

DIN EN 13757-2

ICS 33.200; 35.100.10; 35.100.20

Einsprüche bis 2016-09-29
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13757-2:2005-02

Entwurf

**Kommunikationssysteme für Zähler –
Teil 2: Drahtgebundene M-Bus-Kommunikation;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13757-2:2016**

Communication systems for meters –
Part 2: Wired M-Bus communication;
German and English version prEN 13757-2:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-07-29 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des 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, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 65 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13757-2:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 294 „Kommunikationssysteme für Zähler“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit 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) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 13757-2 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13757-2:2005-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) präzisere Definition des Kollisionszustands unter 4.3.3.8;
- b) Änderung der Anwendung unter 5.7.3.4 von "erforderlich" auf "optional";
- c) zusätzliche Erklärungen für die Nutzung von REQ-SKE unter 5.7.3.4;
- d) Ergänzung um ein neues Datagramm SND-UD2 unter 5.7.3.5;
- e) Anpassung von Anhang D mit einer überarbeiteten Definition des Kollisionszustands unter 4.3.3.8; und
- f) redaktionelle Anpassungen an andere Teile der vorliegenden Norm, z. B. Ersetzen von \$E5 durch ACK.

Kommunikationssysteme für Zähler — Teil 2: Drahtgebundene M-Bus-Kommunikation

Communication systems for meters — Part 2: Wired M-Bus communication

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Spezifikationen der Bitübertragungsschicht	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Elektrische Anforderungen an den Slave	9
4.2.1 Bus-Spannungen Master an Slave	9
4.2.2 Slave-Bus-Strom und mehrere Einheitslasten	9
4.2.3 Dynamische Anforderungen	10
4.3 Elektrische Anforderungen an den Master	11
4.3.1 Parameter	11
4.3.2 Funktionstypen	11
4.3.3 Anforderungen	12
4.4 Elektrische Anforderungen an den Mini-Master	13
4.4.1 Definition eines Mini-Masters	13
4.4.2 Anforderungen	14
4.5 Repeater	14
4.5.1 Allgemeine Anforderungen	14
4.5.2 Zusätzliche Anforderungen	14
4.6 Burst- und Stoßspannungsanforderungen	14
4.6.1 Allgemeines	14
4.6.2 Anforderungen für Geräte für die häusliche Verwendung	14
4.6.3 Anforderungen für Geräte für die industrielle Verwendung	14
5 Sicherungsschicht (Master und Slave)	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Baudrate	15
5.2.1 Erforderliche Baudrate	15
5.2.2 Empfohlene zusätzliche Baudraten:	15
5.2.3 Besondere Baudraten:	15
5.2.4 Baudrate nach Rückstellung	15
5.2.5 Baudratenschaltung	15
5.2.6 Automatischer Geschwindigkeitsmodus	15
5.2.7 Genauigkeit der Übertragungsbaudrate	16
5.3 Bit-Position	16
5.3.1 Synchrone Übertragungsbitverzerrung	16
5.3.2 Brutto-Übertragungsbitverzerrung und minimales Signalelement	16
5.3.3 Anforderungen an das Zeichenintervall	16
5.3.4 Praktische Empfangsgrenze und Anforderungen an das Zeichenintervall	16
5.3.5 Minimales Signalelement	16
5.4 Byte-Format	16
5.5 Block-Format	16
5.5.1 Lücken zwischen Übertragungs-Interbytes	16
5.5.2 Empfang von Übertragungs-Interbytes	16

5.5.3	Leerlaufzeit zwischen Datagrammen.....	17
5.6	Datagrammabbruch bei Kollision	17
5.7	Beschreibung des Datagramms.....	17
5.7.1	Allgemeines	17
5.7.2	Datenintegrität.....	17
5.7.3	Datagrammstruktur	17
5.7.4	Datagramm-Kodierung	18
5.7.5	Adressierung.....	18
5.7.6	Zeitplan für die Sicherungsschicht.....	19
5.7.7	Ablaufplanung für Datagramme	19
6	Tabellen und Bilder	20
Anhang A (informativ) Schematische Implementierung eines Slaves.....		25
Anhang B (informativ) Schutz vor Netzspannungen		26
Anhang C (informativ) Slave-Versorgungsoptionen.....		27
Anhang D (informativ) Erkennung einer Slave-Kollision.....		28
Anhang E (informativ) Kabelinstallation.....		29
E.1	Allgemeines	29
E.2	Typ A: kleine Installation im Haus	29
E.2.1	Beschreibung	29
E.2.2	Nutzung	29
E.3	Typ B: große Installation im Haus.....	29
E.3.1	Beschreibung	29
E.3.2	Nutzung	29
E.4	Typ C: kleines Weitverkehrsnetz.....	29
E.4.1	Beschreibung	29
E.4.2	Nutzung	30
E.5	Typ C: großes Weitverkehrsnetz	30
E.5.1	Beschreibung	30
E.5.2	Nutzung	30
E.6	Typ E: Mini-Installation (Zähler-Cluster)	30
E.6.1	Beschreibung	30
E.6.2	Nutzung	30
Anhang F (informativ) Protokollbeispiele		31
F.1	Anlauf.....	31
F.2	Slave-Auslesung (Zähler).....	31
Literaturhinweise.....		32

Bilder

Bild 1	— Repräsentation von Bits auf dem M-Bus.....	8
Bild 2	— Start-Stopp-Verzerrung (Beispiel für Bit 4), minimales Signalelement (Beispiel für Bit 7) (Übertragung).....	21
Bild 3	— Anforderungen an das Zeichenintervall (Übertragung)	21
Bild 4	— Praktische Empfangsgrenze (Beispiel für zwei fallende Steigungen)	22
Bild 5	— Anforderungen an das Zeichenintervall (Empfang)	22
Bild 6	— Minimale Dauer des Startelements (Empfang)	23
Bild 7	— Empfang der Datagramm-Pakete	23

Bild 8 — Ruhezeit nach Empfang.....	24
Bild A.1 — Slave-Transceiver	25
Bild B.1 — Überspannungsschutz für Slave-Transceiver	26
 Tabellen	
Tabelle 1 — Merkmale der Signalqualität für Slaves und Masters	20

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13757-2:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 294 „Kommunikationssysteme für Zähler“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13757-2:2004 ersetzen.

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

Es sollte angemerkt werden, dass die folgenden technischen Änderungen in der vorliegenden Europäischen Norm aufgenommen wurden:

- a) präzisere Definition des Kollisionszustands unter 4.3.3.8;
- b) Änderung der Anwendung unter 5.7.3.4 von „erforderlich“ auf „optional“;
- c) zusätzliche Erklärungen für die Nutzung von REQ-SKE unter 5.7.3.4;
- d) Ergänzung um ein neues Datagramm SND-UD2 unter 5.7.3.5;
- e) Anpassung von Anhang D mit einer überarbeiteten Definition des Kollisionszustands unter 4.3.3.8 und
- f) redaktionelle Anpassungen an andere Teile der vorliegenden Norm, z. B. Ersetzen von \$E5 durch ACK.

EN 13757 besteht aus folgenden Teilen:

- *Kommunikationssysteme für Zähler — Teil 1: Datenaustausch;*
- *Kommunikationssysteme für Zähler — Teil 2: Drahtgebundene M-Bus-Kommunikation* [Entwurfsumfrage, vorliegendes Dokument];
- *Kommunikationssysteme für Zähler und deren Fernablesung — Teil 3: Spezielle Anwendungsschicht;*
- *Kommunikationssysteme für Zähler und deren Fernablesung — Teil 4: Zählerauslesung über Funk (Fernablesung von Zählern im SRD-Band);*
- *Kommunikationssysteme für Zähler — Teil 5: Weitervermittlung für den drahtlosen M-Bus;*
- *Kommunikationssysteme für Zähler — Teil 6: Lokales Bussystem;*
- *Kommunikationssysteme für Zähler — Teil 7: Transport- und Sicherheitsdienste* [Entwurfsstufe].

Einleitung

Dieser Europäische Norm-Entwurf ist Teil einer Normenreihe, die Kommunikationssysteme für Zähler und die Fernablesung von Zählern umfasst.

Diese Parameter für die Bitübertragungsschichten und die Sicherungsschichten für die Basisbandkommunikation über Zweidrähte wurden erstmals in der EN 1434-3:1997 („M-Bus“) für Wärmezähler spezifiziert. Die vorliegende Norm ist eine kompatible und abgestimmte Aktualisierung eines Teils der EN 1434-3:2008 und umfasst außerdem andere gemessene Medien (z. B. Wasser, Gas, Wärmeenergie, Heizkostenverteiler), die Masterseite der Kommunikation und neuere technische Entwicklungen. Es wird angemerkt, dass die EN 1434-3:2008 auch andere Kommunikationstechniken abdeckt.

Sie kann mit verschiedenen Anwendungsschichten verwendet werden, insbesondere der Anwendungsschicht von EN 13757-3.

1 Anwendungsbereich

Dieser Europäische Norm-Entwurf gilt für die Parameter der Bitübertragungsschicht und der Sicherungsschicht der Basisbandkommunikation über Zweidrähte (M-Bus) für Zählerkommunikationssysteme. Sie gilt insbesondere für Wärmeenergiezähler, Heizkostenverteiler, Wasserzähler und Gaszähler.

ANMERKUNG Sie ist auch auf andere Zähler (wie Stromzähler) und für Sensoren und Stellglieder anwendbar. Für allgemeine Beschreibungen hinsichtlich Kommunikationssystemen für Zähler und der Fernablesung von Zählern siehe EN 13757-1.

2 Normative Verweisungen

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

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

EN 60870-5 (alle Teile), *Fernwirkleinrichtungen und -systeme*

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

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

EN 61000-4-4, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-4: Prüf- und Messverfahren — Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst* (IEC 61000-4-4)

EN 61000-4-5, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-5: Prüf- und Messverfahren — Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen* (IEC 61000-4-5)

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 13757-1:2014 und die folgenden Begriffe.

3.1

Einheitslast

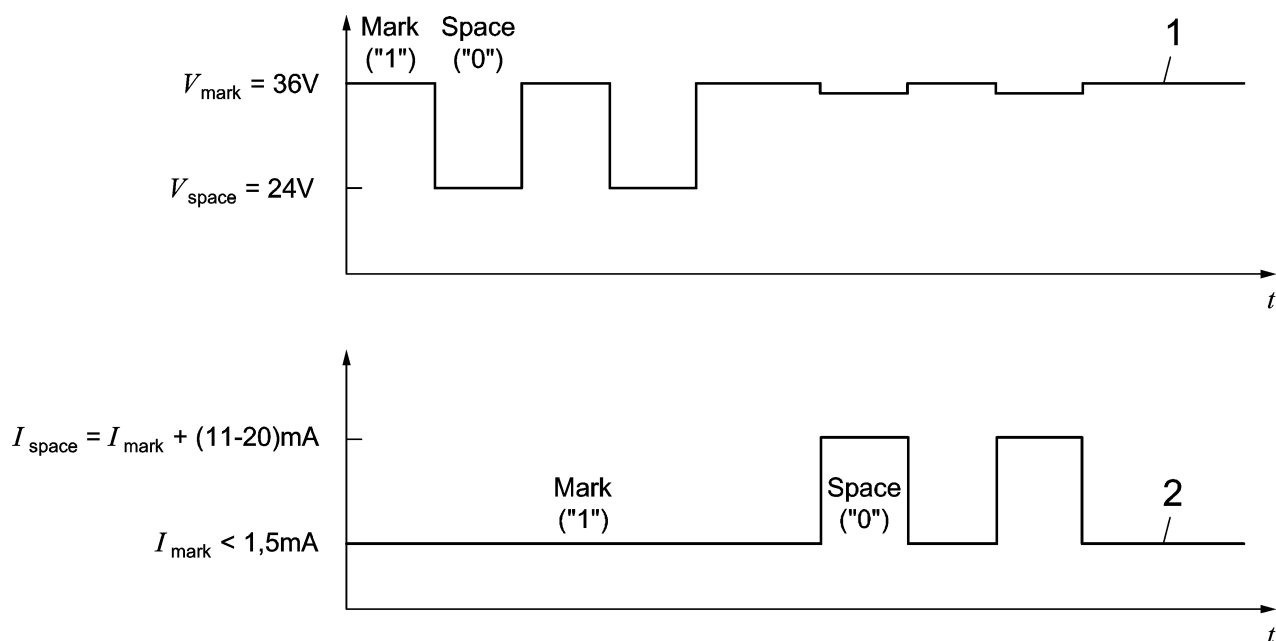
eine Einheitslast ($1 U_L$) ist der maximale Strom von 1,5 mA eines Kennzeichnungszustands

4 Spezifikationen der Bitübertragungsschicht

4.1 Allgemeines

Bild 1 zeigt das allgemeine elektrische Konzept der Bitübertragungsschicht: Informationen vom Master zu den Slaves werden über Spannungspegeländerungen übertragen. Für die Datenübertragung werden ein (hoher) Ruhespannungspegel U_{mark} (Ruhezustand, normalerweise 36 V) und ein Wirkspannungspegel (Raumzustand), der normalerweise 12 V unterhalb U_{mark} liegt (aber mindestens 12 V beträgt), verwendet. Der Hochspannungsschritt verbessert die Störfestigkeit in der Richtung vom Master zum Slave. Die erforderliche Mindestspannung unterstützt die fortlaufende entfernte Energieversorgung aller Slaves eines Segments. Die Signalgebung über eine Spannungsänderung anstatt über absolute Spannungspegel unterstützt gleichmäßige, große Spannungsabfälle aufgrund des Kabelwiderstands der Kabelinstallation. Alle Slaves sind Konstantstromsenken. Ihr Ruhestrom (Kennzeichnungszustand) von normalerweise 1,0 mA

bis 1,5 mA kann zur Versorgung des Transceiver-IC im Slave und optional auch des Slaves selbst (Zähler) verwendet werden. Die Wirkspannungsübertragung (Raumzustand) eines Slaves wird mithilfe einer Steigerung dieses Konstantstroms um (11...20) mA angedeutet. Die Signalgebung über den Konstantstrom verbessert die Störfestigkeit gegenüber induzierten Spannungen und hängt vom Kabelwiderstand ab. Am Eingang jedes Slave-Transceivers macht eine Gleichrichterbrücke jeden Slave unabhängig von der Kabelpolarität und reduziert die Installationsfehler. Schutzwiderstände vor jedem Slave-Transceiver vereinfachen die Einführung eines Überspannungsschutzes und von Sicherungen, vor dem Bus schützen sie vor einem Kurzschluss des Halbleiters in einem Slave, indem der Strom eines solchen fehlerhaften Slaves auf 100 mA reduziert wird. Anhang A zeigt die Hauptfunktion eines Slave-Transceiver. Integrierte Slave-Transceiver, die einen regulierten, gepufferten Spannungsausgang für die Slave-(Zähler)-Versorgung, Batterieversorgungen mit Versorgungswechsel und eine Signalgebung beim Herunterfahren umfassen, sind im Handel erhältlich.



Legende

- A Bus-Spannung am Repeater
- B Aktuelle Zusammensetzung eines Slave
- t Zeit
- m Master überträgt an Slave
- s Slave überträgt an Master

Bild 1 — Repräsentation von Bits auf dem M-Bus

Alle Spezifikationsanforderungen müssen auf den vollständigen Temperaturbereich und die Betriebsspannung für die verantwortliche Systemkomponente angewandt werden.

4.2 Elektrische Anforderungen an den Slave

4.2.1 Bus-Spannungen Master an Slave

Maximale permanente Spannung: - 50 V ... 0 V ... + 50 V (kein Schaden).

Spannungsbereich zum Einhalten sämtlicher Spezifikationen: $\pm$ (12 V ... 42 V).

Die Bus-Spannung an den Slave-Anschlüssen im Kennzeichnungszustand (Ruhezustand) der Master-Slave-Kommunikation ($= U_{\text{Mark}}$) muss $\pm$ (21 V ... 42 V) betragen.

Die Kennzeichnungsspannung muss mithilfe eines Höchstspannungsprüfers mit einer asymmetrischen Zeitkonstante gespeichert werden. Die Entladungszeitkonstante muss mehr als $30 \times$ (Ladekonstante), aber weniger als 1 s betragen.

Die gespeicherte Höchstspannung U_{Mark} darf in 50 ms um nicht mehr als 0,2 V für alle Spannungen zwischen 12 V und U_{Mark} abfallen.

a) Bus-Spannung des Kennzeichnungs-/Raumzustands für die Master-Slave-Kommunikation:

- 1) Raum: $U_{\text{Bus}} < U_{\text{Mark}} - 8,2 \text{ V}$
- 2) Kennzeichnung: $U_{\text{Bus}} \geq U_{\text{Mark}} - 5,7 \text{ V}$

b) Maximale Raumzustandszeit: 50 ms;

c) Maximale Einschaltdauer für den Raumzustand: 0,92.

4.2.2 Slave-Bus-Strom und mehrere Einheitslasten

4.2.2.1 Allgemeines

Ein Slave-Gerät kann einen maximalen Kennzeichnungsstrom eines Integers als Vielzahl von N (im Bereich 1 ... 4). Jedes Anschlussgerät muss mit der Einheitslastnummer N (Wenn > 1) gekennzeichnet werden und die Gerätebeschreibung muss einen Hinweis auf die vielfachen Einheitslasten für dieses Gerät enthalten.

4.2.2.2 Bus-Strom für den Kennzeichnungszustand eines Slave-Geräts

Der Kennzeichnungszustandsstrom I_{Mark} muss $\leq N$ Einheitslasten betragen.

4.2.2.3 Schwankung des Kennzeichnungszustandsstroms über der Bus-Spannung

Für Bus-Spannungen im Bereich von $\pm$ (12 V ... 42 V) darf eine Spannungsschwankung von 1 V ... 15 V den Bus-Strom nicht um mehr als $N \times 3 \mu\text{A/V}$ ändern.

4.2.2.4 Kurzzeitschwankungen des Kennzeichnungszustandsstroms

Bei einer konstanten Bus-Spannung darf sich der Bus-Strom nicht um mehr als $\pm 1 \%$ innerhalb von 10 s ändern.

4.2.2.5 Gesamtschwankung über dem zulässigen Temperatur- und Spannungsbereich des Slave-Geräts

Die Gesamtspannung des Kennzeichnungszustandsstroms eines Slave-Geräts darf sich nicht um mehr als $\pm 10 \%$ über dem gesamten Spannungs- und Temperaturbereich des Slave-Geräts ändern.

4.2.2.6 Maximaler Bus-Strom für einen einzelnen Halbleiter- oder Kondensatorfehler

1 Minute nach jedem einzelnen Halbleiter- oder Kondensatorfehler muss der Höchststrom eines Slave-Geräts weniger als 100 mA für eine Bus-Spannung von ≤ 42 V betragen.

4.2.2.7 Langsamer Start

Für eine Bus-Spannung im Bereich von $(0 \dots \pm 42)$ V muss der Bus-Strom auf $\leq N \times U_L$ beschränkt werden.

4.2.2.8 Schnelle Änderung

Nach einer Bus-Spannungsänderung muss der Bus-Strom innerhalb von $1 \text{ ms} \leq N \times U_L$ betragen.

4.2.2.9 Raumsendestrom

Der Bus-Strom für eine Slave-Raumzustandssendung muss um $(11 \dots 20)$ mA größer sein als im Kennzeichnungszustand für alle zulässigen Bus-Spannungen:

$$I_{\text{Space}} = I_{\text{Mark}} + (11 \dots 20) \text{ mA}$$

4.2.2.10 Eingangskapazität an den Slave-Anschlüssen: $\leq 0,5 \text{ nF}$

Diese Kapazität muss mit einer DC-Vorspannung von $(15 \text{ bis } 30) \text{ V}$ gemessen werden.

4.2.2.11 Anlaufverzögerung

Im Falle eines Abfalls der Bus-Spannung unter 12 V für mehr als $0,1 \text{ s}$ muss die Wiederherstellungszeit nach Anwendung einer zulässigen Kennzeichnungszustandsspannung bis zum Erreichen der vollständigen Kommunikationsfähigkeiten weniger als 3 s betragen.

4.2.2.12 Galvanische Trennung

Der Isolationswiderstand zwischen einem Bus-Anschluss und sämtlichen zugänglichen Metallteilen ohne verstoßende Dichtungen muss $> 1 \text{ M}\Omega$ betragen. Ausgeschlossen sind Anschlüsse für die Verbindung anderer schwebender oder isolierter externer Komponenten. Die Prüfspannung beträgt 500 V . Für netzbetriebene Anschlussgeräte gelten die angemessenen Sicherheitsregelungen.

4.2.2.13 Optionaler reversibler Netzschutz

Die Slave-Schnittstelle kann mit einem optionalen reversiblen Netzschutz ausgestattet werden. Dieser garantiert, dass die Slave-Schnittstelle auch über einen längeren Zeitraum hinweg (Prüfdauer: 1 min) Netzspannungen von $230 \text{ V} + 10 \%$ und 50 Hz oder 60 Hz standhalten kann und dass danach sämtliche Spezifikationen wieder eingehalten werden. Diese Netzschutzfunktion wird für alle netzbetriebenen Anschlussgeräte empfohlen. Für mögliche Anwendungen siehe Anhang B.

4.2.3 Dynamische Anforderungen

Sicherungsschicht- oder Anwendungsschichtprotokolle von bis zu $38\,400 \text{ Baud}$ sind akzeptabel, wenn dadurch garantiert wird, dass für mindestens eine Bit-Zeit mindestens einmal alle 11 Bit-Zeiten und nicht später als nach 50 ms ein Kennzeichnungszustand erreicht wurde. Bitte beachten, dass dies für asynchrone Protokolle mit $5 \text{ bis } 8 \text{ Datenbits}$ (mit oder ohne Prüfbit) für eine Baudrate von mindestens 300 Baud , einschließlich eines Break-Signals, gilt (siehe 4.3.3.8). Dies gilt auch für viele synchrone Protokolle mit oder ohne Bit-Kodierung.

4.3 Elektrische Anforderungen an den Master

4.3.1 Parameter

4.3.1.1 Höchststrom (I_{Max})

Ein Master für diese Bitübertragungsschicht ist durch seinen Höchststrom I_{Maximum} für sämtliche Bus-Stromstärken zwischen Null und I_{Max} charakterisiert. Er muss allen Funktions- und Parameteranforderungen entsprechen. Zum Beispiel ist für ein maximal belastetes Segment mit bis zu 250 Slaves mit jeweils $1 U_L$ (375 mA) plus einem Spielraum für einen Slave mit einem Kurzschluss (+ 100 mA) plus dem maximalen Raumsendestrom (+ 20 mA) ein $I_{\text{max}} \geq 0,5 \text{ A}$ erforderlich.

4.3.1.2 Maximal zulässiger Spannungsabfall (U_r)

Der maximale Spannungsabfall U_r ($> 0 \text{ V}$) wird definiert als die maximale Raumzustandsspannung minus 12 V. U_r geteilt durch den maximalen Segmentwiderstand zwischen dem Master und einem Anschlussgerät (Zähler) ergibt den maximalen nutzbaren Bus-Strom für eine gegebene Kombination an Segmentwiderständen und Mastern.

4.3.1.3 Maximale Baudrate (B_{Max})

Eine weitere Charakterisierung eines Masters ist die maximale Baudrate B_{Max} , bis zu der sämtliche Spezifikationen erfüllt werden. Die minimale Baudrate beträgt stets 300 Baud.

4.3.1.4 Anwendungsbeschreibung

Jedes Master-Gerät muss für eine ordnungsgemäße Funktion eine Beschreibung der erforderlichen Kabel- und Geräteinstallation enthalten.

4.3.2 Funktionstypen

4.3.2.1 Einfacher Pegelwandler

Die Master-Funktion kann als logisch transparenter Pegelwandler zwischen der Bitübertragungsschicht des M-Bus und einer anderen (normierten) Bitübertragungsschicht (z. B. V24) realisiert werden. Sie ist dann für zulässige Baudraten von 300 ... B_{Max} Bit-transparent. Es ist keine Bit-Zeit-Wiederherstellung möglich. Deshalb kann kein einfacher Pegelwandler als Repeater verwendet werden.

4.3.2.2 Intelligenter Pegelwandler

Ein intelligenter Pegelwandler kann die Raum-Bit-Zeit-Wiederherstellung für ein asynchrones Byte-Protokoll mit dessen maximaler Baudrate B_{Max} durchführen. Andere Baudraten B_{Max}/L ($L = 2 \dots L_{\text{Max}}$) sind zulässig, aber die Bit-Zeit-Wiederherstellung kann für diese anderen Baudraten nicht garantiert werden. Ein solcher Pegelwandler kann als Bitübertragungsschicht-Repeater für dessen maximale Baudrate verwendet werden.

4.3.2.3 Bridge

Die Masterfunktion kann mit einer Sicherungsschichteinheit integriert werden, die dann eine (Sicherungsschicht-) Bridge bildet. Wenn diese Bridge die erforderlichen Managementfunktionen der Bitübertragungs- und der Sicherungsschicht unterstützt, kann sie auch mehrere Baudraten unterstützen.

4.3.2.4 Gateway

Die Masterfunktion kann in die Anwendungsschicht eines Gateway integriert oder vollständig in eine Anwendung integriert werden.

4.3.3 Anforderungen

4.3.3.1 Kennzeichnungszustandsspannung (Ruhezustand)

Für Stromstärken zwischen

$$0 \dots I_{\max}: U_{\text{mark}} = (24V + U_r) \dots 42V$$

4.3.3.2 Raumzustandsspannung (Signalzustand)

$$U_{\text{space}} < U_{\text{mark}} - 12V \text{ und } U_{\text{space}} \geq 12V + U_r$$

4.3.3.3 Bus-Kurzschluss

Die reversible automatische Wiederherstellung muss nicht später als 3 s nach dem Ende eines Stroms, der größer als I_{Max} ist, die volle Funktionsfähigkeit garantieren.

1 ms nach dem Beginn einer Kurzschlussituation muss der Bus-Strom auf < 3 A beschränkt werden.

4.3.3.4 Minimaler Spannungsanstieg

Die Übergangszeit zwischen den Raumzustands- und den Kennzeichnungszustandsspannungen von 10 % bis 90 % der Beharrungszustandsspannungen müssen $\leq 1/2$ einer nominalen Bit-Zeit betragen. Die Asymmetrie dieser Übergangszeiten muss $\leq 1/8$ einer nominalen Bit-Zeit betragen.

Prüfbedingungen (C_{Load} wird aus der E12-Wertreihe ausgewählt):

- Baudrate 300 Baud: $C_{\text{Load}} = 1,5 \mu\text{F}$;
- Baudrate 2 400 Baud: $C_{\text{Load}} = 1,2 \mu\text{F}$;
- Baudrate 9 600 Baud: $C_{\text{Load}} = 0,82 \mu\text{F}$;
- Baudrate 38 400 Baud: $C_{\text{Load}} = 0,39 \mu\text{F}$.

4.3.3.5 Effektive Quellimpedanz

Der Spannungsabfall der Bus-Spannung für eine kurze Steigerung (< 50 ms) des Bus-Stroms um 20 mA muss $\leq 1,2$ V betragen.

4.3.3.6 Summ-, Welligkeits- und Kurzzeitstabilität (< 10 s) der Bus-Spannungen

Summ-, Welligkeits- und Kurzzeitstabilität (< 10 s) der Bus-Spannungen: < 200 mV Spitze zu Spitze.

4.3.3.7 Datenerkennungsstrom (Empfang der Slave-Stromimpulse)

Bus-Strom $\leq$ Bus-Blindstrom + 6 mA: Kennzeichnungszustand Empfang.

Bus-Strom $\geq$ Bus-Blindstrom + 9 mA: Raumzustand Empfang.

Messung mit Stromimpulsen von < 50 ms, Einschaltdauer $< 0,92$.

4.3.3.8 Reaktion auf große Datenstromstärken (Kollisionszustand, Break-Signal)

Ein Stromanstieg über ein bestimmtes Niveau hinaus muss als Kollisionszustand angesehen werden. Stromanstiege ≤ 25 mA dürfen niemals als Kollisionszustand angesehen werden. Stromanstiege zwischen 25 mA und 50 mA dürfen als Kollisionszustand angesehen werden. Stromanstiege ≥ 50 mA müssen als Kollisionszustand angesehen werden.

Für die Kollisionserkennung muss der Kollisionszustand mindestens 2 Bit-Zeiten lang mit allen zulässigen Baudraten bestehen. Wenn ein Kollisionszustand ≤ 50 μ s lang besteht, darf der Master kein Break-Signal aussenden. Wenn ein Kollisionszustand > 50 μ s bis $< 6,6$ ms lang besteht, kann der Master ein Break-Signal aussenden. Wenn ein Kollisionszustand $\geq 6,6$ ms lang besteht, muss der Master ein Break-Signal aussenden.

Ein Break-Signal wird durch eine Bus-Spannung $= U_{\text{space}}$ und eine Dauer von 40 ms bis 50 ms charakterisiert. Dieser Zustand muss auch auf der Anwenderseite signalisiert werden.

Wenn der Bus-Strom $> I_{\text{Max}}$ ist, darf der Master die Bus-Spannung komplett abschalten. Bitte beachten, dass die Anforderungen an die Mindestwiederherstellungszeit für die Spannungsabschaltung (Ausschaltzeitpunkt > 100 ms, bitte siehe 4.2.2.11) und für die reversible automatische Wiederherstellung sowie die Strombeschränkung (siehe 4.3.3.3) berücksichtigt werden müssen.

4.3.3.9 Galvanische Trennung

Der Isolationswiderstand zwischen einem Bus-Anschluss und sämtlichen zugänglichen Metallteilen ohne verstoßende Dichtungen muss > 1 M Ω betragen. Die Prüfspannung beträgt 500 V. Für netzbetriebene Master oder Master mit einer Verbindung zu bodenbasierten Systemen (z. B. Verbindung zum V24-Anschluss eines netzbetriebenen PCs) umfasst dies eine Isolierung von dieser Versorgung bzw. diesen Signalleitungen. Für netzbetriebene Master gelten die angemessenen Sicherheitsregelungen.

4.3.3.10 Bodensymmetrie

Für netzbetriebene Master oder Master mit einer Verbindung zu bodenbasierten Systemen (z. B. Verbindung zum V24-Anschluss eines netzbetriebenen PCs) müssen die statischen und dynamischen Bus-Spannungen hinsichtlich des Bodens symmetrisch sein (40 % bis 60 %). Diese Anforderung gilt nur für bodenbasierte Systeme.

4.4 Elektrische Anforderungen an den Mini-Master

4.4.1 Definition eines Mini-Masters

Ein Mini-Master kann in Systemen verwendet werden, die die folgenden Einschränkungen annehmen können:

- Maximale Kabellänge des Segments: ≤ 50 m;
- B_{Max} : 2 400 Baud;
- keine Funktion erforderlich, wenn ein Gerät aufgrund von Überstrom ausfällt;
- keine automatische Suche nach sekundären Adressen (Kollisionsmodus) erforderlich.

Ein Mini-Master kann als einfacher Pegelwandler für andere normierte Bitübertragungsschnittstellen (z. B. V24) eingeführt oder in die Datenverarbeitungseinrichtung integriert werden. Er kann normalerweise nicht als Repeater verwendet werden. Er kann als stationäres oder tragbares Gerät implementiert werden. Er kann über das Netz oder Batterien angetrieben werden.

4.4.2 Anforderungen

Ein Mini-Master verfügt über die folgenden reduzierten Anforderungen im Vergleich zu einem kompletten Standard-Master:

— Minimale Übergangsanstiege:

Für eine Lastkapazität von 75 nF: Übergangszeit zwischen Kennzeichnungs- und Raumzustandsspannungen in beide Richtungen zwischen 10 % und 90 % des Spannungsschritts der zwei statischen Signalspannungen: Maximale Übergangszeit $t_{\max} \leq 50 \mu\text{s}$;

— Verhalten bei höheren Datenstromstärken (Kollision): Keine Anforderungen.

4.5 Repeater

4.5.1 Allgemeine Anforderungen

Ein Übertragungsbitschicht-Repeater muss auf der Slave-Seite alle Anforderungen an einen Slave und auf der Master-Seite alle Anforderungen an einen Master erfüllen. Ein solcher Repeater ist in einem Netz erforderlich, in dem eine oder mehrere Einschränkungen der Installation hinsichtlich der maximalen Anzahl an Metern, der maximalen Gesamtkabellänge, der maximalen Anzahl an Metern pro Segment oder des maximalen Abstands für die gewünschte Baudrate überschritten werden.

4.5.2 Zusätzliche Anforderungen

4.5.2.1 Isolierung

Die Bus-Anschlüsse auf der Master-Seite müssen von den Bus-Anschlüssen auf der Slave-Seite getrennt werden. Der Isolationswiderstand muss für die Prüfspannung von $500 \text{ V} \geq 1 \text{ M}\Omega$ betragen. Einschlägige Sicherheitsregelungen für netzbetriebene Geräte müssen berücksichtigt werden.

4.5.2.2 Bit-Wiederherstellung

Eingehende Datenbytes mit akzeptablen Zeitverzerrungen für einen Empfang nach den Anforderungen der verwendeten Sicherungsschicht müssen auf der anderen Seite so übertragen werden, dass alle Übertragungszeitanforderungen der Sicherungsschicht eingehalten werden.

Ein Repeater darf deshalb auf (eine) bestimmte Baudrate(n) oder auf bestimmte Byte-Formate oder Sicherungsschichten beschränkt werden.

4.6 Burst- und Stoßspannungsanforderungen

4.6.1 Allgemeines

Ein Gerät muss nach dieser Norm mindestens eine der folgenden Burst- und Stoßspannungsanforderungen nach EN 61000-4-4 und EN 61000-4-5 für die M-Bus-Verbindung erfüllen. Bitte beachten, dass Gerätenormen weitere Anforderungen oder höhere Anforderungen bezüglich Burst- und Stoßspannungen auferlegen können. Bitte auch beachten, dass die Werte von EN 1434-3 aufgrund der Felderfahrung aktualisiert wurden.

4.6.2 Anforderungen für Geräte für die häusliche Verwendung

Burst-Prüfspannung: 1 kV (Schweregrad 2).

4.6.3 Anforderungen für Geräte für die industrielle Verwendung

Burst-Prüfspannung: 1 kV (Schweregrad 2).

Stoßspannungs-Prüfspannung: 1 kV (Schweregrad 2).

5 Sicherungsschicht (Master und Slave)

5.1 Allgemeines

Die alphabetischen Prozentbezeichnungen (z. B. „W %“) in den folgenden Abschnitten beziehen sich auf den in Tabelle 1 spezifizierten Wert.

5.2 Baudrate

5.2.1 Erforderliche Baudrate

Es müssen 300 Baud unterstützt werden.

5.2.2 Empfohlene zusätzliche Baudraten:

Es werden 2 400 Baud oder 9 600 Baud empfohlen.

5.2.3 Besondere Baudraten:

Durch ein besonderes Abkommen zwischen einem Netzbetreiber und einem Zählerhersteller können auch eine oder mehrere der folgenden Baudraten verwendet werden: 600 Baud, 1 200 Baud, 4 800 Baud, 19 200 Baud oder 38 400 Baud.

Die Gesamtsegmentgröße und -anzahl der verbundenen Slaves schränkt die technisch sichere maximale Baudrate ein. (Siehe Abschnitt über Kabelinstallation in Anhang E).

5.2.4 Baudrate nach Rückstellung

Die Baudrate muss nach einer Rückstellung des Geräts beibehalten werden.

5.2.5 Baudratenschaltung

Die standardmäßige Baudrate eines Geräts nach der Herstellung beträgt 300 Baud. Eine gewünschte Baudrate darf durch die Managementbefehle der Sicherungsschicht eingestellt werden. (siehe die entsprechenden Befehle der Anwendungsschicht). Eine Broadcast-Baudratenschaltung wird nicht empfohlen. Sofort (< 2 min) nach einem solchen Baudratenschaltbefehl für einen Slave auf eine Baudrate, die von 300 Baud abweicht (übertragen mit der alten Baudrate), muss eine gültige Kommunikation mit der neuen Baudrate versucht werden. Wenn (auch nach der angemessenen Anzahl an Neuversuchen) keine Bestätigung empfangen wird, muss der Master die Slave-Baudrate über einen Baudratenschaltbefehl mit der versuchten Baudrate auf die ursprüngliche Baudrate zurücksetzen und dann die Kommunikation mit der ursprünglichen Baudrate fortsetzen. Wenn die Kommunikation bestätigt wurde, weiß der Master, dass der Slave und sein Segment mit der neuen Baudrate betrieben werden können. Empfängt ein Slave ohne automatische Geschwindigkeitserkennung innerhalb von 2 min bis 10 min nach dem Baudratenschaltbefehl keine gültige Kommunikation mit der neuen Baudrate, die von 300 Baud abweicht, so muss der Slave sich auf seine vorherige Baudrate zurücksetzen. Wenn eine solche Kommunikation nicht ordnungsgemäß empfangen wird, muss der Slave automatisch auf die vorherige Baudrate zurückschalten, um sie vor einem permanenten Verlust in einer Baudrate zu schützen, die nicht vom Segment unterstützt wird.

5.2.6 Automatischer Geschwindigkeitsmodus

Geräte dürfen eine Kommunikation mit allen unterstützten Baudraten ohne einen vorherigen Baudratenschaltbefehl unterstützen (automatischer Geschwindigkeitsmodus). In diesem Fall sind keine Baudratenschaltbefehlüberwachung und automatische Rückschaltung erforderlich. Alle Baudratenschaltbefehle müssen immer noch bestätigt werden, können aber andernfalls außer bei ihrer FCB-Verwaltung (falls erforderlich) ignoriert werden.

5.2.7 Genauigkeit der Übertragungsbaudrate

Die durchschnittliche Übertragungsbaudrate über einem RSP-UD-Datagramm kann unter allen akzeptablen Parametern (d. h. Versorgungsspannungen, Temperatur, aktueller Betriebszustand und Funktion) um nicht mehr als $\pm M\%$ der nominalen Baudrate schwanken (siehe Tabelle 1).

5.3 Bit-Position

5.3.1 Synchrone Übertragungsbitverzerrung

Für die Datenübertragung dürfen die individuellen Bit-Übergänge über eine nicht ansammelbare maximale Abweichung von ihrer nominalen Zeitposition (berechnet aus der tatsächlichen Baudrate) von bis zu $N\%$ einer Bit-Zeit (synchrone Start-Stopp-Verzerrung, siehe auch Bild 2) verfügen.

5.3.2 Brutto-Übertragungsbitverzerrung und minimales Signalelement

Für Datenübertragungen dürfen die individuellen Bit-Übergänge über eine nicht ansammelnde Abweichung von ihrer nominalen Zeitposition (berechnet aus der nominalen Baudrate) von bis zu $P\%$ einer Bit-Zeit (Brutto-Start-Stopp-Verzerrung, siehe auch Bild 2) verfügen, sofern jede Bit-Zeit mindestens $Q\%$ einer nominalen Bit-Zeit beträgt (minimales Signalelement, siehe auch Bild 2).

5.3.3 Anforderungen an das Zeichenintervall

Für Datenübertragungen darf die Zeit zwischen einem Start-Bit und dem nächsten sowie dem nachfolgenden Bit nicht weniger als das nominale Intervall von 11 bzw. 22 Bit-Zeiten $- T\%$ einer nominalen Bit-Zeit betragen (Anforderungen an das Zeichenintervall, siehe auch Bild 3).

5.3.4 Praktische Empfangsgrenze und Anforderungen an das Zeichenintervall

Für Datenempfangsabweichungen vom nominalen Übergang müssen Zeiten von bis zu $\pm V\%$ einer nominalen Bit-Zeit toleriert werden (praktische Grenze, siehe auch Bild 4). Die Start-Bits von Byte-Paaren und Byte-Drillings mit einer Abweichung von bis zu $- Y\%$ einer nominalen Bit-Zeit von ihrem nominalen Wert von 11 bzw. 22 Bit-Zeiten muss korrekt empfangen werden (Anforderung an das Zeichenintervall, siehe auch Bild 5).

5.3.5 Minimales Signalelement

Für Start-Bits für den Datenempfang mit einer Dauer von $< W\%$ eines nominalen Bits muss die Zeit ignoriert werden (minimales Signalelement, siehe auch Bild 6).

5.4 Byte-Format

Es wird eine asynchrone Übertragung eines seriellen Bits (Start-Stopp) im Halbduplexmodus verwendet. Das Byte-Format ist 1 Start-Bit, 8 Daten-Bits, 1 Bit für die gleichmäßige Parität und 1 Stopp-Bit.

5.5 Block-Format

5.5.1 Lücken zwischen Übertragungs-Interbytes

Bei der Datenübertragung sind Lücken zwischen Bytes nur innerhalb des nicht ansammelnden Bit-Zeitfehlerbudgets von $< \pm P\%$ einer nominalen Bit-Zeit zulässig (siehe auch Bild 2).

5.5.2 Empfang von Übertragungs-Interbytes

Beim Empfang darf jede Lücke zwischen Bytes von mehr als $+ P\%$ einer nominalen Bit-Zeit und jede Lücke von mehr als 22 Bit-Zeiten muss als das Ende des Datagramms angesehen werden.

5.5.3 Leerlaufzeit zwischen Datagrammen

Am Ende jedes Datagramms muss der Empfänger auf eine minimale Ruhezeit (fortlaufender Kennzeichnungszustand) von mindestens 11 Bit-Zeiten prüfen. Dies ist erforderlich, um eindeutig zwischen einem echten isolierten Datagramm und einem Abschnitt längerer Datagramme zu unterscheiden (siehe auch Bild 8).

5.6 Datagrammabbruch bei Kollision

Wenn ein Slave am Ende eines Kennzeichnungszustandssendebits ein (Spannungs-) Raumsignal von seinem Master erkennt, muss es sobald wie möglich sein Sendedatagramm beenden. Ein für > 11 Bit-Zeiten empfangenes fortlaufendes Raumsignal vom Master (Break-Signal) muss die Datagrammsendung eines Slaves nicht später als 24 Bit-Zeiten nach dem Beginn eines solchen Break-Signals stoppen. Bei einer Software-Implementierung der Byte-Übertragung kann diese Anforderung erfüllt werden, indem der empfangene Signalzustand entweder am Ende jedes Kennzeichnungszustandssendebits oder vor dem Beginn jeder Start-Bitsendung geprüft wird. Bei einer Hardware-Implementierung des Byte-Empfangs (UART) kann der Break-Status solcher Geräte verwendet werden, um einen solchen Zustand zu erkennen. Für nähere Angaben siehe Anhang D.

5.7 Beschreibung des Datagramms

5.7.1 Allgemeines

Als Sicherungsschicht muss die Formatklasse FT1.2 aus EN 60870-5-1 und eine Datagrammstruktur nach EN 60870-5-2 verwendet werden. Alle Kommunikationstypen in EN 60870-5-2 dürfen verwendet werden. Für ein Beispiel eines Datagramms und eines einfachen Auslesedialogs siehe Anhang F.

5.7.2 Datenintegrität

Das Prüfbit und das Prüfsummenbyte der Formatklasse FT1.2 der EN 60870-5-1 erreichen einen Hammingabstand von 4 für die Datenintegritätsklasse 2.

5.7.3 Datagrammstruktur

5.7.3.1 Normalisierung

Kurzes Datagramm Master an Slave: SND-NKE. Antwort: ACK. Bitte beachten, dass dieser Befehl nur das "letzte empfangene FCB-Bit" voreinstellen und das optionale Auswahlbit löschen darf. Er darf nicht für andere Arten an Rückstellfunktionen verwendet werden.

ANMERKUNG "ACK" ist eine Äquivalente zu "E5h", wie unter EN 607870-5-2:1993, 3.2 "Format FT& 1.2" spezifiziert.

5.7.3.2 Anfrage für zeitkritische Daten

Kurzes Datagramm Master an Slave: REQ-UD1. Antwort: RSP-UD oder ACK, wenn keine zeitkritischen Daten ausstehen oder wenn eine solche Funktion nicht im Anschlussgerät implementiert ist (Zähler). Die Anfrage für zeitkritische Daten darf für eine Alarmabfrage verwendet werden, da das Sicherungsschichtprotokoll der EN 60870-5 Reihe keine spontanen Alarmer von den Slaves unterstützt.

5.7.3.3 Standardmäßige Ausleseanforderung

Kurzes Datagramm Master an Slave: REQ-UD2. Antwort: RSP-UD.

5.7.3.4 Statusanfrage

Statusanfrage (optional): Kurzes Datagramm Master an Slave: REQ-SKE

BEISPIEL 1 10h 49h A CS 16h

Antwort: Kurzes Datagramm Slave an Master: RSP-SKE

BEISPIEL 2 10h C A CS 16h

C besteht aus 0 0 ACD DFC 1 0 1 1b (EN 60870-5-2:1993, 5.3.4)

Die RSP-SKE enthält Informationen über den Status des Eingangspuffers des Geräts (DFC = 1: Puffer voll; DFC-Bit: Datenflusskontrolle) sowie Informationen über die Verfügbarkeit von zeitkritischen Daten (ACD = 1: Anfrage für Daten der Klasse 1; ACD-Bit: Zugriff auf Anfrage).

Wenn der Zähler das Datagramm REQ-SKE nicht unterstützt, muss es stattdessen mit ACK antworten und das Datagramm verwerfen.

5.7.3.5 Gesendete Daten von Master an Slave

Langes Datagramm Master an Slave: SND-UD (C-Feld ist 53h oder 73h). Antwort: ACK

und

Langes Datagramm Master an Slave: SND-UD2 (C-Feld ist 43h). Antwort: RSP-UD.

Wenn der Zähler das Datagramm SND-UD2 nicht unterstützt, muss es stattdessen mit ACK antworten und das Datagramm verwerfen. SND-UD2 gilt nicht für fragmentierte Nachrichten.

ANMERKUNG 1 SND-UD2 ist auch in EN 13757-4 implementiert.

ANMERKUNG 2 Slaves, die nach der ersetzten EN 13757-2:2005 (und Vorgängerversionen) entworfen wurden, antworten eventuell nicht mit einem Datagramm auf SND-UD2.

5.7.4 Datagramm-Kodierung

Für die Kodierung der individuellen Bytes der Datagramme siehe EN 60870-5 Reihe.

5.7.5 Adressierung

Adresse 0 ist für nicht konfigurierte Slaves reserviert. Jeder nicht konfigurierte Slave muss alle Kommunikationen an diese Adresse akzeptieren und beantworten.

Die Adressen 1 bis 250 werden für die primäre Adressierung der Slaves verwendet. Jeder Slave muss alle Kommunikationen an seine primäre Adresse akzeptieren und beantworten.

Die Adresse 251 wird für die Managementkommunikation mit dem primären Master-Repeater verwendet (z. B. für die Verwaltung der Bitübertragungs- und der Sicherungsschicht).

Die Adresse 252 ist reserviert.

Die Adresse 253 wird für die sekundäre Adressierung verwendet. Jeder ausgewählte Slave muss alle Kommunikationen an diese Adresse akzeptieren und beantworten. Für die Auswahl und Aufhebung der Auswahl individueller Slaves oder Slave-Gruppen siehe die Anwendungsschicht für die sekundäre Adressierung.

Die Adresse 254 ist die Adresse für Prüfungen und Diagnosen. Jeder Slave muss alle Kommunikationen an diese Adresse akzeptieren und beantworten.

Die Adresse 255 ist die Broadcast-Adresse. Jeder Slave muss alle Kommunikationen an diese Adresse akzeptieren und ohne Antwort ausführen.