

	DIN EN 50463-2 (VDE 0115-480-2)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 45.060.10 Ersatz für DIN EN 50463-2 (VDE 0115-480-2):2013-06 Siehe Anwendungsbeginn Bahnanwendungen – Energiemessung auf Bahnfahrzeugen – Teil 2: Energiemessung; Deutsche Fassung EN 50463-2:2017 Railway applications – Energy measurement on board trains – Part 2: Energy measuring; German version EN 50463-2:2017 Applications ferroviaires – Mesure d'énergie à bord des trains – Partie 2: Mesure d'énergie; Version allemande EN 50463-2:2017 Gesamtumfang 103 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2017-05-08 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2018-03-01.

Für **DIN EN 50463-2 (VDE 0115-480-2):2013-06** besteht eine Übergangsfrist bis 2020-10-06.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 50463-2 (VDE 0115-480-2):2016-04.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 351 „Elektrische Ausrüstungen für Bahnen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 50463-2 (VDE 0115-480-2):2013-06** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einleitung wurde aktualisiert, damit deren Inhalt in allen fünf Teilen der überarbeiteten Fassung der Normenreihe EN 50463 einheitlich ist.
- b) Aktualisierung der Anforderungen an Ereignisse, Qualitätscodes, Flags und Protokolle ([Abschnitt 4](#));
- c) Aktualisierung hinsichtlich der Übereinstimmung zwischen [Tabelle 16](#) und [Bild 6](#) in Bezug auf "Bereich 2" ([Abschnitt 4](#)).

Frühere Ausgaben

DIN EN 50463 (VDE 0115-480): 2008-05

DIN EN 50463-2 (VDE 0115-480-2): 2013-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnichtsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1 (1 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 45545-2:2013 + A1:2015	–	DIN EN 45545-2:2016-02	–
EN 45545-5:2013 + A1:2015	–	DIN EN 45545-5:2016-01	–
EN 50121-1:2017	–	DIN EN 50121-1 (VDE 0115-121-1):2017-11	VDE 0115-121-1
EN 50121-3-2:2015	–	DIN EN 50121-3-2 (VDE 0115-121-3-2):2016-01	VDE 0115-121-3-2
EN 50123-1:2003	–	DIN EN 50123-1 (VDE 0115-300-1):2003-12	VDE 0115-300-1
EN 50124-1:2001 + A1:2003 + A2:2005	–	DIN EN 50124-1 (VDE 0115-107-1):2006-04	VDE 0115-107-1
EN 50125-1:2014	–	DIN EN 50125-1 (VDE 0115-108-1):2014-11	VDE 0115-108-1
EN 50155:2017	–	DIN EN 50155 (VDE 0115-200) ^a	VDE 0115-200
EN 50163:2004	–	DIN EN 50163 (VDE 0115-102):2005-07	VDE 0115-102
EN 50388:2012	–	DIN EN 50388 (VDE 0115-606):2012-12	VDE 0115-606
EN 50463-1:2017	–	DIN EN 50463-1 (VDE 0115-480-1):2018-03	VDE 0115-480-1
EN 50463-3:2017	–	DIN EN 50463-3 (VDE 0115-480-3):2018-03	VDE 0115-480-3
EN 50463-4:2017	–	DIN EN 50463-4 (VDE 0115-480-4):2018-03	VDE 0115-480-4
EN 50463-5:2017	–	DIN EN 50463-5 (VDE 0115-480-5):2018-03	VDE 0115-480-5
EN 50470 (alle Teile)	–	DIN EN 50470 (VDE 0418-0) (alle Teile)	VDE 0418-0
–	IEC 60028:1925	–	–
EN 60044 (alle Teile)	IEC 60044 (alle Teile)	DIN EN 60044 (VDE 0414-44) (alle Teile)	VDE 0414-44
EN 60044-8:2002	IEC 60044-8:2002	DIN EN 60044-8 (VDE 0414-44-8):2003-06	VDE 0414-44-8
–	IEC 60050 (alle Teile)	b	–
EN 60068-2-1:2007	IEC 60068-2-1:2007	DIN EN 60068-2-1 (VDE 0468-2-1):2008-01	VDE 0468-2-1
EN 60068-2-2:2007	IEC 60068-2-2:2007	DIN EN 60068-2-2 (VDE 0468-2-2):2008-05	VDE 0468-2-2
EN 60068-2-30:2005	IEC 60068-2-30:2005	DIN EN 60068-2-30:2006-06	–
EN 60077-4:2003	IEC 60077-4:2003	DIN EN 60077-4 (VDE 0115-460-4):2004-01	VDE 0115-460-4

Tabelle NA.1 (2 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60085:2008	IEC 60085:2007	DIN EN 60085 (VDE 0301-1):2008-08	VDE 0301-1
–	IEC 60121:1960	–	–
EN 60359	IEC 60359	DIN EN 60359	–
EN 60529:1991 + A1:2000 + A2:2013	IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013	DIN EN 60529 (VDE 0470-1):2014-09	VDE 0470-1
EN 61000 (alle Teile)	IEC 61000 (alle Teile)	DIN EN 61000 (VDE 0839) (alle Teile)	VDE 0839
EN 61373:2010	IEC 61373:2010	DIN EN 61373 (VDE 0115-106):2011-04	VDE 0115-106
EN 61869-3:2011	IEC 61869-3:2011	DIN EN 61869-3 (VDE 0414-9-3):2012-05	VDE 0414-9-3
EN 62053 (alle Teile)	IEC 62053 (alle Teile)	DIN EN 62053 (VDE 0418-3) (alle Teile)	VDE 0418-3
EN 62059-32-1	IEC 62059-32-1	DIN EN 62059-32-1 (VDE 0418-9-32-1)	VDE 0418-9-32-1
^a In Vorbereitung. ^b „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: http://www.dke.de/dke-iev .			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 45545-2:2016-02, *Bahnanwendungen – Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 2: Anforderungen an das Brandverhalten von Materialien und Komponenten*; Deutsche Fassung EN 45545-2:2013 + A1:2015

DIN EN 45545-5:2016-01, *Bahnanwendungen – Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 5: Brandschutzanforderungen an die elektrische Ausrüstung einschließlich der von Oberleitungsbussen, spurgeführten Bussen und Magnetschwebefahrzeugen*; Deutsche Fassung EN 45545-5:2013 + A1:2015

DIN EN 50121-1 (VDE 0115-121-1):2017-11, *Bahnanwendungen – Elektromagnetische Verträglichkeit – Teil 1: Allgemeines*; Deutsche Fassung EN 50121-1:2017

DIN EN 50121-3-2 (VDE 0115-121-3-2):2016-01, *Bahnanwendungen – Elektromagnetische Verträglichkeit – Teil 3-2: Bahnfahrzeuge – Geräte*; Deutsche Fassung EN 50121-3-2:2015

DIN EN 50123-1 (VDE 0115-300-1):2003-12, *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Gleichstrom-Schalteinrichtungen – Teil 1: Allgemeines*; Deutsche Fassung EN 50123-1:2003

DIN EN 50124-1 (VDE 0115-107-1):2006-04, *Bahnanwendungen – Isolationskoordination – Teil 1: Grundlegende Anforderungen – Luft- und Kriechstrecken für alle elektrischen und elektronischen Betriebsmittel*; Deutsche Fassung EN 50124-1:2001 + A1:2003 + A2:2005

DIN EN 50125-1 (VDE 0115-108-1):2014-11, *Bahnanwendungen – Umweltbedingungen für Betriebsmittel – Teil 1: Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen*; Deutsche Fassung EN 50125-1:2014

DIN EN 50155 (VDE 0115-200) (in Vorbereitung), *Bahnanwendungen – Elektronische Einrichtungen auf Bahnfahrzeugen; Deutsche Fassung EN 50155:2017*

DIN EN 50163 (VDE 0115-102):2005-07, *Bahnanwendungen – Speisespannungen von Bahnnetzen; Deutsche Fassung EN 50163:2004*

DIN EN 50388 (VDE 0115-606):2012-12, *Bahnanwendungen – Bahnenergieversorgung und Fahrzeuge – Technische Kriterien für die Koordination zwischen Anlagen der Bahnenergieversorgung und Fahrzeugen zum Erreichen der Interoperabilität; Deutsche Fassung EN 50388:2012 + AC:2012*

DIN EN 50463-1 (VDE 0115-480-1):2018-03, *Bahnanwendungen – Energiemessung auf Bahnfahrzeugen – Teil 1: Allgemeines; Deutsche Fassung EN 50463-1:2017*

DIN EN 50463-3 (VDE 0115-480-3):2018-03, *Bahnanwendungen – Energiemessung auf Bahnfahrzeugen – Teil 3: Datenverarbeitung; Deutsche Fassung EN 50463-3:2017*

DIN EN 50463-4 (VDE 0115-480-4):2018-03, *Bahnanwendungen – Energiemessung auf Bahnfahrzeugen – Teil 4: Kommunikation; Deutsche Fassung EN 50463-4:2017*

DIN EN 50463-5 (VDE 0115-480-5):2018-03, *Bahnanwendungen – Energiemessung auf Bahnfahrzeugen – Teil 5: Konformitätsbewertung; Deutsche Fassung EN 50463-5:2017*

DIN EN 50467 (VDE 0115-490), *Bahnanwendungen – Fahrzeuge – Elektrische Steckverbinder, Bestimmungen und Prüfverfahren*

DIN EN 60044 (VDE 0414-44) (alle Teile), *Messwandler*

DIN EN 60044-8 (VDE 0414-44-8):2003-06, *Messwandler – Teil 8: Elektronische Stromwandler (IEC 60044-8:2002); Deutsche Fassung EN 60044-8:2002*

DIN EN 60068-2-1 (VDE 0468-2-1):2008-01, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-1: Prüfverfahren – Prüfung A: Kälte (IEC 60068-2-1:2007); Deutsche Fassung EN 60068-2-1:2007*

DIN EN 60068-2-2 (VDE 0468-2-2):2008-05, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-2: Prüfverfahren – Prüfung B: Trockene Wärme (IEC 60068-2-2:2007); Deutsche Fassung EN 60068-2-2:2007*

DIN EN 60068-2-30:2006-06, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-30: Prüfverfahren – Prüfung Db: Feuchte Wärme, zyklisch (12 + 12 Stunden) (IEC 60068-2-30:2005); Deutsche Fassung EN 60068-2-30:2005*

DIN EN 60077-4 (VDE 0115-460-4):2004-01, *Bahnanwendungen – Elektrische Geräte auf Bahnfahrzeugen – Teil 4: Elektrotechnische Bauteile – Regeln für AC-Leistungsschalter (IEC 60077-4:2003); Deutsche Fassung EN 60077-4:2003*

DIN EN 60085 (VDE 0301-1):2008-08, *Elektrische Isolierung – Thermische Bewertung und Bezeichnung (IEC 60085:2007); Deutsche Fassung EN 60085:2008*

DIN EN 60359, *Elektrische und elektronische Messeinrichtungen – Angabe zum Betriebsverhalten*

DIN EN 60529 (VDE 0470-1):2014-09, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013); Deutsche Fassung EN 60529:1991 + A1:2000 + A2:2013*

DIN EN 61000 (VDE 0839) (alle Teile), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)*

DIN EN 61373 (VDE 0115-106):2011-04, *Bahnanwendungen – Betriebsmittel von Bahnfahrzeugen – Prüfungen für Schwingen und Schocken (IEC 61373:2010); Deutsche Fassung EN 61373:2010*

DIN EN 61869-3 (VDE 0414-9-3):2012-05, *Messwandler – Teil 3: Zusätzliche Anforderungen für induktive Spannungswandler (IEC 61869-3:2011); Deutsche Fassung EN 61869-3:2011*

DIN EN 62053 (VDE 0418-3) (alle Teile), *Wechselstrom-Elektrizitätszähler – Besondere Anforderungen*

DIN EN 62059-32-1 (VDE 0418-9-32-1), *Elektrizitätszähler – Zuverlässigkeit – Teil 32-1: Haltbarkeit – Prüfung der Stabilität der metrologischen Eigenschaften unter Anwendung erhöhter Temperatur*

**Bahnanwendungen –
Energiemessung auf Bahnfahrzeugen –
Teil 2: Energiemessung**

Railway applications –
Energy measurement on board trains –
Part 2: Energy measuring

Applications ferroviaires –
Mesure d'énergie à bord des trains –
Partie 2: Mesure d'énergie

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2017-05-08 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

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



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

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

© 2017 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 50463-2:2017 D

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole	10
3.1 Begriffe	10
3.2 Abkürzungen	14
3.3 Symbole	14
4 Anforderungen	15
4.1 Allgemeines	15
4.2 Energiemessfunktion (EMF)	15
4.3 Sensoren	20
4.4 Energieberechnungsfunktion (ECF)	33
5 Konformitätsbewertung	45
5.1 Allgemeines	45
5.2 Prüfraumen	46
5.3 Konstruktionsüberprüfung	47
5.4 Typprüfung	48
5.5 Stückprüfungen	71
Anhang A (normativ) Prüfung mit einer magnetischen Induktion äußeren Ursprungs	75
Anhang B (normativ) EMF-Konfigurationen	77
Anhang C (informativ) Angabe der Genauigkeit der EMF	81
Anhang D (informativ) Empfehlungen bezüglich Bestätigungsprüfung und Festlegung von deren Ablauf	89
Anhang E (informativ) Haltbarkeitsprüfung	92
Anhang ZZ (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2008/57/EG	96
Literaturhinweise	97

Bilder

Bild 1 – Funktionaler Aufbau des Energiemesssystems und Datenflussplan	7
Bild 2 – Flussdiagramm der Funktionsblöcke der EMF	8
Bild 3 – Beispiel für den Energie-Indexwert	11
Bild 4 – Beispiel für die größte prozentuale Messabweichung für eine VMF der Klasse 0,5 R und eine VMF der Klasse 1,0 R bei einem Eingangssignal im Bereich von $U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$	25
Bild 5 – Beispiel für die größte prozentuale Messabweichung für eine Wechselstrom-CMF der Klasse 1,0 R bei Eingangssignalen in den Bereichen $10 \% I_n \leq I \leq 120 \% I_n$, $5 \% I_n \leq I < 10 \% I_n$ und $1 \% I_n \leq I < 5 \% I_n$	31
Bild 6 – Bereiche von Primärstrom und Primärspannung	38

Bild 7 – Beispiel für die größte prozentuale Messabweichung für eine ECF der Klasse 0,5 R und der Klasse 1,0 R mit Eingangssignalen im Bereich 1 und im Bereich 2	40
Bild 8 – Matrix der Prüfpunkte für ECF-Genauigkeitsprüfungen (Typprüfung)	62
Bild 9 – Matrix der Prüfpunkte für Prüfungen der Änderung der Umgebungstemperatur und der Einflussgrößen	63
Bild 10 – Prüfschaltbild für die Bestimmung des Einflusses von ungeradzahigen Oberschwingungen oder Unterschwingungen im Stromkreis auf Genauigkeit	66
Bild 11 – Phasenanschnitt-Kurvenform (dargestellt für 50 Hz)	67
Bild 12 – Analyse des Oberschwingungsanteils der Phasenanschnitt-Kurvenform (dargestellt für 50 Hz)	67
Bild 13 – Impulspaket-Kurvenform (dargestellt für 50 Hz)	68
Bild 14 – Analyse der Oberschwingungen (dargestellt für 50 Hz)	68
Bild 15 – Matrix der Prüfpunkte für ECF-Genauigkeitsprüfungen (Typprüfung)	73
Bild A.1 – Prüfaufbau für Prüfverfahren 1	75
Bild A.2 – Prüfaufbau für Prüfverfahren 2	76
Bild B.1 – EMF mit mehreren parallelen CMF	77
Bild B.2 – EMF mit mehreren VMF, die mit einer ECF verbunden sind	78
Bild B.3 – EMF mit mehreren VMF-CMF-Paaren	79
Bild B.4 – EMF mit mehreren ECF	79
Bild B.5 – Eine mit zwei ECF verbundene VMF	80
Bild B.6 – EMF ohne VMF	80

Tabellen

Tabelle 1 – Nennspannungen von Bahnnetzen	16
Tabelle 2 – Referenzbedingungen	18
Tabelle 3 – Grenzwerte der prozentualen Messabweichung der EMF	19
Tabelle 4 – Grenzwerte der prozentualen Messabweichung – VMF	24
Tabelle 5 – Größte prozentuale Messabweichung für eine VMF einschließlich der Änderung der Umgebungstemperatur	25
Tabelle 6 – Temperaturkoeffizient für eine VMF	26
Tabelle 7 – Einflussgrößen für Spannungssensoren	27
Tabelle 8 – Grenzwerte der prozentualen Messabweichung – Wechselstrom-CMF	30
Tabelle 9 – Grenzwerte der prozentualen Messabweichung – Gleichstrom-CMF	30
Tabelle 10 – Größte prozentuale Messabweichung für eine CMF einschließlich der Änderung der Umgebungstemperatur	31
Tabelle 11 – Temperaturkoeffizient für eine CMF	32
Tabelle 12 – Grenzwerte der prozentualen Messabweichung mit Oberschwingungen – Wechselstromsensoren	32
Tabelle 13 – Einflussgrößen für Stromsensoren	33
Tabelle 14 – Änderungen durch kurzzeitige Überströme	37
Tabelle 15 – Änderungen durch Eigenerwärmung	37
Tabelle 16 – Grenzwerte der prozentualen Messabweichung der ECF für die Wirkenergie	38

Tabelle 17 – Größte prozentuale Messabweichung für eine ECF einschließlich Änderung der Umgebungstemperatur	39
Tabelle 18 – Temperaturkoeffizient für eine ECF	41
Tabelle 19 – Einflussgrößen für die ECF	41
Tabelle 20 – Prüfstrom für Oberschwingungen	56
Tabelle ZZ.1 – Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm, der TSI „Lokomotiven und Personenwagen“ (Verordnung (EU) Nr. 1302/2014 der Kommission vom 18. November 2014) und der Richtlinie 2008/57/EG, geändert durch Richtlinie 2011/18/EU	96

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 50463-2:2017) wurde von CLC/TC 9X „Elektrische und elektronische Anwendungen für Bahnen“ erarbeitet.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2018-04-06
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-10-06

Dieses Dokument ersetzt **EN 50463-2:2012**.

EN 50463-2:2017 enthält die folgenden wesentlichen technischen Änderungen gegenüber **EN 50463-2:2012**:

- Aktualisierung der Anforderungen an Ereignisse, Qualitätscodes, Flags und Protokolle ([Abschnitt 4](#));
- Aktualisierung hinsichtlich der Übereinstimmung zwischen [Tabelle 16](#) und [Bild 6](#) in Bezug auf "Bereich 2" ([Abschnitt 4](#))

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CENELEC erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen von EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen [Anhang ZZ](#), der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Dieses Dokument ist Teil 2 der Normenreihe EN 50463, die unter dem Haupttitel *Bahnanwendungen – Energiemessung auf Bahnfahrzeugen* aus folgenden Teilen besteht:

- **Teil 1: Allgemeines;**
- **Teil 2: Energiemessung;**
- **Teil 3: Datenverarbeitung;**
- **Teil 4: Kommunikation;**
- **Teil 5: Konformitätsbewertung.**

Diese Europäische Normenreihe folgt der Beschreibung funktionaler Leitfäden in EN/ISO/IEC 17000:2004, Anhang A „Grundlagen der Konformitätsbewertung“, angepasst an das Energiemesssystem (EMS).

Die Anforderungen an Energiemesssysteme in den maßgeblichen Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität werden von dieser Europäischen Normenreihe unterstützt.

Einleitung

Das Energiemesssystem stellt Messungen und Daten für die Abrechnung zur Verfügung, und es darf außerdem für das Energiemanagement, z. B. die Energieeinsparung, eingesetzt werden.

Diese Europäische Normenreihe beschreibt mithilfe eines funktionalen Ansatzes das Energiemesssystem sowie das Datenerfassungssystem auf der Landseite. Diese Funktionen sind in einem oder mehreren physikalischen Geräten implementiert. Die Gestaltung der physikalischen Implementierung kann vom Anwender dieser Normenreihe frei gewählt werden.

a) Struktur und wesentliche Inhalte der Normenreihe EN 50463:

Diese Europäische Normenreihe ist in fünf Teile unterteilt. Die Titel und kurze Beschreibungen jedes Teils sind nachstehend angegeben:

1) EN 50463-1 – Allgemeines:

Der Anwendungsbereich von EN 50463-1 umfasst das Energiemesssystem (EMS).

EN 50463-1 enthält Anforderungen auf der Systemebene für das gesamte EMS und allgemeine Anforderungen an alle Geräte, die eine oder mehrere Funktionen des EMS implementieren.

2) EN 50463-2 – Energiemessung:

Der Anwendungsbereich von EN 50463-2 umfasst die Energiemessfunktion (EMF).

Die EMF dient der Messung der verbrauchten und der rückgespeisten Wirkenergie einer Triebfahrzeugeinheit einer Bahn. Wenn die Triebfahrzeugeinheit für den Einsatz in einem Wechselstrombahnnetz ausgelegt ist, kann mit der EMF auch die Blindenergie gemessen werden. Die EMF sendet die Messgrößen über eine Schnittstelle an das Datenverarbeitungssystem.

Die EMF besteht aus drei Unterfunktionen: Spannungsmessfunktion, Strommessfunktion und Energieberechnungsfunktion. Für jede dieser Funktionen sind Genauigkeitsklassen festgelegt und zugehörige Referenzbedingungen definiert. In EN 50463-2 werden auch alle spezifischen Anforderungen an jede Funktion der EMF definiert.

Die Spannungsmessfunktion misst die Spannung des Fahrleitungssystems, und die Strommessfunktion misst den Strom, der aus dem Fahrleitungssystem entnommen und in das Fahrleitungssystem rückgespeist wird. Diese beiden Funktionen liefern die Signaleingänge für die Energieberechnungsfunktion.

Die Energieberechnungsfunktion berechnet mit den Eingangssignalen aus der Strom- und der Spannungsmessfunktion eine Wertemenge, die die verbrauchte und die rückgespeiste Energie angibt. Diese Werte werden an das Datenverarbeitungssystem übertragen und zur Erzeugung von kompilierten Energieabrechnungsdaten (CEBD, en: Compiled Energy Billing Data) verwendet.

Bei der Erarbeitung dieser Norm wurde berücksichtigt, dass bei einigen Anwendungen die EMF einer gesetzlichen messtechnischen Kontrolle unterliegen kann. Alle maßgeblichen messtechnischen Aspekte werden in EN 50463-2 abgedeckt.

EN 50463-2 definiert außerdem die Konformitätsbewertung für die EMF.

3) EN 50463-3 – Datenverarbeitung:

Der Anwendungsbereich von EN 50463-3 umfasst das Datenverarbeitungssystem (DHS, en: Data Handling System) sowie die hiermit verbundenen Anforderungen des Datenerfassungssystems (DCS, en: Data Collecting System).

Das fahrzeugseitige DHS empfängt, erzeugt und speichert Daten, die für eine Übertragung an jeden berechtigten Empfänger von Daten fahrzeugseitig oder auf der Landseite aufbereitet sind. Das Hauptziel des DHS ist die Erzeugung kompilierten Energieabrechnungsdaten (CEBD) sowie deren Übertragung an ein Datenerfassungssystem (DCS) auf der Landseite. Das DHS kann andere Funktionen fahrzeugseitig oder auf der Landseite mit Daten unterstützen, solange dies nicht im Widerspruch zum Hauptziel steht.

Das DCS auf der Landseite empfängt die kompilierten Energieabrechnungsdaten und überträgt diese an das Abwicklungssystem.

EN 50463-3 definiert ebenfalls die Konformitätsbewertung des DHS sowie die Übertragung der CEBD an das Datenerfassungssystem (DCS) auf der Landseite.

4) EN 50463-4 – Kommunikation:

Der Anwendungsbereich von EN 50463-4 umfasst die Kommunikationsdienste.

Dieser Teil von EN 50463 enthält Anforderungen und Anleitungen bezüglich der Kommunikation von Daten sowohl zwischen den innerhalb des EMS implementierten Funktionen als auch zwischen solchen Funktionen und anderen fahrzeugseitigen Einheiten, bei denen Daten unter Verwendung eines Kommunikationsprotokollstapels über eine eigene physikalische Schnittstelle oder ein gemeinsames Netz ausgetauscht werden.

Dieser Teil enthält auch den Hinweis auf die Kommunikationsdienste vom Fahrzeug zur Landseite und deckt die notwendigen Anforderungen zur Unterstützung der Datenübertragung zwischen dem DHS und dem DCS ab, einschließlich der Übertragung der CEBD auf einer interoperablen Basis.

EN 50463-4 definiert außerdem die Konformitätsbewertung der Kommunikationsdienste.

5) EN 50463-5 – Konformitätsbewertung:

Der Anwendungsbereich von EN 50463-5 umfasst Konformitätsbewertungsverfahren für das EMS.

EN 50463-5 deckt auch das Verfahren der periodischen Bestätigungsprüfung und Konformitätsbewertungen im Fall des Austauschs eines Gerätes des EMS ab.

b) Funktionaler Aufbau und Datenfluss des EMS:

Bild 1 ist lediglich informativ und veranschaulicht den funktionalen Aufbau des EMS, die Hauptunterfunktionen sowie den Ablauf des Datenflusses. Nur die nach dieser Norm geforderten Hauptschnittstellen sind durch Pfeile dargestellt.

Mit Ausnahme der Kommunikation von dem Zug zur Landseite wurde der Übersichtlichkeit wegen die Kommunikationsfunktion größtenteils weggelassen, da sie über das gesamte EMS verteilt ist. Nicht alle Schnittstellen sind dargestellt.

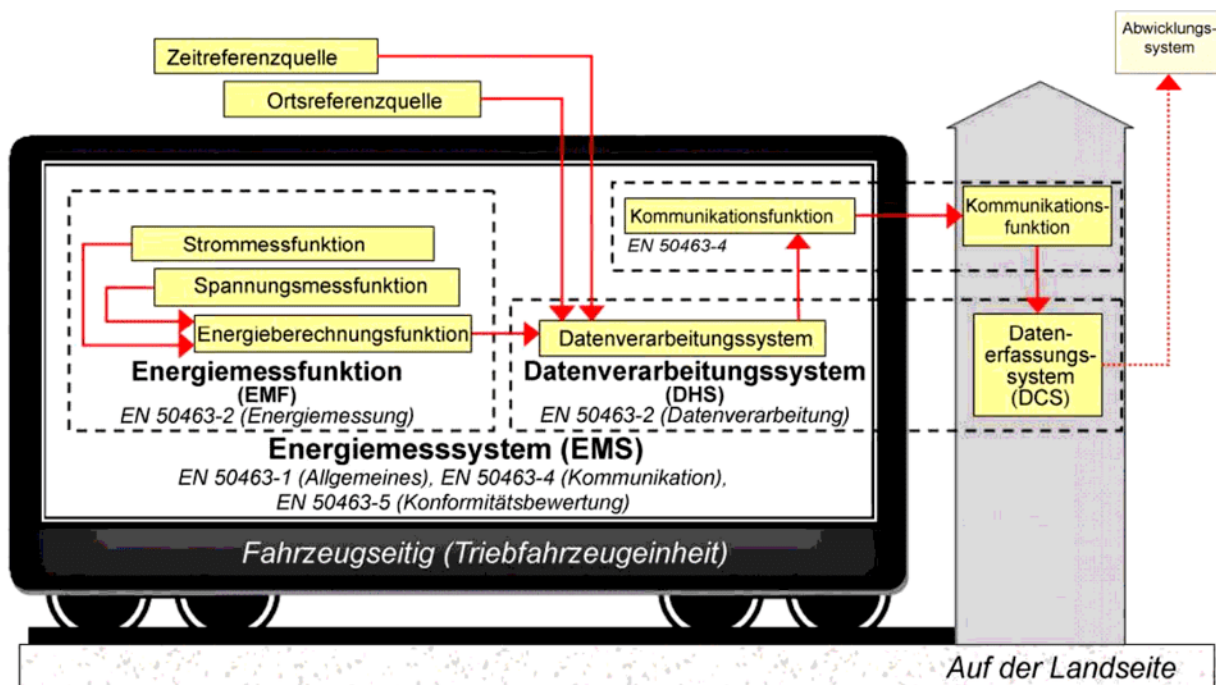


Bild 1 – Funktionaler Aufbau des Energiemesssystems und Datenflussplan

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm umfasst die Anforderungen, die an die Energiemessfunktion (EMF) eines Energiemesssystems (EMS) gestellt werden, das auf Triebfahrzeugeinheiten zur Messung der direkt aus dem Fahrleitungssystem entnommenen bzw. in das Fahrleitungssystem rückgespeisten Energie benutzt wird.

Diese Europäische Norm enthält außerdem Anforderungen an die Strommessfunktion (z. B. Stromsensor), die Spannungsmessfunktion (z. B. Spannungssensor) und die Energieberechnungsfunktion (z. B. Elektrizitätszähler).

Darüber hinaus werden in diesem Dokument die Regeln für die Konformitätsbewertung für die Spannungsmessfunktion, die Strommessfunktion, die Energieberechnungsfunktion und eine vollständige Energiemessfunktion festgelegt.

Bei der Erarbeitung dieser Norm wurde berücksichtigt, dass die EMF bei einigen Anwendungen einer gesetzlichen messtechnischen Kontrolle unterliegen kann. Alle maßgeblichen messtechnischen Aspekte werden in diesem Teil abgedeckt.

Bild 2 veranschaulicht den Fluss zwischen den Funktionsblöcken der EMF. Es sind nur die Verbindungen zwischen den von dieser Norm geforderten Funktionsblöcken dargestellt.

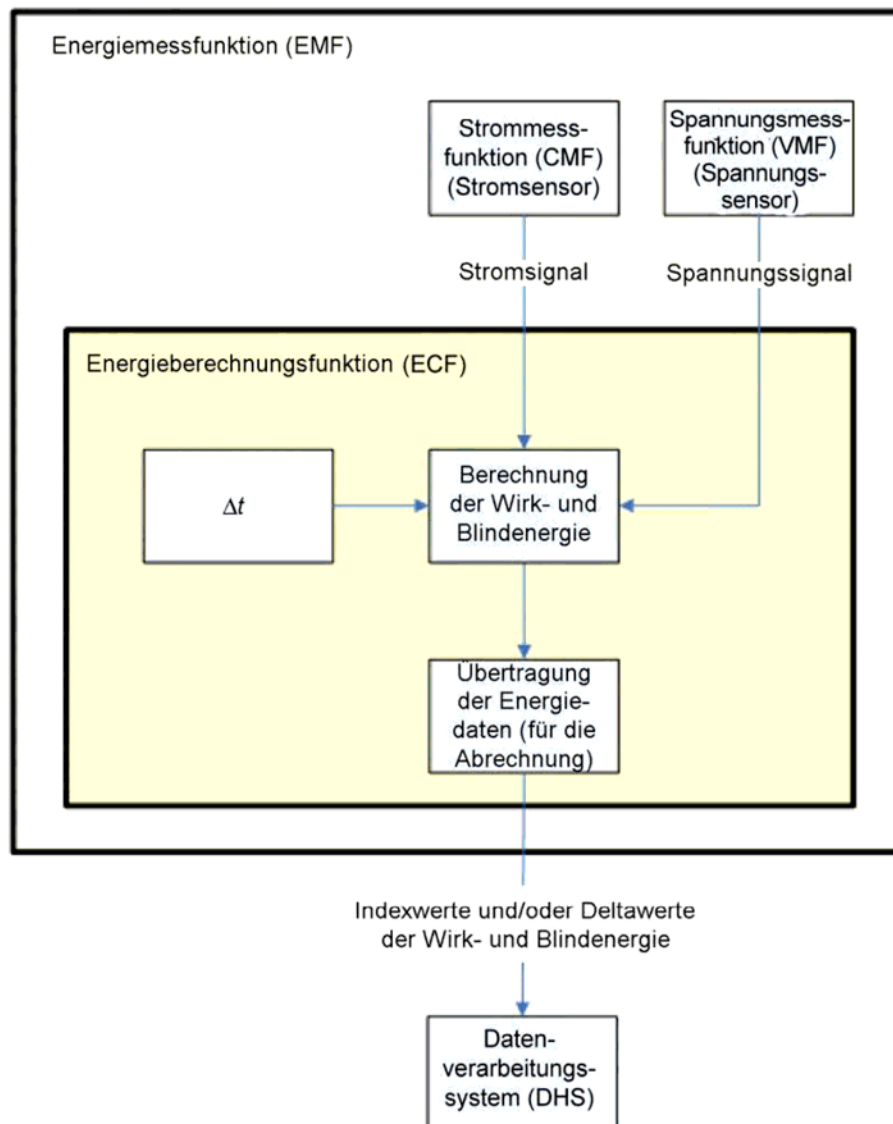


Bild 2 – Flussdiagramm der Funktionsblöcke der EMF

2 Normative Verweisungen

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

EN 45545-2:2013 + A1:2015, *Bahnanwendungen – Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 2: Anforderungen an das Brandverhalten von Materialien und Komponenten*

EN 45545-5:2013 + A1:2015, *Bahnanwendungen – Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 5: Brandschutzanforderungen an die elektrische Ausrüstung einschließlich der von Oberleitungsbussen, spurgeführten Bussen und Magnetschwebefahrzeugen*

EN 50121-1:2017, *Bahnanwendungen – Elektromagnetische Verträglichkeit – Teil 1: Allgemeines*

EN 50121-3-2:2015, *Bahnanwendungen – Elektromagnetische Verträglichkeit – Teil 3-2: Bahnfahrzeuge – Geräte*

EN 50123-1:2003, *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Gleichstrom-Schalteinrichtungen – Teil 1: Allgemeines*

EN 50124-1:2001, *Bahnanwendungen – Isolationskoordination – Teil 1: Grundlegende Anforderungen – Luft- und Kriechstrecken für alle elektrischen und elektronischen Betriebsmittel*

EN 50125-1:2014, *Bahnanwendungen – Umweltbedingungen für Betriebsmittel – Teil 1: Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen*

EN 50155:2017, *Bahnanwendungen – Elektronische Einrichtungen auf Schienenfahrzeugen*

EN 50163:2004, *Bahnanwendungen – Speisespannungen von Bahnnetzen (IEC 60850:2000, nicht entsprechend)*

EN 50388:2012, *Bahnanwendungen – Bahnenergieversorgung und Fahrzeuge – Technische Kriterien für die Koordination zwischen Anlagen der Bahnenergieversorgung und Fahrzeugen zum Erreichen der Interoperabilität*

EN 50463-1:2017, *Bahnanwendungen – Energiemessung auf Bahnfahrzeugen – Teil 1: Allgemeines*

EN 50463-3:2017, *Bahnanwendungen – Energiemessung auf Bahnfahrzeugen – Teil 3: Datenverarbeitung*

EN 50463-4:2017, *Bahnanwendungen – Energiemessung auf Bahnfahrzeugen – Teil 4: Kommunikation*

EN 50463-5:2017, *Bahnanwendungen – Energiemessung auf Bahnfahrzeugen – Teil 5: Konformitätsbewertung*

EN 60044 (alle Teile), *Messwandler (IEC 60044, alle Teile)*

EN 60068-2-1:2007, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-1: Prüfverfahren – Prüfung A: Kälte (IEC 60068-2-1)*

EN 60068-2-2:2007, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-2: Prüfverfahren – Prüfung B: Trockene Wärme (IEC 60068-2-2:2007)*

EN 60068-2-30:2005, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-30: Prüfverfahren – Prüfung Db: Feuchte Wärme, zyklisch (12 + 12 Stunden) (IEC 60068-2-30)*

EN 60077-4:2003, *Bahnanwendungen – Elektrische Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen – Teil 4: Elektrotechnische Bauteile – Regeln für AC-Leistungsschalter (IEC 60077-4:2003)*

EN 60085:2008, *Elektrische Isolierung – Thermische Bewertung und Bezeichnung (IEC 60085)*

EN 60529:1991, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529)*

EN 61000 (alle Teile), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) (IEC 61000, alle Teile)*

EN 61373:2010, *Bahnanwendungen – Betriebsmittel von Bahnfahrzeugen – Prüfungen für Schwingen und Schocken (IEC 61373:2010)*

EN 61869-3:2011, *Messwandler – Teil 3: Zusätzliche Anforderungen für induktive Spannungswandler (IEC 61869-3:2011)*

IEC 60028:1925, *International standard of resistance for copper*

IEC 60121:1960, *Recommendation for commercial annealed aluminium electrical conductor wire*

3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach **EN 50463-1:2017** und die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Soweit möglich wurden die folgenden Definitionen den zutreffenden Kapiteln des Internationalen Elektrotechnischen Wörterbuches (IEV), und zwar IEC 60050-311, IEC 60050-312, IEC 60050-313, IEC 60050-314, IEC 60050-321 und IEC 60050-811, entnommen. In diesen Fällen ist die Verweisung auf das entsprechende IEV angegeben. Zur Erleichterung des Verständnisses dieser Norm wurden einige neue Definitionen oder Modifikationen der IEV-Definitionen ergänzt. Angaben zum Betriebsverhalten elektrischer und elektronischer Messeinrichtungen wurden EN 60359 entnommen.

3.1.1

Genauigkeitsklasse

(en: accuracy class)

Bezeichnung für eine Menge von Grenzwerten der Messabweichung für Messgrößen unter Referenzbedingungen und die zusätzlichen prozentualen Messabweichungen, die auf die Einflussgrößen zurückzuführen sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Jede messtechnische Funktion der EMF wird einer eigenen Genauigkeitsklasse zugeordnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der angehängte Buchstabe „R“ wird verwendet, um Klassen entsprechend dieser Norm von denen anderer technischen Normen zu unterscheiden.

3.1.2

verbrauchte Wirkenergie

(en: consumed active energy)

Wirkenergie, die von der Triebfahrzeugeinheit, auf der die EMF eingebaut ist, aus der Fahrleitung entnommen wird

3.1.3

verbrauchte Blindenergie

(en: consumed reactive energy)

Blindenergie, die von der Triebfahrzeugeinheit, auf der die EMF eingebaut ist, aus der Fahrleitung entnommen wird

3.1.4

elektronischer Sensor

(en: electronic sensor)

Gerät, in dem gemessene Signale mithilfe elektronischer Schaltungen verarbeitet werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Elektronische Schaltungen zur Verarbeitung des Messsignals sind Einheiten wie Analog-Digital-Wandler, Signalverstärker usw.

3.1.5

Energie-Deltawert

(en: energy delta value)

in einem Zeitabschnitt verbrauchte und/oder rückgespeiste Energie

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiel siehe Bild 3.

3.1.6

Energie-Indexwert

(en: energy index value)

gesamter kumulierter Energieverbrauch und/oder gesamte kumulierte Energierückspeisung am Ende eines Zeitabschnittes

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiel siehe Bild 3.

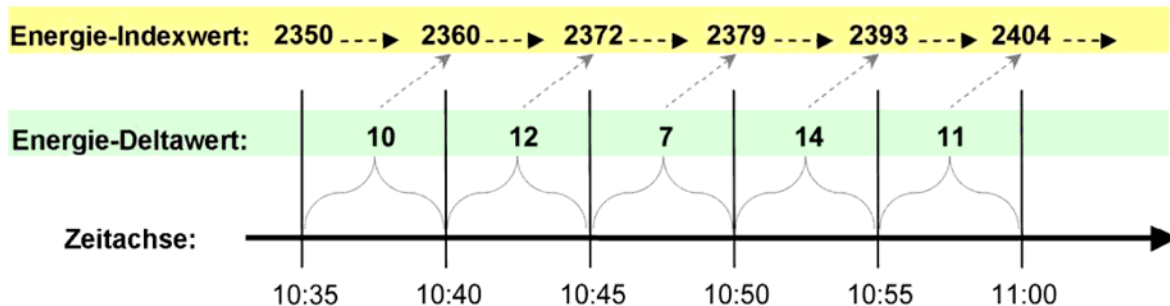


Bild 3 – Beispiel für den Energie-Indexwert

3.1.7

Flag

(en: flag)

Code, der für die Funktion des EMS wichtige Informationen angibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele sind Betriebszustand usw.

3.1.8

Überlauf des Indexwertes

(en: index value overrun)

Rückstellung des Indexwertes auf null nach dem Erreichen des von der Zähleinrichtung zugelassenen Höchstwertes

3.1.9

Einflussgröße

(en: influence quantity)

äußere Bedingung, die das messtechnische Betriebsverhalten beeinflusst

3.1.10

k-Faktor

(en: k-factor)

Multiplikator zur Umrechnung eines Sekundärwertes in einen Primärwert

Anmerkung 1 zum Begriff: Jede Spannungsmessfunktion und/oder jede Strommessfunktion kann einen spezifischen k-Faktor haben. Wenn der k-Faktor für Energiedaten angewendet wird, ist dieser Faktor das Produkt der k-Faktoren der angewendeten Spannungsmessfunktion und/oder der angewendeten Strommessfunktion.

3.1.11

prozentuale Messabweichung

(en: percentage error)

nach folgender Gleichung berechneter Wert:

$$\text{prozentuale Messabweichung} = \left| \frac{\text{Messgröße} - \text{wahre Größe}}{\text{wahre Größe}} \right| \times 100$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Da die wahre Größe nicht bestimmt werden kann, wird sie durch einen Wert mit einer angegebenen Unsicherheit angenähert, der auf zwischen dem Lieferanten und dem Kunden vereinbarte Normen oder auf nationale Normen zurückgeführt werden kann.

3.1.12

Phasenbeeinflussungsfunktion

(en: phase influence function)

Funktion der realen oder scheinbaren Phasenwinkel zwischen gemessener Spannung und gemessenem Strom

Anmerkung 1 zum Begriff: Die als Leistungsfaktor angegebene Phasenbeeinflussungsfunktion bezieht sich auf Messungen der realen und der scheinbaren Leistungen und Energien, während $\sin \varphi$ sich auf Blindleistungen und -energien bezieht.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Gleichstrommessungen sind die Anforderungen an eine Phasenbeeinflussungsfunktion von 1 anzuwenden.

3.1.13

Leistungsfaktor ($\cos \varphi$)

PF

(en: power factor ($\cos \varphi$))

Verhältnis des Wertes der Wirkleistung P zur Scheinleistung S

[QUELLE: IEC 60050-131:2002, IEV 131-11-46, modifiziert – Die ursprüngliche Definition wurde verkürzt und die Anmerkung weggelassen.]

3.1.14

Primärwert

(en: primary value)

auf die Messeingänge einer EMF bezogener Wert

3.1.15

thermischer Bemessungs-Dauerstrom

$I_{\text{CMF,cth}}$

(en: rated continuous thermal current)

Stromstärke, die ständig in den Primäreingang eines Stromsensors fließen darf

3.1.16

Bemessungs-Stoßstrom

$I_{\text{CMF,dyn}}$

(en: rated dynamic current)

Spitzenwert des Primärstroms, dem ein Stromsensor ohne Beschädigung standhalten kann

3.1.17

Bemessungs-Primärstrom der EMF

$I_{\text{n,EMF}}$

(en: rated primary current of the EMF)

Stromwert, die zur Definition des entsprechenden Betriebsverhaltens der EMF benutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn nichts anderes angegeben ist, gibt die Benennung „Strom“ den Effektivwert für Wechselstrom an.

3.1.18

Bemessungs-Primärspannung der EMF

$U_{n,EMF}$

(en: rated primary voltage of the EMF)

Spannungswert, der zur Definition des entsprechenden Betriebsverhaltens der EMF benutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn nichts anderes angegeben ist, gibt die Benennung „Spannung“ den Effektivwert für Wechselstrom an.

3.1.19

thermischer Bemessungs-Kurzzeitstrom

$I_{CMF,th}$

(en: rated short-time thermal current)

Wert des Primärstroms, dem ein Stromsensor für einen festgelegten Zeitabschnitt ohne Beschädigung standhalten kann

3.1.20

Bemessungsstrom der Triebfahrzeugeinheit

(en: rated traction unit current)

höchster Strom, die die Triebfahrzeugeinheit der Auslegung nach beim Betrieb unter bestimmungsgemäßen Bedingungen und bei einer Spannung im Bereich von U_{min1} bis U_{max2} nach **EN 50163** aus der Fahrleitung entnimmt

3.1.21

Referenzbedingungen

(en: reference conditions)

Menge von Einflussgrößen mit Referenzwerten und Toleranzen, auf die die Festlegung der Grenzwerte für Messabweichungen für einen Bereich von Eingangsgrößen bezogen wird

[QUELLE: IEC 311-06-02, modifiziert – Der Wortlaut der Definition wurde komplett geändert.]

3.1.22

rückgespeiste Wirkenergie

(en: regenerated active energy)

Wirkenergie, die in die Fahrleitung rückgespeist wird von der Triebfahrzeugeinheit, auf der die EMF eingebaut ist

3.1.23

rückgespeiste Blindenergie

(en: regenerated reactive energy)

Blindenergie, die in die Fahrleitung rückgespeist wird von der Triebfahrzeugeinheit, auf der die EMF eingebaut ist

3.1.24

Zähleinrichtung

(en: register)

elektronische Einrichtung, die die Information, die die gemessene Energie darstellt, sowie den zugehörigen Qualitätscode speichert

Anmerkung 1 zum Begriff: Auf Zähleinrichtungen kann auch vor Ort über ein Service-Tool zugegriffen werden, und die Anzeige kann gegebenenfalls über eine lokale Anzeigeeinrichtung erfolgen.

[QUELLE: IEC 60050-314:2001, IEC 314-07-09, modifiziert]

3.1.25

Ansprechzeit

$t_{s,r}$

(en: response time)

Dauer ab einer stufenweisen Änderung der Messgröße, bis das Ausgangssignal 90 % des vorgegebenen Wertes erreicht

3.1.26

Sekundärwert

(en: secondary value)

Wert von Strom, Spannung, Leistung oder Energie, der einem Primärwert entspricht, wenn sie mit einem bestimmten k-Faktor multipliziert wird

3.1.27

Temperaturkoeffizient

(en: temperature coefficient)

Verhältnis zwischen der Temperaturänderung und der sich ergebenden Änderung der Messabweichung

3.1.28

Zeitabschnitt

(en: time period)

Zeitraum, für den Energiedaten erzeugt werden

3.1.29

Referenzperiode

TRP

(en: time reference period)

Zeitraum, für den CEBD erzeugt werden

3.2 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

CEBD	kompierte Energieabrechnungsdaten (en: Compiled Energy Billing Data)
CMF	Strommessfunktion (en: Current Measurement Function)
DCS	Datenerfassungssystem (en: Data Collecting System) ^{N1)}
DHS	Datenverarbeitungssystem (en: Data Handling System)
ECF	Energieberechnungsfunktion (en: Energy Calculation Function)
EMF	Energiemessfunktion (en: Energy Measurement Function)
EMS	Energiemesssystem (en: Energy Measurement System)
EUT	Prüfling (en: Equipment Under Test)
PF	Leistungsfaktor (en: Power Factor)
RAMS	Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (en: Reliability, Availability, Maintainability and Safety)
TRP	Referenzperiode (en: Time Reference Period)
VMF	Spannungsmessfunktion (en: Voltage Measurement Function)

3.3 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole.

f_a	Höchstfrequenz ohne Abtaststörung (Alias-Störung)
f_n	Bemessungsfrequenz
$I_{CMF,cth}$	thermischer Bemessungs-Dauerstrom
$I_{CMF,dyn}$	Bemessungs-Stoßstrom
$I_{CMF,th}$	thermischer Bemessungs-Kurzzeitstrom

^{N1)} Nationale Fußnote: Die Abkürzung DCS wurde in der deutschen Fassung ergänzt.

$I_{n,CMF}$	Bemessungs-Primärstrom der CMF
$I_{n,ECF}$	Bemessungs-Primärstrom der ECF
$I_{n,EMF}$	Bemessungs-Primärstrom der EMF
$T_{s,r}$	Ansprechzeit
U_{max1}	höchste Dauerspannung nach EN 50163
U_{max2}	höchste nicht-permanente Spannung nach EN 50163
U_{max3}	höchste Langzeitüberspannung nach EN 50163
U_{min1}	niedrigste Dauerspannung nach EN 50163
U_{min2}	niedrigste nicht-permanente Spannung nach EN 50163
$U_{n,EMF}$	primäre Bemessungsspannung der EMF
$U_{n,VMF}$	primäre Bemessungsspannung der VMF
ε_{CMF}	größte zulässige prozentuale Messabweichung (Fehlerquote) entsprechend der gewählten Genauigkeitsklasse für die CMF
ε_{ECF}	größte zulässige prozentuale Messabweichung (Fehlerquote) entsprechend der gewählten Genauigkeitsklasse für die ECF
ε_{EMF}	berechnete größte prozentuale Messabweichung der EMF
ε_{VMF}	größte zulässige prozentuale Messabweichung (Fehlerquote) entsprechend der gewählten Genauigkeitsklasse für die VMF

4 Anforderungen

4.1 Allgemeines

Die Anforderungen in EN 50463-1:2017, Abschnitt 4, gelten, soweit zutreffend, für alle Geräte, die eine oder mehrere Funktionen der Energiemessfunktion (EMF) ausführen. In EN 50463-2 werden zusätzliche Anforderungen an eine vollständige EMF (Energiemessfunktion) sowie an alle Geräte, die eine oder mehrere Funktionen der EMF enthalten, definiert.

4.2 Energiemessfunktion (EMF)

4.2.1 Allgemeines

4.2.1.1 Einleitung

Die Energiemessfunktion (EMF) besteht aus den folgenden Funktionen, die in einem oder mehreren Geräten ausgeführt werden können:

- Spannungsmessfunktion (VMF);
- Strommessfunktion (CMF);
- Energieberechnungsfunktion (ECF).

ANMERKUNG 1 Im vorliegenden Dokument werden die Benennungen „Spannungssensor“ und „Stromsensor“ für das Gerät benutzt, das die Messfunktion ausführt. Ein oder mehrere Geräte können für die Ausführung einer Funktion verwendet werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, verschiedene Funktionen in einem Gerät zu kombinieren.

ANMERKUNG 2 Mehrere CMF (Strommessfunktion) und VMF (Spannungsmessfunktion) können zusammen mit einer einzigen ECF (Energieberechnungsfunktion) benutzt werden (siehe Anhang B).

Die EMF dient der Messung von Spannung und Strom, der Berechnung der Energie und der Erzeugung von Energiedaten.

Über eine Schnittstelle stellt die EMF die Energiedaten dem Datenverarbeitungssystem (DHS) zur Verfügung.

4.2.1.2 Allgemeine Anforderungen

Wenn Funktionen in einem einzigen Gerät angeordnet werden, darf eine solche Gruppierung nicht das Betriebsverhalten (einschließlich der Genauigkeit) des Systems beeinträchtigen.

4.2.1.3 Kennzeichnung der EMF

Geräte, die die EMF enthalten, müssen die in [EN 50463-1:2017](#), [4.3.1.1](#), festgelegten Kennzeichnungen tragen. Darüber hinaus müssen alle Geräte mit Funktionen, die einer amtlichen messtechnischen Kontrolle unterliegen, eine messtechnische Kennzeichnung tragen.

Wenn verschiedene Funktionen in einem Gerät enthalten sind, ist eine einmalige Kennzeichnung ausreichend.

4.2.1.4 Notwendige Angaben

Für alle Geräte mit einer EMF müssen die notwendigen Angaben nach den Festlegungen in [EN 50463-1:2017](#), [4.3.1.2](#), in einem zwischen dem Lieferanten und dem Kunden zu vereinbarenden Format (z. B. gedruckt oder elektronisch) zur Verfügung gestellt werden.

Der k-Faktor der EMF muss auch angegeben werden.

ANMERKUNG Weitere Anforderungen bezüglich zusätzlicher Angaben für Sensoren und die ECF sind in [4.3.2.4](#) und [4.4.2.5](#) dieser Norm zu finden.

4.2.2 Elektrische Anforderungen

4.2.2.1 Bemessungsspannungen

Die Kennwerte der Spannungssysteme, an die die EMF angeschlossen werden kann, sind in [EN 50163](#) festgelegt.

Die Bemessungs-Primärspannung der EMF ($U_{n,EMF}$) muss gleich der Nennspannung des Bahnnetzes sein, wie in [EN 50163](#) ausgeführt und in [Tabelle 1](#) angegeben.

Tabelle 1 – Nennspannungen von Bahnnetzen

Nennspannungen U_n V	Netz
25 000	50 Hz Wechselspannung
15 000	16,7 Hz Wechselspannung
3 000	Gleichspannung
1 500	Gleichspannung
750	Gleichspannung
600	Gleichspannung

Wenn die EMF für die Verwendung in mehr als einem Bahnnetz ausgelegt ist, muss ihr für jedes Bahnnetz eine Bemessungs-Primärspannung zugeordnet werden.

4.2.2.2 Bemessungsstrom

Die Normwerte für den Bemessungs-Primärstrom der EMF ($I_{n,EMF}$) sind:

10 A – 12,5 A – 15 A – 20 A – 25 A – 30 A – 40 A – 50 A – 60 A – 75 A und deren dezimale Vielfache.

ANMERKUNG Die dezimalen Vielfachen von 10 A sind zum Beispiel 100 A, 1 000 A, 10 000 A.

Der Bemessungs-Primärstrom ($I_{n,EMF}$) der EMF muss zwischen 80 % und 120 % des Bemessungsstroms der Triebfahrzeugeinheit betragen.

Wenn eine EMF für die Verwendung in mehr als einem Bahnnetz ausgelegt ist, darf ihr mehr als ein Wert für den Bemessungs-Primärstrom zugeordnet werden.

4.2.2.3 Bemessungsfrequenz (f_n)

Die Bemessungsfrequenz der EMF muss gleich der Frequenz des Bahnnetzes sein, für das ihr Betrieb vorgesehen ist, gewählt aus [Tabelle 1](#).

Wenn eine EMF für die Verwendung in mehr als einem Bahnnetz ausgelegt ist, darf ihr mehr als ein Wert für die Bemessungsfrequenz zugeordnet werden.

4.2.3 Genauigkeitsanforderungen

4.2.3.1 Allgemeines

Die Genauigkeit der EMF wird durch die Genauigkeit der in der EMF enthaltenen Funktionen bestimmt.

Für jedes Gerät, das eine oder mehrere Funktionen der EMF ausführt, müssen alle für die Einhaltung der Genauigkeit erforderlichen Beschränkungen für Schnittstellen (z. B. Arten von Leitungen, maximale/minimale Bürde usw.) eindeutig angegeben werden.

In den folgenden Unterabschnitten sind Einzelheiten bezüglich der Anforderungen und Verfahren zur Bestimmung der Genauigkeit der gesamten EMF angegeben.

4.2.3.2 Grenzwerte der Messabweichung für die EMF

Die prozentuale Messabweichung für die vollständige EMF muss nach folgender Gleichung festgelegt werden:

$$\varepsilon_{EMF} = \sqrt{(\varepsilon_{VMF})^2 + (\varepsilon_{CMF})^2 + (\varepsilon_{ECF})^2}$$

Dabei sind

ε_{EMF} die berechnete größte prozentuale Messabweichung der EMF;

ε_{VMF} die größte zulässige prozentuale Messabweichung (Fehlerquote) entsprechend der gewählten Genauigkeitsklasse der VMF unter Referenzbedingungen;

ε_{CMF} die größte prozentuale Messabweichung (Fehlerquote) entsprechend der gewählten Genauigkeitsklasse der CMF unter Referenzbedingungen;

ε_{ECF} die größte zulässige prozentuale Messabweichung entsprechend der gewählten Genauigkeitsklasse der ECF unter Referenzbedingungen.

ANMERKUNG Der informative [Anhang C](#) enthält weitere Erläuterungen zu der oben angegebenen Methode.

Bei EMF mit mehr als einer VMF, CMF oder ECF muss die angegebene Gleichung benutzt werden, aber die Messabweichungen für die quadrierten Terme werden nach den im [Anhang B](#) angegebenen Regeln bestimmt.

4.2.3.3 Referenzbedingungen

Die folgende Tabelle enthält die genauen Referenzbedingungen für jedes Teil der EMF und für die gesamte EMF.

Tabelle 2 – Referenzbedingungen

Einflussgröße	Referenzwert	Zulässige Toleranzen
Umgebungstemperatur	23 °C ^a	± 2 °C
Frequenz	Bemessungsfrequenz	± 0,3 %
Wellenform der Wechselstromgrößen	Sinusförmige Spannungen und Ströme	Oberschwingungsanteil kleiner als: 2 %
Wellenform der Gleichstromgrößen	Reine Gleichspannungen und reine Gleichströme	Welligkeit kleiner als 1 %
Hilfsbetriebe-Versorgungsspannung	Bemessungsspannung der Hilfsbetriebeversorgung	± 5 %
Magnetische Dauerinduktion äußeren Ursprungs	Gleich null	Der Induktionswert muss kleiner als 0,05 mT sein.
Elektromagnetische Hochfrequenzfelder von 30 kHz bis 2 GHz	Gleich null	<°1 V/m
Durch Hochfrequenzfelder induzierte leitungsgeführte Störgrößen von 150 kHz bis 80 MHz	Gleich null	–
Magnetische Induktion äußeren Ursprungs bei Referenzfrequenz	Magnetische Induktion gleich null	Der Induktionswert muss kleiner als 0,05 mT sein.
^a Wenn die Prüfungen bei einer anderen Temperatur als der Referenztemperatur einschließlich zulässiger Toleranzen durchgeführt werden, müssen die Ergebnisse durch Anwendung des für den EUT (Prüfling) zutreffenden Temperaturkoeffizienten korrigiert werden.		

4.2.3.4 Grenzwerte der Messabweichung durch Änderung von Eingangsgrößen

Wenn alle Funktionen der EMF die Genauigkeitsprüfungen nach [Abschnitt 5](#) bestehen und die Eingangsgrößen und der Leistungsfaktor innerhalb des in [Tabelle 3](#) angegebenen Bereichs liegen, darf die prozentuale Messabweichung, wenn sie nach [4.2.3.2](#) berechnet wird, die in [Tabelle 3](#) angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten. Diese Grenzwerte gelten für die Energiemessung in jeder Richtung.

Tabelle 3 – Grenzwerte der prozentualen Messabweichung der EMF

Systemart	Bereich der Eingangsgröße		PF = Leistungs- faktor oder $\sin \varphi^c$	Prozentualer Grenzwert der Messabweichung der Wirkenergie	Prozentualer Grenzwert der Messabweichung der Blindenergie
	Stromwert ^a	Spannungswert ^b			
Wechselspannung/ Wechselstrom	$10 \% I_n \leq I \leq 120 \% I_n$	$U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$	$0,85 \leq \text{PF}$ oder $\sin \varphi = 1$ induktiv	1,5	3,0
Gleichspannung/ Gleichstrom	$10 \% I_n \leq I \leq 120 \% I_n$	$U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$	nicht anwendbar	2,0	nicht anwendbar

^a I_n ist der Bemessungs-Primärstrom der EMF.

^b Die Werte für $U_{\min 1}$ und $U_{\max 2}$ entsprechen den in EN 50163:2004, Tabelle 1, festgelegten Werten.

^c Der Leistungsfaktor wurde EN 50388:2012, Tabelle 1, entnommen. Die Blindenergie kann bei einem Leistungsfaktor nahe 1 nicht genau gemessen werden. Deshalb wird die Blindenergie bei $\sin \varphi = 1$ geprüft.

Die Genauigkeitsklassen von VMF, CMF und ECF (die zusammen eine EMF bilden) müssen so ausgewählt werden, dass sichergestellt ist, dass die oben dargestellten Genauigkeitsanforderungen für die EMF erreicht werden.

4.2.3.5 Anlaufbedingungen

Die EMF muss die Energie messen, wenn der Primärstrom gleich oder größer als 0,4 % von I_n ist und die Spannung bei $U_{\min 2}$ oder darüber liegt.

Wenn der Primärstrom null beträgt, darf den Zähleinrichtungen für die Energie keine Energie hinzugefügt werden.

4.2.4 Wechsel des Bahnnetzes

Wenn ein Wechsel zwischen Bahnnetzen stattfindet, muss die EMF sicherstellen, dass der Gesamtenergieverbrauch gemessen wird.

4.2.5 Bestätigungsprüfung

Der Lieferant muss dem Kunden Empfehlungen für Maßnahmen der Bestätigungsprüfung (Prüfung und Überwachung) geben, die für notwendig erachtet werden, um sicherzustellen, dass das messtechnische Betriebsverhalten der die EMF ausmachenden Funktionen während der vorgesehenen Lebensdauer des Gerätes, das diese Funktionen enthält, innerhalb der festgelegten Genauigkeiten verbleibt.

Die Empfehlungen müssen von sachdienlichen Nachweisen auf der Grundlage technischer Begründungen begleitet werden, um zu erläutern, warum ein laufendes messtechnisches Betriebsverhalten innerhalb der festgelegten Grenzwerte der Genauigkeit für die Dauer der vorgesehenen Lebensdauer zu erwarten ist. Die sachdienlichen Nachweise müssen auch angeben, welche Aspekte der (die EMF ausmachenden) Geräte maßgeblich dafür sind, die Perspektive für ein laufendes messtechnisches Betriebsverhalten sicherzustellen. Der Lieferant muss diejenigen Aspekte eindeutig angeben, die ein planmäßiges Eingreifen (d. h. eine Bestätigungsprüfung und Überwachung) erfordern. Der Lieferant muss eindeutig beschreiben, wie ein solcher planmäßiger Eingriff durchzuführen ist.

Weitere Informationen zu Bestätigungsprüfungen sind im [Anhang D](#) enthalten.

4.3 Sensoren

4.3.1 Allgemeines

Sensoren messen die Primärspannungs- und Primärstrom-Eingangsgrößen für die EMF und liefern (digitale oder analoge) Ausgangsgrößen für die Verwendung durch die Energieberechnungsfunktion (ECF).

Sensoren dürfen ohne äußere Energieversorgung ausgelegt sein (d. h. sie beziehen die Energie, die sie benötigen, über den Sensoreingang) oder separat durch eine sich außerhalb des Sensors befindliche Hilfsbetriebeversorgung versorgt werden.

4.3.2 Allgemeine Anforderungen

4.3.2.1 Allgemeines

Die Anforderungen des Spannungs- und des Stromsensors dürfen mit separaten Geräten oder innerhalb eines gemeinsamen Gerätes realisiert werden.

Wenn die Sensortechnik von der Normenreihe EN 60044 abgedeckt wird, dürfen diese Normen, soweit anwendbar, für die Sensoren angewendet werden. Wenn die Anforderungen der Normenreihe EN 60044 im Widerspruch zu den Anforderungen der Normenreihe EN 50463 stehen, hat die letztgenannte Normenreihe Vorrang.

4.3.2.2 Isolationsanforderungen

4.3.2.2.1 Isolationsfestigkeit für passive analoge Sensoren

Bei passiven analogen Sensoren mit einer Isolierung zwischen dem Eingang und dem Ausgang muss die Bemessungs-Steh-Wechselspannung des Ausgangssignals gegen Erde nach EN 60044-1 und EN 61869-3 3 kV (Effektivwert) betragen.

Bei passiven analogen Sensoren mit zwei oder mehr Ausgängen, die durch eine Isolierung getrennt sind, muss die Bemessungs-Steh-Wechselspannung zwischen den Abschnitten nach EN 60044-1 und EN 61869-3 3 kV (Effektivwert) betragen.

Bei passiven analogen Sensoren ohne Potentialtrennung zwischen dem Eingang und dem Ausgang muss die Bemessungs-Stehspannung des Ausgangssignals gegen Erde gleich der am Eingang anliegenden Spannung sein.

4.3.2.2.2 Isolationsfestigkeit für elektronische analoge Sensoren

Bei elektronischen analogen Sensoren mit mehreren durch eine Potentialtrennung getrennten Niederspannungskreisen muss die Bemessungs-Steh-Wechselspannung zwischen diesen Stromkreisen unter Beachtung der Bemessungs-Isolationsspannung und der Überspannungskategorie **EN 50124-1** entsprechen.

4.3.2.3 Anforderungen an die Ausgänge

4.3.2.3.1 Allgemeines

Sensoren können drei verschiedene Arten von Ausgängen aufweisen: analoge Festausgänge, digitale Festausgänge und digitale Sammelausgänge. Der Ausgang muss mit dem Gerät kompatibel sein, das die Energieberechnungsfunktion ausführt. Die Anforderungen an die Sicherheit des Datenflusses sind in **EN 50463-1:2017, 4.3.5** angegeben und müssen entsprechend der Ausgangsart angewendet werden.

4.3.2.3.2 Anforderungen an Festausgänge

Ein Sensor darf mehrere Ausgänge aufweisen, solange diese die in der Energiemessfunktion benutzten Ausgänge nicht beeinflussen.

Wenn es zwischen dem Lieferanten und dem Kunden vereinbart ist, dürfen zeitweilig Betriebsmittel, z. B. für eine kurzzeitige Überwachung, periodische Prüfungen und Kalibrierzwecke, an die Ausgänge der EMF angeschlossen werden. Die Auslegung dieser Ausgänge muss die Auswirkung solcher zeitweiligen Verbindungen berücksichtigen, um sicherzustellen, dass keine zusätzlichen Messabweichungen entstehen, wie z. B. die Auswirkung einer zusätzlichen Bürde.

4.3.2.3.3 Anforderungen an digitale Ausgänge

Anforderungen an den Kommunikationsprotokollstapel und an die Kommunikationssicherheit sind in [EN 50463-4:2017](#), [4.2.2](#), [4.2.3](#) und [4.2.4](#), zu finden.

4.3.2.4 Notwendige Angaben

Zusätzlich zu den in [EN 50463-1:2017](#), [4.3.1.2](#), gestellten Anforderungen müssen die folgenden notwendigen Angaben bezüglich der Steuerung des Sensorverhaltens in einem Begleitdokument zur Verfügung gestellt werden:

- a) die Genauigkeitsklasse der Sensoren;
- b) soweit anwendbar, die Hilfsbetriebsspannung und die Spannungsform (z. B. 230 V/50 Hz, 110 V DC) zusammen mit der Toleranz, der größten Leistungsaufnahme und der Klasse der Unterbrechungen der Versorgungsspannung nach [EN 50155:2017](#), 5.1.1.4;
- c) die wichtigsten Schaltpläne (z. B. Gesamtschaltbilder, allgemeine Anordnungen, usw.) und Zeichnungen einschließlich Zeichnungsnummer, Versionsbezeichnung und Titel;
- d) Informationen über die Klemmenbezeichnungen für:
 - 1) die Primär- und Sekundärverbindungen;
 - 2) soweit anwendbar, weitere zugängliche Klemmen wie z. B. Prüf- und Wartungspunkte;
 - 3) soweit anwendbar, Hilfsbetriebsspannungsverbindungen;
 - 4) soweit anwendbar, die relativen Polaritäten von Verbindungen und Einzelheiten der Steckverbinder;
- e) die Bemessungs-Primäreingangsgröße;
- f) die Bemessungsfrequenz(en) der Primäreingangsgröße (z. B. Gleichspannung, 16,7 Hz und 50 Hz);
- g) soweit anwendbar, die höchste Frequenz, die ohne Abtaststörung (Alias-Störung) gemessen werden kann (siehe [4.3.3.1.5](#) und [4.3.4.1.7](#));
- h) bei analogen Ausgängen Angaben zu den Sekundär-Ausgangssignalen;
- i) soweit anwendbar, den k-Faktor des Sensors einschließlich der Maßeinheiten;
- j) bei digitalen Ausgängen das Kommunikationsprotokoll und, soweit anwendbar, wie die Kommunikationssicherheit erreicht wird;
- k) alle anderen Bemessungswerte und Klassifizierungsinformationen für Sensoren (z. B. elektrische und mechanische, EMV- und Umweltbemessungsdaten und -klassifizierungen);
- l) soweit anwendbar, die Softwareversion und andere Angaben, die für die Konfigurationssteuerung notwendig sind;
- m) Integrations- und Einbaubeschränkungen.

4.3.3 Spannungssensoren

4.3.3.1 Elektrische Anforderungen

4.3.3.1.1 Bemessungs-Primärspannung ($U_{n,VMF}$)

Die Bemessungs-Primärspannung des Sensoreingangs muss gleich der Nennspannung der höchsten Bahnnetz-Nennspannung sein, für die der Sensor ausgelegt ist, ausgewählt aus den in [Tabelle 1](#) angegebenen Werten.

4.3.3.1.2 Bemessungs-Sekundärwerte für analoge Sensoren

4.3.3.1.2.1 Allgemeines

Die Bemessungs-Sekundärwerte des Sensorausgangs müssen mit dem Eingang der ECF des Gerätes kompatibel sein, an das der Sensor angeschlossen werden soll.

Die Bemessungswerte müssen zwischen dem Lieferanten und dem Kunden vereinbart werden.

4.3.3.1.2.2 Bemessungs-Sekundärausgangssignal für analoge Sensoren

Das Bemessungsausgangssignal muss entweder als Spannung oder als Strom definiert werden.

Vorzugswerte sind:

- a) für Spannungswandler: 100 V, 110 V oder 150 V (Wechselspannung);
- b) für elektronische Sensoren mit Spannungsausgang: 2 V, 4 V oder 10 V (Wechselspannung oder Gleichspannung);
- c) für elektronische Sensoren mit Stromausgang: 20 mA, 50 mA oder 100 mA (Wechselstrom oder Gleichstrom).

4.3.3.1.2.3 Bemessungs-Ausgangsbürde für analoge Sensoren

Die Bemessungs-Ausgangsbürde muss definiert werden.

Vorzugswerte sind:

- a) für eine Bemessungs-Sekundärspannung > 10 V: 1 VA, 2 VA, 4 VA oder 5 VA;
- b) für eine Bemessungs-Sekundärspannung ≤ 10 V: 0,001 VA, 0,01 VA, 0,1 VA oder 0,5 VA;
- c) für Stromausgänge eine Bürde, so dass die Spannung über der Bürde bei der größten Eingangsspannung nicht größer als 45 V (Effektivwert der Wechselspannung oder Gleichspannung) ist.

4.3.3.1.3 Einfluss der Eingangsüberspannung

Die Sensoren dürfen nicht durch Überspannungen von U_{max3} nach [EN 50163:2004, Tabelle A.1](#), beschädigt werden.

Die Sensoren müssen nach der Rückkehr zu den Anfangsbetriebsbedingungen ordnungsgemäß arbeiten.

4.3.3.1.4 Ansprechzeit ($t_{s,r}$)

Die Ansprechzeit von Sensoren für Gleichspannungsmessungen darf 10 ms nicht übersteigen.

Wenn der Gleichspannungssensor in einem Bahnnetz verwendet wird, bei dem der mit Oberschwingungen verbundene Energieinhalt erheblich ist, kann eine kürzere Ansprechzeit angemessen sein.

4.3.3.1.5 Bandbreitenanforderungen an elektronische Sensoren

Der Lieferant muss eine Kurve angeben, die die Änderungen des Betriebsverhaltens des Sensors in Abhängigkeit von Änderungen der Frequenz abbildet.

ANMERKUNG 1 Dies gibt einen Überblick über die Frequenzeigenschaften des Sensors.

Bei einem Sensor mit digitalem Ausgang muss der Lieferant die höchste Frequenz (f_a) festlegen, die ohne Abtaststörung (Alias-Störung) gemessen werden kann.

Bei Sensoren mit einem digitalen Ausgang entspricht f_a üblicherweise dem halben Wert der verwendeten Abtastfrequenz.

ANMERKUNG 2 Dies gibt einen Überblick über die Frequenzeigenschaften des Sensors.

4.3.3.1.6 Stehwechselfspannung für geerdete Anschlussklemmen

Alle Anschlussklemmen des Stromkreises des Spannungssensors, die an eine Erdung (der Triebfahrzeugeinheit) anzuschließen sind und die gegenüber dem metallischen Gehäuse oder anderen zugänglichen leitenden Teilen des Sensors isoliert sind, müssen einer Kurzzeit-Bemessungs-Stehwechselfspannung von 3 kV (Effektivwert) für mindestens 1 min standhalten.

4.3.3.2 Kurzschlussfestigkeit und Fehlerschutz für analoge Sensoren

Das Anlegen eines Kurzschlusses an einen analogen Ausgang oder analoge Ausgänge eines Sensors darf nicht zur Beschädigung des Sensors führen. Die Dauer des Kurzschlusses muss betragen:

- 1 s (bei passiven Sensoren) oder
- 60 s (bei elektronischen Sensoren).

Bei elektronischen Sensoren muss der Lieferant die Art der verwendeten Strombegrenzungsmaßnahmen (soweit vorhanden) angeben.

Der Lieferant muss bei elektronischen Sensoren die Zeitverzögerung zwischen Beseitigung des Kurzschlusses und Rückkehr der Ausgangsgrößen zu den festgelegten Genauigkeitsgrenzwerten festlegen. Die Zeitverzögerung darf 5 s nicht überschreiten.

Der Fehlerschutz für elektronische Sensoren muss nach EN 50155:2017, 7.2.3, ausgeführt sein.

4.3.3.3 Grenzwerte der Erwärmung

Sensoren mit elektrischer Isolierung müssen einer Wärmeklasse nach **EN 60085** zugeordnet werden. Die zulässigen Grenztemperaturen für andere Bauteile des Sensors müssen vom Lieferanten angegeben werden.

Der Sensor darf diese Grenzwerte nicht überschreiten und darf nicht beschädigt werden, wenn er unter den folgenden Bedingungen betrieben wird:

- Dauerbetrieb bei $U_{\max 2}$ und bei der Bemessungsfrequenz;
- der höchsten anwendbaren Umgebungstemperatur nach der in den Umgebungsanforderungen von **EN 50463-1:2017, 4.3.6.3**, ausgewählten Temperaturklasse;
- den Ausgangsbedingungen, die die höchsten Temperaturen im Sensor verursachen;
- soweit anwendbar, der Hilfsbetriebeversorgung, die die höchsten Temperaturen im Sensor erzeugt.

4.3.3.4 Genauigkeitsanforderungen

Die VMF muss einer aus **Tabelle 4** ausgewählten Genauigkeitsklasse zugeordnet werden.

Tabelle 4 – Grenzwerte der prozentualen Messabweichung – VMF

Genauigkeitsklasse	± größte Spannungsabweichung in Prozent (Fehlerquote) bei der in EN 50163 definierten Spannung $\mathcal{E}_{VMF}$		± Größte Phasenverschiebung bei der in EN 50163 definierten Spannung	
			Wechselspannungs-VMH ^{N2)} (Minuten) bei Bemessungsfrequenz	
	$U_{\min 2} \leq U < U_{\min 1}^{N3)}$	$U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$	$U_{\min 2} \leq U < U_{\min 1}$	$U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$
0,2 R	0,4	0,2	15	10
0,5 R	1,0	0,5	30	20
0,75 R	1,5	0,75	45	30
1,0 R	2,0	1,0	60	40

Bei Triebfahrzeugeinheiten, die für mehrere Bahnnetze ausgelegt sind, kann ein einziger Spannungssensor benutzt werden, wenn er die in Tabelle 4 definierten Genauigkeitsanforderungen für jede Bemessungsspannung erfüllt.

4.3.3.5 Auswirkung der Temperatur auf Grenzwerte der Messabweichung

4.3.3.5.1 Grenzwerte der Messabweichung einschließlich der Auswirkungen durch Änderungen der Umgebungstemperatur

Die größte prozentuale Messabweichung, einschließlich der Auswirkungen durch Änderungen der Temperatur, darf die in [Tabelle 5](#) angegebenen Werte nicht überschreiten.

Um die in [Tabelle 5](#) festgelegten höchsten Grenzwerte der Messabweichung einzuhalten, kann eine VMF einer gegebenen Klasse ihre größte Abweichung bei einer Referenztemperatur haben, wobei diese Abweichung auf einen Wert beschränkt ist, der niedriger ist als die größte Abweichung entsprechend der nach Tabelle 4 festgelegten Genauigkeitsklasse. In diesem Fall muss der Lieferant diesen niedrigeren höchsten Grenzwert der Messabweichung bei Referenztemperatur angeben und nachweisen, dass dieser niedrigere Grenzwert sicherstellt, dass die in [Tabelle 5](#) angegebenen höchsten Grenzwerte nicht überschritten werden.

^{N2)} Nationale Fußnote: Es muss Wechselspannungs-VMF heißen.

^{N3)} Nationale Fußnote: Es muss $= < U_{\min 1}$ sein.

Tabelle 5 – Größte prozentuale Messabweichung für eine VMF einschließlich der Änderung der Umgebungstemperatur

Spannungswert	Systemart	± höchste Grenzwerte der prozentualen Messabweichung für eine VMF	
		Änderung der Umgebungstemperatur, Hauptbereich	Änderung der Umgebungstemperatur, erweiterter Bereich
		–10 °C bis +50 °C (oder +60 °C für Innenräume)	–40 °C bis –10 °C (und +60 °C bis +75 °C für Innenräume)
$U_{\min 2} \leq U \leq U_{\max 2}$	Wechselspannung und Gleichspannung	$N^b + (0,01 \times \Delta T^a)$	$N^b + (0,02 \times \Delta T^a)$

^a ΔT ist die Temperaturänderung in Kelvin zwischen der Referenztemperatur von 23 °C und der Umgebungstemperatur.

^b „N“ steht für die größte zulässige prozentuale Fehlerquote, die für eine VMF entsprechend der in [Tabelle 4](#) festgelegten Klasse zulässig ist. So lautet zum Beispiel für die Klasse 0,5 R VMF und ein Eingangssignal im Bereich von $U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$ die Formel für den Haupttemperaturbereich $0,5 + (0,01 \times \Delta T)$, und für ein Eingangssignal im Bereich von $U_{\min 2} \leq U \leq U_{\min 1}$ lautet die Formel $1,0 + (0,01 \times \Delta T)$.

ANMERKUNG Als ein Beispiel sind in Bild 4 die höchsten Grenzwerte der prozentualen Messabweichung mit einem Eingangssignal im Bereich von $U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$ für eine VMF der Klasse 0,5 R und eine VMF der Klasse 1,0 R über den Temperaturbereich entsprechend Tabelle 5 dargestellt.

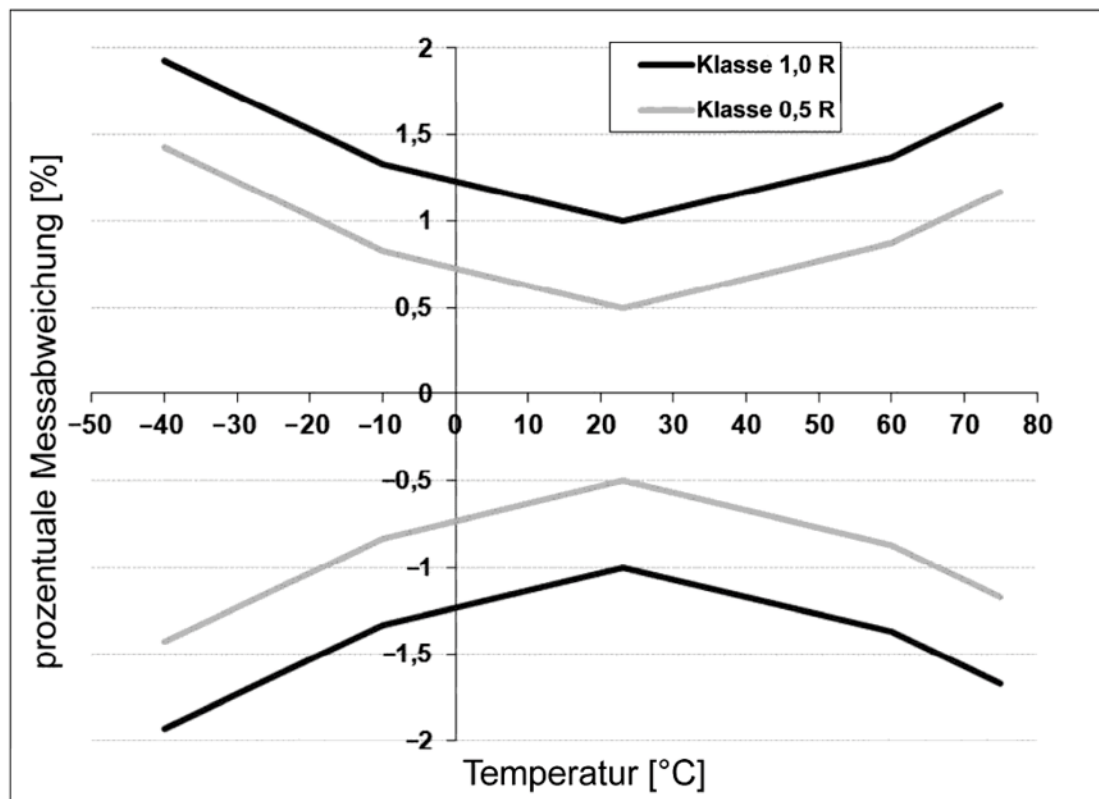


Bild 4 – Beispiel für die größte prozentuale Messabweichung für eine VMF der Klasse 0,5 R und eine VMF der Klasse 1,0 R bei einem Eingangssignal im Bereich von $U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$

4.3.3.5.2 Mittlerer Temperaturkoeffizient einer VMF

Zusätzlich zu den Anforderungen in 4.3.3.5.1 darf der mittlere Temperaturkoeffizient der VMF die in Tabelle 6 festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten.

Tabelle 6 – Temperaturkoeffizient für eine VMF

Genauigkeitsklasse	$\pm$ mittlerer Temperaturkoeffizient %/K
	$U_{\min 2} \leq U \leq U_{\max 2}$
0,2 R	0,02
0,5 R	0,025
0,75 R	0,03
1,0 R	0,035

Die größte zusätzliche prozentuale Abweichung aufgrund der in Tabelle 5 festgelegten Temperaturänderung und den in Tabelle 6 festgelegten Temperaturkoeffizienten gilt nur in dem Bereich, der durch die höchsten und niedrigsten Grenzwerte der Umgebungstemperatur des Gerätes entsprechend den anwendbaren Anforderungen der Temperaturklassen von EN 50463-1:2017, 4.3.6.3, definiert ist.

4.3.3.6 Grenzwerte der zusätzlichen Messabweichung durch Einflussgrößen

Die Grenzwerte der Messabweichungen durch die Änderung einer Einflussgröße in Bezug auf die Referenzbedingungen nach Tabelle 2 dürfen die in Tabelle 7 angegebenen Grenzwerte für die zutreffende Genauigkeitsklasse nicht überschreiten.