

	DIN EN 50617-1 (VDE 0831-617-1)	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 29.280 Bahnanwendungen – Technische Parameter von Gleisfreimeldesystemen für die Interoperabilität des transeuropäischen Eisenbahnsystems – Teil 1: Gleisstromkreise; Deutsche Fassung EN 50617-1:2015 Railway applications – Technical parameters of train detection systems for the interoperability of the trans-European railway system – Part 1: Track circuits; German version EN 50617-1:2015 Applications ferroviaires – Paramètres techniques des systèmes de détection des trains pour l'Interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen – Partie 1: Circuits de voie; Version allemande EN 50617-1:2015 Gesamtumfang 88 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2015-03-09 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2016-05-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 50617-1 (VDE 0831-617-1):2014-02.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 351.3 „Bahn-Signalanlagen“ 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.

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 Abschnittsnummer, 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 3)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 13146-5	–	DIN EN 13146-5	–
EN 13481 (alle Teile)	–	DIN EN 13481 (alle Teile)	–
EN 13715	–	DIN EN 13715	–
EN 50121-4	–	DIN EN 50121-4 (VDE 0115-121-4)	VDE 0115-121-4
EN 50122 (alle Teile)	–	DIN EN 50122 (VDE 0115) (alle Teile)	VDE 0115
EN 50122-1	–	DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3)	VDE 0115-3
EN 50122-2	–	DIN EN 50122-2 (VDE 0115-4)	VDE 0115-4
EN 50122-3	–	DIN EN 50122-3 (VDE 0115-5)	VDE 0115-5
EN 50124-2	–	DIN EN 50124-2 (VDE 0115-107-2)	VDE 0115-107-2

Tabelle NA.1 (2 von 3)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 50125-3:2003	–	DIN EN 50125-3 (VDE 0115-108-3):2003-10	VDE 0115-108-3
EN 50125-3:2003 + Cor.:2010	–	DIN EN 50125-3 Ber 1 (VDE 0115-108-3 Ber 1):2010-09	VDE 0115-108-3 Ber 1
EN 50126 (alle Teile)	–	DIN EN 50126 (VDE 0115-103) (alle Teile)	VDE 0115-103
EN 50128	–	DIN EN 50128 (VDE 0831-128)	VDE 0831-128
EN 50129	–	DIN EN 50129 (VDE 0831-129)	VDE 0831-129
EN 50160	–	DIN EN 50160	–
EN 50163	–	DIN EN 50163 (VDE 0115-102)	VDE 0115-102
EN 50238:2003	–	DIN EN 50238 (VDE 0831-238):2003-10	VDE 0831-238
EN 50238-1	–	DIN EN 50238-1 (VDE 0831-238)	VDE 0831-238
CLC/TS 50238-2:2010	–	DIN CLC/TS 50238-2 (VDE V 0831-238-2):2011-06	VDE V 0831-238-2
CLC/TS 50238-3:2010 ersetzt durch:	–	DIN CLC/TS 50238-3 (VDE V 0831-238-3):2011-06 ersetzt durch:	VDE V 0831-238-3
CLC/TS 50238-3:2013	–	DIN CLC/TS 50238-3 (VDE V 0831-238-3):2014-09	VDE V 0831-238-3
EN 60529	IEC 60529	DIN EN 60529 (VDE 0470-1)	VDE 0470-1
EN 60721-3 (alle Abschnitte)	IEC 60721-3 (alle Abschnitte)	DIN EN 60721-3 (alle Abschnitte)	–
EN 61000-4 (alle Teile)	IEC 61000-4 (alle Teile)	DIN EN 61000-4 (VDE 0847-4) (alle Teile)	VDE 0847-4
EN ISO 62:2008	ISO 62:2008	DIN EN ISO 62:2008-05	–
EN ISO 178:2010 ersetzt durch:	ISO 178:2010 ersetzt durch:	DIN EN ISO 178:2011-04 ersetzt durch:	–
EN ISO 178:2010 + A1:2013	ISO 178:2010 + A1:2013	DIN EN ISO 178:2013-09	–
EN ISO 180:2000 ersetzt durch:	ISO 180:2000 ersetzt durch:	DIN EN ISO 180:2001-06 ersetzt durch:	–
EN ISO 180:2000 + A1:2006 + A2:2013	ISO 180:2000 + A1:2006 + A2:2013	DIN EN ISO 180:2013-08	–
EN ISO 527 (alle Teile)	ISO 527 (alle Teile)	DIN EN ISO 527 (alle Teile)	–
EN ISO 604:2003	ISO 604:2002	DIN EN ISO 604:2003-12	–
EN ISO 868:2003	ISO 868:2003	DIN EN ISO 868:2003-10	–
EN ISO 1183 (alle Teile)	ISO 1183 (alle Teile)	DIN EN ISO 1183 (alle Teile)	–
EN ISO 3451-4:2000	ISO 3451-4:1998	DIN EN ISO 3451-4:2001-08	–

Tabelle NA.1 (3 von 3)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-161	a	–
–	IEC 60050-811	a	–
–	IEC 60050-821	a	–
a Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: http://www.dke.de/dke-iev .			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN CLC/TS 50238-2 (VDE V 0831-238-2):2011-06, *Bahnanwendungen – Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen – Teil 2: Kompatibilität mit Gleisstromkreisen; Deutsche Fassung CLC/TS 50238-2:2010*

DIN CLC/TS 50238-3 (VDE V 0831-238-3):2014-09, *Bahnanwendungen – Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen – Teil 3: Kompatibilität mit Achszähler; Deutsche Fassung CLC/TS 50238-3:2013*

DIN EN 13146-5, *Bahnanwendungen – Oberbau – Prüfverfahren für Schienenbefestigungssysteme – Teil 5: Bestimmung des elektrischen Widerstands*

DIN EN 13481 (alle Teile), *Bahnanwendungen – Oberbau – Leistungsanforderungen für Schienenbefestigungssysteme*

DIN EN 13715, *Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Räder – Radprofile*

DIN EN 50121-4 (VDE 0115-121-4), *Bahnanwendungen – Elektromagnetische Verträglichkeit – Teil 4: Störaussendungen und Störfestigkeit von Signal- und Telekommunikationseinrichtungen*

DIN EN 50122 (VDE 0115) (alle Teile), *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung*

DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3), *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag*

DIN EN 50122-2 (VDE 0115-4), *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrombahnen*

DIN EN 50122-3 (VDE 0115-5), *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 3: Gegenseitige Beeinflussung von Wechselstrom- und Gleichstrombahnen*

DIN EN 50124-2 (VDE 0115-107-2), *Bahnanwendungen – Isolationskoordination – Teil 2: Überspannungen und geeignete Schutzmaßnahmen*

DIN EN 50125-3 (VDE 0115-108-3):2003-10, *Bahnanwendungen – Umweltbedingungen für Betriebsmittel – Teil 3: Umweltbedingungen für Signal- und Telekommunikationseinrichtungen; Deutsche Fassung EN 50125-3:2003*

DIN EN 50125-3 Berichtigung 1 (VDE 0115-108-3 Berichtigung 1):2010-09, *Bahnanwendungen – Umweltbedingungen für Betriebsmittel – Teil 3: Umweltbedingungen für Signal- und Telekommunikationseinrichtungen; Deutsche Fassung EN 50125-3:2003, Berichtigung zu DIN EN 50125-3 (VDE 0115-108-3):2003-10; Deutsche Fassung CENELEC-Cor.:2010 zu EN 50125-3:2003*

DIN EN 50126 (VDE 0115-103) (alle Teile), *Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit (RAMS)*

DIN EN 50128 (VDE 0831-128), *Bahnanwendungen – Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme – Software für Eisenbahnsteuerungs- und Überwachungssysteme*

DIN EN 50129 (VDE 0831-129), *Bahnanwendungen – Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme – Sicherheitsrelevante elektronische Systeme für Signaltechnik*

DIN EN 50160, *Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen*

DIN EN 50163 (VDE 0115-102), *Bahnanwendungen – Speisespannungen von Bahnnetzen*

DIN EN 50238 (VDE 0831-238):2003-10, *Bahnanwendungen – Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen; Deutsche Fassung EN 50238:2003*

DIN EN 50238-1 (VDE 0831-238), *Bahnanwendungen – Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen – Teil 1: Allgemeines*

DIN EN 60529 (VDE 0470-1), *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

DIN EN 60721-3 (alle Abschnitte), *Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte; Einführung*

DIN EN 61000-4 (VDE 0847-4) (alle Teile), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)*

DIN EN ISO 62:2008-05, *Kunststoffe – Bestimmung der Wasseraufnahme*

DIN EN ISO 178:2013-09, *Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften (ISO 178:2010 + AMD 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 178:2010 + A1:2013*

DIN EN ISO 180:2013-08, *Kunststoffe – Bestimmung der Izod-Schlagzähigkeit (ISO 180:2000 + AMD 1:2006 + AMD 2:2013); Deutsche Fassung EN ISO 180:2000 + A1:2006 + A2:2013*

DIN EN ISO 527 (alle Teile), *Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften*

DIN EN ISO 604:2003-12, *Kunststoffe – Bestimmung von Druckeigenschaften (ISO 604:2002); Deutsche Fassung EN ISO 604:2003*

DIN EN ISO 868:2003-10, *Kunststoffe und Hartgummi – Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte) (ISO 868:2003); Deutsche Fassung EN ISO 868:2003*

DIN EN ISO 1183 (alle Teile), *Kunststoffe – Verfahren zur Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen*

DIN EN ISO 3451-4:2001-08, *Kunststoffe – Bestimmung der Asche – Teil 4: Polyamide (ISO 3451-4:1998); Deutsche Fassung EN ISO 3451-4:2000*

**Bahnanwendungen –
Technische Parameter von Gleisfreimeldesystemen für die Interoperabilität des
transeuropäischen Eisenbahnsystems –
Teil 1: Gleisstromkreise**

Railway applications –
Technical parameters of train detection systems
for the interoperability of the trans-European
railway system –
Part 1: Track circuits

Applications ferroviaires –
Paramètres techniques des systèmes de
détection des trains pour l'interopérabilité du
système ferroviaire transeuropéen –
Partie 1: Circuits de voie

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2015-03-09 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, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

© 2015 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 50617-1:2015 D

Inhalt

Seite

Vorwort.....	8
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe und Abkürzungen	11
3.1 Begriffe	11
3.2 Abkürzungen	12
4 Beschreibung des Gleisfreimeldesystems	14
5 Sicherheitsrelevanz der Parameter	15
6 Technische Parameter von Gleisstromkreisen.....	15
6.1 Nichterkennungszone von Gleisstromkreisen	15
6.1.1 Allgemeines	15
6.1.2 Anforderungen.....	15
6.2 Länge des Gleisstromkreises	15
6.2.1 Allgemeines	15
6.2.2 Mindestlänge des Gleisstromkreises für die Gleisfreimeldung – Anforderungen	15
6.2.3 Größte Länge des Gleisstromkreises für die Gleisfreimeldung – Anforderungen	16
6.3 Erkennung eines Schienenbruchs.....	16
6.3.1 Allgemeines	16
6.3.2 Anforderungen.....	16
6.4 Erkennung des Versagens eines Isolierstoßes	17
6.4.1 Allgemeines	17
6.4.2 Anforderungen.....	17
6.5 Frequenzmanagement und zutreffende Parameter des Gleisstromkreises.....	17
6.5.1 Frequenzen und Grenzwerte der Störfestigkeit	17
6.5.2 Anzahl der Betriebskanäle	18
6.5.3 Trennung zwischen Betriebskanälen/Kanalbandbreite	19
6.6 Codierung	19
6.6.1 Allgemeines	19
6.6.2 Art der Codierung	19
6.6.3 Anforderungen.....	20
6.7 Verhalten des Empfängers bei transienten Störungen	21
6.7.1 Allgemeines	21
6.7.2 Sinusförmige Schaltsignale	21
6.7.3 Andere Signale	22
6.7.4 Validierung des Empfängerhaltens bei transienten Störungen.....	23
6.8 RAMS	23

6.8.1	Zuverlässigkeit	23
6.8.2	Verfügbarkeit.....	23
6.8.3	Instandhaltbarkeit.....	24
6.8.4	Sicherheit	24
6.8.5	Validierung aller RAMS-Parameter	25
7	Zugbezogene Parameter – Nebenschlusswiderstand	25
7.1	Allgemeines.....	25
7.2	Anforderungen.....	25
8	Gleisbezogene Parameter	26
8.1	Gesamtimpedanz des Gleises	26
8.1.1	Allgemeines.....	26
8.1.2	Anforderungen	27
8.2	Schiene-Erde-Impedanz	28
8.2.1	Allgemeines.....	28
8.2.2	Grenzwerte und Anforderungen.....	28
8.2.3	Validierung	29
8.3	Oberflächenwiderstand des Gleises/Gleisqualität	29
8.4	Isolationswert des Isolierstoßes	29
8.4.1	Allgemeines.....	29
8.4.2	Anforderungen und Validierung	29
8.5	Schwellentyp/Gleisaufbau.....	30
8.5.1	Allgemeines.....	30
8.5.2	Definition des Parameters.....	30
8.5.3	Anforderungen und Validierung	31
8.6	Bettungswiderstand.....	31
8.6.1	Allgemeines.....	31
8.6.2	Definition des Parameters.....	31
8.6.3	Anforderungen an die Validierung	31
8.7	Längste Zeit zwischen Zugfahrten	32
8.7.1	Allgemeines.....	32
8.7.2	Definition des Parameters.....	32
8.7.3	Anforderungen und Validierung	32
8.8	Unsymmetrie des Rückstroms	32
8.8.1	Allgemeines.....	32
8.8.2	Anforderungen und Validierung	32
9	Umgebungsparameter und andere Parameter	33
9.1	Qualität der Signalstromversorgung in Bezug auf die Verfügbarkeit.....	33
9.1.1	Allgemeines.....	33
9.1.2	Anforderungen und Validierung	33

9.2	Qualität der Bahnstromversorgung	33
9.2.1	Allgemeines	33
9.2.2	Definition des Parameters	34
9.2.3	Anforderungen und Validierung.....	34
9.3	Sandmenge	34
9.3.1	Allgemeines	34
9.3.2	Definition des Parameters	34
9.3.3	Anforderungen und Validierung.....	34
9.4	Witterung, Eis und andere Umgebungsbedingungen	35
9.4.1	Temperatur	35
9.4.2	Luftdruck/Luftbewegung	35
9.4.3	Feuchtigkeit	36
9.4.4	Niederschlag.....	36
9.4.5	Sonnenstrahlung	37
9.4.6	Schutzart (IP).....	37
9.4.7	Schwingungen/Stöße	38
9.5	EMV	38
9.5.1	Allgemeines	38
9.5.2	Anforderungen an und Validierung der EMV in Bezug auf Fahrzeuge	38
9.5.3	Anforderungen an und Validierung der EMV mit Funksendern	38
9.5.4	Anforderungen an und Validierung des Überspannungsschutzes (einschließlich indirekter Wirkungen von Blitzschlag)	38
Anhang A (informativ)	Leitfaden für die Sicherheitsrelevanz der Parameter	39
Anhang B (informativ)	Szenarien für eine Nichterkennungszone.....	41
B.1	Überlappung von zwei Erkennungszone unter Verwendung von Isolierstößen (im nachfolgenden Bild Strecke X)	41
B.2	Überlappung einer Totzone im Weichen- und Kreuzungsbereich	41
B.3	Potentialausgleichsleitungen im Weichen- und Kreuzungsbereich	43
B.4	Nichterkennungszone innerhalb von elektrisch leitenden Schienenstößen	43
Anhang C (informativ)	Länge des Gleisstromkreises	46
C.1	Einleitung	46
C.2	Beispiel für einen Gleisstromkreis mit S-Verbindern	46
C.2.1	Einleitung	46
C.2.2	Mindestlänge des Gleisstromkreises in Abhängigkeit von der Länge der S-Verbinder	46
C.2.3	Mindestlänge des Gleisstromkreises in Abhängigkeit von Zuggeschwindigkeit, Relaisabfallverzögerung, Verzögerung der Fahrstraßenauflösung und Grenzabweichungen	47
C.2.4	Mindestlänge des Gleisstromkreises in Abhängigkeit vom Fahrzeug.....	47
Anhang D (informativ)	Szenarien für Schienenbrüche – Zusammenhang zwischen Gleisstromkreis und Schienenbrucherkenennung	49
D.1	Grundprinzip	49

D.2	Bei einem Ausfall sicheres System	50
D.3	Beispiele, in denen die Erkennung eines Schienenbruchs nicht möglich ist	50
D.3.1	Weichen- und Kreuzungsbereich	50
D.3.2	Einschienige Isolierung	51
D.3.3	Parallele Pfade anderer Gleisstromkreise oder (und) Erdungsverbindungen	51
Anhang E (informativ)	Frequenzmanagement	52
E.1	Frequenzen und Grenzwerte der Störfestigkeit	52
E.1.1	Betriebsfrequenzbereiche	52
E.1.2	Bewertungsparameter	52
E.1.3	Kompatibilitätsgrenzwerte für Gleisstromkreise	52
E.1.4	Störfestigkeit gegen Beeinflussungen innerhalb des Frequenzbereichs	53
E.1.5	Störfestigkeit gegen Oberschwingungsfrequenzen der Fahrstromversorgung (1,5 kHz bis 2,65 kHz, nur in Gleichstrom- und 50-Hz-Systemen)	54
E.1.6	Validierung der Störfestigkeit	55
E.2	Hintergrund der Entwicklung	58
E.2.1	Einleitung	58
E.2.2	Ansatz für das Frequenzmanagement	59
E.2.3	Zukünftige Gleisstromkreise und Frequenzmanagement	59
E.2.4	Zukünftige Fahrzeuge und Frequenzmanagement	59
E.2.5	Anwendung des Frequenzmanagements auf vorhandene Gleisstromkreise	59
E.3	Frequenzmanagement – Aussendungsgrenzwerte für Fahrzeuge	60
E.3.1	Allgemeines	60
E.3.2	Aussendungsgrenzwerte für Fahrzeuge in Gleichstromversorgungssystemen	60
E.3.3	Aussendungsgrenzwerte für Fahrzeuge in 16,7-Hz-Versorgungssystemen	61
E.3.4	Aussendungsgrenzwerte für Fahrzeuge in 50-Hz-Versorgungssystemen	61
Anhang F (informativ)	Fahrzeugimpedanz/Leitfaden für die Fahrzeugkonstruktion zur Unterstützung des Frequenzmanagements	62
F.1	Definition des Parameters	62
F.2	Begründung des Parameters	62
F.3	Grenzwerte und Anforderungen an Fahrzeuge	62
F.3.1	DC-Traktion	62
F.3.2	AC- sowie DC-Traktion	62
F.4	Validierung des Parameters	62
Anhang G (informativ)	Beispiel für Elemente der Instandhaltung bestehender Gleisstromkreise	63
Anhang H (informativ)	Beispiel für die Lenkung des Nebenschlusswiderstands	68
Anhang I (informativ)	Schiene-Erde-Impedanz: Auswirkungen auf den Gleisstromkreis	70
I.1	Physikalische Faktoren	70
I.2	Symmetrischer Schiene-Erde-Widerstand	71
I.3	Erfahrungswerte	71

I.4	Asymmetrischer Schiene-Erde-Widerstand	72
I.5	Wirkungen der Berührungsspannung.....	72
Anhang J (informativ) Beispiel für eine mechanische Prüfung von Isolierstößen		74
J.1	Allgemeines	74
J.2	Prüfprogramm.....	75
Anhang K (informativ) Beispiel für bestehende Anforderungen an den Schwellentyp/Gleisaufbau		77
K.1	Typische Werte für den Bettungswiderstand	77
K.2	Infrabel.....	77
K.3	DB.....	77
K.3.1	Holzschwellen.....	77
K.3.2	Betonschwellen	77
K.3.3	Feste Fahrbahn	78
Anhang L (informativ) Beispiel für die Anwendung verschiedener Sicherheitsanforderungen		79
L.1	Unteres Sicherheits-Integritätslevel (unter SIL 4)	79
L.2	Höchstes Sicherheits-Integritätslevel (SIL 4)	79
Anhang ZZ (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG		80
Literaturhinweise.....		82

Bilder

Bild 1 – Systemgrenzen eines Gleisfreimeldesystems.....	14
Bild 2 – Einrichtung eines Tonfrequenz-Gleisstromkreises (Beispiel).....	19
Bild 3 – Beispiel für eine Frequenz von $9\,500\text{ Hz} \pm 64\text{ Hz}$	20
Bild 4 – Empfängerverhalten bei Sinusimpulsen	21
Bild 5 – Abschaltung in einem 1 500-V-Gleichstromsystem (4 000 A, 10 ms).....	22
Bild 6 – Abschaltung in einem 3 000-V-Gleichstromsystem (2 500 A, 5 ms).....	22
Bild 7 – Bettungswiderstand	27
Bild B.1 – Überlappung von zwei Erkennungszonen unter Verwendung von Isolierstößen	41
Bild B.2 – Erkennung einer Achse im abzweigenden Gleis	42
Bild B.3 – Ersatzschaltung	42
Bild B.4 – Erkennung einer Achse im abzweigenden Gleis bei einem Schienenbruch.....	42
Bild B.5 – Anordnung mit einem zweiten Empfänger	43
Bild B.6 – Zusammenfassung der Szenarien B.1 und B.2	43
Bild B.7 – Gleisstromkreis mit elektrisch leitenden Schienenstößen.....	44
Bild B.8 – Erkennung innerhalb des elektrisch leitenden Schienenstoßes	44
Bild B.9 – Beispiel für eine Überlappungszone im S-Verbinder	45
Bild C.1 – Länge des Gleisabschnitts	46
Bild C.2 – Festlegung der Mindestlänge für die Gleisfreimeldung	48
Bild D.1 – Grundprinzip eines Schienenbruchs	49
Bild D.2 – Keine Erkennung des ersten Ausfalls	50

Bild D.3 – Szenarium einer sicherheitsrelevanten Störung: keine Zugortung.....	50
Bild D.4 – Einschienige Isolierung.....	51
Bild D.5 – Parallele Pfade.....	51
Bild E.1 – Kompatibilitätsbereiche für die Störfestigkeit von Gleisstromkreisen gegen Störstromgrenzwerte von Fahrzeugen.....	54
Bild E.2 – Beeinflussungsszenarium durch ein Fahrzeug.....	55
Bild E.3 – Blockschaltbild für die Nachbildung von Störungen.....	56
Bild E.4 – Beispiel für ein Blockschaltbild für die Nachbildung von Störungen am Standort.....	57
Bild E.5 – Gesamtüberblick für alle Gleisfreimeldesysteme.....	58
Bild E.6 – Störstromgrenzwerte für Gleichstromversorgungssysteme.....	60
Bild E.7 – Störstromgrenzwerte für 16,7-Hz-Versorgungssysteme.....	61
Bild E.8 – Störstromgrenzwerte für 50-Hz-Versorgungssysteme.....	61
Bild G.1 – Typischer DC-Gleisstromkreis.....	63
Bild G.2 – Typischer Niederfrequenz-Gleisstromkreis (40 Hz bis 125 Hz) für ein Motorgleisrelais oder ein Transistorgleisrelais.....	64
Bild G.3 – Zweischieniges Isolationssystem mit Erdungstransformatoren	65
Bild G.4 – Tonfrequenz-FTGS-Gleisstromkreis mit elektrischen S-Verbindern (stoßfrei)	65
Bild I.1 – Beispiel für Schwellen, die von der Bettung bedeckt sind	70
Bild I.2 – Ersatzschaltung eines Gleisabschnitts.....	71
Bild I.3 – Typischer Querschnitt eines Oberleitungskettenwerks (Standardausleger).....	72
Bild J.1 – Prüfkurve für die Prüfung der mechanischen Zugfestigkeit	76
Bild J.2 – Prüfaufbau für die dynamische mechanische Prüfung.....	76

Tabellen

Tabelle 1 – Verbotene Frequenzen.....	19
Tabelle 2 – Isolationswerte bei verschiedenen Feuchtigkeiten.....	30
Tabelle A.1 – Sicherheitsrelevanz von Parametern des Gleisstromkreises	39
Tabelle C.1 – Mindestlänge des Gleisstromkreises einschließlich Relaisabfallverzögerung und Grenzabweichungen in Abhängigkeit von der Zuggeschwindigkeit.....	47
Tabelle E.1 – Messparameter für die Kompatibilität	53
Tabelle G.1 – Typische Erweiterungswerte für Gleisstromkreise	64
Tabelle H.1 – Kombinierte Anforderungen, die nur für elektrische Züge gelten	68
Tabelle J.1 – Prüfprogramm für Isolierstöße	75
Tabelle ZZ.1 – Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm und der TSI ZZS (veröffentlicht im Amtsblatt L 51 am 23. Februar 2012, S. 1) und der Richtlinie 2008/57/EG	80
Tabelle ZZ.2 – Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm und der TSI für das Teilsystem „Lokomotiven und Personenwagen des konventionellen Eisenbahnsystems“ (veröffentlicht im Amtsblatt L 139 am 26. Mai 2011, S. 1) und der Richtlinie 2008/57/EG	81
Tabelle ZZ.3 – Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm und der TSI für das Teilsystem „Fahrzeuge – Güterwagen des konventionellen Eisenbahnsystems“ (veröffentlicht im Amtsblatt L 104 am 12. April 2013, S. 1) und der Richtlinie 2008/57/EG	81

Vorwort

Dieses Dokument (EN 50617-1:2015) wurde vom Technischen Komitee CLC/SC 9XA „Bahn-Signalanlagen“ des CLC/TC 9X „Elektrische und elektronische Anwendungen für Bahnen“ ausgearbeitet.

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): 2016-03-09
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2018-03-09

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

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CENELEC gegeben wurde, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n).

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2008/57/EG, geändert durch Richtlinie 2011/18/EU der Kommission, siehe den informativen [Anhang ZZ](#), der Bestandteil dieses Dokuments ist.

EN 50617, *Bahnanwendungen – Technische Parameter von Gleisfreimeldesystemen* wird bestehen aus:

- Teil 1: *Gleisstromkreise*;
- **Teil 2: Achszähler.**

Einleitung

Die Arbeitsgruppe SC9XA WGA4-2 hat Grenzwerte für die elektromagnetische Verträglichkeit zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen, insbesondere für Gleisstromkreise und Achszähler, aufgestellt und in den beiden Technischen Spezifikationen **CLC/TS 50238-2** bzw. **CLC/TS 50238-3** veröffentlicht. Diese Grenzwerte und die damit verbundenen Messverfahren beruhen auf bevorzugt eingesetzten (nach den Festlegungen in **CLC/TS 50238-2** und **CLC/TS 50238-3**) und eingeführten Systemen, die bei der Erneuerung der Signaltechnik nach wie vor von Infrastrukturbetreibern vorgesehen werden.

Damit zukünftig die Anforderungen an die Kompatibilität zwischen Gleisfreimeldesystemen und Fahrzeugen erfüllt werden und um Interoperabilität und ungehinderte Fahrt innerhalb der Europäischen Union zu begünstigen, muss ein „Frequenzmanagement“ einschließlich einer lückenlosen Reihe von Schnittstellenanforderungen festgelegt werden.

Gleisfreimeldesysteme, Gleisstromkreise und Achszähler sind Bestandteil des streckenseitigen Teilsystems „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ im Sinne der Richtlinie über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems. Die einschlägigen technischen Parameter sind in den Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ (ZZS) und „Lokomotiven und Personenwagen“ (LOC&PAS) aufgeführt und in der verbindlichen Spezifikation (Ziffer 77 der TSI ZZS) festgelegt. Die vorliegende Norm verweist bei Bedarf auf dieses Dokument. Obwohl die Forderung nach einem Frequenzmanagement durch die Anforderungen an die Interoperabilität bedingt ist, besteht sie unabhängig von der Motivation zur Einführung von Systemen wie dem Europäischen Eisenbahnverkehrssystem (ERTMS) Stufe 3 oder Stufe 2.

Die vorliegende Norm beruht auf der momentanen Auffassung der in WGA4-2 vertretenen Eisenbahnsachverständigen, dass in absehbarer Zukunft Gleisstromkreise und Achszähler die wichtigsten beiden Gleisfreimeldesysteme bleiben werden.

In der Übergangszeit können zur Sicherstellung der Konformität der einzelnen Gleisfreimeldesysteme mit den Anforderungen des Frequenzmanagements die veröffentlichten Spezifikationen **CLC/TS 50238-2** und **CLC/TS 50238-3** verwendet werden. Zur Prüfung der Konformität einzelner Gleisfreimeldesysteme mit den Anforderungen der TSIs können die veröffentlichten Spezifikationen **CLC/TS 50238-2** und **CLC/TS 50238-3** verwendet werden, die für die Parameter gegeben sind, die in Ziffer 77 der TSI ZZS noch als „offene Punkte“ aufgeführt sind.

Die in dieser Norm angegebenen Anforderungen an das Frequenzmanagement sind auf dieser Stufe solange informativ, bis sie in Ziffer 77 der TSI ZZS in das Dokument übernommen werden.

In dieser Europäischen Norm werden die definierten Parameter nach ihren grundlegenden Quellen wie folgt strukturiert und zugeordnet:

- Parameter des Gleisstromkreissystems;
- zugbezogene Parameter;
- gleisbezogene Parameter;
- Umgebungsparameter und andere Parameter.

Soweit möglich sind die Parameter im definierten Sinn mit anderen Europäischen Normen vereinbar.

Jeder Parameter wird durch eine kurze allgemeine Beschreibung, die Definition der Anforderung, den Bezug zu anderen Normen und gegebenenfalls ein Verfahren zum Nachweis der Erfüllung der Anforderung definiert. Ein Überblick über die Sicherheitsrelevanz jedes Parameters im Zusammenhang mit dieser Europäischen Norm ist in einer eigenen Tabelle angegeben.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die technischen Parameter von Gleisstromkreisen im Zusammenhang mit den Aussendungsgrenzwerten des Störstroms für Fahrzeuge im Rahmen der in Form des Frequenzmanagements definierten Interoperabilität fest. Die gegenwärtig in der vorliegenden Norm empfohlenen Grenzwerte für die Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen ermöglichen das Ergreifen von Maßnahmen gegen bekannte Erscheinungen der Störbeeinflussung in Verbindung mit der Fahrstromversorgung und für den zugehörigen Schutz (Überspannung, Kurzschlussstrom und grundlegende Übergangseffekte wie Einschaltstrom oder Stromabschaltung). Diese Effekte werden mit Modellierungswerkzeugen bewertet, welche durch das frühere europäische Forschungsprojekt RAILCOM überprüft worden sind.

Die vorliegende Europäische Norm ist bestimmt für die Bewertung der Übereinstimmung von Betriebsmitteln von Gleisstromkreisen und anderen Arten von Gleisfreimeldesystemen, bei denen die Schienen als Teil der Freimeldeeinrichtung genutzt werden, im Zusammenhang mit der Europäischen Richtlinie über die Interoperabilität des transeuropäischen Eisenbahnsystems und der zugehörigen technischen Spezifikation für die Interoperabilität des streckenseitigen Teilsystems „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“.

Diese Europäische Norm beschreibt technische Parameter, die zu berücksichtigen sind, um die Kompatibilität des Gleisstromkreises mit den durch das Frequenzmanagement für Fahrzeuge festgelegten Aussendungsgrenzwerten zu erreichen. Diese Parameter werden nach ihren grundlegenden Quellen wie folgt strukturiert und zugeordnet:

- technische Parameter des Gleisstromkreises;
- zugbezogene Parameter;
- gleisbezogene Parameter;
- Umgebungsparameter und andere Parameter einschließlich EMV.

Jeder Parameter wird durch eine kurze allgemeine Beschreibung, die Definition der Anforderung, den Bezug zu anderen Normen und gegebenenfalls ein Verfahren zum Nachweis der Erfüllung der Anforderung definiert. Ein Überblick über die Sicherheitsrelevanz jedes Parameters im Zusammenhang mit dieser Europäischen Norm ist in einer eigenen Tabelle angegeben.

ANMERKUNG Gegenwärtig werden die den Gleisstromkreisen zugeordneten Bänder und die im Frequenzmanagement für Fahrzeuge definierten Aussendungsgrenzwerte als Eingabeinformationen für die Festlegung der verbindlichen Anforderungen für die Angabe in Ziffer 77 der TSI ZZS benutzt. Die Bewertung wird von der Europäischen Eisenbahnagentur vorgenommen.

Die Grenzwerte der Störfestigkeit der Gleisstromkreise, die auf nicht interoperablen Strecken installiert sind oder auf interoperablen Strecken, die vor dem Erscheinungsdatum dieses Dokuments gebaut worden sind, sind in der vorliegenden Europäischen Norm nicht festgelegt und unterliegen der Zuständigkeit der einzelnen Infrastrukturbetreiber, nationaler Sicherheitsbehörden und/oder von Lieferanten von Gleisfreimeldesystemen. In diesem Fall sind die Kompatibilitätsgrenzwerte in der Regel in den Infrastrukturregistern und/oder in den angezeigten nationalen Vorschriften angegeben.

Diese Europäische Norm gilt für Gleisstromkreise auf allen Strecken mit Fahrstromversorgung einschließlich von nicht elektrifizierten Strecken. Für Gleisstromkreise, die ausschließlich für eine Installation auf nicht elektrifizierten Strecken vorgesehen sind, sind einige Parameter unter Umständen nicht anwendbar.

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 13146-5, *Bahnanwendungen – Oberbau – Prüfverfahren für Schienenbefestigungssysteme – Teil 5: Bestimmung des elektrischen Widerstands*

EN 50121-4, *Bahnanwendungen – Elektromagnetische Verträglichkeit – Teil 4: Störaussendungen und Störfestigkeit von Signal- und Telekommunikationseinrichtungen*

EN 50122 (alle Teile), *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung*

EN 50124-2, *Bahnanwendungen – Isolationskoordination – Teil 2: Überspannungen und geeignete Schutzmaßnahmen*

EN 50125-3:2003, *Bahnanwendungen – Umweltbedingungen für Betriebsmittel – Teil 3: Umweltbedingungen für Signal- und Telekommunikationseinrichtungen*

EN 50126 (alle Teile), *Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit (RAMS)*

EN 50128, *Bahnanwendungen – Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme – Software für Eisenbahnsteuerungs- und Überwachungssysteme*

EN 50129, *Bahnanwendungen – Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme – Sicherheitsrelevante elektronische Systeme für Signaltechnik*

EN 50238-1, *Bahnanwendungen – Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen – Teil 1: Allgemeines*

CLC/TS 50238-2:2010, *Bahnanwendungen – Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen – Teil 2: Kompatibilität mit Gleisstromkreisen*

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

EN 60721-3 (alle Abschnitte), *Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte (IEC 60721-3, alle Abschnitte)*

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 60050-811, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 811: Electric traction*

IEC 60050-821, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 821: Signalling and security apparatus for railways*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-161, IEC 60050-811, IEC 60050-821 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

dynamischer Nebenschlusswiderstand

stellt die Ersatzimpedanz aus Sicht des Empfängers des Gleisstromkreises für die Erkennung der Fahrzeugachse dar

Anmerkung 1 zum Begriff: Der dynamische Nebenschlusswiderstand schließt den Achsnebenschlusswiderstand, die Impedanz des Kontakts zwischen Schiene und Rad und die Impedanzkennlinie des Gleises ein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der dynamische Nebenschlusswiderstand wird im Sicherheitsnachweis für den Gleisstromkreis festgelegt.

3.1.2

beeinflussende Einheit

Fahrzeug, das das Gleisfreimeldesystem beeinflusst

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine beeinflussende Einheit umfasst alle gekuppelten/verbundenen Fahrzeuge wie z. B. ein vollständiger Zug mit Einfach- oder Mehrfachtraktion, ein einzelnes Fahrzeug, mehrere verbundene/gekuppelte Fahrzeuge und Wagen wie z. B. ein vollständiger Reisezug, der aus einer oder mehreren Triebfahrzeugeinheiten (nach den Festlegungen in [CLC/TS 50238-2](#)) und bis zu 16 Reisezugwagen besteht.

3.1.3

Schutzstrecke

trennt zwei Abschnitte des Oberleitungssystems, die von zwei verschiedenen Bahnunterwerken gespeist werden (dabei kann es sich um verschiedene Arten der Elektrifizierung/verschiedene Phasenwinkel handeln)

3.1.4

Unsymmetrie des Rückstroms

Stromunsymmetrie ist das Verhältnis der Stromdifferenz in den beiden Schienen, wie mit folgender Gleichung

$$\left(\frac{I_{r1} - I_{r2}}{I_{r1} + I_{r2}} \right) \times 100 \%$$

definiert, dabei sind I_{r1} und I_{r2} die Ströme in beiden Schienen

3.1.5

S-Verbinder

Potentialausgleichskabel in einigen Typen elektrischer Schienenstöße

3.1.6

Gleisabschnitt frei

Zustand des Gleisabschnitts, mit dem der Ausgangszustand des Gleisstromkreises die Information weitergeben sollte, dass der Gleisabschnitt frei von Fahrzeugen ist

3.1.7

Gleisabschnitt belegt

Ausgangszustand des Gleisstromkreises, der der Information entspricht, dass der Gleisabschnitt entweder von einem Fahrzeug belegt ist oder dass der Gleisstromkreis den Gleisabschnitt nicht freimelden kann (z. B. bei einem Ausfall)

3.2 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

AC	Wechselstrom (en: alternating current)
AFTC	Tonfrequenz-Gleisstromkreis (en: audio frequency track circuit)
DC	Gleichstrom (en: direct current)
EJ	elektrisch leitender Schienenstoß (en: electrical joint)
EMV	elektromagnetische Verträglichkeit (en: electromagnetic compatibility (EMC))
ERA	Europäische Eisenbahnagentur (en: European Railway Agency)
ERTMS	Europäisches Eisenbahnverkehrsleitsystem (en: European Rail Traffic Management System)

EUREMCO	europäisches Projekt der elektromagnetischen Verträglichkeit in der Bahntechnik (en: European Electromagnetic Compatibility project)
f_0	Mittenfrequenz des für die Bewertung der Aussendungen von Zügen eingesetzten Messfilters
f_c	Mittenfrequenz des durch den Sender des Gleisstromkreises erzeugten Signals
I_0	Dauerstörstromgrenzwert für Fahrzeuge (eine beeinflussende Einheit)
FFT	schnelle Fouriertransformation (en: Fast Fourier Transformation)
FrM	Frequenzmanagement (en: frequency management)
GRS	General Railway Signal (Hersteller von Signaltechnik)
IM	Infrastrukturbetreiber (en: infrastructure manager)
IP	Schutzgrad (en: Ingress Protection Rating)
IRJ	Isolierstoß (en: insulated rail joint)
ITU	Internationale Fernmeldeunion (en: International Telecommunications Union)
LOC&PAS	Lokomotiven und Personenwagen (en: locomotive and passenger rolling stock)
MTBF	mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (en: mean time between failures)
MTTR	mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung (en: mean time to repair)
NSA	nationale Sicherheitsbehörde (en: National Safety Authority)
OHS	Oberleitungssystem (en: overhead system)
RAMS	Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (en: reliability, availability, maintainability and safety)
REC	Empfänger (en: receiver)
RSF	nicht sicherheitsrelevante Störung (en: right side failure)
RST	Fahrzeug (en: rolling stock)
S&C	Weiche und Kreuzung (en: switch and crossing)
SIL	Sicherheits-Integritätslevel (en: Safety Integrity Level)
SMS	Sicherheitsmanagementsystem (en: safety management system)
T_{pi}	Ansprechverzögerung des Gleisstromkreises (en: pick-up delay time of the track circuit)
TC	Gleisstromkreis (en: track circuit)
TDS	Gleisfreimeldesystem (en: train detection system)

TR	Sender (en: transmitter)
TSI	Technischen Spezifikation für die Interoperabilität (en: Technical Specification for Interoperability)
WSF	sicherheitsrelevante Störung (en: wrong side failure)
Xm	Länge des elektrisch leitenden Schienenstoßes
ZZS	Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung (en: command, control and signalling (CCS))

4 Beschreibung des Gleisfreimeldesystems

Gleisfreimeldesysteme werden für die Streckenüberwachung in Form eines vollautomatischen Gleisfreimeldesystems in Signal- und Sicherheitssysteme der Eisenbahn eingebunden. Die Gleisfreimeldung ist Teil der Streckenüberwachung und trägt zu einem reibungslosen Eisenbahnbetrieb bei.

Die Gleisfreimeldeeinrichtung gibt Informationen darüber, ob Gleisabschnitte „frei“ oder „belegt“ sind.

Diese Norm gilt für Gleisfreimeldesysteme, bei denen die Meldung der Anwesenheit eines Fahrzeugs über die Schienen erfolgt.

Der Übertragungsweg zwischen Sender und Empfänger des Gleisstromkreises sind die Schienen. Der Kurzschluss der beiden Schienen über eine Achse führt zum Zustand „belegt“ dieses Gleisabschnitts.

Das nachfolgende Bild legt die Systemgrenzen eines Gleisfreimeldesystems unter Anwendung von Gleisstromkreissystemen fest.

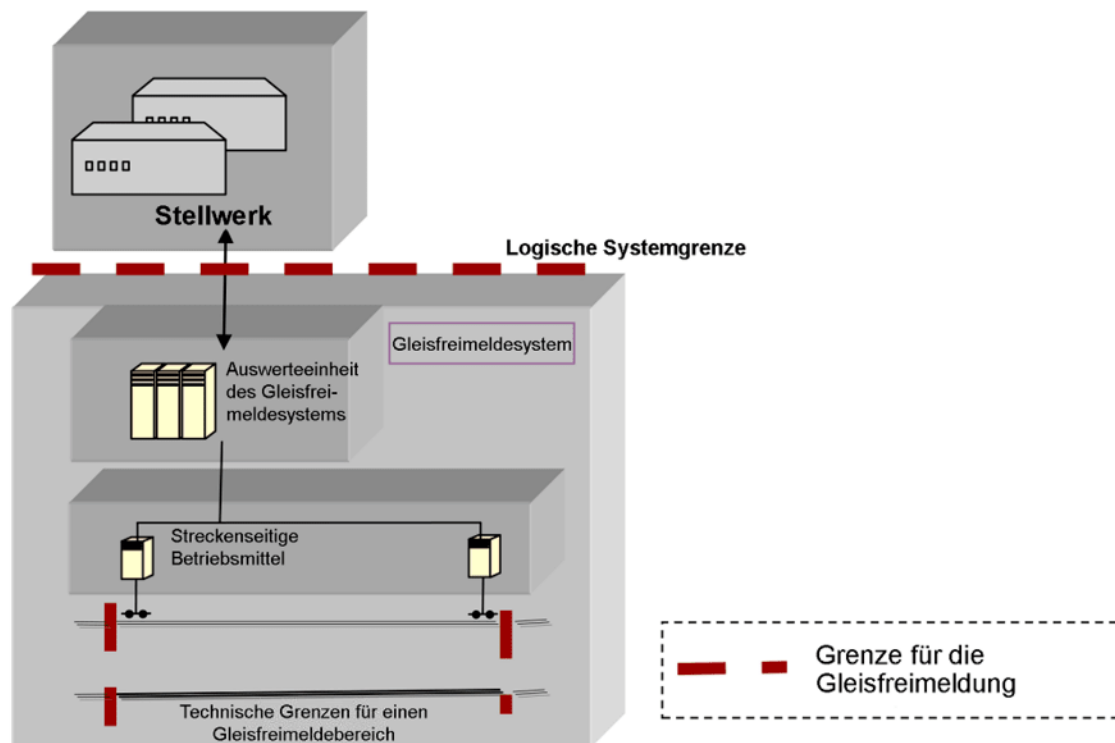


Bild 1 – Systemgrenzen eines Gleisfreimeldesystems

Ein Gleisstromkreis ist eine allgemeine Bezeichnung für den gesamten Bereich der Betriebsmittel für die Gleisfreimeldung auf der Grundlage des Nebenschlusses, der durch die Radsätze eines Zugs verursacht wird. Europaweit sind gegenwärtig viele verschiedene Typen im Einsatz.

5 Sicherheitsrelevanz der Parameter

Der Sicherheitsnachweis für einen Gleisstromkreis muss nach [EN 50126](#) durchgeführt werden.

Die Nichterkennung eines Zugs, der sich im Gleisstromkreis befindet, muss als gefährliche Situation angesehen werden.

Jeder der in den folgenden Abschnitten beschriebenen Parameter kann, muss aber nicht einen Einfluss auf den Sicherheitsgrad haben. Die Sicherheitsrelevanz von Parametern muss fallbezogen nach der Auslegung des Gleisstromkreises und der jeweiligen technischen Umgebung festgelegt werden. [Anhang A](#) enthält einen Leitfaden für die gebräuchliche Sicherheitsrelevanz des jeweiligen Parameters.

6 Technische Parameter von Gleisstromkreisen

6.1 Nichterkennungszone von Gleisstromkreisen

6.1.1 Allgemeines

Die Nichterkennungszone von Gleisstromkreisen ist ein Bereich des Gleisstromkreises, in dem das Fahrzeug nicht erkannt wird.

Wenn ein Fahrzeug mit einem sehr kurzen Abstand zwischen der ersten und der letzten Achse (z. B. Werkstattwagen) nicht mit mindestens einem der beiden benachbarten Gleisstromkreise in Wechselwirkung tritt, wird das Gleisfreimeldesystem die entsprechenden beiden benachbarten Gleisabschnitte als „frei“ melden.

ANMERKUNG Diese Auswirkung besteht nur kurzzeitig (sofern der Zug nicht an dieser Stelle stehen bleibt).

Der informative [Anhang B](#) enthält Szenarien für eine Nichterkennungszone.

Die Länge der Nichterkennungszone von Gleisstromkreisen hängt von der Position des Isolierstoßes zwischen den beiden Schienen und/oder vom dynamischen Nebenschlusswiderstand ab.

6.1.2 Anforderungen

Die Nichterkennungszone zwischen zwei benachbarten Gleisstromkreisen darf nicht länger sein als der in Ziffer 77 der TSI ZZS festgelegte Mindestabstand zwischen der ersten und der letzten Achse.

Die Bewertung muss durch eine Feldprüfung mit dem dynamischen Nebenschlusswiderstand durchgeführt werden.

6.2 Länge des Gleisstromkreises

6.2.1 Allgemeines

Die Länge des Gleisstromkreises ist die Länge, innerhalb der ein Fahrzeug erkannt wird.

Beispiele für die Bestimmung der Mindestlänge des Gleisstromkreises sind im informativen [Anhang C](#) angegeben.

6.2.2 Mindestlänge des Gleisstromkreises für die Gleisfreimeldung – Anforderungen

Die Mindestlänge der Erkennungszone muss größer sein als der größte Achsabstand, der in Ziffer 77 der TSI ZZS festgelegt ist.

Die Erkennungszone muss mindestens so lang sein, dass sichergestellt ist, dass die Verschlussysteme den vorbeifahrenden Zug erkannt haben:

- bei Nutzung von Relais-technik unter Berücksichtigung der Verzögerungszeit jedes Relais im vollständigen Stromkreis;
- bei Nutzung von speicherprogrammierbaren Steuerungen (einschließlich Mikroprozessoren) unter Berücksichtigung der größten Zyklusdauer des Steuerungssystems.

Mit dem Sicherheitsnachweis muss gezeigt werden, dass der Gleisstromkreis mit der geforderten höchsten Geschwindigkeit für seine Anwendung angemessen ansprechen kann.

6.2.3 Größte Länge des Gleisstromkreises für die Gleisfreimeldung – Anforderungen

Die größte Länge der Erkennungszone hängt vom dynamischen Nebenschlusswiderstand ab. Mit dem Sicherheitsnachweis muss nachgewiesen werden, dass der Gleisstromkreis mit der größten in der Spezifikation für den Gleisstromkreis festgelegten Länge angemessen ansprechen kann.

6.3 Erkennung eines Schienenbruchs

6.3.1 Allgemeines

Gleisstromkreise können einen Schienenbruch erkennen, wenn sie dafür ausgelegt sind.

Wenn es einen parallelen Pfad mit geringer Impedanz gibt, wird die erste gebrochene Schiene unter Umständen nicht erkannt. In diesem Fall verursacht der Schienenbruch eine nicht sicherheitsrelevante Störung, aber der Zug wird gemeldet. Bei einem zweiten Schienenbruch derselben Schiene wird das Fahrzeug möglicherweise nicht gemeldet, was zu einer sicherheitsrelevanten Störung führt. Im Rahmen der Gesamtsicherheit der Eisenbahn können Schienenbrüche zu einer möglichen Entgleisung führen.

Eine Schiene wird vom Gleisstromkreis als gebrochen angesehen, wenn zwischen den beiden Teilen der Schiene an der Bruchstelle kein elektrischer Kontakt mehr besteht (d. h., wenn der Bruch senkrecht verläuft). Ist nur ein Teil der Schiene betroffen (nur der Schienenfuß oder nur der Schienenkopf), kann der Gleisstromkreis diese Art des Schienenbruchs nicht erkennen, weil der elektrische Durchgang entlang der gebrochenen Schiene noch vorhanden ist.

Der Mindestabstand zwischen den Achsen eines Fahrzeugs beträgt nach Ziffer 77 der TSI ZZS 3 m. Folglich werden bei einem geringeren Abstand als 3 m zwischen den beiden Brüchen diese als nur ein einziger Schienenbruch angesehen. Andererseits werden zwei Schienenbrüche betrachtet, weil das kleinste Fahrzeug verloren gehen kann. [Anhang D](#) enthält Szenarien.

6.3.2 Anforderungen

Wenn die Erkennung von Schienenbrüchen als Teil der Funktionalität von Gleisfreimeldesystemen gefordert wird, muss der Gleisstromkreis in der Lage sein, den ersten Schienenbruch zu erkennen.

Für eine Schienenbrucherkenkung sind Gleisstromkreise an einer einzigen Schiene auf der Basis einer einschienigen Isolierung nicht zulässig.

Das Risiko einer Schienenbrucherkenkung in Weichen- und Kreuzungsbereichen muss durch die Auslegung auf ein Mindestmaß begrenzt werden (z. B. durch Störungen aus parallelen Pfaden, siehe [Anhang D](#)).

Es muss eine Prüfung oder Simulation für die ungünstigsten Bedingungen durchgeführt werden. Die Prüfung muss im Rahmen der Eingangs-Typprüfung des Gleisstromkreises vorgenommen werden.

Es darf die Validierung der folgenden Anforderungen und Grenzwerte durch eine Zulassungsstelle (benannte Stelle) gefordert werden: Kompensation der Induktivität der Schiene oder Anordnung hoher Impedanzen im parallelen Pfad zur Erkennung des Schienenbruchs.

Die Mindestimpedanz des parallelen Pfads muss unter Berücksichtigung der folgenden Faktoren festgelegt werden:

- Arbeitsfrequenz des Gleisstromkreises und der Infrastrukturumgebung;
- Bereich der Ansprechempfindlichkeit des Empfängers zwischen der Abstimmung des Empfängers des Gleisstromkreises und dem betrachteten ungünstigsten Fall für die Erkennung des ersten Schienenbruchs. Der erste Ausfall darf nicht zu einer sicherheitsrelevanten Störung führen, er muss aber zuverlässig erkannt werden, da ansonsten die geforderte Sicherheit gefährdet wird.

BEISPIEL Die folgenden Beispiele für Parameter für die Erkennung eines Schienenbruchs dürfen für die Auslegung als vertretbar angesehen werden:

- In Weichen- und Kreuzungsbereichen muss der parallele Pfad auf 50 m begrenzt werden, damit eine Schienenbrucherkennung möglich ist.
- Die Schienenisolierung muss wie festgelegt eingehalten werden und darf nicht weniger als 5 Ω .km betragen.
- 95 % der Schienenbrüche innerhalb des Gleisstromkreises müssen von diesem erkannt werden. Wenn bei einer bestimmten Anwendung der Wert von 95 % nicht eingehalten werden kann, muss der Gleisstromkreis in zwei Gleisstromkreise aufgeteilt werden.
- Ein nationaler Sonderfall liegt in Tschechien vor, wo eine 100%ige Erkennung von Schienenbrüchen gefordert wird. Daher gelten für Auslegung und Installation spezifische Parameter, die nicht harmonisiert werden können.

6.4 Erkennung des Versagens eines Isolierstoßes

6.4.1 Allgemeines

Ein Isolierstoß wird vorgesehen, um das Signal des Gleisstromkreises innerhalb der Abschnittsgrenzen des Gleisstromkreises zu halten. In Abhängigkeit von der Auslegung kann ein Isolierstoß anstelle eines Schienenverbinders verwendet werden.

Bei einem Versagen eines Isolierstoßes kann das Signal des Senders des benachbarten Gleisstromkreisabschnitts den Empfänger des betreffenden Gleisstromkreisabschnitts beeinflussen.

6.4.2 Anforderungen

Wenn die Erkennungsfunktion für ein Versagen eines Isolierstoßes gefordert wird, muss das Versagen eines Isolierstoßes im Sicherheitsnachweis analysiert werden. Siehe auch [8.4](#).

6.5 Frequenzmanagement und zutreffende Parameter des Gleisstromkreises

6.5.1 Frequenzen und Grenzwerte der Störfestigkeit

6.5.1.1 Allgemeines

Das Frequenzmanagement für Fahrzeuge unter Berücksichtigung der Aussendungsgrenzwerte für die Kompatibilität mit dem Gleisstromkreis ist in Beratung (siehe Ziffer 77 der TSI ZZS). Für das zukünftige interoperable System ermöglicht dieses Frequenzmanagement einerseits gemeinsame Frequenzbereiche für die Betriebskanäle des Gleisstromkreises in allen EU-Mitgliedstaaten, andererseits werden die Kompatibilitätsgrenzwerte für Fahrzeuge definiert, die für den Betrieb in einem EU-Mitgliedstaat zugelassen werden.

Das Frequenzmanagement wird mit einem Grenzwert der leitungsgeführten Aussendungen im Rückstrompfad vom Fahrzeug in Abhängigkeit von der Frequenz angegeben. Deshalb muss ein ausreichender Verträglichkeitszuschlag zwischen den Aussendungsgrenzwerten von Fahrzeugen und der Störmpefindlichkeitsschwelle des Gleisstromkreises berücksichtigt werden.

Die Kopplung zwischen der Fahrzeugaussendung und dem Empfänger des Gleisstromkreises unterliegt einer bestimmten Übertragungsfunktion. Der Verträglichkeitszuschlag und die Übertragungsfunktion hängen von vielen Faktoren ab:

- Die Berücksichtigung von WSF- und/oder RSF-Störfällen gibt unterschiedliche Verträglichkeitszuschläge vor;
- Unsymmetrie des Rückstroms zwischen den beiden Schienen (siehe [8.8.2](#));
- vorhandene Oberschwingungen aus der Bahnstromversorgung (z. B. von Bahnunterwerken oder anderen Fahrzeugen) und die Impedanz des Fahrzeugs, die den Strom begrenzen (weitere Einzelheiten siehe informativer [Anhang F](#));
- Anzahl von beeinflussenden Einheiten im selben Speiseabschnitt;
- Parallelweg für den Rückstrompfad (z. B. Potentialausgleichsverbindung);
- Resonanzausprägung der Infrastruktur;
- Auslegung des Gleisstromkreises (z. B. Transformator oder Abstimmverhältnis).

Weitere Erläuterungen und eine Empfehlung für das Frequenzmanagement sind im informativen [Anhang E](#) angegeben.

6.5.1.2 Anforderungen

Der Arbeitsfrequenzbereich des Gleisstromkreises und die Grenzwerte für die Kompatibilität mit dem Fahrzeug müssen anhand des Frequenzmanagements für leitungsgeführte Störungen nach den Festlegungen in Ziffer 77 der TSI ZZS (nach der Veröffentlichung) festgelegt werden.

Solange das Frequenzmanagement in Ziffer 77 der TSI ZZS noch nicht veröffentlicht ist, gilt Folgendes.

- Der Arbeitsfrequenzbereich und die Störfestigkeitsgrenzen müssen vom Hersteller und vom Infrastrukturbetreiber gemeinsam festgelegt werden. Als Grundlage für die Festlegung eines Arbeitsfrequenzbereichs und des Störfestigkeitspegels des Gleisstromkreises können bestehende Grenzwerte für die Kompatibilität (z. B. auf nationaler Ebene oder nach [CLC/TS 50238-2](#)) herangezogen werden.
- Falls für den ausgewählten Arbeitsfrequenzbereich noch keine Grenzwerte für die Fahrzeugaussendung im Netz des Infrastrukturbetreibers vorliegen, muss eine Untersuchung der vorhandenen Fahrzeugaussendung durchgeführt werden. Diese Untersuchung kann auf Messungen des Stroms in der Schiene oder der Aussendung vorhandener Fahrzeuge (z. B. nach dem in [CLC/TS 50238-2](#) festgelegten Prüfverfahren) beruhen. Diese Grenzwerte müssen auf die gleiche Weise festgelegt werden wie die in [CLC/TS 50238-2](#) definierten Grenzwerte.
- Es ist empfehlenswert, nur die Frequenzbereiche anzuwenden, die nach dem informativen [Anhang E](#) zugelassen sind.

In jedem Fall muss für die Kompatibilität des Gleisstromkreises die Abnahmeprüfung nach EN 50238-1 für Fahrzeuge durchgeführt werden. In den Kompatibilitätsnachweis muss die Übertragungsfunktion von der Fahrzeugaussendung (einschließlich von Oberschwingungen aus dem Stromversorgungssystem und Transienten) zum Empfänger des Gleisstromkreises einbezogen werden. Der angewendete Kompatibilitätsbereich und die Szenarien der Übertragungsfunktion müssen im Einzelnen im Kompatibilitätsnachweis angegeben werden.

Es muss eine Störfestigkeitsprüfung durchgeführt werden. [E.1.6](#) enthält ein Beispiel für eine Prüfspezifikation. Der Kompatibilitätsnachweis muss den Prüfbericht enthalten.

6.5.2 Anzahl der Betriebskanäle

Die Anzahl der für die Anwendung des Gleisstromkreises zulässigen Betriebskanäle muss vom Hersteller des Gleisstromkreises unter Berücksichtigung der zulässigen Frequenzbandbreite nach [6.5.1](#) festgelegt werden.

6.5.3 Trennung zwischen Betriebskanälen/Kanalbandbreite

Die Arbeitsmittelfrequenzen mit der zugehörigen Frequenzbandbreite dürfen nur an bestimmten Stellen des Spektrums liegen, um Folgendes zu verhindern:

- ein Übersprechen zwischen den Kanälen von Gleisstromkreisen;
- eine Übereinstimmung mit Eigen-Oberschwingungen niedriger Ordnung der Stromversorgungsfrequenz (die bei Transienten immer vorhanden sind, siehe auch Tabelle 1);
- bevorzugte Oberschwingungsbänder des Stromrichters der Triebfahrzeugeinheit und der Hilfsbetriebe (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 – Verbotene Frequenzen

Frequenzbereiche	Verbotene Frequenzen	Begründung
bis 300 Hz (16,7-Hz-System)	$N \times 16 \frac{2}{3}$ Hz	Vermeidung von Vielfachen von Oberschwingungen der Stromversorgung in allen Netzen
bis 300 Hz (50-Hz-Systeme)	$N \times 50$ Hz	
bis 3,2 kHz (50-Hz-Systeme)	$N \times 100$ Hz + 50 Hz	Vermeidung von ungeraden Oberschwingungen der Fahrstromversorgung in 50-Hz-Netzen
bis 3,2 kHz (Gleichstromsysteme)	$N \times 300$ Hz	Vermeidung von Oberschwingungen der Restwelligkeit von Gleichrichtern in der Stromversorgung von Gleichstromnetzen
300 Hz bis 3,2 kHz (16,7-Hz-System)	Alle Frequenzen	Vermeidung von Oberschwingungen der Fahrstromversorgung in 16,7-Hz-Netzen

ANMERKUNG N ist eine natürliche Zahl.

6.6 Codierung

6.6.1 Allgemeines

Die Funktion jedes Typs von Tonfrequenz-Gleisstromkreisen beruht auf der Nutzung einer definierten Anzahl von Frequenzen je Gleisstromkreis. Zur Trennung jedes Gleisstromkreises von den anderen werden Schienenverbinder verwendet. An einem physischen Ende des Gleisstromkreises wird das Frequenzsignal über einen Sender eingespeist und dann vom Empfänger am anderen Ende empfangen. Um eine Störung durch einen anderen Gleisstromkreis, der die gleiche Betriebsfrequenz (F_1) benutzt, oder ein Übersprechen aus benachbarten Strecken zu verhindern, muss eine frequenzunabhängige Codierung angewendet werden.

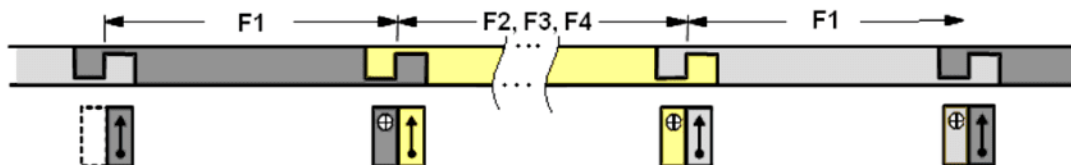


Bild 2 – Einrichtung eines Tonfrequenz-Gleisstromkreises (Beispiel)

6.6.2 Art der Codierung

6.6.2.1 Feste Codierung

In der Vergangenheit erfolgte die Codierung mit Codiersteckern. Je Typ des Gleisstromkreises verschiedener Hersteller wurde eine Anzahl definierter fester Codes verwendet. In diesem Fall muss von jedem Hersteller eine sorgfältige Prüfung der an der Systemgrenze zwischen verschiedenen Gleisstromkreistypen verwendeten Codes durchgeführt werden, um Störungen zu verhindern.

Die Anzahl der Codes ist in der Regel begrenzt, d. h., es wurden verschiedene feste Codierstecker definiert.

6.6.2.2 Dynamische Codierung

Durch Anwendung moderner Steuerungen für Gleisstromkreise kann auf eine feste Codierung verzichtet werden. In diesem Fall ist die Anzahl der Codes nicht mehr beschränkt. Ein Übersprechen zwischen den jeweiligen Gleisstromkreisen mit derselben Frequenz kann durch Erzeugung eines anderen Codes je Übertragungssitzung verhindert werden.

6.6.2.3 Prinzip des Verfahrens der Frequenzumtastung

Der Sender des Gleisstromkreises stellt unter Anwendung zulässiger Toleranzen für eine Frequenz ein Bitmuster auf, welches nur von der Empfängereinheit des Gleisstromkreises decodiert werden kann. Das nachfolgende Bild zeigt ein Prinzip der Frequenzumtastung.

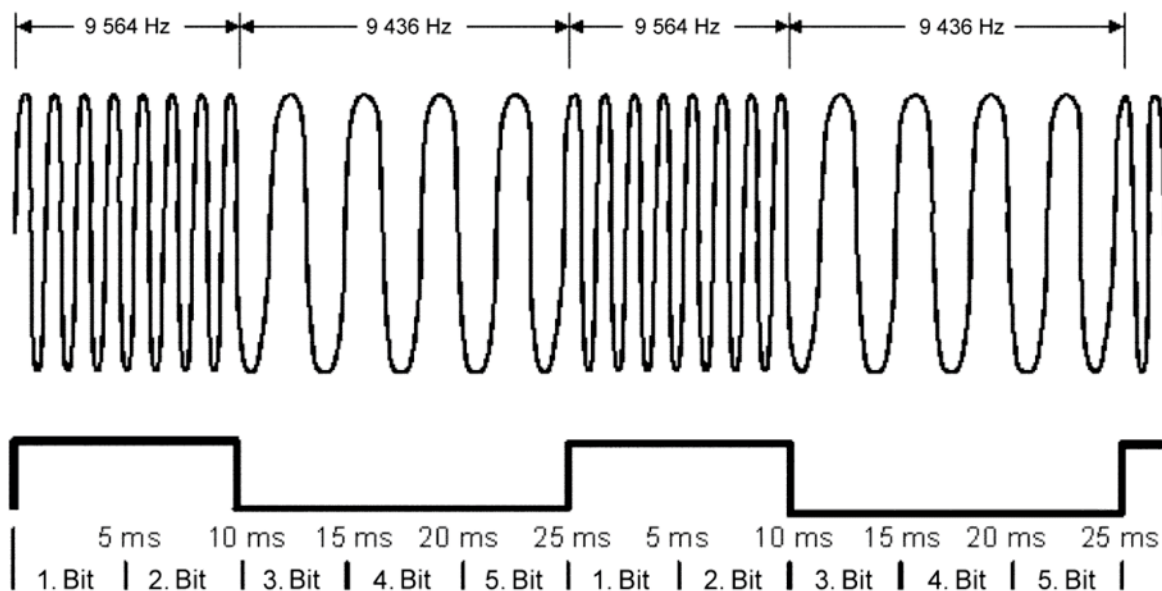


Bild 3 – Beispiel für eine Frequenz von 9 500 Hz ± 64 Hz

Dieses Prinzip ist unabhängig von der Anwendung einer festen oder dynamischen Codierung.

6.6.3 Anforderungen

Die Codierung muss angewendet werden, um das Übersprechen zwischen benachbarten Gleisstromkreisen auf derselben Strecke und auf angrenzenden Strecken zu verhindern. Von den Herstellern von Gleisstromkreisen dürfen weitere Anforderungen gestellt werden.

Das Verfahren der Codierung muss vom Hersteller vorgegeben werden. Der Hersteller muss alle geltenden Mindesttrennabstände zwischen benachbarten Gleisstromkreisen festlegen, die den gleichen Code bei der gleichen Frequenz nutzen.

Bei der Nutzung verschiedener Gleisstromkreismodelle und besonders von Gleisstromkreisen mit fester Codierung müssen die Codes dem Infrastrukturbetreiber an den Systemgrenzen der verschiedenen Gleisstromkreistypen jedes Herstellers bekannt sein. Es muss nachgewiesen werden, dass Störungen zwischen den verschiedenen Gleisstromkreisen vermieden werden.

Im Sicherheitsnachweis muss nachgewiesen werden, dass durch Nutzung der Codes und die definierte Anzahl von Codierungen das geforderte Sicherheits-Integritätslevel erreicht werden kann. Der Sicherheitsnachweis muss zeigen, dass die ausgewählten codierten Nachrichten durch Fahrzeugaussendungen nicht reproduziert werden können. Gegebenenfalls muss die Wahrscheinlichkeit einer Fahrzeugaussendung, die

die Codierung des Gleisstromkreises reproduziert und den Ausgangszustand des Gleisstromkreises modifiziert, in die Bestimmung des Sicherheits-Integritätslevels des Gleisstromkreises einbezogen werden.

6.7 Verhalten des Empfängers bei transienten Störungen

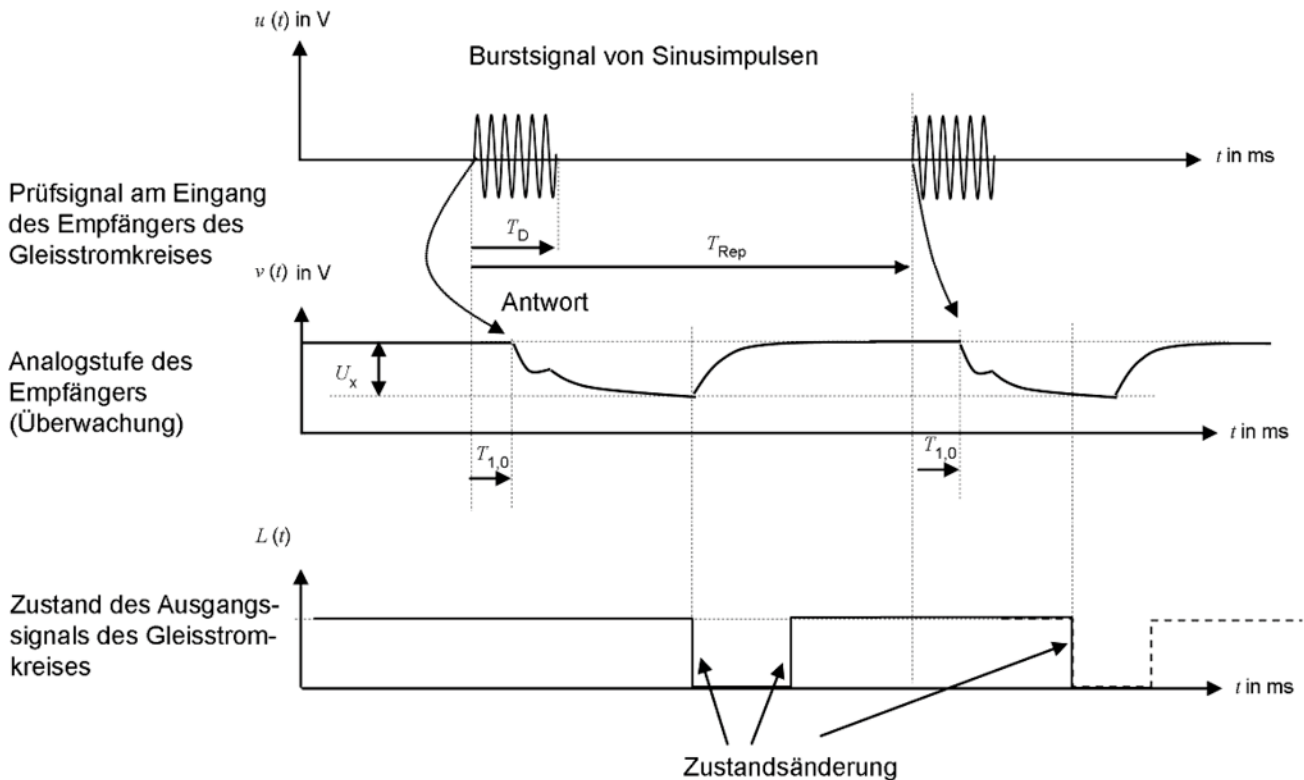
6.7.1 Allgemeines

Eine vollständige Reihe von Anforderungen für Laborprüfungen wird gegenwärtig innerhalb des EUREMCO-Projekts untersucht. Die endgültige Menge der Prüfsignale und das Prüfverfahren werden in eine zukünftige Ausgabe dieser Norm aufgenommen.

Trotzdem wird die folgende Prüfspezifikation empfohlen, um das Verhalten des Empfängers bei transienten Störungen zu ermitteln.

6.7.2 Sinusförmige Schaltsignale

Für die dynamische Störempfindlichkeit wird die Anwendung des sinusförmigen Schaltsignals in Bild 4 als Prüfsignal empfohlen, um das Verhalten des Empfängers des Gleisstromkreises bei transienten Störbeeinflussungen zu ermitteln.



Legende

- T_{Rep} Wiederholfrequenz (in ms)
- T_D Dauer der Störbeeinflussung
- $T_{1,0}$ Ansprechzeit des Systems, negativer Anstieg
- U_x produktspezifischer Schwellwert

Bild 4 – Empfängerverhalten bei Sinusimpulsen

Zur Erfassung der Erscheinung transienter Beeinflussungen, wenn Züge eine Schutzstrecke durchfahren, sollten folgende Schritte durchgeführt werden, um die dynamische Störempfindlichkeit zu ermitteln:

- Der störempfindliche Teil des Gleisstromkreises ist der Empfangseingang (die Eingangsspannung ist hauptsächlich symmetrisch, mitunter können einige geringe asymmetrische Amplituden berücksichtigt werden).
- Die Frequenz des Generators wird für jeden Betriebskanal auf die Mittenfrequenz des Empfängers eingestellt.
- T_{Rep} wird auf mindestens 500 ms eingestellt.
- Die Dauer der Störbeeinflussung wird auf einen kleineren Wert als die Integrationszeit (falls bekannt) oder 20 ms eingestellt.
- Die Zeit T_{Rep} wird verringert und die Prüfung wiederholt, bis $T_{\text{Rep}} \leq 20$ ms oder die Integrationszeit eingestellt ist.

Die Schritte c) und d) werden wiederholt, um ein Pellen des Stromabnehmers nachzubilden, indem T_D verringert wird (als geringster Wert für T_D werden 100 μs empfohlen). Die Amplitude sollte erhöht werden, bis der Gleisstromkreis auf die Wellenform anspricht.

6.7.3 Andere Signale

Nachfolgend sind weitere spezifische Signalformen für die folgenden transienten Ereignisse angegeben.

- 1,5 kV: Abschaltung der Traktion – 4 000 A für 5 ms bis 20 ms

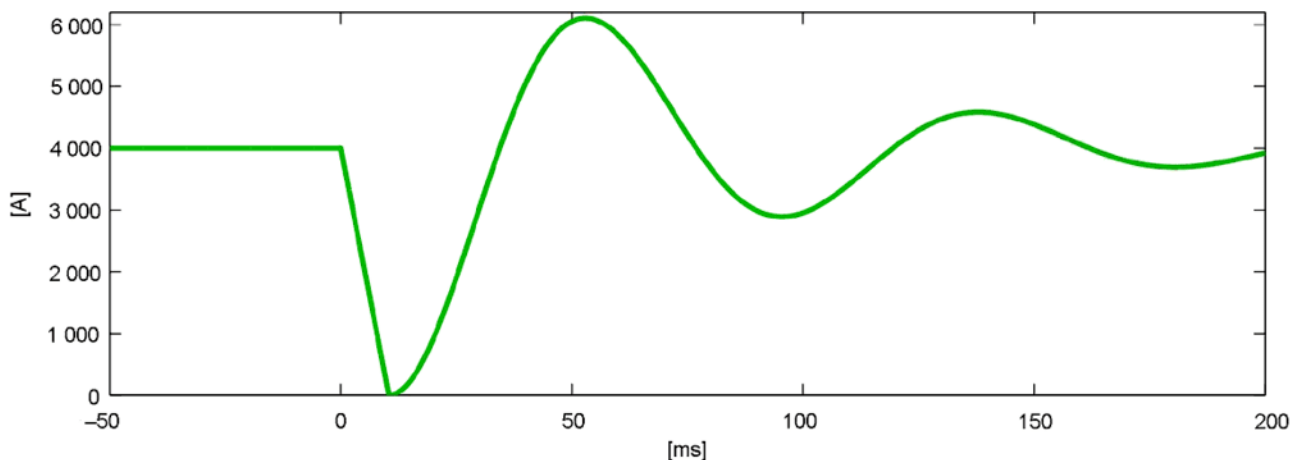


Bild 5 – Abschaltung in einem 1 500-V-Gleichstromsystem (4 000 A, 10 ms)

- 3,0 kV: Abschaltung der Traktion – 2 500 A für 5 ms

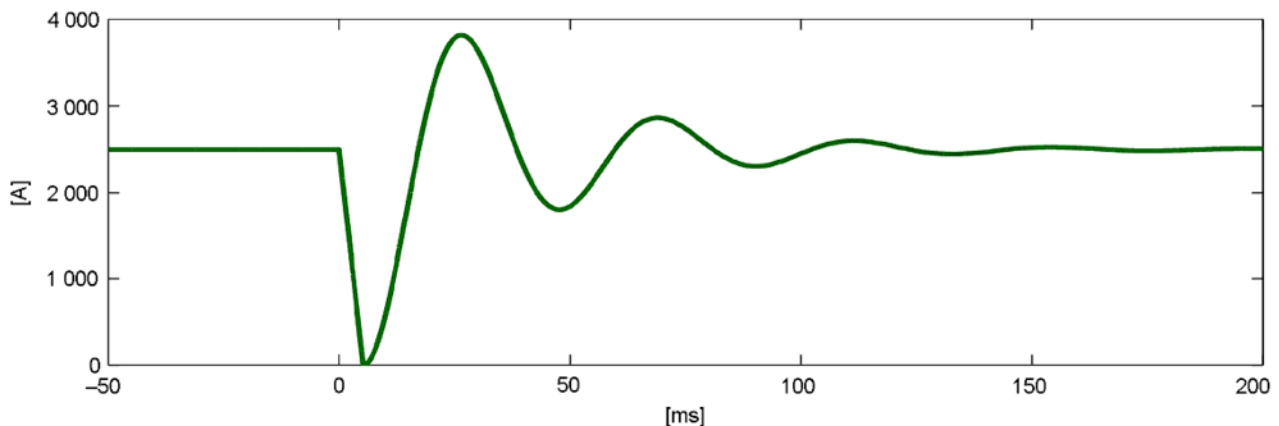


Bild 6 – Abschaltung in einem 3 000-V-Gleichstromsystem (2 500 A, 5 ms)