antwort des Zählers gestoppt werden muss (Ende des Mehrfachzugriffzyklus). ^f Falls erforderlich, dürfen 8 Symbole für die Leistungssteigerung vor der Präambel hinzugefügt werden. ^g Die erweiterte Verzögerung gibt dem Anderen Gerät Zeit, Operationen wie etwa kryptographische Operationen an dynamischen Daten auszuführen. ^h Es muss sichergestellt werden, dass die FAC-Übertragungsverzögerung die verwendete Antwortverzögerung nicht stört.							

10.3 Empfindlichkeit von Empfängern

Die Empfindlichkeit von Empfängern muss den Angaben in Tabelle 23 entsprechen.

Tabelle 23 — Betriebsart N, Empfänger

Eigenschaft	Klasse	Symbol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
Empfindlichkeit (BER < 10 ⁻²) oder (PER < 0,8), GFSK	H_R	P_o	-115	-123		dBm	2,4 kbps, Frame-Größe von 20 Byte
Empfindlichkeit (BER < 10 ⁻²) oder (PER < 0,8), GFSK	H_R	P_o	-112	-120		dBm	4,8 kbps Frame-Größe von 20 Byte
Empfindlichkeit (BER < 10 ⁻²) oder (PER < 0,8), 4GFSK	H_R	P_o	-109	-112		dBm	6,4 kbps Frame-Größe von 20 Byte
Empfindlichkeit (BER < 10 ⁻²) oder (PER < 0,8), 4GFSK	H_R	P_o	-104	-107		dBm	19,2 kbps Frame-Größe von 20 Byte
Blockierungsleistung ^a	M_R		2			Kategorie	

Tabelle 23 (fortgesetzt)

Eigenschaft	Klasse	Symbol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
Blockierungsleistung ^a	H_R		2			Kategorie	
Angrenzende Kanal-Selektivität ^b	H_R		40			dB	Empfindlichkeit des angrenzenden Kanals, gemessen bei 3 dB über Mindestempfindlichkeit, Störer mindestens 40 dB über Mindestempfindlichkeit.
^a Empfänger-Kategorie nach ETSI EN 300 220-1, V3.1.1:2017, 4.2.5.							
^b Gemessen nach ETSI EN 300 220-1, V3.1.1:2017, 5.15.							

10.4 Datenkodierung und Präambel

10.4.1 Kodierung

Die mit GFSK-Modulation übertragenen Daten müssen NRZ-kodiert sein, wobei die untere Frequenz einer binären „0“ entspricht.

Mithilfe der 4GFSK-Modulation übertragene Daten müssen NRZ-kodiert sein, wobei die untere Frequenz einer binären „01“ entspricht (Symbol A), die zweite Frequenz dem binären „00“ (B), die dritte Frequenz dem binären „10“ (C) und die höchste Frequenz dem binären „11“ (D).

Jedes Datenbyte muss mit dem höchstwertigen Bit zuerst übertragen werden.

Die Reihenfolge von Mehrfachbyte-Feldern ist in 12.2 definiert.

10.4.2 Präambel und Synchronisationsmuster

Allen Übertragungen mithilfe von GFSK, bei denen $n = 8$ ist, muss folgendes vorangestellt sein;

- $n \times (01) 11110110 10001101_b$ (Frame-Format A); oder
- $n \times (01) 11110110 01110010_b$, (Frame-Format B).

Allen Übertragungen mithilfe von 4GFSK, bei denen $n = 8$ ist, muss folgendes vorangestellt sein;

- $n \times (AD) DDDDADDA DAAADDAD_b$ (Frame-Format A); oder
- $n \times (AD) DDDDADDA ADDDAADA_b$ (Frame-Format B).

ANMERKUNG Das erste Muster entspricht dem Bit-Muster $n \times (0111) 111111101111101 110101011111011_b$ und das zweite Muster dem Bit-Muster $n \times (0111) 111111101111101 0111111101011101_b$.

Alle Chips jedes Frames einschließlich der Präambel und Postambel müssen eine ununterbrochene Sequenz bilden.

Der Dekodierer darf optional erkennen, dass der Empfänger eine andere Übertragung erfasst hat, indem er eine neue Präambel und ein neues Synchronisierungsmuster in Verbindung mit einer abrupten Erhöhung der empfangenen Signalstärke erkennt. In diesem Fall muss der Empfänger die Analyse des aktuellen Frames beenden.

den und mit der Erkennung eines neuen Frames beginnen. Diese „Erfassen und Erkennen“-Funktion erhöht die Kommunikationskapazität des Systems bei Anwesenheit vieler Geräte.

11 Betriebsart F

11.1 Kanaleigenschaften

Der Funkteil eines Zählers muss für alle Parameter mindestens die Anforderungen von ETSI EN 300 220-1 und ETSI EN 300 220-2 erfüllen, selbst wenn dies eine Anwendung einen erweiterten Temperatur- oder Spannungsbereich erfordert. Die spezifischen Anforderungen für den Frequenzbereichs-Lastzyklus sind in Tabelle 24 angegeben.

Tabelle 24 — Betriebsart F, Kanaleigenschaften

Eigenschaft	min.	nom.	max.	Einheit
Frequenzbereich ^a	433,050		434,790	MHz
Transmitter-Lastzyklus			10	%
^a Dieses Dokument ist für das 433-MHz-Band optimiert, mit einer geeigneten Übertragungslizenz können jedoch auch andere Frequenzbereiche genutzt werden.				

11.2 Parameter der physischen Verbindung

Die Transmitter-Parameter müssen den Angaben in Tabelle 25 entsprechen.

Tabelle 25 — Betriebsart F, Transmitter-Parameter

Eigenschaft	Symbol	Be- triebsart	min.	nom.	max.	Ein- heit	Anmer- kung
Mittenfrequenz		Alle	433,813	433,82	433,827	MHz	16 ppm
FSK-Abweichung ^a		F2, F2-m	±4,8	±5,5	±7,0	kHz	
Datenrate		F2, F2-m		2,4		kcps	
Datenraten-Toleranz		Alle			±100	ppm	
Antwortverzögerung ^b (Zähler zu Anderem Gerät)	t_{RM}	F2-m	3	50	4 000	ms	
Schnelle Antwortverzögerung ^{c d} (O-2-M) (Standard)	t_{RO}	F2	99,5	100	100,5	ms	
Langsame Antwortverzögerung ^{c d} (O-2-M)	t_{RO_slow}	F2	999,5	1 000	1 000,5	ms	

Tabelle 25 (fortgesetzt)

Eigenschaft	Symbol	Betriebsart	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
FAC-Übertragungsverzögerung ^{e f}	t_{TxD}	F2	$N \times 1\,000 - 0,5$	$N \times 1\,000$	$N \times 1\,000 + 0,5$	ms	$N = 5,7$ oder 13
FAC-Timeout ^g	t_{TO}	F2	25		30	s	

^a 75 % bis 125 % der Nennabweichung, gemessen in der Chipmitte (Frequenz im Vergleich zu Aufwachen), bei Übertragung einer 9-Bit-Pseudo-Zufallssequenz (PN9), min./max. Basierend auf dem Effektivwert (rms) des Fehlers.

^b Die Zeit eines Zählers muss die Antwort auf eine empfangene Nachricht von einem Anderen Gerät verzögern.

^c Nach dem Empfang eines Frames muss die empfangende Einheit die Übertragung der Präambel nach der festgelegten Antwortverzögerung starten. Die Antwortverzögerung wird ab der Empfangszeit des letzten Bits des Frames gemessen. Für Zeitsteuerungsdiagramme siehe Anhang E.

^d Die Verwendung der langsamen oder schnellen Antwortverzögerung ist in dem „Kommunikationssteuerfeld“ der Extended Link Layer festgelegt – siehe 13.2.7.3. Für Zeitsteuerungs-Diagramme siehe Anhang E. Wenn der Frame keine Extended Link Layer enthält, muss die Standardantwortverzögerung verwendet werden.

^e FAC-Übertragungsverzögerung: Diese Verzögerung muss zwischen der ersten Antwort des Zählers und der nächsten wiederholten Antwort des Zählers und allen wiederholten Antworten während des Mehrfachzugriffzyklus (FAC) verwendet werden. Der Referenzzeitpunkt muss das Ende der Präambel (Ende der Synchronisationssequenz) der Zählerübertragung sein. Für Zeitsteuerungsdiagramme siehe Anhang E.

^f Der gewählte Zeit-Slot N muss während des gesamten Mehrfachzugriffzyklus derselbe sein.

^g FAC-Timeout: Dies ist der Zeitraum zwischen dem letzten erfolgreichen Empfang eines Frames von dem Anderen Gerät während des Mehrfachzugriffzyklus (FAC) und dem Zeitpunkt, zu dem die Wiederholung der letzten Antwort des Zählers gestoppt werden muss (Ende des Mehrfachzugriffzyklus).

Wenn der Frame wiederholt wird (in dem „Kommunikationssteuerfeld“ der Extended Link Layer festgelegt – siehe 13.2.7), muss das Andere Gerät stattdessen eine kürzere Antwortverzögerung (t_{RR} oder $t_{\text{RR_slow}}$) verwenden, die 85 ms kürzer ist als die entsprechende t_{RO} oder $t_{\text{RO_slow}}$. Dies ermöglicht die Wiederholung der bidirektionalen Kommunikation ohne Verlust der Kommunikationsgeschwindigkeit. Der Frame zwischen Zähler und dem Anderen Gerät muss mit einer Verzögerung von weniger als 5 ms (t_{DRF}) wiederholt werden. Für Zeitsteuerungsdiagramme siehe Anhang E.

11.3 Empfindlichkeit von Empfängern

Die Empfindlichkeit von Empfängern muss den Angaben in Tabelle 26 entsprechen.

Tabelle 26 — Betriebsart F, Empfänger

Eigenschaft	Klasse	Symbol	min.	nom.	max.	Einheit	Anmerkung
Empfindlichkeit ($\text{BER} < 10^{-2}$) oder ($\text{PER} < 0,8$)	H_{R}	P_0	-115	-117		dBm	2,4 kbps, Frame-Größe von 20 Byte
Blockierungsleistung ^a	M_{R}		2			Kategorie	
Blockierungsleistung ^a	H_{R}		2			Kategorie	

^a Empfänger-kategorie ETSI EN 300 220-1, V3.1.1:2017, 4.2.5.

11.4 Datenkodierung und Präambel

11.4.1 Datenkodierung

Die Datenübertragung mithilfe der FSK-Modulation muss NRZ-kodiert sein. Die untere Frequenz muss einer binären „0“ entsprechen. Jedes Datenbyte muss mit dem höchstwertigen Bit zuerst übertragen werden.

Die Reihenfolge von Mehrfachbyte-Feldern ist in 12.2 festgelegt.

11.4.2 Präambel und Synchronisationsmuster

Allen übertragenen Daten muss eine Präambel vorausgehen. Sie muss für das Datenverbindungsschicht-Format A $n \times (01) 1111 0110 1000 1101_b$, mit $n \geq 39$ betragen. Sie muss für das Datenverbindungsschicht-Format B $n \times (01) 1111 0110 0111 0010_b$, mit $n \geq 39$ betragen.

12 Datenverbindungsschicht

12.1 Allgemeines

Die Datenverbindungsschicht folgt unmittelbar auf die Präambel und das Synchronisierungsmuster (mittlere Zugriffsschicht). Diese Norm unterstützt die zwei verschiedenen Frame-Formate A und B für die Datenverbindungsschicht. Das Frame-Format muss von der Präambel und dem Synchronisierungsmuster erkannt werden (siehe Beschreibung der entsprechenden Betriebsarten). Die Frames sind in Blöcke unterteilt. In beiden Formaten hat der erste Block eine feste Länge von 10 Byte und enthält die Verbindungsschicht, die aus der Frame-Länge (L-Feld), den Steuerungsinformationen (C-Feld) und der Absenderadresse (Verbindungsschicht-Adresse) besteht. Der zweite Block beginnt mit dem CI-Feld, das verwendet wird, um die Struktur der folgenden Daten anzugeben. Die folgenden Daten bestehen aus einer oder mehreren Schichten vor den Anwendungsdaten (sofern vorhanden). Dies kann eine eingeklappte Extended Data Link/Network Layer, eine Network Layer und ein Anwendungsdaten-Header sein, die als Transport Layer, Network Layer (siehe EN 13757-5) oder eine Erweiterung der Vermittlungsschicht (Extended Link Layer) bezeichnet wird, wie nachfolgend beschrieben. Das CI-Feld definiert darüber hinaus das Anwendungsprotokoll (sofern zutreffend).

Die Verfügbarkeit von Mehrfachframe-Formaten bedeutet nicht, dass ein Gerät – unabhängig davon, ob Zähler oder Anderes Gerät – beide Frame-Formate gleichzeitig unterstützen muss. Ein Gerät kann beide Frame-Formate implementieren. Nachdem der Zähler installiert wurde, muss das Frame-Format unverändert bleiben.

Für Betriebsarten, die beide Frame-Formate unterstützen, sollte das Andere Gerät während der Installation eines Zählers beide Frame-Formate erkennen. Das Andere Gerät könnte während der anschließenden Kommunikation nur das bekannte Frame-Format des Zählers synchronisieren.

12.2 Reihenfolge von Mehrfachbyte-Feldern

Jede Sequenz von Mehrfachbyte-Feldern vor dem ersten CI-Feld muss mit dem niedrigen Byte zuerst übertragen werden. Die Bytesequenz von Mehrfachbyte-Feldern nach CI-Feldern von 80_h , 82_h , 83_h , 86_h und 88_h bis $8F_h$ (siehe 13.2 und 13.3) muss ebenfalls mit dem niedrigen Byte zuerst übertragen werden. Die Bytesequenz anderer Mehrfachbyte-Felder wird in diesem Dokument nicht definiert. Mehrfachbyte-Felder nach dem CI-Feld müssen wie in den implementierten Schichten, d. h. entsprechend EN 13757-1 und EN 13757-3 für die Anwendungsschicht und EN 13757-7 für die Transportschicht festgelegt, übertragen werden.

Die Bytesequenz des CRC muss mit dem höchsten Byte zuerst übertragen werden.

12.3 Frame-Format A

Das Frame-Format A entspricht EN 60870-5-1 mit der Formatklasse FT3. Die Startbytes 05_h 64_h werden durch die Präambel-Chipsequenz ersetzt, wie in der entsprechenden Betriebsart beschrieben. Das Format der verschiedenen Blöcke in dem Frame ist nachfolgend festgelegt.

Das Format des ersten Blocks muss Tabelle 27 entsprechen.

Tabelle 27 — Format A, Format des ersten Blocks

L-Feld	C-Feld	M-Feld	A-Feld	CRC-Feld
1 Byte	1 Byte	2 Bytes	6 Bytes	2 Bytes

Das Format des zweiten Blocks muss Tabelle 28 entsprechen.

Tabelle 28 — Format A, Format des zweiten Blocks

CI-Feld	Datenfeld	CRC-Feld
1 Byte	15 oder wenn es sich um den letzten Block handelt $((L-9) \bmod 16) - 1$ Bytes	2 Bytes

Das Format jedes darauf folgenden Blocks muss Tabelle 29 entsprechen.

Tabelle 29 — Format A, Formate optionaler Blöcke

Datenfeld	CRC-Feld
16 oder wenn es sich um den letzten Block handelt $((L-9) \bmod 16)$ Bytes	2 Bytes

12.4 Frame-Format B

Die Verbindungsschicht-Prüfung des Frame-Formats B wird mit maximal 128 Bytes einschließlich des CRC-Felds durchgeführt. Frames mit einer Länge von bis zu 128 Bytes einschließlich CRC- und L-Feld enthalten ein einziges CRC-Feld, das den ersten und den zweiten Block abdeckt. Frames mit einer Länge von 131 Bytes und 256 Bytes (maximale Länge) enthalten zwei CRC-Felder, wobei das zweite CRC-Feld den optionalen Block abdeckt. Das Format der verschiedenen Blöcke in dem Frame ist nachfolgend festgelegt.

Das Format des ersten Blocks muss Tabelle 30 entsprechen.

Tabelle 30 — Format B, Format des ersten Blocks

L-Feld	C-Feld	M-Feld	A-Feld
1 Byte	1 Byte	2 Bytes	6 Bytes

Das Format des zweiten Blocks muss Tabelle 31 entsprechen.

Tabelle 31 — Format B, Format des zweiten Blocks

CI-Feld	Datenfeld	CRC-Feld
1 Byte	115 oder wenn es sich um den letzten Block handelt, $(L-12)$ Bytes	2 Bytes

Das Format jedes anschließenden Blocks muss Tabelle 32 entsprechen.

Tabelle 32 — Format B, Format optionaler Block (Blöcke)

Datenfeld	CRC-Feld
$(L-129)$ Bytes	2 Bytes

12.5 Felddefinitionen

12.5.1 Allgemeines

Die in EN 60870-5-1 (L-Feld) und EN 60870-5-2 (C-Feld, M-Feld und A-Feld) definierten Felder werden in den folgenden Unterabschnitten festgelegt. Das A-Feld von EN 60870-5-2 entspricht der Verkettung des hier präsentierten M-Felds und A-Felds.

12.5.2 Mehrfachbyte-Felder

Mehrfachbyte-Felder müssen wie in 12.2 festgelegt behandelt werden.

12.5.3 Längensfeld (L-Feld)

Frame-Format A:

Das erste Byte des ersten Blocks ist das Längensfeld. Das Feld legt die Anzahl der anschließenden Anwenderdatenbytes einschließlich der Steuer- und Adressbytes und ohne CRC-Bytes fest. Wenn $((L-9) \text{ MOD } 16)$ nicht null ist, muss der letzte Block $((L-9) \text{ MOD } 16)$ Datenbytes + 2 CRC-Bytes enthalten. Alle anderen Blöcke mit Ausnahme des ersten Blocks müssen immer 16 Datenbytes + 2 CRC Bytes enthalten.

Frame-Format B:

Das erste Byte des ersten Blocks ist das Längensfeld. Das Feld legt die Anzahl aller folgenden Bytes einschließlich aller CRC-Bytes fest.

12.5.4 Steuerfeld (C-Feld)

Das zweite Byte des ersten Blocks ist das C-Feld. Es legt den Frametyp fest.

Das allgemeine Format des C-Felds ist Bit-für-Bit, wie in Tabelle 33 gezeigt.

Tabelle 33 — C-Feld-Datenformat

MSBit				LSBit	
RES	PRM	FCB	FCV	Funktionscode	Primär zu sekundär
		ACD	DFC		Sekundär zu primär

RES — Bit muss immer „0“ sein.

PRM — „1“-Nachricht von der primären (initiiierenden) Station.
„0“-Nachricht von der sekundären (antwortenden) Station.

FCB-, FCV- und ACD-, DFC-Bit-Kodierung muss nach den Regeln in EN 60870-5-2 angewendet werden.

Die Funktionscodes in Tabelle 34 und Tabelle 35 dürfen verwendet werden. Die Primärstation und die Sekundärstation sind in EN 60870-5-2 definiert.

Tabelle 34 — Funktionscodes des C-Felds in von Primärstationen gesendeten Nachrichten

Funktions-code	Symbol-name	Richtung	Funktion	Bestätigung durch	Unterstützung durch Zähler
0 _h	SND-NKE ^{a b f}	Zu Zähler	Link-Rücksetzung nach der Kommunikation; dies löscht das FCB und beendet den Mehrfachzugriffzyklus. Darüber hinaus zeigt es einem Zähler, der eine Installationsnachricht gesendet hat, eine anzuwendende Funkverbindung an (SND-NKE enthält keine Anwendungsdaten).	—	Verbindlich für S2, T2, C2, R2, N ₂ und F2
3 _h	SND-UD/ SND-UD2 ^c	Zu Zähler	Befehl senden (Anwenderdaten senden)	ACK/NACK/ RSP-UD ^c	Verbindlich für S2, T2, C2 und R2, N ₂ und F2
4 _h	SND-NR ^{d f}	Vom Zähler	Unaufgeforderte/regelmäßige Anwendungsdaten ohne Anfrage senden (Senden/Keine Antwort)	—	Verbindlich für S1, T1, C1 und N1
5 _h	SND-UD3 ^{f h}	Zu Zähler	Senden eines Befehls an mehrere Empfänger gleichzeitig (Anwenderdaten senden) Keine Antwort	—	Optional
6 _h	SND-IR ^f	Vom Zähler	Manuell initiierte Installationsdaten senden (Installationsanfrage senden)	CNF-IR	Optional
7 _h	ACC-NR ^f	Vom Zähler	Unaufgeforderte/regelmäßige Nachricht senden, um den Zugang zu dem Zähler zu ermöglichen (enthält keine Anwendungsdaten)	—	Optional
8 _h	ACC-DMD ^f	Vom Zähler	Zugriffsanfrage vom Zähler an das Andere Gerät. Mit dieser Nachricht wird ein Zugang zu dem Zähler angefordert (enthält keine Anwendungsdaten)	QUITT (en: ACK)	Optional

Tabelle 34 (*fortgesetzt*)

Funktions-code	Symbol-name	Richtung	Funktion	Bestätigung durch	Unterstützung durch Zähler
A _h	REQ-UD1 ^{e g}	Zu Zähler	Alarmanfrage (Anfrage der Anwenderdatenklasse 1) (enthält keine Anwendungsdaten)	ACK/RSP-UD ^e	Verbindlich für S2, T2, C2, R2, N ₂ und F2
B _h	REQ-UD2 ^g	Zu Zähler	Datenanfrage (Anfrage der Anwenderdatenklasse 2) (enthält keine Anwendungsdaten)	RSP-UD	Verbindlich für S2, T2, C2, R2, N ₂ und F2

^a Nach einem FAC-Timeout (siehe 12.6.3.3) muss das FCB automatisch gelöscht werden.

^b Bezeichnet als SND-NKE in EN 13757-2.

^c SND-UD wird zusammen mit einem gültigen FCB verwendet (C-Feld ist 53_h oder 73_h) und muss mit einer ACK-Nachricht beantwortet werden. Wenn der Zähler den Funktionscode 3_h mit einem gelöschten FCV-Bit empfängt (C-Feld ist 43_h), muss er den Empfang von SND-UD mit einer anschließenden REQ-UD2 annehmen. Aus diesem Grund muss er mit dem entsprechenden RSP-UD anstelle von ACK antworten. Diese Nachricht wird als SND-UD2 bezeichnet. Die Unterstützung von SND-UD2 ist optional. Wenn der Zähler die Nachricht SND-UD2 nicht unterstützt, muss er mit NACK antworten und die Nachricht verwerfen. Es wird darauf hingewiesen, dass alte Zähler, die nach EN 13757-4 oder vorherigen Versionen dieser Norm implementiert wurden, mit einer ACK-Nachricht antworten werden. SND-UD2 gilt nicht für fragmentierte Nachrichten. Siehe auch Anhang E.

^d Der Zähler darf einen Mehrfachzugriffzyklus (FAC) verwenden, d. h. die gleiche Nachricht in einer begrenzten Anzahl wiederholen, bis das Andere Gerät antwortet. Das Andere Gerät sollte zum Antworten SND-NKE verwenden und der Zähler sollte mit FAC abschließen.

^e Wenn der Zähler keine Alarmdaten unterstützt, muss er mindestens mit einer ACK-Nachricht antworten.

^f Dieser Nachrichtentyp muss mit FCV = 0 verwendet werden.

^g Dieser Nachrichtentyp muss mit FCV = 1 verwendet werden.

^h Die Nachricht SND-UD3 sollte für Mehrfach- oder Sammelübertragungen verwendet werden, siehe auch EN 13757-3:2018, Anhang I.

Tabelle 35 — Funktionscodes des C-Felds in von Sekundärstationen gesendeten Nachrichten

Funktions-code	Symbol-name	Richtung	Funktion	Initiiert durch	Unterstützung durch Zähler
0 _h	QUITT (en: ACK)	Beide Richtungen	Bestätigung des Empfangs einer ACC-DMD oder SND-UD (nur Bestätigung der Übertragung). Sie muss darüber hinaus als Antwort auf eine REQ-UD1 verwendet werden, wenn kein Alarm aufgetreten ist (enthält keine Anwendungsdaten).	SND-UD/ ACC-DMD	Verbindlich für S2, T2, C2, R2, N ₂ und F2
1 _h	NACK ^a	Vom Zähler	Ersetzt eine ACK im Fall von: — Puffer-Überlauf des Zählerempfangs — Datagramm mit ungültigem oder unbekanntem C-Feld	SND-UD/ SND-UD2	Optional

Tabelle 35 (fortgesetzt)

Funktions-code	Symbol-name	Richtung	Funktion	Initiiert durch	Unterstützung durch Zähler
6 _h	CNF-IR	Zu Zähler	Bestätigt die erfolgreiche Registrierung (Installation) eines Zählers an das Servicewerkzeug (enthält keine Anwendungsdaten).	SND-IR	Optional
8 _h	RSP-UD	Vom Zähler	Antwort mit Anwendungsdaten nach einer Anfrage der Primärstation (Antwort mit Anwenderdaten)	REQ-UD1/ REQ-UD2/ SND-UD2	Verbindlich für S2, T2, C2, R2, N2 und F2
^a Ein NACK-Frame verwendet die gleiche Frame-Struktur wie ein ACK-Frame, mit dem C-Feld als einzigem Unterschied.					

12.5.5 Hersteller-ID (M-Feld)

Das dritte und vierte Byte des ersten Blocks muss eine eindeutige Anwender/Hersteller-ID des Absenders enthalten. Die 15 niederwertigsten Bits dieser beiden Bytes müssen aus einem ISO/IEC 646-Code (A ... Z) nach EN 13757-7:2018, 7.5.2, aus drei Buchstaben bestehen.

Wenn das höchstwertige Bit dieser beiden Bytes der Anwender/Hersteller-ID Null ist, muss die Adresse A eine eindeutige (fest programmierte) Hersteller-Zähleradresse von 6 Bytes sein. Jeder Hersteller ist für die weltweite Eindeutigkeit dieser 6 Bytes verantwortlich. Jede Art von Kodierung oder Nummerierung einschließlich Typ/Version/Datum darf verwendet werden, solange die ID eindeutig ist.

Wenn das höchstwertige Bit dieser aus zwei Bytes bestehenden Anwender/Hersteller-ID nicht Null ist, muss die 6-Byte-Adresse mindestens innerhalb des maximalen Übertragungsbereichs des Systems (Soft-Adresse) eindeutig sein. Diese Adresse wird dem Gerät üblicherweise zum Zeitpunkt der Installation zugewiesen. Solange diese Anforderungen an die eindeutige Adresse erfüllt werden, dürfen die verbleibenden Bytes für anwenderspezifische Zwecke verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Die unbedingte Verwendung der Absenderadresse war eine in EN 13757-4:2013 eingeführte Änderung, in Abweichung von EN 13757-4:2005 und EN 60870-5-2. Einige Implementierungen wenden immer noch diese Version der Norm an.

ANMERKUNG 2 Die Adresse wird in Hintergrundsystemen verwendet, um den Zähler unabhängig von seiner Kommunikationsschnittstelle zu identifizieren. Aus diesem Grund muss der Hersteller die Eindeutigkeit der Adressen nicht nur für drahtlose, sondern für alle hergestellten Zähler verwenden.

12.5.6 Adresse (A-Feld)

Dieses Adressenfeld A enthält in Abweichung zu EN 60870-5-2 immer die Adresse des Absenders. Bei einem Uplink die Adresse eines Zählers mit integriertem Funkmodul oder die Adresse eines Funkadapters, der einen Zähler ohne Funkmodul unterstützt und bei einem Downlink die Adresse des Anderen Geräts. Die Adresse des Empfängers (erforderlich für den Downlink) muss in der Extended Data Link Layer, siehe 13.2, oder der Transportschicht, siehe 13.3, folgen. Die Adresse muss eindeutig sein, siehe 12.5.5. Jeder Anwender/Hersteller muss garantieren, dass diese Adresse eindeutig ist. Wenn dieses Protokoll zusammen mit der Transportschicht oder der Anwendungsschicht nach EN 13757-3 verwendet wird, muss die folgende Adressenstruktur angewendet werden: das A-Feld muss als Verkettung der „Identifikationsnummer“, der „Versionsnummer“ und der „Gerätetyp-Informationen“ nach EN 13757-7:2018, 7.5.1, 7.5.3 und 7.5.4, generiert werden, siehe Beispiele in Anhang C.

ANMERKUNG 1 Wenn die Zähleradresse von der Absenderadresse abweicht, muss die Zähleradresse nach dem CI-Feld mithilfe einer langen Transportschicht übertragen werden, siehe 13.3.3 und EN 13757-7.

E DIN EN 13757-4:2024-09
prEN 13757-4:2024 (D)

ANMERKUNG 2 Die unbedingte Verwendung der Absenderadresse war eine in EN 13757-4:2013 eingeführte Änderung, in Abweichung von EN 13757-4:2005 and EN 60870-5-2. Einige Implementierungen wenden immer noch diese Version der Norm an.

12.5.7 Zyklische Redundanzprüfung (CRC-Feld)

Die CRC muss anhand der Informationen aus dem vorherigen Block berechnet und nach FT3 von EN 60870-5-1 generiert werden. Die Formel lautet:

$$\text{Das CRC-Polynom ist: } x^{16} + x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^6 + x^5 + x^2 + 1$$

Der Anfangswert ist 0.

Von der abschließenden CRC wird das Komplement gebildet.

12.5.8 Steuerinformationsfeld (CI-Feld)

Das erste Byte des zweiten Blocks ist das CI-Feld. Das CI-Feld legt den Protokolltyp und somit die Art der darauf folgenden Informationen fest. Das CI-Feld darf eine Anwendungsschicht, eine Authentifizierungsschicht und eine Fragmentierungsschicht, eine Transportschicht, eine Netzwerkschicht oder eine Extended Link Layer deklarieren. Das CI-Feld ist in 13.1 definiert.

12.6 Zeitsteuerung

12.6.1 Zeitsteuerung für Installationsnachrichten

Ein Zähler darf zusätzliche Installationsnachrichten unterstützen. Die folgenden Anforderungen gelten nicht für Zähler, die in der Betriebsart N betrieben werden, wo andere Installationssysteme verwendet werden können, insbesondere, wenn ein Zähler mehreren Anderen Geräten (wie Gateways) zugewiesen werden kann.

Die Installationsnachrichten dürfen nur durch ein manuelles Ereignis (wie etwa ein Tastendruck) gestartet werden. Die Übertragung von Installationsnachrichten muss unmittelbar nach diesem Ereignis beginnen.

Für eine effiziente Inbetriebnahme sollten die Installationsnachrichten (SND-IR) mindestens 6 mal mit einem Intervall von 30 s bis 60 s wiederholt werden. Die Übertragung der Installationsnachrichten muss spätestens 60 min nach dem manuellen Startereignis enden.

ANMERKUNG 1 Gateways könnten eine begrenzte Kapazität haben, die ein optimiertes Management der Zählerzuordnung erfordert.

ANMERKUNG 2 Die häufige Übertragung von Installationsnachrichten kann zu einem unerwünschten hohen Energieverbrauch bei Zählern führen, die mit den geringen Datenraten der Betriebsart N arbeiten.

Im Fall eines kürzeren Übertragungsintervalls sollten die Übertragungen entsprechend früher enden. Im Beispiel eines Übertragungsintervalls zwischen 10 s und 20 s endet die Übertragung spätestens 20 Minuten nach dem Startereignis.

Wenn das Andere Gerät eine Installationsnachricht (SND-IR) empfängt und diesen Zähler abschließend für den dauerhaften Empfang registriert, sollte es mit einer Installationsbestätigungsnachricht (CNF-IR) antworten, um die erfolgreiche Registrierung dem Zähler und einem optionalen Servicewerkzeug anzuzeigen. Wenn der Zähler diese Nachricht empfängt, darf er die Wiederholung der Installationsnachrichten beenden. Das Servicewerkzeug darf diese Nachricht verwenden, um dem Servicetechniker eine Rückmeldung über die erfolgreiche Installation des Zählers zu geben.

Wenn das Andere Gerät eine Installationsnachricht (SND-IR) empfängt, darf es eine Rückmeldung (SND-NKE) an das Servicewerkzeug generieren. Um Kollisionen mit einem zweiten Anderen Gerät zu vermeiden, muss die Übertragung der Rückmeldung (SND-NKE) zufallsbasiert zwischen 5 s und 25 s nach dem Empfang der

Zähler-Installationsnachricht verzögert werden. Die Übertragung der Rückmeldung (SND-NKE) ist von der Übertragung oder dem Empfang einer Installationsbestätigungsnachricht (CNF-IR) unabhängig. Siehe CEN/TR 17167:2023, Anhang D.

12.6.2 Synchrone Übertragungen von Zählernachrichten

Um batterieeffiziente Andere Geräte (Datenkonzentratoren, Repeater usw.) zu ermöglichen, die ihre Empfänger nur für eine kurze vorhergesagte Dauer einschalten, sollte der Zähler ein striktes Übertragungszeitsystem einhalten. Die Nutzung des synchronen Übertragungssystems ist optional.

Der Zähler muss synchrone Nachrichten mindestens mit einem (durchschnittlichen) Nennübertragungsintervall nach Tabelle 36 übertragen.

Die synchronen Nachrichten müssen vom Typ SND-NR, ACC-DMD oder ACC-NR (C-Felder 44_h, 48_h oder 47_h) ein. Sie müssen einen kurzen oder langen Header oder ein CI-Feld im Bereich von 86_h oder 8C_h bis 8F_h (Tabelle 42) enthalten, weil die Zugriffsnummer erforderlich ist. ACC-NR-Nachrichten dürfen nur verwendet werden, um die Synchronisierung aufrechtzuerhalten. SND-NR, ACC-DMD und ACC-NR dürfen kombiniert werden.

Tabelle 36 — Höchstwerte des Nennübertragungsintervalls, t_{NOM}

Betriebsart	t_{NOM} (max.)
T, C	15 min
S	120 min
R, N, F	24 h

Synchrone Nachrichten müssen mit individuellen Übertragungsintervallen (gemessen ab dem Beginn der Nachricht bis zum Beginn der nächsten Nachricht) übertragen werden, die gegeben sind durch:

$$t_{\text{ACC}} = (1 + (|n_{\text{ACC}} - 128| - 64) / 2048) \times t_{\text{NOM}}$$

$$t_{\text{NOM}} = n \times 2 \text{ s}$$

Dabei ist

t_{ACC} das individuelle Übertragungsintervall zwischen der Nachricht mit der Zugriffsnummer n_{ACC} und der nächsten Nachricht;

n_{ACC} der Wert der Zugriffsnummer (0 bis 255);

t_{NOM} das feste Nennübertragungsintervall innerhalb des in Tabelle 26 festgelegten Bereichs;

n eine feste positive ganze Zahl.

Die Zugriffsnummer n_{ACC} ist gegeben durch:

— EN 13757-7:2018, 7.5.5.

Die gesamte zulässige absolute Toleranz des festen Nennübertragungsintervalls, t_{NOM} , besteht aus einem statischen und einem dynamischen Teil. Der statische Teil bezieht sich auf die Anfangs-Komponententoleranzen und sich langsam veränderten Alterungswirkungen und der dynamische Teil auf sich schneller verändernde dynamische Wirkungen wie die Temperatur.

Die Abweichung der statischen Toleranz muss auf ± 1 ppm je Tag begrenzt sein. Die statische Toleranz muss innerhalb des folgenden Bereichs liegen:

E DIN EN 13757-4:2024-09
prEN 13757-4:2024 (D)

— ± 40 ppm für alle Zähler.

Die zusätzliche dynamische Toleranz muss innerhalb des folgenden Bereichs liegen:

— $+90/-10$ ppm für Zähler mit Betrieb im Temperaturbereich -15 °C bis $+65\text{ °C}$;

— $+210/-10$ ppm für alle anderen Geräte.

Die gesamte zulässige absolute Toleranz über die Gerätelebensdauer und alle Temperaturen muss daher betragen:

— $+130/-50$ ppm für Zähler mit Betrieb im Temperaturbereich -15 °C bis $+65\text{ °C}$;

— $+250/-50$ ppm für alle anderen Geräte.

Ein nichtkumulatives Flackern des Nennübertragungsintervalls aufgrund diskreter Zeitquantisierung ist zulässig. Es muss für:

— $t_{\text{NOM}} < 300$ s weniger als ± 1 ms betragen;

— $t_{\text{NOM}} \geq 300$ s weniger als ± 3 ms betragen.

Für Nachrichten mit einem CI-Feld, das von 86_{h} und $8C_{\text{h}}$ bis $8F_{\text{h}}$ abweicht, müssen alle synchronen Nachrichten durch Setzen des Synchronisationsbits in dem Konfigurationsfeld der Transportschicht als solche gekennzeichnet werden. Für das Konfigurationsfeld siehe EN 13757-7:2018, 7.7.2 und 7.7.4.

Für Nachrichten mit einem CI-Feld von 86_{h} oder $8C_{\text{h}}$ bis $8F_{\text{h}}$ müssen alle synchronen Nachrichten durch Setzen des „Synchronisiert“-Teilfelds in dem Kommunikationssteuerfeld als solche markiert werden. Für das Kommunikationssteuerfeld siehe 13.2.7.

Zusätzliche nichtsynchrone Nachrichten dürfen entsprechend den Zeitsteuerungsregeln der Norm z. B. in der bidirektionalen Kommunikation übertragen werden. Nichtsynchrone Nachrichten müssen durch ein gelöscht Synchronisationsbit bzw. „Synchronisiert“-Teilfeld als solche gekennzeichnet sein.

Zähler, die die Betriebsart S1 und die Betriebsart S2 verwenden, müssen immer synchrone Nachrichten unter Verwendung der langen Präambel übertragen, um einen batterieeffizienten Kommunikationspartner zu unterstützen.

Zählerherstellern wird dringend empfohlen, die Zugriffsnummern und internen Übertragung-Timer der verschiedenen Zähler mit weithin verteilten zufallsbasierten Werten zu initialisieren, um systematische Kollisionen zu vermeiden.

Der Zähler darf einzelne synchrone Übertragungen auslassen, wenn eine Aufgabe mit höherer Priorität (z. B. ein metrologischer Algorithmus, der nicht verschoben werden kann) zu einem geplanten Übertragungszeitpunkt ausgeführt werden muss. Die Rate der ausgelassenen synchronen Nachrichten muss auf 6,25 % je gleitendem 24 h Zeitraum begrenzt sein. Die Zugriffsnummer, n_{ACC} , muss so erhöht werden, als wären alle synchronen Übertragungen ausgeführt worden.

Anhang D zeigt ein Beispiel für die Vorhersage einer synchronen Übertragungszeit.

12.6.3 Zugriffs-Zeitsteuerung

12.6.3.1 Allgemeines

Dieser Unterabschnitt beschreibt die von der Kommunikation des anderen Geräts zu berücksichtigende Zeitsteuerung, um erfolgreich auf einen Zähler zuzugreifen.

12.6.3.2 Betriebsart R, S, T, C, N und F: Zugriff auf den Zähler

Für die Betriebsart R, S, T, C, N und F kann das Andere Gerät nur auf Zähler mit der Betriebsart R2, S2, T2, C2, F2 oder N₂ zugreifen, wenn der Zähler empfangsbereit ist.

Die R-, S-, T-, C-, N- und F-Zählersignale, ihre eigene Zugänglichkeit in dem Konfigurationsfeld der Transportschicht, siehe Konfigurationsfeld in EN 13757-7:2018, 7.7.2 und 7.7.4, oder in dem Kommunikationssteuerfeld der Extended Link Layer, siehe 13.2.7. Das Andere Gerät muss, bevor es eine Nachricht an den Zähler überträgt, die Zugänglichkeit des Zählers in dem zuvor von dem Zähler empfangenen Frame prüfen. Siehe Tabelle 37.

Tabelle 37 — Zugänglichkeit eines R-, S-, T-, C-, N-, F-Zählers

Bit B ^a	Bit A ^b	Zugänglichkeit des Zählers
0	0	Kein Zugriff – Zähler stellt kein Zugriffsfenster bereit (unidirektionaler Zähler)
0	1	Vorübergehend kein Zugriff – Der Zähler unterstützt allgemein den bidirektionalen Zugriff, nach dieser Übertragung gibt es jedoch kein Zugriffsfenster mehr (z. B. vorübergehend kein Zugriff, um die Lastzyklusbegrenzungen einzuhalten oder den Energieverbrauch einzuschränken)
1	0	Begrenzter Zugriff – Der Zähler stellt nur unmittelbar nach dieser Übertragung ein kurzes Zugriffsfenster bereit (z. B. batteriebetriebener Zähler)
1	1	Unbegrenzter Zugriff – Der Zähler stellt einen unbegrenzten Zugriff mindestens bis zur nächsten Übertragung bereit (z. B. mit Netzstrom betriebene Geräte)
^a Bit B bezieht sich auf Bit 15 im Konfigurationsfeld, siehe EN 13757-7:2018, 7.7.2 und 7.7.4, oder auf Bit 7 im Kommunikationssteuerfeld, siehe 13.2.7.2.		
^b Bit A bezieht sich auf Bit 14 im Konfigurationsfeld, siehe EN 13757-7:2018, 7.7.2 und 7.7.4, oder Bit 2 im Kommunikationssteuerfeld, siehe 13.2.7.7.		

Beispiele hierfür sind;

Kein Zugriff – Unidirektionale Zähler (Betriebsarten S1, T1, C1 oder N1) sind niemals zugänglich.

Vorübergehend kein Zugriff – Wenn ein bidirektionaler Zähler aufgrund von Energiebeschränkungen, Lastzyklen oder anderen Gründen nicht bereit ist, zu antworten, muss er „vorübergehend kein Zugriff“ angeben.

Begrenzter Zugriff – Batteriebetriebene Zähler sind in ihrem Energieverbrauch oftmals stark eingeschränkt. Sie werden ein kurzes Zugriffsfenster nur unmittelbar nach der Übertragung bereitstellen. Das Andere Gerät (als Master) darf eine Kommunikation zu dem Zähler (als Slave) während diese Zeit-Slots initiieren. Der Beginn und das Ende des Zeit-Slots ist als Antwortverzögerung t_{R0} in Tabelle 5, Tabelle 8, Tabelle 12, Tabelle 15, Tabelle 22 und Tabelle 25 angegeben.

Unbegrenzter Zugriff – Mit Netzstrom betriebene Zähler verfügen üblicherweise über ausreichende Energie, um jederzeit zu empfangen. Aus diesem Grund darf das Andere Gerät jederzeit einen Befehl oder eine Anfrage senden. Es ist nur durch Anforderungen an den Lastzyklus begrenzt. Auch batteriebetriebene Geräte dürfen vorübergehend einen unbegrenzten Zugriff angeben, solange der Empfänger dauerhaft empfangsbereit ist.

12.6.3.3 Mehrfachzugriffzyklus

Das Andere Gerät darf mehrere Nachrichten an den/von dem Zähler senden/anfordern. Wenn eine Nachricht der Nachrichtensequenz beschädigt ist, wird die Kommunikation unterbrochen. Das Andere Gerät muss bis zur nächsten regulären Übertragung des Zählers warten, um die Sequenz fortzusetzen. Der Datenaustausch wird zuverlässiger, wenn der bidirektionale Zähler den optionalen Mehrfachzugriffzyklus unterstützt.

Wenn ein Zähler einen Befehl oder eine Anfrage an seine Adresse empfängt, wechselt er in den Mehrfachzugriffzyklus. Während des Mehrfachzugriffzyklus muss der Zähler die letzte Nachricht regelmäßig mit einer

FAC-Übertragungsverzögerung t_{TXD} wiederholen, bis die/der nächste Anfrage/Befehl empfangen wird. Dies bietet dem Anderen Gerät einen schnellen Zugriff auf den Zähler auch im Fall einer verlorenen Nachricht. Der Mehrfachzugriffzyklus bleibt bis zum FAC-Timeout t_{T0} nach dem letzten erfolgreichen Empfang eines Befehls oder einer Anfrage von demselben Kommunikationspartner (Anderes Gerät) bestehen. Das Andere Gerät kann den Mehrfachzugriffzyklus des Zählers früher stoppen, indem es eine SND-NKE-Nachricht zum Ende der Kommunikation an den Zähler sendet. Anhang E gibt die Zeitsteuerung des Mehrfachzugriffzyklus an.

ANMERKUNG Die Übertragungsverzögerung t_{TXD} berücksichtigt den Fall eines zusätzlichen Funknetzes zwischen dem Anderen Gerät und dem Zähler selbst. Solch ein Netzwerk verzögert die Zählernachricht sowie die nächste Anfrage des Anderen Geräts. Darüber hinaus wird darauf hingewiesen, dass viele Auslesesitzungen innerhalb eines kurzen Zeitraums parallel ausgeführt werden können. Um Kollisionen der Zählernachrichten mit den Nachrichten anderer Zähler zu vermeiden, muss eine Sperrzeit zwischen den Übertragungen berücksichtigt werden.

12.7 Wiederholte oder doppelte Nachrichten

Die Nutzung einfacher Repeater kann zu dem Empfang doppelter Nachrichten führen. Nachrichten von einem Repeater werden durch das Hop-Count-Bit und je nach Art der Wiederholung auch durch das Repeated-Access-Bit markiert. Diese Bits liegen in der Extended Link Layer oder dem Konfigurationsfeld der Transportschicht. Siehe EN 13757-5 für Einzelheiten. Zähler, und insbesondere Zähler mit dauerhaften Empfängern und Andere Geräte müssen in der Lage sein, doppelte Nachrichten zu identifizieren und zu entfernen.

12.8 Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC)

12.8.1 Übersicht

Die Datenverbindungsschicht bietet eine optionale Vorwärtsfehlerkorrektur-Fähigkeit (en: Forward Error Correction, FEC) durch das Hinzufügen redundanter Daten zu dem Datagramm. Dies ermöglicht die Korrektur einer bestimmten Anzahl an Bit-Fehlern, die während der Übertragung in dem Datagramm aufgetreten sein können.

Die FEC kann genutzt werden, um die Zuverlässigkeit der Übertragung großer Datenmengen zu verbessern, z. B. Software-Uploads oder zur Verbesserung des Funkverbindungsbudgets.

12.8.2 Datagrammstruktur

12.8.2.1 Allgemeines

Die optionalen FEC-Daten werden zwischen dem Datagramm-Frame einschließlich CRC eingefügt – entweder im Format A oder Format B und der betriebsartspezifischen Postambel, siehe Tabelle 38.

Tabelle 38 — Datagrammstruktur mit FEC

Präambel und Synchronisations- muster	Frame (Format A oder B) einschließlich CRC	FEC-Daten (optional)		Postambel
		FEC-Header	FEC-Prüfdaten	

Die FEC-Daten liegen direkt hinter dem letzten Byte des Frames, dessen Länge durch das L-Feld festgelegt ist. Der Frame enthält keine Angabe darüber, ob FEC enthalten ist oder nicht.

Die Nutzung des FEC kann zu Konflikten mit der Wiederholung von Frames führen.

12.8.2.2 FEC-Header

Der FEC-Header ist ein 16-Bit-Feld. Er enthält eine dreifache 5-Bit-FEC-ID. Die Verdreifachung ermöglicht die Fehlerkorrektur der FEC-ID durch bitweise Mehrheitsentscheidung. Tabelle 39 beschreibt die Bit-Zuordnung