

DIN EN 50388-1
(VDE 0115-606-1)
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; 45.060.01

Einsprüche bis 2017-10-25

Zusammen mit

E DIN EN 50388-2 (VDE 0115-606-2):2017-09

vorgesehen als Ersatz für **DIN EN 50388****(VDE 0115-606):2012-12** und**DIN EN 50388 Berichtigung 1****(VDE 0115-606 Berichtigung 1):2013-11**
Entwurf

**Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen und Bahnfahrzeuge –
 Technische Kriterien für die Koordination zwischen Anlagen der
 Bahnenergieversorgung und Fahrzeugen zum Erreichen der Interoperabilität –
 Teil 1: Allgemeines;
 Deutsche Fassung prEN 50388-1:2017**

Railway Applications – Fixed installations and rolling stock –

Technical criteria for the coordination between traction power supply and rolling stock to achieve interoperability –

Part 1: General;

German version prEN 50388-1:2017

Applications ferroviaires – Installations fixes et matériel roulant –

Critères techniques pour la coordination entre les installations fixes de traction électrique et le matériel roulant pour réaliser l'interopérabilité –

Partie 1: Généralités;

Version allemande prEN 50388-1:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-08-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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

Gesamtumfang 112 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN 50388-1:2017 „Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen und Bahnfahrzeuge – Technische Kriterien für die Koordination zwischen Anlagen der Bahnenergieversorgung und Fahrzeugen zum Erreichen der Interoperabilität – Teil 1: Allgemeines“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und der Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung der prEN 50388-1:2017 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Das europäische Dokument prEN 50388-1:2017 „Railway Applications – Fixed installations and rolling stock – Technical criteria for the coordination between traction power supply and rolling stock to achieve interoperability – Part 1: General“ wurde vom SC 9XC „Electric supply and earthing systems for public transport equipment and ancillary apparatus (Fixed installations)“ des Europäischen Komitees für Elektrotechnische Normung (CENELEC) erarbeitet und von CENELEC den Nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen späteren „Schluss-Entwurf“ prEN nur 2 Monate beträgt und zum „Schluss-Entwurf“ prEN keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der „Entwurf“ prEN als Deutscher Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der formellen Abstimmung berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 351.2 „Ortsfeste Anlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

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.

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 50388 (VDE 0115-606):2012-12** und **DIN EN 50388 Berichtigung 1 (VDE 0115-606 Berichtigung 1):2013-11** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) **DIN EN 50388 (VDE 0115-606):2012-12** wurde in Teile 1 und 2 aufgeteilt. Die hier vorliegende DIN EN 50388-1 (VDE 0115-606):201X ist einer davon und beinhaltet die allgemeinen Inhalte; der andere Teil, DIN EN 50388-2 (VDE 0115-606):201X, beinhaltet die Angaben zu Stabilität und Oberleitungen.

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen und Bahnfahrzeuge –
Technische Kriterien für die Koordination zwischen Anlagen der
Bahnenergieversorgung und Fahrzeugen zum Erreichen der
Interoperabilität –
Teil 1: Allgemeines**

Railway Applications – Fixed installations
and rolling stock –
Technical criteria for the coordination
between traction power supply and rolling
stock to achieve interoperability –
Part 1: General

Applications ferroviaires – Installations fixes et
matériel roulant –
Critères techniques pour la coordination entre les
installations fixes de traction électrique et le
matériel roulant pour réaliser l'interopérabilité –
Partie 1 : Généralités

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wird den CENELEC-Mitgliedern zur CENELEC-Umfrage vorgelegt.
CENELEC Termin: 2017-07-07

Er wurde von CLC/SC 9XC erstellt.

Wenn aus diesem Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CENELEC-Mitglieder 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.

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wurde von CENELEC in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. 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.

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

Warnvermerk: Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäische Norm in Bezug genommen werden.



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.

Projekt: 60244

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort.....	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Klärung von Begriffen, deren logische Zusammenhang sowie deren Übersetzung	11
3.3 Abkürzungen	11
4 Zeiträume, über die Parameter gemittelt oder integriert werden sollten	12
5 Schutzstrecken	12
5.1 Phasenschutzstrecken	12
5.2 Systemschutzstrecken.....	13
5.2.1 Allgemeines	13
5.2.2 Gehobener Dachstromabnehmer.....	13
5.2.3 Abgesenkter Dachstromabnehmer.....	13
6 Leistungsfaktor einer Triebfahrzeugeinheit.....	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Induktiver Verschiebungsleistungsfaktor.....	14
6.3 Kapazitiver Verschiebungsleistungsfaktor.....	15
6.4 Annahmekriterien	15
7 Begrenzung des Stroms und der Leistung der Zugeinheit.....	15
7.1 Funktion zur Begrenzung der Leistung oder des Stroms der Zugeinheit als eine Funktion der Informationen des Infrastrukturregisters.....	15
7.2 Automatische Leistungs- oder Stromsteuerungsfunktion der Zugeinheit als eine Funktion der Fahrleitungsspannung.....	16
7.3 Automatische Leistungs- oder Strombegrenzungsfunktion der Zugeinheit als eine Funktion der Frequenzänderung	17
7.4 Annahmekriterien	18
8 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Energieversorgung	18
8.1 Allgemeines	18
8.2 Qualitätsindex.....	19
8.3 Spannungsbegrenzungen	19
8.4 Annahmekriterien	19
9 Art und Beschreibung des Bahnenergieversorgungssystems	20
9.1 Art des Bahnenergieversorgungssystems.....	20
9.2 Beschreibung des Bahnenergieversorgungssystems	20
10 Oberschwingungen und dynamische Effekte.....	20
10.1 Zielsetzungen	20
10.2 Allgemeines	21

	Seite
10.3 Abnahmeverfahren für neue Elemente	22
10.4 Kompatibilitätsstudie	23
10.5 Vorgehensweise und Annahmekriterien	27
11 Schutzkoordination	28
11.1 Allgemeines	28
11.2 Kurzschlusschutz	28
11.3 Einschalten oder automatisches Wiedereinschalten von Leistungsschaltern	29
11.4 Höchster Einschaltstrom einer Wechselstrom-Triebfahrzeugeinheit	30
11.5 Gleichstromsysteme, transienter Strom während des Einschaltens	31
11.6 Annahmekriterien	31
12 Nutzbremung	31
12.1 Allgemeine Bedingungen für die Verwendung der Nutzbremung	31
12.1.1 Bedingungen für die Triebfahrzeugeinheit	31
12.1.2 Bedingungen für das Energieversorgungssystem	31
12.2 Verwendung der Nutzbremung	32
12.3 Annahmekriterien	34
13 Auswirkungen von Gleichstrombetrieb auf Wechselstromsysteme	34
14 Prüfungen	34
15 Prüfverfahren	35
15.1 Schutzstrecken	35
15.1.1 Prüfungen für Triebfahrzeugeinheiten	35
15.1.2 Prüfungen für die Infrastruktur	35
15.2 Leistungsfaktor	35
15.3 Begrenzung des Stroms der Zugeinheit	35
15.4 Leistungsbegrenzung als eine Funktion der Netzfrequenz	35
15.5 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Energieversorgung	36
15.6 Schutzkoordination	36
15.6.1 Kurzschlusschutz und Verhalten der Leistungsschalter	36
15.6.2 Wiedereinschaltautomatik in Unterwerken	36
15.6.3 Ausfall der Fahrleitungsspannung und die Auswirkung auf die Triebfahrzeugeinheiten	36
15.6.4 Höchster Einschaltstrom einer Wechselstrom-Triebfahrzeugeinheit	36
15.6.5 Gleichstrom-Triebfahrzeugeinheiten, transienter Strom während des Einschaltens	36
15.7 Nutzbremung	37
15.7.1 Triebfahrzeugeinheit	37
15.7.2 Unterwerk	37
Anhang A (informativ) Integrationszeiträume über die, die Parameter gemittelt werden können	38
A.1 Allgemeines	38
A.2 Bezugszeiträume, über die Werte gemittelt oder integriert werden können	38

Anhang B (informativ) $U_{\text{mean useful}}$: Beschreibung, Berechnung und Verwendung.....	39
B.1 Allgemeines	39
B.2 Beschreibung.....	39
B.3 Auswahlkriterien für die Bestimmung der Spannung am Dachstromabnehmer	40
B.4 Werte für $U_{\text{mean useful}}$ am Dachstromabnehmer.....	42
B.5 Zusammenhang zwischen $U_{\text{mean useful}}$ und U_{min1}	42
B.6 Annahmekriterien	42
B.7 Prüfungen	42
Anhang C (informativ) Vorzeichenkonvention über die Wirk- und Blindleistung	45
Anhang D (informativ) Höchster zulässiger Strom einer Zugeinheit	48
Anhang E (informativ) Leistungsbegrenzung als eine Funktion der Netzfrequenz	50
Anhang F (informativ) Vorgeschlagene Schritte zur Begrenzung der Leistung	51
Anhang G (normativ) Höchster Fahrstrom und höchste Antriebsleistung einer Zugeinheit gegen Spannung	52
Anhang H (normativ) Besondere nationale Bedingungen	54
Anhang ZZ (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie 2008/57/EG.....	55
Literaturhinweise.....	57
Bilder	
Bild 1 – Leistungsbegrenzung am Rad.....	17
Bild 2 – Verfahren für eine Kompatibilitätsstudie für Oberschwingungen und dynamische Effekte.....	24
Bild 3 – Abfolge des Einschaltens und des automatischen Wiedereinschaltens	30
Bild C.1 – Grundschtaltung eines Antriebsleistungssystems in LRAS	45
Bild C.2 – Verhältnis zwischen der Wirkleistung und der Blindleistung sowie die Eigenschaften der Schaltungselemente	47
Bild E.1 – Höchste verfügbare Kraft am Rad abhängig von der Netzfrequenz	50
Bild G.1 – Lineare Begrenzung des Fahrstroms und die sich ergebende Antriebsleistung gegen Spannung	52
Bild G.2 – Lineare Begrenzung der Antriebsleistung und der sich ergebende Fahrstrom gegen Spannung	53
Tabellen	
Tabelle 1 – Logischer Zusammenhang der Begriffe sowie deren Übersetzung	11
Tabelle 2 – Werte des Faktors.....	16
Tabelle 3 – Frequenzbegrenzungen in Abhängigkeit von Leistungsbegrenzungen	17
Tabelle 4 – Definition des Qualitätsindex	19
Tabelle 5 – Bahnenergieversorgungssysteme auf interoperablen Strecken.....	20
Tabelle 6 – Beschreibung der Schritte.....	25
Tabelle 7 – Höchstes Kurzschlussniveau zwischen Fahrleitung und Schiene.....	28
Tabelle 8 – Handlungen der Leistungsschalter im Falle eines Fehlers innerhalb einer Triebfahrzeugeinheit.....	29

Tabelle 9 – Verwendung der Nutzbremmung.....	33
Tabelle 10 – Prüfungen	34
Tabelle A.1 – Integrationszeiträume.....	38
Tabelle B.1 – Mindestwert der $U_{\text{mean useful}}$ am Dachstromabnehmer.....	42
Tabelle B.2 – $U_{\text{mean useful}}$ (Bereich)	43
Tabelle B.3 – $U_{\text{mean useful}}$ (Zug)	43
Tabelle B.4 – Verhältnis zwischen $U_{\text{mean useful}}$ und U_{min1}	44
Tabelle D.1 – Höchster zulässiger Zugstrom	49
Tabelle F.1 – Vorgeschlagene Schritte zur Begrenzung der Leistung.....	51
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	55
Tabelle ZZ.2 – Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm, der TSI „Energie“ (Verordnung (EU) Nr. 1301/2014 der Kommission vom 18. November 2014) und der Richtlinie 2008/57/EG	56

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 50388-1:2017) wurde durch CLC/SC 9XC „Elektrische Versorgungs- und Erdungssysteme für öffentliche Transporteinrichtungen und Hilfsausrüstungen (ortsfeste Anlagen)“ des Technischen Komitees CENELEC TC 9X „Elektrische und elektronische Anwendungen für Bahnen“ bearbeitet. Es enthält auch die Erfahrung von CLC/SC 9XB „Elektromechanische Geräte für Bahnfahrzeuge“.

Nachstehende Daten wurden vorgeschlagen:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene angekündigt werden muss (doa): dor + 6 Monate
- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): dor + 12 Monate
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): dor + 36 Monate
(bei der Abstimmung zu bestätigen oder zu ändern)

Dieses Dokument wird teilweise **EN 50388:2012** ersetzen.

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

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

Für TSI-Strecken sollten Modifikationen und Verbesserungen in einem Verfahren erfolgen, das mit dem gesetzlichen Status der TSI zusammenhängt.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen für die technische Kompatibilität von Bahnfahrzeugen mit der Infrastruktur fest, insbesondere im Bereich der

- Koordination von Schutzprinzipien zwischen der Energieversorgung und Triebfahrzeugeinheiten, speziell der Fehlerkriterien für Kurzschlüsse;
- Koordination der streckenseitig installierten Leistung mit dem Leistungsbedarf der Züge;
- Koordination der Nutzbremmung der Triebfahrzeugeinheiten mit der Aufnahmefähigkeit der Energieversorgung;
- Koordination des Oberschwingungsverhaltens (siehe prEN 50388-2).

Diese Europäische Norm befasst sich mit der Definition und den qualitativen Anforderungen an die Energieversorgung an der Schnittstelle zwischen der Triebfahrzeugeinheit und den ortsfesten Anlagen.

Diese Europäische Norm spezifiziert die Schnittstelle zwischen Bahnfahrzeugen und ortsfesten elektrischen Anlagen der Zugförderung hinsichtlich des Energieversorgungssystems. Die Wechselwirkung zwischen dem Dachstromabnehmer und der Oberleitung wird in **EN 50367** behandelt. Die Wechselwirkung mit dem Teilsystem der „Zugsicherung/Zugsteuerung“ (insbesondere mit der Signaltechnik) wird in dieser Norm nicht behandelt.

Es werden Werte für die bestehenden europäischen Netze angegeben. Außerdem sind die festgelegten Höchstwerte anwendbar auf vorgesehene Entwicklungen der Infrastruktur des Transeuropäischen Eisenbahnnetzes.

Der Anwendungsbereich gilt für die folgenden elektrischen Zugförderungssysteme:

- Eisenbahnen;
- spurgeführte Nahverkehrssysteme, die in Eisenbahnen integriert sind;
- Materialtransportsysteme, die in Eisenbahnen integriert sind.

Wenn keine Migrationsstrategie in rechtsgültigen Dokumenten festgelegt ist, die sich auf diese Norm bezieht, gilt diese Europäische Norm nicht rückwirkend für Bahnfahrzeuge und Infrastruktur, die sich bereits in Betrieb befinden.

Es werden Informationen über Elektrifizierungsparameter gegeben, um es Eisenbahnverkehrsunternehmen nach Rücksprache mit den Fahrzeugherstellern zu ermöglichen, die Bestätigung abzugeben, dass es keine Folgestörungen im Elektrifizierungssystem geben wird.

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 50122-2, *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrombahnen*

EN 50122-3, *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 3: Gegenseitige Beeinflussung von Wechselstrom- und Gleichstrombahnen*

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

EN 50163:2004¹⁾, *Bahnanwendungen – Speisespannungen von Bahnnetzen*

EN 50367, *Bahnanwendungen – Zusammenwirken der Systeme – Technische Kriterien für das Zusammenwirken zwischen Stromabnehmer und Oberleitung für einen freien Zugang*

prEN 50388-2, *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen und Fahrzeuge – Technische Kriterien für die Koordination zwischen der Bahnenergieversorgung und Bahnfahrzeugen zum Erreichen der Interoperabilität – Teil 2: Stabilität und Oberschwingungen*

CEN/TS 50535:2010, *Railway applications – Onboard auxiliary power converter systems*

3 Begriffe

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

außerordentliche Betriebsbedingung

Betriebsbedingung, die entweder wegen höherer Verkehrsbelastungen oder wegen eines Ausfalls des Energieversorgungssystems gegenüber der Normalausführung keine normale Betriebsbedingung ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Unter diesen Bedingungen muss der Verkehr nicht nach dem vorgesehenen Fahrplan betrieben werden.

3.1.2

klassische Strecke

vorhandene Strecke, die nicht durch Erneuerung oder Ausbau in Übereinstimmung mit der TSI gebracht werden soll

3.1.3

Fahrleitung

Leitersystem, das über Stromabnahmeeinrichtungen Fahrzeuge mit elektrischer Energie versorgt

[QUELLE: IEC 60050-811:1991, 811-33-01]

3.1.4

Dimensionierungszug

Zug mit der niedrigsten mittleren nutzbaren Spannung

3.1.5

Infrastrukturmanager

Organisation oder Unternehmen, die/das speziell für die Errichtung und Instandhaltung der Eisenbahninfrastruktur verantwortlich ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Das darf auch die Aufsicht über die Infrastruktur und die Sicherungssysteme beinhalten. Die Funktionen des Infrastrukturmanagers in einem Netz oder Teilnetz dürfen an unterschiedliche Organisationen oder Unternehmen vergeben sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: In der TSI Energie bezieht sich der Begriff Infrastrukturmanager auf den Auftraggeber oder eine juristische Person.

3.1.6

höchste Streckengeschwindigkeit

Geschwindigkeit, die für den Betrieb auf Teilen einer Strecke genehmigt ist

¹⁾ In den Ausführungen EN 50163:2004/A1:2007, EN 50163:2004/AC:2013 und EN 50163:2004/Berichtigung Mai 2010

3.1.7

mittlere nutzbare Spannung am Dachstromabnehmer

$U_{\text{mean useful}}$

3.1.7.1

$U_{\text{mean useful}}$ (Bereich)

Spannung, die einen Hinweis auf die Qualität der Energieversorgung in einem geografischen Bereich während der Hauptverkehrszeit im Fahrplan gibt. Der Bereich ist ein begrenzter Teil einer Strecke oder eines komplexen Bereichs, der nicht die von einem Unterwerk versorgte Länge einer Strecke überschreitet

3.1.7.2

$U_{\text{mean useful}}$ (Zug)

Spannung, die den Dimensionierungszug ausweist und die Quantifizierung ihres Einflusses auf seine Leistungsfähigkeit ermöglicht

3.1.8

neues Element

neue, ertüchtigte oder (in Hard- oder Software) modifizierte Triebfahrzeugeinheit oder neues, ertüchtigtes oder (in Hard- oder Software) modifiziertes Bauteil der Energieversorgung, die/das möglicherweise das Oberschwingungsverhalten des Energieversorgungssystems beeinflussen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses neue Element darf in ein vorhandenes Energieversorgungssystem mit Triebfahrzeugeinheiten integriert werden, z. B. für folgende ortsfeste Anlagen:

- Transformator;
- Hochspannungskabel;
- Filter;
- Stromrichter.

3.1.9

normale Betriebsbedingungen

Verkehr entsprechend dem vorgesehenen Fahrplan und der vorgesehenen Zugzusammensetzung, der/die für die Auslegung der ortsfesten Anlagen der Energieversorgung benutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Energieversorgungssystem wird nach den Regeln des vorgesehenen Fahrplans betrieben. Je nach der Strategie des Infrastrukturmanagers können die Regeln variieren.

3.1.10

Oberleitung

Fahrleitung, die oberhalb oder neben der oberen Fahrzeugbegrenzungslinie angeordnet ist und die Fahrzeuge mit elektrischer Energie über eine auf dem Dach angebrachte Stromabnahmeeinrichtung versorgt

[QUELLE: IEC 60050-811:1991, 811-33-02]

3.1.11

Leistungsfaktor der Grundschiwingung

Verschiebungsfaktor $\cos \varphi_1$

Verhältnis der Wirkleistung der Grundkomponenten P_1 zu der Scheinleistung der Grundkomponenten S_1 unter periodischen Bedingungen

$$\text{Verhältnis } \cos \varphi = \frac{\text{Grundschiwingungswirkleistung}}{\text{Grundschiwingungsscheinleistung}}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Norm wird nur die Grundschiwingung berücksichtigt.

3.1.12

Gesamtleistungsfaktor λ

Verhältnis des absoluten Werts der Wirkleistung P zu der Scheinleistung S unter periodischen Bedingungen

$$\lambda = \frac{\text{Wirkleistung}}{\text{Scheinleistung}}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Verzerrungsfaktor ν $\nu = \frac{\lambda}{\cos \varphi}$

3.1.13

Infrastrukturregister

<für TSI> Einzeldokument, das für jeden Streckenabschnitt die Merkmale der beteiligten Strecken für alle Teilsysteme, die ortsfeste Anlagen enthalten, zusammenstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Liste der im Register zu berücksichtigenden Punkte ist in dem Beschluss der Kommission 2011/633/EU beschrieben.

3.1.14

Fahrzeugpark

alle motorisierten und nicht motorisierten Fahrzeuge

[QUELLE: IEC 60050-811:1991, 811-02-01]

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch [Tabelle 1](#).

3.1.15

Schutzstrecke

Abschnitt einer Fahrleitung, der an beiden Enden mit einer Trennstelle versehen ist, um ein Umschalten von zwei aufeinanderfolgenden elektrischen Abschnitten mit unterschiedlicher Spannung, Phase oder Frequenz über die durchlaufenden Stromabnehmer zu vermeiden

3.1.16

(Bahn-)Unterwerk

Anlage, deren Hauptaufgabe darin besteht, eine Fahrleitungsanlage zu versorgen, wobei die Spannung eines Primärnetzes und gegebenenfalls die Frequenz in die Spannung und die Frequenz der Fahrleitung umgewandelt werden

3.1.17

Triebfahrzeugeinheit

Lokomotive, Triebwagen oder Triebzug

[QUELLE: IEC 60050-811:1991, 811-02-04]

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch [Tabelle 1](#).

3.1.18

Zugeinheit

Kombination von Fahrzeugen, die miteinander gekuppelt sind. Der Begriff umfasst auch Schiebelokomotiven

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch [Tabelle 1](#).

3.1.19

Leistung einer Zugeinheit am Dachstromabnehmer

Wirkleistung des Zuges unter Berücksichtigung der Leistung für das Fahren, für die Rückspeisung und für die Hilfsbetriebe

3.1.20

TSI-Strecke

Hochgeschwindigkeits- oder konventionelle Eisenbahnstrecke, die Teil des Transeuropäischen Eisenbahnnetzes (TEN) ist und die Forderungen der relevanten Technischen Spezifikationen für Interoperabilität (TSI) erfüllt

3.1.21

Streckenart

Klassifizierung von Strecken in Abhängigkeit von den in 3.1.6 und 3.1.19 beschriebenen Parametern

3.1.22

Fahrzeug

allgemeiner Ausdruck für jedes einzelne Teil eines Fahrzeugparks, z. B. Lokomotive, Reisezugwagen oder Güterwagen

[QUELLE: IEC 60050-811:1991-02-02]

3.1.23

Einheit

Fahrzeuge, die dieser TSI unterliegen und für die somit eine EG-Prüfbescheinigung auszustellen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Einheit kann sich aus verschiedenen Einzelfahrzeugen gemäß Artikel 2 Buchstabe c der Richtlinie 2008/57/EG zusammensetzen. Unter Berücksichtigung des Anwendungsbereichs dieser TSI ist die Verwendung des Begriffs „Fahrzeug“ in dieser TSI auf das Teilsystem Fahrzeuge gemäß Kapitel 1 beschränkt.

[QUELLE: TSI LOC&PAS]

3.1.24

Zug

betriebsfähige Zusammenstellung aus einer oder mehreren Einheiten

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Zugeinheit ist eine nicht trennbare Zusammenstellung, die als Zug betrieben werden kann. Per Definition ist vorgesehen, dass deren Konfiguration nur in einer Werkstatt oder durch das Hinzufügen einer Schiebelokomotive in bestimmten Bereichen geändert werden kann. Sie setzt sich aus angetriebenen Fahrzeugen oder aus angetriebenen und nicht angetriebenen Fahrzeugen zusammen.

[QUELLE: TSI LOC&PAS]

3.1.25

Lokomotive

Triebfahrzeug (oder eine Kombination aus mehreren Fahrzeugen), das/die nicht für die Aufnahme einer Zuladung ausgelegt ist und im normalen Betrieb von einem Zug abgekuppelt und unabhängig betrieben werden kann

[QUELLE: TSI LOC&PAS]

3.2 Klärung von Begriffen, deren logische Zusammenhang sowie deren Übersetzung

Wegen der uneinheitlichen Definitionen unter den Literaturhinweisen sollten die in Tabelle 1 gemachte Erklärung sowie der folgende Text berücksichtigt werden.

Tabelle 1 – Logischer Zusammenhang der Begriffe sowie deren Übersetzung

Unterabschnitt	Englischer Begriff	Deutscher Begriff	Französischer Begriff
3.1.22	Vehicle	Fahrzeug	Véhicule
3.1.14	Rolling stock	Fahrzeugpark	Matériel roulant
3.1.18	Train set	Zugeinheit	Train (composition)
3.1.17	Traction unit	Triebfahrzeug	Unité motrice
zur Information	Train (train path)	Zug (Fahrplantrasse)	Train (circulation)

3.3 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

EC	Europäische Kommission	(en: European Commission)
ERTMS	europäisches Eisenbahnverkehrsleitsystem	(en: European Rail Traffic Management System)
HV	Hochspannung	(en: High Voltage)
LRAS	Last-Referenz-Pfeil-System	(en: Load Reference-Arrow System)
r.m.s.	Effektivwert	(en: root mean square)
RINF	Infrastrukturregister	(en: Register of Infrastructure)
TSI	Technische Spezifikation für Interoperabilität	(en: Technical Specification for Interoperability)

4 Zeiträume, über die Parameter gemittelt oder integriert werden sollten

Wenn Eisenbahnbetriebsunternehmen oder Infrastrukturmanager verschiedene Parameter für ihre Bemessungsberechnungen, Schutzmaßnahmen und Planungen benutzen, sind diese nur effektiv, wenn sie über genau festgelegte Zeiträume gemittelt werden. Anleitungen und Empfehlungen über diese Zeiträume sind im informativen [Anhang A](#) enthalten.

5 Schutzstrecken

5.1 Phasenschutzstrecken

Zugseinheiten müssen durch eine Phasenschutzstrecke von einem Abschnitt eines Wechselstromsystems in einen Nachbarabschnitt des gleichen Systems fahren können, ohne dass die unterschiedlichen Phasen überbrückt werden.

Der von der Oberleitung entnommene Leistungsverbrauch der Zugseinheit (für Fahren, Hilfsbetriebe und Leerlaufstrom des Transformators) muss auf null abgesenkt werden, bevor die Zugseinheit in eine Phasenschutzstrecke einfährt.

Dies kann für die komplette Zugseinheit oder einzeln und nacheinander für jede Triebfahrzeuginheit der Zugseinheit erfolgen.

Bei Strecken mit Geschwindigkeiten $v \geq 250$ [km/h] muss dies automatisch erfolgen.

Bei Strecken mit Geschwindigkeiten $v < 250$ [km/h] muss dies automatisch erfolgen, wenn es vom Infrastrukturmanager gefordert wird. Anderenfalls ist ein automatischer Betrieb zu bevorzugen, wobei auch ein fahrzeugseitiger manueller Betrieb zulässig ist.

Wenn besondere Umstände das Absenken der Dachstromabnehmer erfordern, muss dies im Infrastrukturregister vermerkt sein.

Für Phasenschutzstrecken von über 8 m muss der Infrastrukturmanager angemessene Maßnahmen zur Verfügung stellen, um einer Zugseinheit, die sich in einer Lücke unterhalb der Phasentrennung befindet, ein Wiederauffahren zu ermöglichen.

EN 50367 beschreibt die Merkmale für einige Auslegungen von Phasenschutzstrecken.

Für andere Auslegungen von Phasenschutzstrecken, die den Zugseinheiten eine Befahrung dieses Streckenabschnitts mit Leistung erlauben (z. B. automatisch geschaltete Abschnitte oder „Übergangsabschnitte“), brauchen die Anforderungen dieses Abschnittes nicht beachtet werden, sofern die Zuverlässigkeit und die Kompatibilität mit allen Zugseinheiten nachgewiesen werden kann.

5.2 Systemschutzstrecken

5.2.1 Allgemeines

Die Zugeinheiten müssen von einem Energieversorgungssystem zu einem benachbarten System, das eine andere Art von Energieversorgung verwendet, fahren können, ohne die beiden Fahrleitungssysteme zu überbrücken. Die erforderlichen Maßnahmen (Öffnen des Hauptschalters, Absenken des Dachstromabnehmers usw.) hängen sowohl von der Art der beiden Energieversorgungssysteme als auch von der Anordnung der Dachstromabnehmer auf den Zugeinheiten und der Fahrgeschwindigkeit ab.

Es gibt zwei Möglichkeiten für die Zugeinheiten, durch Systemschutzstrecken zu fahren:

- 1) mit gehobenem, am Fahrdraht/an den Fahrdrähten anliegendem Dachstromabnehmer nach 5.2.2;
- 2) mit abgesenktem, nicht am Fahrdraht/an den Fahrdrähten anliegendem Dachstromabnehmer nach 5.2.3.

Der Infrastrukturmanager muss zwischen 1) und 2) wählen.

Die Anforderungen an die Auslegung der Infrastruktur und des Fahrzeugparks sind in den folgenden Absätzen beschrieben.

Die Auslegung der Systemschutzstrecken und weitere funktionale Anforderungen an die Oberleitung und Dachstromabnehmer werden in [EN 50367](#) beschrieben.

5.2.2 Gehobener Dachstromabnehmer

Wenn die Systemschutzstrecken mit gehobenen, am Fahrdraht/an den Fahrdrähten anliegenden Dachstromabnehmern befahren werden, gelten die folgenden Bedingungen:

- Es sind Vorkehrungen auf der Infrastrukturseite zu treffen, um das Überbrücken der Fahrleitungen beider benachbarter Energieversorgungssysteme zu vermeiden, wenn das Öffnen des/der fahrzeugseitigen Leistungsschalter(s) nicht funktioniert.
- Bei Strecken mit Geschwindigkeiten $v \geq 250$ [km/h] muss ein fahrzeugseitiges System den Leistungsschalter automatisch öffnen, bevor die Schutzstrecke erreicht wird, sowie automatisch die Spannung des neuen Energieversorgungssystems am Dachstromabnehmer erkennen, um die entsprechenden Stromkreise zu schalten.
- Bei Strecken mit Geschwindigkeiten $v < 250$ [km/h] dürfen die Anforderungen an die Strecken mit Geschwindigkeiten $v \geq 250$ [km/h] angewendet werden.

5.2.3 Abgesenkter Dachstromabnehmer

Wenn die Systemschutzstrecken mit abgesenkten Dachstromabnehmern befahren werden, gelten die folgenden Bedingungen:

- Die Schutzstrecke zwischen zwei unterschiedlichen Energieversorgungssystemen muss so ausgelegt sein, dass die Fahrleitungen der beiden Energieversorgungssysteme nicht überbrückt werden, wenn ein Dachstromabnehmer unbeabsichtigt an der Fahrleitung anliegt, und beide Energieversorgungssysteme sofort ausgeschaltet werden, z. B. durch Kurzschlusserkennung oder Erkennung ungewollter Spannungen.
- Bei Strecken mit Geschwindigkeiten $v \geq 250$ [km/h] muss an Systemschutzstrecken, die ein Absenken des Dachstromabnehmers erfordern, das Absenken des Dachstromabnehmers ohne Mitwirkung des Triebfahrzeugführers durch Steuerungssignale ausgelöst werden.
- Bei Strecken mit Geschwindigkeiten $v < 250$ [km/h] dürfen die Anforderungen an die Strecken mit Geschwindigkeiten $v \geq 250$ [km/h] angewendet werden.

6 Leistungsfaktor einer Triebfahrzeugeinheit

6.1 Allgemeines

Der Gesamtleistungsfaktor einer Triebfahrzeugeinheit beeinflusst die Leistungsfähigkeit des Energieversorgungssystems, d. h. das Spannungsprofil, die Energieeinspeisungs- und Übertragungskapazität von Wirk- und Blindleistung, die Energieverluste, die Stabilität des Systems und die Zuverlässigkeit der Schutzrelais. Es gelten daher Anforderungen an den Leistungsfaktor.

Der Gesamtleistungsfaktor besteht aus den folgenden zwei Elementen:

- Der Verschiebungsfaktor in Bezug auf die Phasenverschiebung zwischen der Grundschiwingung der Fahrleitungsspannung und der Grundschiwingung des Laststroms ($\cos$); und
- der Gesamtüberschwingungsgehalt in Bezug auf die Oberschwingungen des Laststroms.

ANMERKUNG 1 Diese Norm beinhaltet keine Anforderung an den Gesamtüberschwingungsgehalt.

Der Verschiebungsfaktor muss so nahe wie möglich eins betragen. Konkret gelten die nachfolgenden Anforderungen an Triebfahrzeugeinheiten innerhalb von Wechselstromsystemen in einem quasi-stationären Zustand, d. h. kurze Transienten sind ausgeschlossen.

ANMERKUNG 2 Der Infrastrukturmanager kann wirtschaftliche Bedingungen auferlegen, wenn der Verschiebungsfaktor sich außerhalb der in diesem Abschnitt 6 gegebenen Grenzwerte befindet; ferner kann er betriebliche oder leistungsbegrenzende Bedingungen auferlegen für Fahrzeuge, die die festgelegten Anforderungen nicht erfüllen (z. B. für umgerüstete vorhandene Fahrzeuge), oder für Fahrzeuge, die besondere Anforderungen an die Energieversorgung stellen.

Wenn eine Zugsinheit aus mehreren Triebfahrzeugeinheiten besteht, werden die Anforderungen an die Zugsinheit als erfüllt angesehen, wenn die Anforderungen an jede einzelne Triebfahrzeugeinheit erfüllt sind.

Die Anforderungen gelten nur für Triebfahrzeugeinheiten und daher nicht für davon getrennte Lasten wie von Triebfahrzeugeinheiten versorgte Reisezugwagen und Güterwagen.

Für Reisezugwagen und Güterwagen gelten die in CEN/TS 50535:2010, 6.1. enthaltenen Angaben.

ANMERKUNG 3 [Anhang C](#) liefert eine Vorzeichenkonvention über die Wirk- und Blindleistung.

6.2 Induktiver Verschiebungsfaktor

Der induktive Verschiebungsfaktor, d. h. die von der Triebfahrzeugeinheit verbrauchte Blindleistung unabhängig von der Flussrichtung der Wirkleistung, reduziert die Fahrleitungsspannung. Daher gelten die folgenden Anforderungen:

- Bei Fahrleitungsspannungen unter $U_{\max 1}$ nach [EN 50163](#) und um die Kapazität der Energieversorgung nicht zu verringern, die Verluste nicht zu erhöhen und die Fahrleitungsspannung nicht unnötig abzusenken, muss der induktive Verschiebungsfaktor über 0,95 sein.
- Während der Rückspeisung darf der induktive Verschiebungsfaktor unbehindert in den Bereich von $1,1 U_n$ und $U_{\max 2}$ abfallen, um die Spannung innerhalb der in [EN 50163](#) festgelegten Grenzen zu halten. Dies fördert die Nutzbremmung, wenn die Stabilität aufrechterhalten werden kann.
- In Abstellanlagen oder Betriebshöfen darf bei Zugsinheiten, die als Last nur die der Hilfsbetriebe aufweisen (d. h. bei ausgeschalteter Antriebsleistung und mit allen in Betrieb befindlichen Hilfsbetrieben), der induktive Blindleistung nicht 3 % der oberen Leistungsgrenze für die Zugsinheit übersteigen.

Um die Regelgenauigkeit zu ermöglichen, darf jede Triebfahrzeugeinheit immer eine induktive Blindleistung bis zu 3 % von deren oberen Wirkleistung verbrauchen, z. B. keine oder wenig Last wie bei Stillstand und Rollen. Wenn der Strom unter Verwendung der Blindleistung ausschließlich zu Enteisierungszwecken bezogen wird, darf es keine Beschränkung des induktiven Verschiebungsfaktors geben.

6.3 Kapazitiver Verschiebungsleistungsfaktor

Der kapazitive Verschiebungsleistungsfaktor, d. h. die von der Triebfahrzeugeinheit erzeugte Blindleistung unabhängig von der Flussrichtung der Wirkleistung, erhöht die Fahrleitungsspannung. Daher gelten die folgenden Anforderungen:

- Bei einer Spannung über U_n nach EN 50163 und um eine Nutzbremmung zu unterstützen sowie die Zuverlässigkeit der Schutzrelais nicht zu mindern, muss die kapazitive Blindleistung null sein.
- Während der Nutzbremmung muss die kapazitive Blindleistung null sein, um eine solche Bremsung zu unterstützen und die Zuverlässigkeit der Schutzrelais nicht zu mindern.
- Während des Fahrens darf ein kapazitiver Verschiebungsleistungsfaktor von 0,95 verwendet werden, um die Fahrleitungsspannung in schwachen Netzen oder unter außerordentlichen Betriebsbedingungen unterhalb U_n nach EN 50163 zu unterstützen. Ein kapazitiver Verschiebungsleistungsfaktor unter 0,95 darf verwendet werden, wenn die Stabilität aufrechterhalten werden kann.
- Um die Regelgenauigkeit zu ermöglichen und um passive Filter oder Hochspannungskabel mit einer Kapazität nach prEN 50388-2 verwenden zu können, darf jede Triebfahrzeugeinheit immer eine kapazitive Blindleistung bis zu 3 % von deren oberen Wirkleistung erzeugen.

6.4 Annahmekriterien

Der Leistungsfaktor ist annehmbar, wenn die in 6.2 und 6.3 festgelegten Anforderungen erfüllt sind.

7 Begrenzung des Stroms und der Leistung der Zugeinheit

7.1 Funktion zur Begrenzung der Leistung oder des Stroms der Zugeinheit als eine Funktion der Informationen des Infrastrukturregisters

Um

- negative Auswirkungen auf die Infrastruktur wegen eines permanenten oder zeitweiligen Überstroms zu vermeiden; und/oder
- der Zugeinheit zu erlauben, die fahrplanmäßige Leistung ohne unnötigen Leistungsverbrauch zu erreichen,

muss eine fahrzeugseitige Leistungsbegrenzungsfunktion vorhanden sein, die den Leistungsbedarf der Zugeinheit auf einen festgelegten Wert begrenzt.

Dieser Wert wird von dem Infrastrukturmanager im Rahmen der Streckenbeschreibung angegeben.

Der informative Anhang F schlägt bevorzugte Werte für $P_{\max}$ vor, die der Standardisierung wegen unabhängig von der Spannung für den Höchststrom in Ampere ausgedrückt werden.

Dieser Wert gilt für alle Strecken außer den Strecken, auf denen die Geschwindigkeit $v \geq 250$ [km/h] beträgt.

Zugeinheiten mit einer Leistung kleiner als 2 MW dürfen ohne eine solche Funktionalität betrieben werden.

Diese Einstellung muss auf den Fahrzeugen manuell oder automatisch angewendet werden.

Bei automatischem Betrieb: Die in Anhang F aufgeführte Tabelle erlaubt automatischen Systemen wie dem ERTMS die Übertragung des Befehls von der Strecke an das Fahrzeug, je nach den von dem Infrastrukturmanager gegebenen Informationen.

Diese Begrenzungen sind bevorzugte Werte, um die Kodifizierung der ERTMS-Funktion zu standardisieren. Wenn möglich, sollten diese Werte immer übernommen werden.

Typische Daten für den höchsten zulässigen Strom je Zugeinheit für alle europäischen Netze sind im informativen [Anhang D](#) enthalten.

ANMERKUNG 1 Die informative Tabelle in [Anhang D](#) enthält den höchsten zulässigen Strom je Zugeinheit für Wechsel- und Gleichstromsysteme, Werte für jedes System und jede Streckenkategorie sowie Informationen über das Netz jedes EU-Mitgliedstaates.

ANMERKUNG 2 Es gibt keine Verpflichtung, die Infrastruktur nach diesen Höchstwerten auszulegen, z. B. kann 800 A in 25 kV erlaubt sein.

7.2 Automatische Leistungs- oder Stromsteuerungsfunktion der Zugeinheit als eine Funktion der Fahrleitungsspannung

Um einen stabilen Betrieb in schwachen Energieversorgungssystemen oder unter außerordentlichen Betriebsbedingungen zu erleichtern, gelten die folgenden Bedingungen:

- die Antriebsleistung am Rad muss bei $U_{\min 2}$ null sein;
- die höchste Antriebsleistung am Rad muss in zwei Stufen annähernd linear begrenzt werden: von der Spannung U_n hinab auf $a \times U_n$ und von $a \times U_n$ hinab auf $U_{\min 2}$. Der Faktor wird in Tabelle 2 aufgeführt;
- die Begrenzung muss automatisch erfolgen;
- der höchste Fahrstrom wird durch die höchste Antriebsleistung bei U_n definiert; zusätzlich wird der höchste Strom auf Spannungen unter $a \times U_n$ reduziert.

Die Begrenzung der höchsten Antriebsleistung darf wie im informativen [Anhang F](#) beschrieben ausgeführt werden.

Der normative [Anhang G](#) stellt den Text graphisch dar.

Die Formen der in [Anhang G](#) gezeigten Kurven, [Bild G.1](#) und [Bild G.2](#), hängen davon ab, wie die Leistung oder der Strom gesteuert wird.

Die Begrenzung der Antriebsleistung darf den Leistungsverbrauch der Hilfsbetriebe nicht beeinflussen.

Innerhalb dieser Grenzen darf die Zugeinheit eine Steuerung der Strombegrenzung oder der Leistungsbegrenzung ohne Einschränkungen voraussetzen.

Es gibt keine festgelegte Begrenzung des Stroms der Hilfsbetriebe; zum Schutz gegen Unterspannungen müssen Hilfsbetrieblasten jedoch abgeschaltet werden, wenn die Fahrleitungsspannung unter die in [EN 50163:2004](#)²⁾, 4.1, Anmerkung 2, gegebenen Grenzwerte fällt.

Tabelle 2 – Werte des Faktors

Energieversorgungssystem	Wert von a
AC 25 000 V 50 Hz	0,90
AC 15 000 V 16,7 Hz	0,95
DC 3 000 V	0,90
DC 1 500 V	0,90
DC 750 V	0,80

²⁾ In den Ausführungen [EN 50163:2004/A1:2007](#), [EN 50163:2004/AC:2013](#) und [EN 50163:2004/Berichtigung Mai 2010](#)

7.3 Automatische Leistungs- oder Strombegrenzungsfunktion der Zugeinheit als eine Funktion der Frequenzänderung

Die Gefahr eines Zusammenbruchs dezipierter Wechselstrom-Bahnenergieversorgungssysteme mit eigener Frequenzsteuerung kann erfasst werden, wenn sich eine Grundfrequenz außerhalb des Toleranzbereichs befindet.

Um einen solchen Zusammenbruch bei ungenügender Speisekapazität (durch die Energieversorgung) oder bei einer zu hohen rückgespeisten Leistung (durch Zugeinheiten) zu vermeiden, gelten die folgenden Anforderungen:

- Zugeinheiten müssen ihre Höchstleistung am Rad nach den folgenden, in Bild 1 beschriebenen Kennwerten begrenzen, wobei 100 % der höchsten Antriebs- und Bremsleistung (einschließlich eventueller unterschiedlicher Absolutwerte) entsprechen.

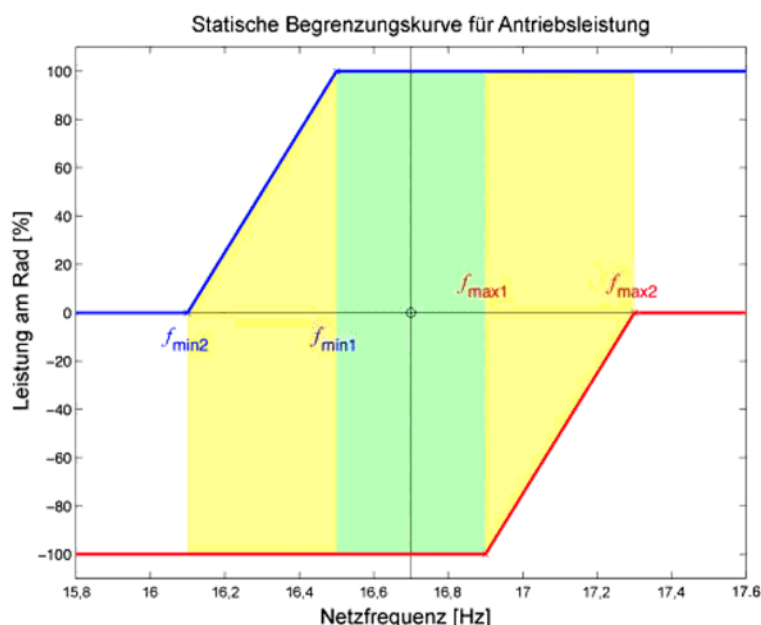


Bild 1 – Leistungsbegrenzung am Rad

Die Antriebsleistung muss nur bei einer niedrigen Netzfrequenz zwischen $f_{\min 2}$ und $f_{\min 1}$ begrenzt werden und die Bremsleistung nur bei einer hohen Frequenz zwischen $f_{\max 1}$ und $f_{\max 2}$. Es muss nur die höchste verfügbare Leistung begrenzt werden. Wenn sich die (durch den Fahrzeugführer oder eine automatische Steuerung geforderte) Leistung innerhalb der in diesem Diagramm gezeigten Grenzen befindet, muss keine weitere Begrenzung stattfinden.

Die Frequenzen sind in Tabelle 3 wie folgt definiert:

Tabelle 3 – Frequenzbegrenzungen in Abhängigkeit von Leistungsbegrenzungen

	$f_{\min 2}$	$f_{\min 1}$	$f_{\max 1}$	$f_{\max 2}$
16,7 Hz Netze	16,1 Hz	16,5 Hz	16,9 Hz	17,3 Hz
50 Hz Netze	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Legende				
N.A.: nicht zutreffend				

Die Anforderung ist nicht zutreffend für Wechselstromnetze mit 50 Hz und für Länder mit 16,7 Hz mit einer synchronen Verbindung zu den 50 Hz-Energieversorgungssystemen.

In Ländern mit 16,7 Hz mit einer synchronen Verbindung zu den 50 Hz- Energieversorgungssystemen dürfen Lokomotiven mit den folgenden Leistungsbegrenzungen betrieben werden:

- Es gelten die dynamischen Anforderungen:
 - die Reduzierung der Antriebs- oder Bremsleistung muss ohne Verzögerung oder Rampenfunktion erfolgen. Eine Erhöhung der Leistung darf verzögert oder stufenweise erfolgen;
 - die Reaktionszeit zwischen einem (hypothetischen) Sprung in der Netzfrequenz und dem Erreichen der entsprechenden Antriebs- und Bremsleistung darf nicht 500 ms bis 1 s, einschließlich der Verzögerungszeiten für die Messung der Netzfrequenz, überschreiten. Kleinere Werte sind anzustreben;
- schützendes, durch die Netzfrequenz ausgelöstes Abschalten der Antriebsausrüstung darf nicht zwischen $f_{\min 2}$ und $f_{\max 2}$ stattfinden.

Hintergrundinformationen werden in [Anhang E](#) gegeben.

7.4 Annahmekriterien

Die Strombegrenzungsfunktionen der Zugeinheit sind annehmbar, wenn die Anforderungen von [7.1 bis 7.3](#) erfüllt sind.

8 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Energieversorgung

8.1 Allgemeines

Ziel eines Energieversorgungssystems ist die Versorgung jeder Zugeinheit mit Leistung, um den Fahrplan zu angemessenen Kosten einzuhalten. Im Rahmen einer Auslegungsstudie muss nachgewiesen werden, dass das Energieversorgungssystem die hiernach beschriebene, festgelegte Leistung sowohl unter normalen Umständen als auch unter verschlechterten Umständen erbringen kann.

Eine verschlechterte Energieversorgung darf bzw. darf nicht zu einer schlechteren Betriebsqualität führen. Ob eine solche Verschlechterung akzeptiert werden muss, ist eine Frage der Wirtschaftlichkeit und nicht eine technische Frage.

Zumindest die folgenden Aspekte müssen berücksichtigt werden:

- der vorgesehene Fahrplan:
 - Betriebsgeschwindigkeiten;
 - betriebliche und technische Halte;
 - Fahrzeit und Strecke zusammen mit der annehmbaren Summe von Verspätungen;
- die Informationen über die Zugeinheiten und ihre Kennwerte (einschließlich der Anforderungen an die Leistungsbegrenzungsfunktionen in [Abschnitt 7](#) dieser Norm);
- die Informationen über die Infrastruktur.

Die Belastbarkeit der ortsfesten Anlagen der Energieversorgung muss in der Auslegungsstudie angegeben werden, z. B.:

- Betrieb nach einem außerordentlichen oder Ausnahmefahrplan:
 - Wie kann der Verkehr nach einem Halt wieder anlaufen?
 - Einfluss von Bau- oder Instandhaltungsarbeiten auf die Verfügbarkeit der Strecke;
- Betrieb mit einer verschlechterten Energieversorgung:
 - Ausfall der ortsfesten Anlagen der Energieversorgung;
 - spannungsloser Abschnitt der Oberleitung.

8.2 Qualitätsindex

Der Infrastrukturmanager muss den Qualitätsindex für das vorliegende Netz oder die vorliegende Strecke nach der nachstehenden Tabelle 4 erstellen. Diese Tabelle beschreibt den Qualitätsindex A1 bis C2 für unterschiedliche, von dem Infrastrukturmanager ausgewählte Zuverlässigkeitsziele aufgrund der Spannungsabhängigkeit der Leistungsfähigkeit der Züge.

ANMERKUNG Es ist nicht möglich, einen quantitativen Index zu erstellen, um die obigen Anforderungen für alle Fälle zu erfüllen.

Tabelle 4 – Definition des Qualitätsindex

Ist die Fahrleitungsspannung im normalen Betrieb der Energieversorgung am Standort der Zügeinheiten ein Kriterium für die Leistungsfähigkeit des Systems?	Nein Das Unterwerk wird ausgeschaltet, bevor die Leistungsfähigkeit wegen zu niedriger Spannung reduziert wird	Ja	Nein Eine niedrige Fahrleitungsspannung beeinflusst nicht die Qualität der Dienste
BEISPIEL	Hoch vermaschte oder Hochleistungs-Netze (z. B. S-Bahn)	Lange Hochgeschwindigkeitsstrecken Hohe Zugdichte über einen langen Zeitraum	Die Verkehrsanforderung ist erfüllt, egal welche Spannung die Strecke hat. Eine Strecke, für die eine niedrige Fahrleitungsspannung bei der Fahrplanerstellung berücksichtigt wird.
Eingeschränkter Zustand der Energieversorgung hat KEINEN Einfluss auf die Qualität der Dienste	A1	B1	C1
Eingeschränkter Zustand der Energieversorgung HAT Einfluss auf die Qualität der Dienste	A2	B2	C2

Die vom Infrastrukturmanager gewählten Qualitätsindizes A1 bis C2 müssen auf den vorgesehenen Fahrplan anwendbar sein. Der vorgesehene Fahrplan ist der Fahrplan, für den die Energieversorgung ausgelegt worden ist.

8.3 Spannungsbegrenzungen

Die Einhaltung der Spannungsgrenzwerte ist in **EN 50163** beschrieben.

Die Energieversorgung muss elektrisch so ausgelegt sein, dass die Ergebnisse der Auslegungsstudie unter den normalen Betriebsbedingungen niemals Spannungswerte (Effektivwerte, Mittelwerte) am Dachstromabnehmer irgendeiner Zügeinheit erzeugen, die niedriger sind als die in **EN 50163** definierte Grenze $U_{\min 1}$.

8.4 Annahmekriterien

Die Annahmekriterien für die Fälle A1 oder A2, B1 oder B2 bzw. C1 oder C2 sind, dass der Fahrplan durch eine Dimensionierungsstudie eingehalten wird.

Alternativ kann für die Fälle B1 oder B2 das Kriterium $U_{\text{mean useful}}$ verwendet werden. Siehe **Anhang B** für Informationen.

Die in 8.3 aufgeführte Bedingung muss für jeden der Fälle erfüllt werden.

9 Art und Beschreibung des Bahnenergieversorgungssystems

9.1 Art des Bahnenergieversorgungssystems

Die zu verwendenden des Energieversorgungssysteme gehen aus Tabelle 5 hervor.

Tabelle 5 –Bahnenergieversorgungssysteme auf interoperablen Strecken

Geschwindigkeitsbereich, v km/h	Bahnenergieversorgungssystem
V > 250	AC 25 000 V 50 Hz; AC 15 000 V 16,7 Hz
V < 250	AC 25 000 V 50 Hz; AC 15 000 V 16,7 Hz; DC 3 000 V; DC 1 500 V; DC 750 V ^a
^a für UK	

9.2 Beschreibung des Bahnenergieversorgungssystems

Der Infrastrukturmanager muss die folgenden Parameter mitteilen, die das Energieversorgungssystem kennzeichnen.

ANMERKUNG Diese Informationen sind in dem Infrastrukturregister (RINF) der interoperablen Strecken enthalten.

- Spannung und Frequenz:
siehe 9.1
- Höchster Strom der Zugsinheit (höchster Strom des Zuges):
siehe 7.1
- Bedingungen für die Aufnahme der regenerativen Energie (Nutzbremsung):
siehe 12.2
- Phasenschutzstrecken: Betrieb:
siehe 5.1
- Systemschutzstrecken: Informationen über den Betrieb, die Auslösung des Leistungsschalters, das Absenken des Dachstromabnehmers:
siehe 5.2
- Sonderfälle.

10 Oberschwingungen und dynamische Effekte

10.1 Zielsetzungen

Das Thema wird in zwei verschiedenen Teilen dieser Norm behandelt:

- Im vorliegenden Teil 1 dieser Norm: prEN 50388-1;
- Im vorgesehenen Teil 2 dieser Norm: prEN 50388-2.

Teil 1 erläutert das Konzept, insbesondere in der Form eines generischen Prozesses, bei dem eine beliebige Fallstudie erlaubt ist. Die wichtigsten technischen Beschreibungen sind enthalten.

Teil 2 erläutert quantitative Anforderungen an bekannte Technologien und bekannte Phänomenen sowie entsprechende Prüf- und Dokumentationsleitfäden. Erläuterungen der Phänomene sind ebenfalls enthalten.

Am Anfang muss eine Kompatibilitätsstudie unter Verwendung von prEN 50388-2 durchgeführt werden. Nur wenn der zu untersuchende Fall nicht im Teil 2 enthalten ist, gilt der nachfolgende, in Teil 1 beschriebene Prozess.

10.2 Allgemeines

Die Oberschwingungseigenschaften und die dynamischen Eigenschaften der Energieversorgung und des Fahrzeugparks im Bahnsystem bestimmen die Überspannungen im Energieversorgungskreis (Fahrleitung und Rückleitung) und die Stabilität in diesem System. Um eine elektrische Systemkompatibilität im stationären Zustand und unter dynamischen Bedingungen zu erreichen, müssen diese Oberschwingungsüberspannungen unterhalb kritischer Werte begrenzt werden. Wenn Schutzeinrichtungen eingebaut sind, verursachen Überspannungen eine Unterbrechung des normalen Betriebs und sind daher aus betrieblicher Sicht kritischer als aus Sicht der Sicherheit und des Schutzes. prEN 50388-2 enthält mehr Informationen zu diesen Phänomenen.

Die folgenden physikalischen Erscheinungen verursachen Überspannungen:

a) durch Netzinstabilität verursachte Überspannungen:

Moderne Eisenbahnfahrzeuge mit Wechselrichter-Antriebs- und -Hilfsbetriebssystemen sowie mit Frequenzumrichtern sind im Allgemeinen aktive Einrichtungen, die Energie von einer Frequenzkomponente im Spektrum auf eine andere übertragen können. Ihr Übertragungsverhalten wird hauptsächlich von den Regelungen der Umrichter, aber auch von den passiven Bauelementen bestimmt.

Die Regelungen müssen so abgestimmt werden oder das Impedanzverhalten der passiven Komponenten (Energieversorgungssystem, Fahrzeuge) muss so optimiert werden, dass sich für alle Betriebsbedingungen ein stabiles Verhalten ergibt. In einem instabilen Netz streben physikalische Größen wie Spannungen und Ströme gegen unendlich und verursachen in Wirklichkeit eine Schutzabschaltung. In nichtlinearen Systemen können sie auch mit einer oder mehreren Frequenzen dauernd schwingen (eingeschwungener Zustand).

Stabilitätsfragen sind in einem Netz immer mit Rückkopplungsschleifen verbunden, insbesondere über eine oder mehrere Regelungen eines oder mehrerer elektrischer Teilsysteme. Es wird keine besondere Erregungsquelle für die Erzeugung einer Schwingung benötigt. Dies muss vom nachstehend beschriebenen Fall b) unterschieden werden, in dem immer sowohl eine Erregungsquelle als auch ein Übertragungs-/Verstärkungspfad vorhanden sind.

Die von Instabilitäten verursachten Schwingungen liegen üblicherweise im Frequenzbereich bis ungefähr 1 000 Hz, der die Bandbreite der maßgeblichen Regelungen ist.

Niederfrequente Schwingungen unter und in der Nähe der Versorgungsfrequenz resultieren aus nichtlinearen Kennwerten moderner Umrichter. Höherfrequente Instabilitäten können mit linearen Verfahren untersucht werden.

b) durch Oberschwingungen verursachte Überspannungen:

Umrichter, sowohl solche mit Phasenanschnittsteuerung als auch solche mit Zwangskommutierung, die auf Bahnfahrzeugen oder in ortsfesten Anlagen der Energieversorgung eingebaut sind, erzeugen Strom- und Spannungsüberschwingungen, die als Strom- und Spannungsquellen in einer vereinfachten Weise dargestellt werden können. Umrichter jeder Art erzeugen ein typisches Strom- oder Spannungsspektrum. Der Umrichter zeigt in Verbindung mit passiven Elementen wie Transformatoren und Filter ein Quellenverhalten und eine typische innere Impedanz.

Aufgrund der Resonanzen der Übertragungsleitungen und -kabel und zum Teil auch aufgrund passiver Filterelemente weisen alle Energieversorgungssysteme Resonanzen auf. Dies führt zu einer Verstärkung der Oberschwingungen, die von Umrichtern in das Energieversorgungssystem eingespeist werden. Eine Verstärkung oder teilweise Unterdrückung tritt sowohl am Ort des Umrichters wegen der vom Umrichter

aus gesehenen Leitungsimpedanz als auch zwischen dem Ort des Umrichters und anderen Stellen im Netz auf. Sie besteht im Übertragungsverhalten der Energieversorgung selbst.

Eine Verstärkung von Oberschwingungen kann zu wesentlichen Überspannungen führen, entweder am Ort eines Fahrzeugs oder an einem völlig anderen Ort im Netz.

Das Versorgungssystem hat Resonanzspitzen wegen seiner verteilten Parameter – der Induktions- und Kapazitätsbeläge. Das Resonanzverhalten verändert sich in der Gegenwart von Triebfahrzeugeinheiten. Diese Resonanzspitzen können sehr hohe Resonanzströme und -spannungen verursachen. Das Verhältnis zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Strom entlang der Fahrleitung bei spezifischen Resonanzfrequenzen könnte mehr als 100 betragen. Bei Fahrzeugen mit Vierquadrantensteller können sich die Oberschwingungsströme am Dachstromabnehmer eines Fahrzeuges aufgrund der Resonanzerscheinungen im Energieversorgungssystem ungefähr verdreifachen.

c) Andere Phänomene:

Weitere technische Phänomene, die bei elektrischen Anlagen für die Kompatibilität zwischen der Energieversorgung und dem Fahrzeugpark berücksichtigt werden müssen, sind:

- mehrfache Nulldurchgänge;
- Spannungsspitzen und -täler, transiente Vorgänge;
- Phasenänderungen der Versorgungsspannung;
- niederfrequente Schwingungen;
- Auftreten von vagabundierenden Gleichströmen (Streuströmen) an Schnittstellen von Gleich- und Wechselströmen.

Vom Standpunkt der leitungsgebundenen Störungen aus können die folgenden Effekte relevant sein:

- Radschleudern/-gleiten;
- Hilfsbetriebebelast;
- dynamische Ereignisse;
- vom Hilfsbetriebeumrichter herrührende Oberschwingungen;
- schlechte Qualität der Stromabnahme, z. B. durch Eis oder Frost;
- Unterbrechung der Energieversorgung (Stromschienenlücken von Gleichstrombahnen).

10.3 Abnahmeverfahren für neue Elemente

Bei der Einführung eines in 3.1.8 definierten neuen Elementes muss ein Abnahmeverfahren durchgeführt werden, indem eine Kompatibilitätsstudie nach 10.4 ausgeführt wird.

Die Kompatibilität zwischen vorhandenen Triebfahrzeugeinheiten bzw. der vorhandenen Energieversorgung und einem neuen Element/neuen Elementen muss im Hinblick auf die in 10.2 beschriebenen Phänomene geprüft werden.

Eingebundene Organisationen oder Parteien sind:

- der/die Eigentümer der vorhandenen Infrastruktur oder der Infrastrukturmanager;
- der/die Betreiber des bestehenden Verkehrs;
- der Käufer/Eigentümer neuer Triebfahrzeugeinheiten oder neuer Infrastruktureinrichtungen;
- der Hersteller/Lieferant neuer Triebfahrzeugeinheiten oder neuer Infrastruktureinrichtungen.

Eine allgemeine Spezifikation für den Fahrzeugpark oder die Energieversorgung, durch die in jeder Situation Überspannungen vermieden werden, müsste sehr konservativ sein und wäre nicht zu erfüllen. Daher muss ein wie in 10.4 beschriebener Prozess durchgeführt werden, um die Kompatibilität zu überprüfen (Kompatibilitätsstudie).

10.4 Kompatibilitätsstudie

Die Kompatibilitätsstudie bzw. der Kompatibilitätsnachweis ist ein Prozess zum Nachweisen der Kompatibilität des neuen Elementes (der neuen Bahnfahrzeuge oder des neuen Bauteils der Infrastruktur) mit den vorhandenen Triebfahrzeugeinheiten und dem vorhandenen Energieversorgungssystem. Dieser Prozess ist in [Bild 2](#) dargestellt und in [Tabelle 6](#) erläutert.

Der Umfang der durchzuführenden Arbeiten hängt vom Risiko bei der Integration des neuen Elements im Hinblick auf die in [10.2](#) beschriebenen Phänomene ab. Wenn die Integration erfahrungsgemäß risikolos ist, muss dies in dem Plan dokumentiert werden, der in diesem Fall der einzige Prozessschritt ist.

Der Ablaufplan ist sowohl für den Fahrzeugpark als auch für ortsfeste Komponenten der Energieversorgung anwendbar.

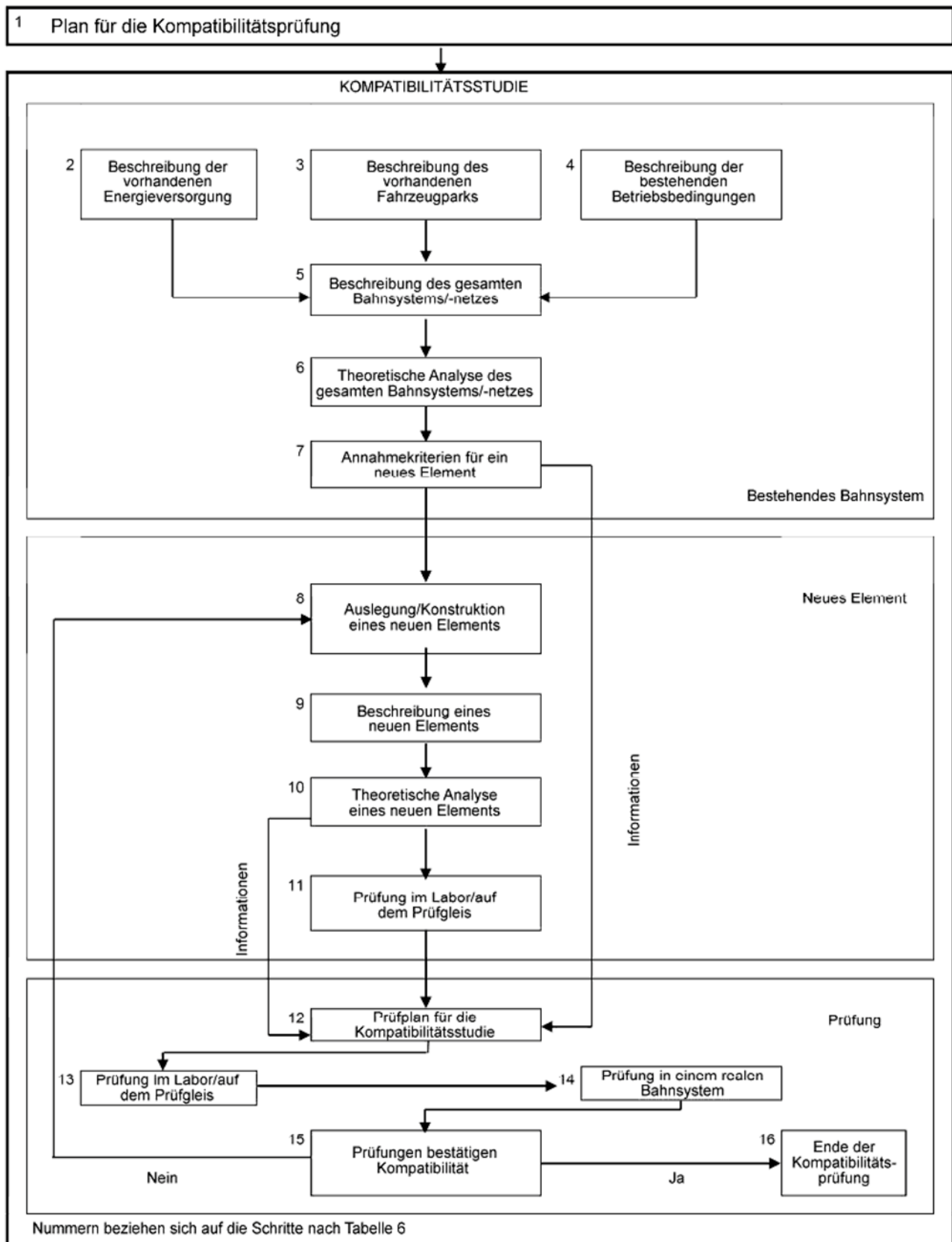


Bild 2 – Verfahren für eine Kompatibilitätsstudie für Oberschwingungen und dynamische Effekte

Tabelle 6 – Beschreibung der Schritte (1 von 3)

Nr.	Titel	Beschreibung	Verantwortliche Partei
1 ^a	Plan für die Kompatibilitätsprüfung	Der Plan für eine spezifische Kompatibilitätsprüfung bei Einführung eines neuen Elements in ein bestehendes Bahnsystem legt den Umfang der Analyse sowie die genauen Aufgaben und Verantwortlichkeiten fest. Der Plan muss zwischen allen Beteiligten vereinbart werden. Die Organisation, die die Änderung verursacht, ist zur Kompatibilitätsprüfung verpflichtet.	Für die Kompatibilitätsprüfung zuständige Organisation; Der Plan ist zwischen den in 10.3 festgelegten Beteiligten zu vereinbaren.
2	Beschreibung der vorhandenen Energieversorgung	Eigenschaften des vorhandenen Energieversorgungssystems, relevante Angaben zur Kompatibilität mit dem Fahrzeugpark (siehe prEN 50388-2, Anhang C). Normale Speiseschaltungen, Speiseschaltungen im Notfall Vorhandene Energieversorgung bedeutet auch künftige Infrastrukturänderungen, wenn der Infrastrukturmanager solche Änderungen vorsieht.	Infrastrukturmanager
3	Beschreibung des vorhandenen Fahrzeugparks	Eigenschaften des bereits im Netz betriebenen vorhandenen Fahrzeugparks, relevante Angaben zur Kompatibilität mit dem Energieversorgungssystem (siehe prEN 50388-2, Anhang C). Wenn ein künftiger Fahrzeugpark vorgesehen ist, darf die Studie diese auf Vorschlag des Infrastrukturmanagers einschließen.	Betreiber / Eigentümer des Fahrzeugparks
4	Beschreibung der bestehenden Betriebsbedingungen	Angaben über den Betrieb des bestehenden Systems: Anzahl der Zugeinheiten im Betrieb, typische Fahrpläne, normale Speiseschaltungen, Speiseschaltungen im Notfall Wenn künftige Betriebsbedingungen vorherzusehen sind, darf der Infrastrukturmanager diese in die Studie aufnehmen.	Infrastrukturmanager
5	Beschreibung des gesamten Bahnsystems/-netzes	Dies ist eine Kombination der Angaben zu den Schritten 2, 3 und 4. Es kann erforderlich werden, unterschiedliche Szenarien festzulegen.	Infrastrukturmanager
6	Theoretische Analyse des gesamten Bahnsystems/-netzes	Untersuchung der Kompatibilitätsaspekte für unterschiedliche Szenarien. In einem ersten Schritt: Bestätigung der Kompatibilität des bestehenden Systems. In einem zweiten Schritt: Prüfung eines möglichen neuen Elements. Wenn das neue Element eine Triebfahrzeugeinheit ist, muss die Studie die vorgesehene Höchstanzahl der Triebfahrzeugeinheiten auf dem überprüften Abschnitt der Infrastruktur berücksichtigen. Überprüfung der zur Aufrechterhaltung der Kompatibilität des Systems nötigen Eigenschaften	Infrastrukturmanager
7	Annahmekriterien für ein neues Element	Das Ergebnis der theoretischen Untersuchungen unter Schritt 6 sind besondere Annahmekriterien für das neue Element. prEN 50388-2, 10.2, enthält vordefinierte Annahmekriterien für bekannte Phänomene. Die besonderen Annahmekriterien müssen verständlich und messbar sein, wenn ein neues Element ausgelegt und geprüft wird. In Zukunft müssen diese Kriterien für alle Netze in identischer Weise aufgestellt werden.	Infrastrukturmanager

Tabelle 6 (2 von 3)

Nr.	Titel	Beschreibung	Verantwortliche Partei
8	Auslegung/Konstruktion eines neuen Elements	Auslegung eines neuen Elements, wobei auch die in Schritt 7 festgelegten Annahmekriterien zu beachten sind.	Lieferant des neuen Elements
9	Beschreibung eines neuen Elements	Das neue Element muss hinsichtlich seiner Kompatibilität mit anderen Fahrzeugen und Energieversorgungselementen modelliert werden. Dieses Modell muss nach einer Validierung nach Schritt 15 eine Änderung der Beschreibung des bestehenden Bahnsystems nach Schritt 2 und Schritt 3 erlauben.	Lieferant des neuen Elements
10	Theoretische Analyse eines neuen Elements	Zu einem frühen Zeitpunkt der Auslegung muss in einer theoretischen Analyse, z. B. unter Verwendung von Rechenmodellen, überprüft werden, dass das neue Element die Annahmekriterien erfüllen kann.	Lieferant des neuen Elements
11	Prüfung im Labor/auf dem Prüfgleis	Wenn die erste Einrichtung (Fahrzeug oder Energieversorgungs-ausrüstung) gebaut wird, muss diese im Labor oder auf einem Prüfgleis geprüft werden, um nachzuweisen, dass sie die in der theoretischen Analyse nach Schritt 10 vorhergesagten Annahmekriterien erfüllt. Diese Prüfreihe kann Teil der Typprüfung des neuen Elements sein.	Lieferant des neuen Elements
12 ^b	Prüfplan für die Kompatibilitätsstudie	Es muss ein Plan aufgestellt werden, um die Prüfungen festzulegen, die notwendig sind, um so weit wie möglich vernünftigerweise zu bestätigen, dass: 1) das neue Element die Annahmekriterien erfüllt; 2) sichergestellt ist, dass die Prüfungen die Wirklichkeit widerspiegeln. Die Prüfungen müssen auch die Richtigkeit von Simulationen nachweisen, die in Schritt 10 durchgeführt wurden, und müssen auf kritische Fälle begrenzt werden.	Die für die Kompatibilitätsstudie zuständige Organisation In Schritt 1 festzulegen.
13 ^b	Prüfung im Labor/auf dem Prüfgleis	Prüfungen werden im Labor oder auf dem Prüfgleis durchgeführt. Diese Prüfungen müssen nachweisen, dass die Annahmekriterien erfüllt sind. Nichterfüllung der Annahmekriterien bedeutet, dass das neue Element durch den Lieferanten abgeändert werden muss. Die Prüfreihe ist Teil der Typprüfung des neuen Elements. Die Prüfungen müssen auch die Richtigkeit von Simulationen nachweisen, die in Schritt 10 durchgeführt wurden, und müssen auf kritische Fälle begrenzt werden.	Die für die Kompatibilitätsstudie zuständige Organisation
14	Prüfung in einem realen Bahnsystem	Prüfungen im realen Bahnsystem müssen das Vertrauen schaffen, dass die Annahmekriterien ausreichen, um die Kompatibilität innerhalb des Systems nach der Einführung neuer Elemente zu garantieren. Falls diese Prüfungen Kompatibilitätsprobleme aufzeigen, obwohl die neue Einrichtung die Annahmekriterien erfüllt, und nach einer Überprüfung, dass die Prüfbedingungen mit den simulierten übereinstimmen, bedeutet dies, dass die Annahmekriterien nicht ausreichend sind. Wenn dies der Fall ist, muss ein iterativer Prozess zwischen den Vertretern der vorhandenen Infrastruktur und des vorhandenen Fahrzeugsparks stattfinden, um den erforderlichen Kompromiss zur Erreichung der Kompatibilität zu finden. Die Prüfreihe ist Teil der Typprüfung des neuen Elements. Die Prüfungen müssen auch die Richtigkeit von Simulationen nachweisen, die in Schritt 10 durchgeführt wurden, und müssen auf kritische Fälle begrenzt werden.	Die für die Kompatibilitätsstudie zuständige Organisation

Tabelle 6 (3 von 3)

Nr.	Titel	Beschreibung	Verantwortliche Partei
15	Prüfungen bestätigen Kompatibilität	Wenn beide Prüfreihe erfolgreich sind, ist die Kompatibilität des neuen Elements mit dem bestehenden System nachgewiesen. Dies muss in einem Kompatibilitätsbericht dokumentiert werden.	Die für die Kompatibilitätsstudie zuständige Organisation
16 ^c	Ende der Kompatibilitätsprüfung	Mit dem erfolgreichen Abschluss der Kompatibilitätsstudie wird das neue Element Teil des bestehenden Bahnsystems. Die Zuständigkeit für seine Kompatibilität liegt damit nicht länger beim Lieferanten des neuen Elements. Die Kompatibilitätsstudie ist abgeschlossen. Irgendwelche hiernach auftretenden Probleme sind Bestandteil von iterativen Arbeitsschritten zwischen den Beteiligten, um die erforderliche Lösung zur Erreichung der Kompatibilität zu finden.	Infrastrukturmanager
^a Die Bedeutung des Begriffes „neues Element“ ist in 3.1.8 angegeben. ^b Der Prüfplan definiert, ob sowohl Schritt 13 als auch Schritt 14 oder nur einer der beiden ausgeführt werden müssen. ^c Vom Standpunkt der Kompatibilität aus betrachtet.			

Das Ergebnis ist ein Dokument, das die theoretischen Analysen und messtechnischen Nachweise beschreibt und nachweist, dass die Fahrzeuge und die Infrastruktur in Bezug auf die Oberschwingungen und die dynamischen Effekte kompatibel sind.

10.5 Vorgehensweise und Annahmekriterien

Das übergeordnete Annahmekriterium für wiederkehrende Überspannungen (ohne Transienten) und für Stabilität ist, dass in 15 kV/16,7 Hz-Netzen keine Scheitelspannung größer als 30 kV und in 25 kV/50 Hz-Netzen keine Scheitelspannung größer als 50 kV an irgendeinem Punkt des Energieversorgungssystems an der Fahrleitung auftritt, wenn die in EN 50163 festgelegte Spannung U kleiner oder gleich $U_{\max 2}$ ist. Dieser Wert ist der Scheitelwert der verzerrten Spannungsschwingungsform.

Dies wird durch Simulation oder Messung auf den Zügen oder an bestimmten Punkten nachgewiesen.

Im Falle von 15 kV/16,7 Hz-Netzen dürfen die wiederkehrenden Scheitelspannungen mit Höchstwerten zwischen 28 kV und 30 kV nicht länger als 30 s dauern.

Im Falle von 25 kV/50 Hz-Netzen dürfen die wiederkehrenden Scheitelspannungen mit Höchstwerten zwischen 47 kV und 50 kV nicht länger als 30 s dauern.

ANMERKUNG 1 Für Gleichstromsysteme gibt es keine speziellen Erfahrungen mit Phänomenen der Systeminstabilität. Deshalb werden folgende Schätzwerte vorgeschlagen:

- für 0,75 kV-Bahnen sind 1,3 kV anzuwenden.
- für 1,5 kV-Bahnen sind 2,6 kV anzuwenden.
- für 3 kV-Bahnen sind 5,1 kV anzuwenden.

Diese Werte sind aus EN 50124-2:2001, Tabelle A.1, abgeleitet.

Diese Gesamtannahmekriterien sind in allen Fällen anwendbar.

Da die Gesamtannahmekriterien nur für das vollständige Energieversorgungssystem, einschließlich eines neuen Elements/neuer Elemente, angewandt werden können, ist es vorteilhaft, Auslegungsrichtlinien für das neue Element/die neuen Elemente anzugeben, die das Risiko des Versagens in der Kompatibilitätsstudie vermindern.

ANMERKUNG 2 Die vorgenannten Werte dienen nur der Festlegung eines Kriteriums zur Identifizierung von Kompatibilitätsproblemen, aber nicht der Festlegung von Werten für höchste zulässige Oberschwingungsüberspannungen bei Dauerbetrieb. Im Langzeitbetrieb führen die Werte im oben angegebenen Bereich zur Beeinträchtigung der Isolierung und/oder zu thermischen Beschädigungen von Komponenten der Infrastruktur und der Fahrzeuge. Im Kurzzeitbetrieb, aber mit periodischer Wiederkehr, führen solche Spannungen zu einer Verkürzung der Lebensdauer der Komponenten.

11 Schutzkoordination

11.1 Allgemeines

Schutzsysteme auf Triebfahrzeugeinheiten und in Unterwerken müssen kompatibel sein, siehe die nachfolgenden Unterabschnitte.

11.2 Kurzschlusschutz

Das Ausschaltvermögen des Leistungsschalters für ein bestimmtes Elektrifizierungssystem entscheidet, ob durch den Leistungsschalter der Triebfahrzeugeinheit Fehler beseitigt werden können. Tabelle 7 zeigt die höchsten Kurzschlussniveaus zwischen der Fahrleitung und der Schiene. Tabelle 8 zeigt die Handlungen für Fehler innerhalb einer Triebfahrzeugeinheit.

Tabelle 7 – Höchstes Kurzschlussniveau zwischen Fahrleitung und Schiene

Energieversorgungssystem	Unterwerk im Allgemeinen parallel geschaltet	Höchster erlaubter Fehlerstrom ^c
	Ja / Nein	kA
AC 25 000 V 50 Hz	Nein	15 ^a
AC 15 000 V 16,7 Hz	Ja	40
DC 3 000 V	Ja	50 (voraussichtlich dauerhaft) ^b
DC 1 500 V	Ja	100 (voraussichtlich dauerhaft) ^b
DC 750 V	Ja	125 (voraussichtlich dauerhaft) ^b

^a Der Wert von 12 kA wurde bisher allgemein akzeptiert.

^b Definition siehe EN 50123-1:2003, 3.2.12.

^c Die genannten höchsten Kurzschlussniveaus für Fehler zwischen der Fahrleitung und der Schiene sind ohne weitere Fehlerimpedanz wie der Widerstand der Fahrzeuge.

Tabelle 8 erläutert die Handlungen der Leistungsschalter; bei 15 kV/16,7 Hz-Netzen muss die in Tabelle 8 aufgeführte Regel für Leistungsschalter einer Triebfahrzeugeinheit als eine grundsätzliche Feststellung für interoperable Triebfahrzeugeinheiten erfüllt sein:

- wenn der Leistungsschalter der Triebfahrzeugeinheit das in Tabelle 7 festgelegte Ausschaltvermögen von größer oder gleich 40 kA aufweist, erfolgt die Auslösung in der Regel unmittelbar;
- wenn der Leistungsschalter der Triebfahrzeugeinheit ein Ausschaltvermögen von unter 40 kA aufweist, erfolgt die Auslösung in der Regel verspätet.

Der Infrastrukturmanager muss erlauben, dass jede Triebfahrzeugeinheit diese Regel befolgt, unabhängig vom höchsten Kurzschlussniveau seines Netzes.

Bei Triebfahrzeugeinheiten, die in Netzen mit einem niedrigeren Kurzschlussniveau betrieben werden, wird die Regel aufgrund einer Vereinbarung zwischen dem Infrastrukturmanager und dem Eigentümer/Betreiber der Triebfahrzeugeinheit festgelegt.

Eine Triebfahrzeugeinheit im regenerativen Modus muss ihren Leistungsschalter unmittelbar nach der Fehlererkennung und der Auslösung durch das Unterwerk auslösen; sie hört damit auf, alleine auf einen Fehler entlang der Strecke zu speisen.

Tabelle 8 – Handlungen der Leistungsschalter im Falle eines Fehlers innerhalb einer Triebfahrzeugeinheit

Energieversorgungssystem	Wenn auf einer Triebfahrzeugeinheit ein interner Fehler auftritt, ist die Auslöseabfolge für den:	
	Leistungsschalter des Unterwerkabzweigs	Leistungsschalter der Triebfahrzeugeinheit
AC 25 000 V 50 Hz	Sofortiges Auslösen	Sofortiges Auslösen
AC 15 000 V 16,7 Hz	Sofortiges Auslösen	<u>Primärseite des Transformators:</u> siehe obigen Text <u>Sekundärseite des Transformators:</u> Sofortiges Auslösen
DC 750 V, 1 500 V, 3 000 V	Sofortiges Auslösen	Sofortiges Auslösen

Bei Leistungsschaltern des Unterwerkabzweigs muss das Auslösen des Leistungsschalters sehr schnell erfolgen. Soweit möglich sollte der Leistungsschalter der Triebfahrzeugeinheit auslösen, um ein Auslösen des Leistungsschalters im Unterwerk zu vermeiden.

Neue und modernisierte Triebfahrzeugeinheiten sollten mit schnellen Leistungsschaltern ausgerüstet sein, die den Kurzschlussstrom in der kürzest möglichen Zeit abschalten können.

Sofortiges Auslösen bedeutet, dass bei hohem Kurzschlussstrom der Leistungsschalter im Unterwerk oder auf der Zugeinheit ohne zusätzliche Verzögerung wirken sollte. Wenn das Relais der ersten Stufe nicht schaltet, wird das Relais der zweiten Stufe (Reserveschutz-Relais) etwa 300 ms später schalten. Die Dauer des höchsten Kurzschlussstromes aus Sicht des Leistungsschalters im Unterwerk wird nachstehend für das Relais der ersten Stufe und bei Stand der Technik zur Information angegeben:

- für AC 15 000 V 16,7 Hz etwa 60 ms bis 100 ms;
- für AC 25 000 V, 50 Hz etwa 80 ms bis 120 ms;
- für DC 750 V, 1 500 V, 3 000 V etwa 20 ms bis 40 ms.

11.3 Einschalten oder automatisches Wiedereinschalten von Leistungsschaltern

Das Wiedereinschalten von Leistungsschaltern in Unterwerken und auf Triebfahrzeugeinheiten nach einer Abschaltung darf automatisch oder manuell erfolgen, um Fehler einzugrenzen, die Fahrleitungen wieder unter Spannung zu setzen und den Betrieb fortzusetzen. Die Unterwerke dürfen auch die Strecken auf Fehler prüfen als ein Teil des Setzens unter Spannung. Für die Koordination zwischen Unterwerken und Triebfahrzeugeinheiten gilt die folgende, in Bild 3 dargestellte Abfolge mit zeitlichen Spielräumen:

1. Das Unterwerk oder die Triebfahrzeugeinheit entdeckt und trennt Fehler durch das Auslösen seiner/ihrer Leistungsschalter entsprechend Tabelle 8.
2. Bei Ausfall der Fahrleitungsspannung dürfen die Leistungsschalter der Triebfahrzeugeinheit frühestens nach 0,5 s und müssen spätestens nach 3 s auslösen, erstens damit die zutreffenden Leistungsschalter des Unterwerks zuerst auslösen können und zweitens um einen Spielraum für deren automatisches Wiedereinschalten zu erlauben.

Siehe EN 50163:2004³⁾, 4.1, Anmerkung 2, für empfohlene Werte für das Auslösen bei Unterspannung.

3. Das Unterwerk darf das Wiedereinschalten frühestens 5 s nach dem Auslösen in Übereinstimmung mit Punkt 1 beginnen, um die Trennung aller Triebfahrzeugeinheiten zu erlauben. Das Einschalten darf direkt erfolgen oder eine Streckenprüfung umfassen.

³⁾ In den Ausführungen EN 50163:2004/A1:2007, EN 50163:2004/AC:2013 und EN 50163:2004/Berichtigung Mai 2010

ANMERKUNG Ein Beispiel von Streckenprüfungsverfahren ist die Verbindung über einen Prüf Widerstand oder eine elektronische Einrichtung.

4. Die Streckenprüfung und das Einschalten des Leistungsschalters des Unterwerks müssen spätestens 3 s nach dem Beginn abgeschlossen sein (in Übereinstimmung mit dem obigen Punkt 3), um einen zeitlichen Spielraum zu haben, bevor der Leistungsschalter der Triebfahrzeugeinheit wieder einschaltet.
5. Der Leistungsschalter der Triebfahrzeugeinheit darf frühestens 5 s nach der Wiederherstellung der Fahrleitungsspannung innerhalb der in EN 50163:2004⁴⁾, Abschnitt 4 (nicht-permanente Spannungen), festgelegten Grenzwerte mit dem Einschalten beginnen, um einen Spielraum zur Streckenprüfung durch das Unterwerk und zum Wiedereinschalten des Leistungsschalters des Unterwerks zu haben.

Diese Verzögerung gilt für alle Triebfahrzeugeinheiten, die für Interoperabilität vorgesehen sind, auch wenn die Streckenprüfung in einigen Netzen nicht verwendet wird.

Diese Verzögerung ist nicht erforderlich, wenn das Auslösen des Leistungsschalters der Triebfahrzeugeinheit nicht aus einem Ausfall der Fahrleitungsspannung herrührt, z. B. wenn eine Schutzstrecke nach Abschnitt 5 befahren wird.

6. Um die Einschaltströme der Triebfahrzeugeinheit zu mindern, gelten die Anforderungen in 11.4 für Wechselstrom-Triebfahrzeugeinheiten.

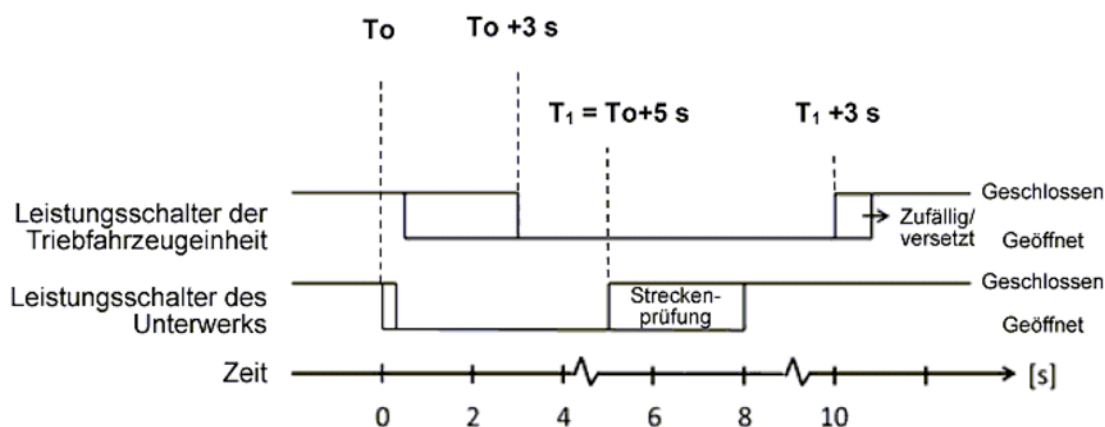


Bild 3 – Abfolge des Einschaltens und des automatischen Wiedereinschaltens

11.4 Höchster Einschaltstrom einer Wechselstrom-Triebfahrzeugeinheit

Um das Auslösen eines Unterwerks wegen eines Einschaltstroms zu vermeiden, muss der Spitzenwert des Einschaltstroms auf:

- 2,0 kA für 15 kV/16,7 Hz;
- 1,0 kA für 25 kV/50 Hz

begrenzt werden.

Dies ist der höchste Momentanstrom, der über einem Dachstromabnehmer bezogen werden darf.

Um einen hohen Einschaltstrom vom Unterwerk aus gesehen wegen gleichzeitigen Einschaltens von Leistungsschaltern eines identischen Typs von Triebfahrzeugeinheiten zu vermeiden, muss eine fahrzeugseitige Funktion eingebaut sein, die für das sukzessive Einschalten zufällige oder (nur bei manuellem Einschalten) versetzte Zeitverzögerungen innerhalb eines Bereich von Hunderten von Millisekunden (oder mehr) ermöglicht.

⁴⁾ In den Ausführungen EN 50163:2004/A1:2007, EN 50163:2004/AC:2013 und EN 50163:2004/Berichtigung Mai 2010

11.5 Gleichstromsysteme, transienter Strom während des Einschaltens

Diese Vorgabe gilt nur für Gleichstrom-Triebfahrzeugeinheiten, die mit einem Eingangsfiler, aber nicht mit einer Vorladeeinrichtung ausgestattet sind.

Wenn der Leistungsschalter einer Triebfahrzeugeinheit eingeschaltet wird, sollte der transiente Strom durch das Eingangsfiler (sofern vorhanden) nicht dazu führen, dass die Schutzeinrichtungen in den Unterwerken unnötigerweise ausgelöst werden. Die erforderlichen Angaben müssen beim jeweiligen Infrastrukturmanager erfragt werden, wenn fahrzeugseitige Filter ausgelegt werden.

Die Stromanstiegsgeschwindigkeit di/dt des transienten Stroms beim Einschalten des Leistungsschalters der Triebfahrzeugeinheit muss – bei einer Mindestinduktivität von Fahrleitung und Unterwerk von 2 mH – die folgende Anforderung erfüllen:

Unabhängig vom Wert von di/dt beim Einschalten des Leistungsschalters einer Triebfahrzeugeinheit muss di/dt innerhalb von 20 ms einen Wert unter 20 A/ms erreichen nach dem Zeitpunkt, bei dem di/dt 60 A/ms erreicht hat.

11.6 Annahmekriterien

Triebfahrzeugeinheiten müssen in Übereinstimmung mit den Anforderungen in 11.2, 11.3 11.4 (für Wechselstrom) und 11.5 (für Gleichstrom) ausgelegt werden.

Das Energieversorgungssystem muss die Anforderungen nach 11.2 und 11.3 erfüllen.

12 Nutzbremmung

12.1 Allgemeine Bedingungen für die Verwendung der Nutzbremmung

12.1.1 Bedingungen für die Triebfahrzeugeinheit

Zugmaschinen dürfen die Rückspeisung in die Fahrleitung nicht fortsetzen, wenn:

- ein Ausfall der Speisespannung in Folge eines Ausschaltens des Unterwerks/der Unterwerke vorliegt, um sicherzustellen, dass die Strecke vollständig spannungsfrei ist;
- ein Kurzschluss zwischen der Fahrleitung und der Fahrschiene/Erde im gleichen Speiseabschnitt des Unterwerks unter den in 11.2 und 11.3 beschriebenen Bedingungen auftritt;
- die Fahrleitungsspannung höher als $U_{\max 2}$ ist (siehe EN 50163⁵⁾:2004, 4.1), z. B. wenn das Energieversorgungssystem nicht in der Lage ist, die Energie über die Fahrleitung aufzunehmen.

Wenn andere Verbraucher die rückgespeiste Energie nicht aufnehmen können, müssen die Bahnfahrzeuge auf andere Bremssysteme zurückgreifen.

ANMERKUNG TSI LOC&PAs legt fest, dass Triebfahrzeugeinheiten die Nutzbremmung nicht verwenden dürfen, wenn diese auf einer Strecke nicht gestattet ist.

12.1.2 Bedingungen für das Energieversorgungssystem

Für Wechselstromstrecken muss das Energieversorgungssystem so ausgelegt sein, dass es die von den Zugmaschinen rückgespeiste Energie aufnehmen kann.

Für Gleichstromstrecken darf das Energieversorgungssystem so ausgelegt sein, dass es die von den Zugmaschinen rückgespeiste Energie aufnehmen kann. Wenn die Energie nicht durch andere Verbraucher des Bahnsystems aufgenommen werden kann, darf der Infrastrukturmanager das Energieversorgungsunternehmen

⁵⁾ In den Ausführungen EN 50163:2004/A1:2007, EN 50163:2004/AC:2013 und EN 50163:2004/Berichtigung Mai 2010

men darum bitten, Bremsenergie in das Energieversorgungsnetz zurückspeisen zu dürfen, oder er darf ein anderes System einsetzen, das die Energie aufnehmen kann.

Wenn für Wechsel- oder Gleichstromnetze eine Rückspeisung nicht zugelassen ist, muss dies im Infrastrukturregister vermerkt sein.

12.2 Verwendung der Nutzbremmung

[Tabelle 9](#) zeigt, wo Nutzbremmung derzeit durch Infrastrukturmanager im bestehenden europäischen Eisenbahnnetzwerk derzeit zugelassen ist.