

DIN EN 16185-1

ICS 45.040

**Bahnanwendungen –
Bremsysteme für Triebzüge –
Teil 1: Anforderungen und Definitionen;
Deutsche Fassung EN 16185-1:2014**

Railway applications –
Braking systems of multiple unit trains –
Part 1: Requirements and definitions;
German version EN 16185-1:2014

Applications ferroviaires –
Systèmes de freinage pour trains automoteurs –
Partie 1: Exigences et définitions;
Version allemande EN 16185-1:2014

Gesamtumfang 62 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16185-1:2014) wurde unter Federführung der WG 47 „Bremse“ (Vorsitz: Deutschland) des CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Arbeitsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 087-00-03 AA „Bremse“ des DIN-Normenausschusses Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Dieses Dokument beruht auf der Grundlage einer englischen Referenzfassung.

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen —
Bremsysteme für Triebzüge —
Teil 1: Anforderungen und Definitionen**

Railway applications —
Braking systems of multiple unit trains —
Part 1: Requirements and definitions

Applications ferroviaires —
Systèmes de freinage pour trains automoteurs —
Partie 1: Exigences et définitions

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. Oktober 2014 angenommen.

Die CEN-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 Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute 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.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

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

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Gestaltungsgrundsätze	10
5.1 Allgemeine Anforderungen	10
5.1.1 Sicherheit	10
5.1.2 Brandschutz	12
5.1.3 Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit	12
5.1.4 Umgebungsbedingungen	12
5.1.5 Zugkonfigurationen	12
5.1.6 Höchstgeschwindigkeit und Streckenparameter	12
5.1.7 Kuppelbarkeit	13
5.1.8 Gleislängskräfte	13
5.1.9 EMV	13
5.1.10 Betrieb in sehr langen Tunneln	13
5.2 Arten der Bremsausrüstung	13
5.2.1 Grundsätzliche Architektur für EMU/DMU-Bremsen	13
5.2.2 Dynamische Bremsen	14
5.2.3 Reibungsbremsen	14
5.2.4 Magnetschienenbremsen	15
5.2.5 Nicht konventionelle Bremsen	15
5.3 Dynamische Bremsen	15
5.3.1 Elektrodynamische Bremsen	15
5.3.2 Ansteuerung der elektrodynamischen Bremsen	16
5.3.3 Bremswiderstände	17
5.3.4 Hydrodynamische/hydrostatische Bremsen	17
5.4 Reibungsbremsen	17
5.4.1 Allgemeines	17
5.4.2 Anforderungen an die Bremssteuerung	18
5.4.3 Einbau der Bremsausrüstung	22
5.4.4 Dichtheit	22
5.4.5 Mechanische Bauteile/Drehgestellausrüstung	23
5.5 Wirbelstrombremse	24
5.6 Magnetschienenbremse	24
5.7 Nicht konventionelle Bremssysteme	24
5.8 Schnell-/Notbremskonzept	24
5.8.1 Allgemeine Architektur	24
5.8.2 Anforderungsphase	26
5.8.3 Erfassung und Verteilung von Bremssteuersignalen	28
5.9 Betriebsbremsung	29
5.9.1 Bremsmanagement — Bremsenblending	29
5.9.2 Bremsbefehl	30
5.9.3 Signalverarbeitung	31
5.9.4 ATC Automatische Zugsteuerung	32
5.9.5 Kombiniertes Bremsen über zwei Bedienhebel	32

5.9.6	Ruck/Übergänge	32
5.9.7	Kuppeln/Entkuppeln.....	33
5.10	Gleitschutz	33
5.10.1	Allgemeines	33
5.10.2	Gleitschutzanlage	33
5.11	Bremsfunktionen zur Stillstandssicherung des Zuges	35
5.11.1	Allgemeines	35
5.11.2	Haltebremse	35
5.11.3	Festhaltebremse	35
5.11.4	Feststellbremse	35
5.12	Anordnung der Steuereinrichtungen	37
5.12.1	Führerraum	37
5.12.2	Bedienelemente außerhalb des Führerraumes	38
5.13	Ausfallüberwachung und Diagnose	39
5.13.1	Bremsanzeigevorrichtungen	39
5.13.2	Diagnosesystem	40
5.14	Bremsprobe durch den Triebfahrzeugführer	42
5.14.1	Allgemeines	42
5.14.2	Regelmäßige vereinfachte Bremsprobe.....	42
5.14.3	Volle Bremsprobe	43
5.14.4	Durchführung der Bremsproben	44
5.15	Energieversorgung.....	45
5.15.1	Druckluftversorgung	45
5.15.2	Elektrische Energieversorgung	45
5.16	Verbesserung des Kraftschlusses Rad/Schiene.....	45
5.17	Instandhaltung.....	46
6	Bremsleistung.....	47
6.1	Allgemeines	47
6.2	Schnell-/Notbremsung	47
6.2.1	Allgemeines	47
6.2.2	Besonderheiten nationaler Strecken.....	48
6.3	Betriebsbremsung	48
6.4	Thermische Anforderungen	48
6.5	Kraftschlusswerte	49
Anhang A (normativ) Kategorien der Bremsleistung.....		50
Anhang B (informativ) Erläuterungen zum Konzept der „bewährten Auslegung“		53
Anhang C (normativ) Mindest-Biegeradien für Stahlrohre.....		54
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG		55
Literaturhinweise		60

Vorwort

Dieses Dokument (EN 16185-1:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2015, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2015 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.

Zum Zusammenhang mit der EU-Richtlinie 2008/57/EG siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Diese Europäische Normenreihe *Bahnanwendungen — Bremssysteme für Triebzüge* besteht aus:

- *Teil 1: Anforderungen und Definitionen*
- *Teil 2: Prüfverfahren*

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm beschreibt Funktionalität, Einschränkungen, Leistung und Betrieb eines Bremsystems für den Einsatz in selbstfahrenden Zügen mit thermischem oder elektrischem Antrieb, die auf Strecken des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems betrieben werden.

Diese Europäische Norm gilt für:

- alle neuen Fahrzeugbauarten von selbstfahrenden Zügen mit thermischem oder elektrischem Antrieb, die bei einer Höchstgeschwindigkeit bis 200 km/h betrieben werden, im Folgenden vereinfachend EMUs/DMUs genannt;
- alle größeren Grundüberholungen der vorstehend aufgeführten Fahrzeuge, wenn diese Neukonstruktionen oder umfassende Änderungen des Bremssystems des betreffenden Fahrzeugs mit einschließen.

Diese Norm gilt nicht für:

- lokbespannte Züge, die in EN 14198 festgelegt sind;
- Fahrzeuge des öffentlichen Nahverkehrs, die in EN 13452-1 festgelegt sind;
- Hochgeschwindigkeitszüge, die bei Geschwindigkeiten über 200 km/h betrieben werden und in EN 15734-1 festgelegt sind.

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 837-1:1996, *Druckmessgeräte — Teil 1: Druckmessgeräte mit Rohrfedern — Maße, Messtechnik, Anforderungen und Prüfung*

EN 854, *Gummischläuche und -schlauchleitungen — Hydraulikschläuche mit Textileinlage — Spezifikation*

EN 10220, *Nahtlose und geschweißte Stahlrohre — Allgemeine Tabellen für Maße und längenbezogene Masse*

EN 10305-4, *Präzisionsstahlrohre — Technische Lieferbedingungen — Teil 4: Nahtlose kaltgezogene Rohre für Hydraulik- und Pneumatik-Druckleitungen*

EN 10305-6, *Präzisionsstahlrohre — Technische Lieferbedingungen — Teil 6: Geschweißte kaltgezogene Rohre für Hydraulik- und Pneumatik-Druckleitungen*

EN 13749, *Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Festlegungsverfahren für Festigkeitsanforderungen an Drehgestellrahmen*

EN 14198, *Bahnanwendungen — Bremsen — Anforderungen für die Bremsausrüstung lokbespannter Züge*

EN 14478:2005, *Bahnanwendungen — Bremsen — Oberbegriffe*

EN 14535-1, *Bahnanwendungen — Bremsscheiben für Schienenfahrzeuge — Teil 1: Wellenbremsscheiben, aufgepresst oder geschrumpft, Abmessungen und Qualitätsanforderungen*

EN 14535-2, *Bahnanwendungen — Bremsscheiben für Schienenfahrzeuge — Teil 2: Bremsscheiben, die an einem Rad befestigt werden, Abmessungen und Qualitätsanforderungen*

EN 15020, *Bahnanwendungen — Abschleppkupplung — Leistungsanforderungen, spezifische Schnittstellengeometrie und Prüfverfahren*

EN 15179, *Bahnanwendungen — Bremsen — Anforderungen für die Bremsausrüstung von Reisezugwagen*

EN 15220-1, *Bahnanwendungen — Bremsanzeigevorrichtungen — Teil 1: Pneumatische Bremsanzeiger*

EN 15273-2, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 2: Fahrzeugbegrenzungslinien*

EN 15355, *Bahnanwendungen — Bremse — Steuerventile und Bremsabsperreinrichtungen*

EN 15566, *Bahnanwendungen — Schienenfahrzeuge — Zugeinrichtung und Schraubenkupplung*

EN 15595, *Bahnanwendungen — Bremse — Gleitschutz*

EN 15611, *Bahnanwendungen — Bremse — Relaisventile*

EN 15663, *Bahnanwendungen — Definition der Fahrzeugreferenzmassen*

EN 15734-1:2010¹⁾ *Bahnanwendungen — Bremssysteme für Hochgeschwindigkeitszüge — Teil 1: Anforderungen und Definitionen*

EN 16185-2, *Bahnanwendungen — Bremssysteme für Triebzüge — Teil 2: Prüfverfahren*

EN 16207, *Bahnanwendungen — Bremse — Anforderungen an die Funktion und Leistungsfähigkeit von Magnetschienenbremssystemen für Schienenfahrzeuge*

EN 16334, *Bahnanwendungen — Fahrgastalarmsystem — Systemanforderungen*

EN 45545 (alle Teile), *Bahnanwendungen — Brandschutz in Schienenfahrzeugen*

EN 50121-3-1, *Bahnanwendungen — Elektromagnetische Verträglichkeit — Teil 3-1: Bahnfahrzeuge — Zug und gesamtes Fahrzeug*

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

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

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

EN 50163, *Bahnanwendungen — Speisespannungen von Bahnnetzen*

EN 50553, *Bahnanwendungen — Anforderungen an die Fahrfähigkeit im Brandfall an Bord von Bahnfahrzeugen*

UIC 541-1, *Bremse — Vorschriften für den Bau der verschiedenen Bremssteile*

UIC 541-3, *Bremse — Scheibenbremse und ihre Anwendung — Allgemeine Bedingungen für die Zulassung von Bremsbelägen*

UIC 541-4, *Bremse — Bremsen mit Bremsklotzsohlen aus Verbundstoff — Allgemeine Bedingungen für die Zertifizierung von Verbundstoffbremsklotzsohlen*

UIC 544-1, *Bremse — Bremsleistung*

UIC 557, *Diagnosetechnik in Reisezugwagen*

¹⁾ Dieses Dokument unterliegt derzeit der Berichtigung EN 15734-1:2010/AC:2013.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 14478 und die folgenden Begriffe.

3.1

aktiver Führerraum

besetzter Führerstand

einzelner Führerraum eines Zugverbandes, in dem die Traktion und die Betriebsbremsung gesteuert werden und bei dem es sich üblicherweise um den vorderen Führerraum handelt

3.2

Bremsenblending

geregelter Kombination von Bremskräften aus verschiedenen Bremskrafterzeugungssystemen

3.3

Bremshundertstel

Bremsleistung nach UIC 544-1

3.4

Sicherheitsfahrschaltung (Sifa)

Schnittstelle zwischen Bremssteuerung und Triebfahrzeugführer, durch die die Wachsamkeit ständig durch aktive Handlungen geprüft wird

[QUELLE: EN 14478:2005, 4.9.3.1]

3.5

dynamische Bremse

Bremse, in der die Bremskraft durch die Bewegung des Fahrzeugs oder seiner funktionalen Bestandteile, nicht durch Reibung, erzeugt wird

3.6

Schnellbremsschleife

EBL

spezielle Sicherheitsschleife, die der Auslösung einer Schnell-/Notbremsung dient

3.7

ep-Bremse

ep-Zusatz-Bremse

elektrisch gesteuertes Zusatzsystem zum lokalen Entlüften und Füllen der Hauptluftleitung

3.8

direkt wirkende ep-Bremse

durchgehendes Bremssystem, das durch elektrische Befehlssignale direkt die Bremsen anlegt und löst

3.9

Haltebremse

Betriebsbremsung mit der Absicht, einen Zug für eine begrenzte Zeit an der Bewegung zu hindern

3.10

lokale Steuereinheit

Steuereinheit, die auf einer tieferen Ebene als dem Triebwagen auf ein System wirkt (beispielsweise auf ein Drehgestell oder die Fahrzeugbasis)

3.11

Vorsteuerdruckkreis

Druckkreis, der mittels kleinerer Bauteile einen begrenzten Volumenstrom regelt, der nachfolgend wieder verstärkt wird

3.12

Referenzgeschwindigkeit

Signal, das durch das Gleitschutzsystem erzeugt und im Allgemeinen als Teil des Algorithmus für den Vergleichsratsatz für den Vergleich mit der Momentangeschwindigkeit des Ratsatzes als Hinweis auf die Zuggeschwindigkeit genutzt wird

3.13

regeneratives Bremsen (Modus des elektro-dynamischen Bremsens)

Umwandlung der Bremsenergie in elektrische Energie und Erzeugung eines Energieflusses in der Hauptenergieversorgung

3.14

rheostatisches Bremsen (Modus des elektro-dynamischen Bremsens)

Umwandlung von Bremsenergie in elektrische Energie und Ableitung der elektrischen Energie in einen Widerstand

3.15

Sicherheitsschleife

festverlegte elektrische Schleife nach dem „energize to release“- (Ruhestrom-) Prinzip

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Sicherheitsschleife darf sowohl auf der Fahrzeugebene als auch auf der Zugebene angewendet werden. Diese Europäische Norm legt eine zugweite Funktionalität zugrunde. Beispiele für Sicherheitsschleifen sind:

- Schnellbremsschleife;
- Fahrgastalarmgriff;
- Traktionssperre in Abhängigkeit vom Türstatus.

3.16

bremstechnische Höchstmasse

Beladungszustand, der höchstens der „Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung“ nach EN 15663 entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn ein Beladungszustand betrachtet wird, der unterhalb der „Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung“ liegt, muss dies in der Fahrzeugdokumentation begründet und angegeben werden.

Die bremstechnische Höchstmasse beruht zusätzlich zur normalen Last auf der maximal erwarteten Dichte der stehenden Fahrgäste an Bord und ist für jedes Projekt festgelegt. Zu diesem Zweck sollten die folgenden Kategorien betrachtet werden:

- 1) 0 kg/m² für die Stehfläche von Zügen mit begrenztem Sitzplatzreservierungssystem, d. h. keine stehenden Fahrgäste;
- 2) 160 kg/m² für die Stehfläche von Langstreckenzügen;
- 3) 300 kg/m² für die Stehfläche von Zügen, die intensiv bei mittlerem Volumen an Fahrgästen betrieben werden (z. B. Regionalzüge);
- 4) 500 kg/m² für die Stehfläche von Zügen, die intensiv bei hohem Volumen an Fahrgästen betrieben werden (beispielsweise in Innenstädten und Vororten, z. B. Pariser RER-Netz, Berliner Gleichstromnetz, London).

Alle weiteren Bedingungen (belegte Sitzplätze, Gepäckbereiche usw.) entsprechen der Definition der Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung nach EN 15663.

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten folgende Symbole, Einheiten und Abkürzungen:

HLL	Hauptluftleitung
BSE	Bremssteuereinheit
C	Bremszylinder (en: Brake cylinder)
CR	konventionelle Schiene (en: Conventional rail)
DMU	Triebzug mit Dieselantrieb (en: Diesel multiple unit)
SBS	Schnellbremsschleife
Wb-Bremse	Wirbelstrombremse
EMV	elektromagnetische Verträglichkeit
EMU	Triebzug mit elektrischem Antrieb (en: Electrical multiple unit)
ETCS	Europäisches Zugsteuersystem (en: European Train Control System)
CCS	Steuerung, Befehls- und Signalgebung (en: Control, Command and Signalling)
H	hydrodynamische/hydrostatische Bremse
IM	Infrastrukturbetreiber (en: Infrastructure Manager)
MMI	Mensch-Maschine Schnittstelle (en: Man-machine interface)
HBL	Hauptluftbehälterleitung
Mg-Bremse	Magnetschienenbremse
RST	Schienenfahrzeug (en: Rolling stock)
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen (Zugbetreiber)
SRT	Sicherheit in Eisenbahntunneln (en: Safety in Railway Tunnels)
TEN	konventionelles transeuropäisches Eisenbahnnetz (en: Trans European Conventional rail network)
TSI	Technische Spezifikation für die Interoperabilität
GS	Gleitschutz
λ	Bremshundertstel (Effective braking power)

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa} = 10^{-1} \text{ MPa}$$

5 Gestaltungsgrundsätze

5.1 Allgemeine Anforderungen

5.1.1 Sicherheit

Bremssysteme müssen unter der Voraussetzung der sachgerechten Bedienung und Wartung des Systems durch den Betreiber den folgenden Merkmalen entsprechen:

- a) Bremsleistung nach Abschnitt 6;
- b) Gestaltungsgrundsätze entsprechend den Anforderungen dieser Europäischen Norm;
- c) Gestaltungsgrundsätze, die in den in Abschnitt 2 in Bezug genommenen Normen zu Bremssystemen aufgeführt sind;
- d) Einhaltung der festgelegten Auswirkungen auf das Gleis nach 5.1.9 und 5.5.

Im Zuge der Systemauslegung sind die folgenden Risiken zu betrachten und zu behandeln. Dabei sind mindestens die folgenden Gefährdungen zu berücksichtigen.

- e) die aufgebrachte Bremskraft liegt oberhalb des maximalen Auslegungsgrades:
 - 1) Auswirkung auf stehende Fahrgäste;

ANMERKUNG Bisher sind keine Grenzwerte zum Schutz von Fahrgästen festgelegt.

- 2) Auswirkung auf die Gleislagekräfte;
 - 3) ausgeprägter Ruck;
 - 4) signifikante Schädigung der Radlaufflächen;
- f) die Bremsleistung ist geringer als die angeforderte Bremshöhe:
 - 1) Fortbestand der Traktionswirkung auf den Zug bei anstehendem Schnell-/Notbremsbefehl;
 - 2) erforderliche Schnell-/Notbremsleistung nicht erreicht;
 - 3) erforderliche Feststellbremsleistung nicht erreicht;
- g) trotz Bremsanforderung wird keine Bremskraft entwickelt:
 - 1) die angeforderte Schnell-/Notbremsung wird nicht zugweit wirksam;
 - 2) die selbsttätige (Schnell-/Not-)Bremsung wird bei einer unbeabsichtigten Zugtrennung (Verlust der Zugintegrität) nicht ausgelöst;
 - 3) Feststellbremse: Verlust der Leistung über die Zeit;
- h) Bremskraft wird entwickelt, obwohl keine Bremsanforderung ansteht:
 - 1) unbeabsichtigte lokale Bremsbetätigung (pneumatische oder Feststellbremse);
 - 2) blockierte Welle bleibt unbemerkt;
- i) Bremskomponentenausfälle, die zum Tode oder zu Verletzungen oder zu Schäden am Zug oder der Infrastruktur führen können, z. B. Entgleisung.

Die Gefährdungen in der vorstehenden Liste sind nach EN 50126 (alle Teile) zu beurteilen.

Rückschließend aus den vorstehend aufgeführten Gefährdungen muss die Schnell-/Notbremse einen hohen Integritätsgrad besitzen und stets verfügbar sein, wenn das Bremssystem betriebsbereit ist; die Betriebsbremse hingegen braucht, auch wenn sie teilweise auf dieselben Teilsysteme und Komponenten usw. wie die Schnell-/Notbremse zugreift, nicht den gleichen Grad an Integrität zu erreichen. Dennoch muss die Betriebsbremse so ausgelegt sein, dass folgende Anforderungen erfüllt werden:

- j) die Betriebsbremsung muss im gesamten Zug wirksam werden, wenn sie angefordert wird;
- k) unabhängig von der Betriebsbremsung:
 - 1) muss es für den Triebfahrzeugführer möglich sein, unverzüglich eine Schnell-/Notbremsung mittels desselben Hebels, wie er für die Betriebsbremsung eingesetzt wird, oder einer sonstigen unabhängigen Vorrichtung einleiten zu können;
 - 2) muss das Zugsicherungssystem (technische Zugbeeinflussung) eine Schnell-/Notbremsung auslösen können;
- l) Veranlassung einer Traktionssperre im gesamten Zug bei bestehender Betriebsbremsanforderung;
- m) Bereitstellung einer Betriebsbremskraftstufe in der geforderten Höhe.

Die geforderten Bremsleistungshöhen für verschiedene EMU/DMU-Kategorien sind in Abschnitt 6 und Anhang A angegeben. Der Nachweis dieser Leistungsstufen und der Sicherheit des Bremssystems muss vollständig nach EN 16185-2 erbracht werden.

Ein Bremssystem, das als sicher angesehen wird, muss durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet sein:

- n) ein durchgehendes, selbsttätiges und unerschöpfbares Bremssystem;
- o) eine Bremsleitung nach dem Ruhestrom-Prinzip, mindestens für die Schnell-/Notbremsung;
- p) dezentralisierte Bremskrafterzeuger, die unter Nutzung lokal gespeicherter Energie die Bremskräfte entwickeln;
- q) bewährte Auslegungsbauteile, siehe Anhang B.

Ein anerkannter Maßstab für das Sicherheitsniveau eines Bremssystems ist die UIC-Architektur, wie in EN 14198 beschrieben.

Wenn andere Systemarchitekturen gewählt werden, müssen sie die Anforderungen n) bis q) in entsprechender Weise erfüllen.

Die verwendeten Bauteile müssen während ihrer gesamten Betriebsdauer jeglichen erwarteten Beanspruchungen standhalten. Die Sicherheitsauswirkungen jeglicher Versagensfälle sind durch geeignete Mittel zu begrenzen, wie in dieser Europäischen Norm beschrieben.

Einzelausfälle dürfen keine relevanten Fehlfunktionen hinsichtlich einer Schnell-/Notbremsung nach sich ziehen. Dies bedeutet:

- r) Funktionen auf Zugebene (nach EN 14198) sind nach dem Ruhestrom-Prinzip auszuführen;
- s) sicherheitsrelevante Funktionen auf Zugebene müssen Redundanz oder eine Backup-Funktion für alle elektrischen Befehlswege der Schnell-/Notbremsauslösung aufweisen;
- t) die Mensch-Maschine-Schnittstelle muss mindestens zwei getrennte Hilfsmittel zur Anforderung einer Schnell-/Notbremsung aufweisen;
- u) Fehlfunktionen auf lokaler Ebene (nach EN 14198) sind annehmbar, solange der Verlust einer lokalen Funktion auf ein annehmbares Maß begrenzt wird (z. B. durch das Vorhandensein einer ausreichenden Anzahl unabhängiger Bremsseinheiten im Zug).

Die einwandfreie Funktionalität des Bremssystems wird auch von der Auslegung der Verrohrung und der Bauteile nach 5.4.4 beeinflusst.

5.1.2 Brandschutz

Das Bremssystem muss gegen die Auswirkungen von Feuer geschützt sein und darf keine giftigen Dämpfe abgeben. Dies muss durch die Auswahl geeigneter Werkstoffe sowie durch eine geeignete Systemarchitektur und Einbaukonstruktion sichergestellt werden.

Das Bremssystem muss mit den Brandschutzbestimmungen für Schienenfahrzeuge nach EN 45545 (alle Teile) übereinstimmen.

Die Lauffähigkeit im Brandfall muss ebenfalls sichergestellt sein. Dies ist durch Einhaltung der Anforderungen nach EN 50553 zu erreichen.

5.1.3 Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit

Um den grundlegenden Anforderungen an Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit zu entsprechen, sind die Anforderungen nach 5.13 und 5.17 zu erfüllen.

5.1.4 Umgebungsbedingungen

Die Fahrzeuge und die an Bord eingebauten Betriebsmittel müssen unter den in EN 50125-1 festgelegten Bedingungen einsatzbereit sein. Sie müssen in den Klimazonen, für die sie vorgesehen sind und in denen sie zum Einsatz kommen, ordnungsgemäß funktionieren.

Für bestimmte Strecken können zusätzliche Anforderungen erforderlich sein, z. B. für die skandinavischen Länder.

5.1.5 Zugkonfigurationen

EMUs/DMUs können konfiguriert sein als:

- feststehende Formationen mit über die einzelnen Fahrzeuge verteilter Traktionsausrüstung oder Züge mit Antriebseinheit (mindestens einer) und zusätzlichen Fahrzeugen ohne Traktionsausrüstung;
- feststehende Zugformationen aus Einzelfahrzeugen oder Gliederzügen;
- Einzelfahrzeuge, auch bekannt als Triebwagen;
- Züge mit oder ohne Neigetechnik;
- ein- oder doppelstöckige Züge.

EMUs/DMUs mit der gleichen Bremssteuerarchitektur dürfen zu Zugverbänden verbunden werden, dabei müssen sie sich bremstechnisch genauso verhalten wie einzelne Einheiten.

Die maximale Zuglänge, über die die Funktionalität und die Leistungsmerkmale des Bremssystems erfüllt sein müssen, muss festgelegt werden. Sofern nicht anders definiert, sollte ein mindestens 200 m langer Zugverband berücksichtigt werden.

5.1.6 Höchstgeschwindigkeit und Streckenparameter

Das konventionelle Schienennetz umfasst Strecken unterschiedlicher Merkmale, bestimmt durch die topographischen Gegebenheiten, die Gleisparameter, die signaltechnische Ausrüstung usw. Die Streckenbedingungen, unter denen der Zug betrieben wird, sind festzulegen.

5.1.7 Kuppelbarkeit

EMUs/DMUs derselben Bauart müssen an beiden Enden einer Einheit mit Kupplungen ausgestattet sein, um die pneumatischen, elektrischen und elektronischen oder sonstigen Verbindungen für die Bremssteuerung bereitzustellen und sie müssen volle Bremsfunktionalität bieten. Dies kann erreicht werden durch:

- 1) eine vollautomatische Kupplung, die die volle Funktionalität sicherstellt (bevorzugte Variante);
- 2) eine Kombination von automatischer und manueller Kupplung oder
- 3) eine komplett manuelle Kupplung.

Wenn Züge verschiedener Bauarten miteinander gekuppelt werden, bietet die pneumatische Verbindung möglicherweise eine ausreichende Funktionalität des Bremssystems, damit eine liegengebliebene Einheit ohne Adapter durch eine andere interoperable Einheit abgeschleppt werden kann. In diesem Fall können betriebliche Einschränkungen auftreten, wenn der Betrieb ausschließlich mit der pneumatischen Bremse erfolgt; das EVU muss die Funktions- und Leistungsmerkmale des Bremssystems festlegen.

Für Bergungszwecke mit einem konventionellen Triebfahrzeug mit Zughaken nach EN 15566 muss ein spezieller Adapter z. B. nach EN 15020 vorhanden sein.

Zugverbände, die mit einer UIC-Bremse ausgestattet sind, brauchen keine bordeigene Elektroenergieversorgung bzw. müssen nicht durch den Bergungszug oder die Bergungslokomotive mit elektrischer Energie versorgt werden. Züge, deren Bremssystem nicht mit der UIC-Hauptluftleitung kompatibel ist, müssen reagieren, als wäre eine UIC-Hauptluftleitung vorhanden, und es kann eine bordeigene Elektroenergieversorgung erforderlich sein. In beiden Fällen erfolgt die Kommunikation der Bremsanforderung über die Hauptluftleitung zur Einheit, und der zu bergende Zugverband muss in Form einer proportionalen Bremskraft reagieren.

Die empfohlene Mindestbergungsgeschwindigkeit beträgt 100 km/h.

5.1.8 Gleislängskräfte

Die maximale von der Bremsausrüstung auf das Gleis ausgeübte Längskraft muss stets unterhalb der Kraft liegen, die bei einer Beschleunigung oder Verzögerung von $2,5 \text{ m/s}^2$ entstehen würde.

5.1.9 EMV

Die Bremsausrüstung muss die zutreffenden Anforderungen der EN 50121-3-1 und/oder EN 50121-3-2 in Bezug auf die EMV erfüllen.

Eine CE-Kennzeichnung ist nicht erforderlich.

5.1.10 Betrieb in sehr langen Tunneln

Die Bremsenauslegung muss die besonderen Sicherheitsanforderungen in sehr langen Tunneln berücksichtigen, wie in der SRT TSI festgelegt.

Dies sollte durch Erfüllung der Anforderungen nach EN 50553 erreicht werden.

5.2 Arten der Bremsausrüstung

5.2.1 Grundsätzliche Architektur für EMU/DMU-Bremsen

EMUs/DMUs sollten mit verschleißfreien Bremsen ausgestattet sein und diese Bremsen sollten eine vorrangige Rolle bei der Auslegung des Bremskonzepts spielen. Dies kann durch den Einsatz dynamischer Bremsen erreicht werden.

5.2.2 Dynamische Bremsen

Einsetzbare dynamische Bremsen sind:

die elektro-dynamische Bremse, d. h. Betrieb der Fahrmotoren im Generatorbetrieb:

- die eine Verzögerungskraft an der Schnittstelle zwischen Rad und Schiene aufbaut;
- die vorzugsweise die erzeugte Bremsenergie in die Hauptenergieversorgung zurückspeist, was als regenerative Betriebsart bezeichnet wird;
- die eine Verzögerungskraft aufbaut, die die Bremsenergie, unabhängig von der Hauptenergieversorgung, in ausreichend bemessene Bremswiderstände ableitet, was als rheostatische Betriebsart bezeichnet wird;
- ein Blending zwischen regenerativer und rheostatischer Bremsart darf in Betracht gezogen werden, sofern die Zuverlässigkeit der Funktion nachgewiesen werden kann, insbesondere dann, wenn diese Betriebsart auch für Schnell-/Notbremsungen genutzt wird.

Folgende betriebliche Einsätze sind zulässig:

- Anwendung nur bei Betriebsbremsungen, keine Anwendung in Notfällen;
- Anwendung bei Betriebsbremsungen, Anwendung in Notfällen, nicht jedoch berücksichtigt bei der Berechnung des Bremsvermögens;
- Anwendung bei Betriebsbremsungen, Anwendung in Notfällen und berücksichtigt bei der Berechnung des Bremsvermögens.

Wenn die regenerative Bremsung bei der Berechnung des Schnell-/Notbremsvermögens berücksichtigt wird, müssen die Auswirkungen des Fehlens der externen Energiezufuhr berücksichtigt und behandelt werden.

Wenn die rheostatische Bremsung bei der Berechnung des Schnell-/Notbremsvermögens berücksichtigt wird, muss der Widerstand über eine ausreichende thermische Kapazität verfügen, um nach der wichtigsten Betriebsbremsanforderung eine Schnell-/Notbremsung vorzunehmen und der Steuerbefehl muss als ausreichend zuverlässig und sicher angesehen werden. Die Leistung einer derartigen dynamischen Bremse darf weder von der Rückkehr von Energie in das Netz noch von der Aufnahme elektrischer Energie aus dem Netz abhängig sein.

Die (lineare) Wirbelstrombremse ist gekennzeichnet durch ein berührungsfreies Einleiten von elektromagnetischen Kräften an der Schnittstelle zwischen Schiene und Bremsmagneten. Diese Art von Bremsen findet derzeit keine Verwendung in EMUs/DMUs, darf jedoch für zukünftige Anwendungen berücksichtigt werden. Da sie derzeit in Hochgeschwindigkeitszügen zur Anwendung kommt, siehe EN 15734-1:2010, 5.5²⁾, für weitere Einzelheiten.

5.2.3 Reibungsbremsen

Einsetzbare Reibungsbremsen sind:

- Scheibenbremsen, ausgeführt in Rad- oder Wellenmontage oder am Getriebe montiert;
- Klotzbremsen;
- gegebenenfalls andere Bremsbauarten, wie z. B. Trommelbremsen.

²⁾ Dieses Dokument unterliegt derzeit der Berichtigung EN 15734-1:2010/AC:2013.

5.2.4 Magnetschienenbremsen

EMUs/DMUs dürfen mit zusätzlichen Magnetschienenbremsen ausgestattet sein, um die Bremswege auf bestimmten Strecken innerhalb der festgelegten Grenzen zu halten. Sie kommen nur in Notfällen bzw. nach separater Aktivierung durch den Triebfahrzeugführer zum Einsatz. Es ist zulässig, ihren Beitrag zur Schnell-/Notbremsung bei der Beibehaltung der vorgesehenen Bremsleistung zu berücksichtigen. Wenn Magnetschienenbremsen genutzt werden, muss sichergestellt sein, dass es sich dabei um folgende handelt:

- elektromagnetisch angeregte und batterieunterstützte Schienenbremsen, die ohne Spiel und im gelösten Zustand in Hochlage im Drehgestellrahmen gehalten werden;
- permanentmagnetisch angeregte Schienenbremsen, die ohne Spiel und im gelösten Zustand in der Hochlage im Drehgestellrahmen gehalten werden. Diese Art der Schienenbremse darf auch die Feststellbremsfunktion übernehmen, sofern eine hinreichende Bremskrafterzeugung in Übereinstimmung mit 5.11 nachgewiesen werden kann;
- Schienenbremsen, die sich dauerhaft in Tieflage befinden, sind zulässig, sofern dies zwischen dem EVU und dem Infrastrukturbetreiber vereinbart wurde.

ANMERKUNG Für weitere Informationen siehe EN 16207.

5.2.5 Nicht konventionelle Bremsen

Nicht konventionelle Bremssysteme (z. B. elektromechanisch oder mit anderen Energierückgewinnungssystemen) dürfen eingesetzt werden, sofern sie vergleichbare Funktions- und Leistungsmerkmale aufweisen wie die in dieser Norm beschriebenen konventionellen Bremssysteme.

5.3 Dynamische Bremsen

5.3.1 Elektrodynamische Bremsen

EMUs werden mit Nennspannungen von 15 kV AC (16,7 Hz) oder 25 kV AC (50 Hz)³⁾ oder 3 kV DC oder 1,5 kV DC oder 750 V DC betrieben. Die entsprechenden Wechselspannungsnetze sind im Allgemeinen, die Gleichspannungsnetze unter bestimmten Bedingungen aufnahmefähig für die Ableitung von elektrischer Energie, die beim Bremsen in die Hauptstromversorgung rückgespeist wird. Auf diese Weise können auch andere Züge oder Verbraucher mit elektrischer Energie versorgt werden. Die Kapazität (der Ableitung) liegt im Allgemeinen in der gleichen Größenordnung wie die der zur Verfügung stehenden Traktion.

EMUs sollten diese Eigenschaften nutzen und die elektrische Energie, die durch die elektrodynamische Bremsung gewonnen wird, in die Hauptenergieversorgung zurückspeisen.

Die Hauptenergieversorgungsnetze des schienengebundenen Verkehrs sind möglicherweise nicht immer vollständig aufnahmefähig — dies ist eine zulässige Betriebsbedingung, und die Merkmale und Steuerungen des Bremssystems müssen dies berücksichtigen.

Wenn der regenerative Betrieb nicht verfügbar ist, sollte die rheostatische Bremsung vor allen weiteren Arten von Bremsungen bevorzugt werden.

Wenn EMUs auf Gleichstromstrecken betrieben werden, ist regeneratives Bremsen zulässig, aber optional. Einschränkungen und Bedingungen, wie z. B. die in EN 50163 oder durch den Infrastrukturbetreiber festgelegten, müssen berücksichtigt werden.

Darüber hinaus muss der Zug die Unterbrechung einer Fahrleitungsspannungsversorgung erkennen und die regenerative Bremsung aufheben, sodass der Abfall der Streckenspannung auf 0 V nicht verhindert wird.

3) Nennwerte

Die maximale Bremskraft der elektrodynamischen Bremse sollte an jedem Radsatz in der Höhe des maximalen Kraftschlusswertes liegen (siehe Abschnitt 6), um einen möglichst großen Geschwindigkeitsbereich ohne zusätzliche Anwendung der Reibungsbremse abzudecken.

Bei einem Ausfall einer Antriebseinheit sollte nur die elektrodynamische Bremse dieser beschädigten Einheit nicht mehr zur Verfügung stehen.

Im Falle einer Betriebsbremsung sollte ein zugweites Blending genutzt werden, um den Verlust zu kompensieren, indem die anderen dynamischen Bremsen bis zu ihrer Leistungsgrenze genutzt werden, bevor die Reibungsbremse zum Einsatz kommt.

Kann der Verlust der elektrodynamischen Bremsleistung durch ein anderes Bremssystem an Bord des Zuges aufgefangen werden, darf die betroffene elektrodynamische Bremse automatisch deaktiviert werden. Ist dies jedoch nicht möglich, so muss die betroffene elektrodynamische Bremse im Falle einer Schnell-/Notbremsung weiter verfügbar sein, auch wenn hiermit eine Schädigung der elektrodynamischen Bremsausrüstung einhergeht.

5.3.2 Ansteuerung der elektrodynamischen Bremsen

Es muss möglich sein, die elektrodynamische Bremse alleine oder in Verbindung mit weiteren Bremssystemen in mindestens 7 Bremsstufen zwischen „AUS“ und „MAXIMUM“ zu variieren.

Bei gleichzeitigem Wirken der elektrodynamischen und der Reibungsbremse auf einen Radsatz muss die Gesamtbremskraft begrenzt werden, sodass sie nicht den maximalen Auslegungs-Kraftschlusswert nach 6.5 und die maximale Auslegungsverzögerung nach 6.2 überschreitet. Der tatsächlich verfügbare Kraftschluss muss durch das Steuersystem berücksichtigt werden (siehe auch 5.10).

Die elektrodynamische Bremse wird durch die Traktionssteuereinheit kontrolliert. Soll-Werte können bestimmt werden durch:

- separate oder kombinierte Bremshebel;
- Notbremsschlagaster, sofern die Bremsarchitektur dies zulässt;
- automatische Zugsteuerung (z. B. Tempomat), sofern die Bremsarchitektur dies zulässt;
- ein automatisches Zugsicherungssystem, sofern die Bremsarchitektur dies zulässt;
- Bremssteuersystem.

Die Änderungsraten der elektrodynamischen und der Reibungsbremskräfte sind zu koordinieren.

Im Notfall und wenn die elektrodynamische Bremse versagt, muss die Reibungsbremse unmittelbar und automatisch in Betrieb gehen. Die Verfügbarkeit der elektrodynamischen Bremse sollte kontinuierlich überwacht und dem Triebfahrzeugführer gemeinsam mit den anliegenden elektrodynamischen Bremskräften im Verhältnis zur angeforderten Bremskraft angezeigt werden. Im Falle eines Versagens einer elektrodynamischen Bremsseinheit sollte dies dem Triebfahrzeugführer mittels akustischer und/oder visueller Warnung kenntlich gemacht werden.

Für Betriebs- und Schnell-/Notbremsungen eingesetzte dynamische Bremsen müssen geregelt werden, um den vorhandenen Kraftschluss so gut wie möglich nutzen zu können. Dynamische Bremsen sollten nicht routinemäßig abgesperrt werden, wenn ein geringer Kraftschluss festgestellt wird. Dynamische Bremssysteme sollten mit Gleitschutzanlagen nach EN 15595 ausgestattet sein.

5.3.3 Bremswiderstände

Wird die elektrodynamische Bremse in Notfällen genutzt, sollten die Bremswiderstände so ausgelegt werden, dass sie in der Lage sind, die maximale Energie und die maximale Stromstärke der elektrodynamischen Bremse ohne zeitliche Einschränkung abzuleiten (100 % Einschaltdauer).

Beträgt die Kapazität weniger als 100 %, so kann nur diese verminderte Kapazität in der Bremsberechnung berücksichtigt werden.

Wenn die Kapazität eine zeitliche Begrenzung erforderlich macht, so müssen die Bremswiderstände mindestens zwei aufeinanderfolgende Schnell-/Notbremsungen mit 100 % elektrodynamischer Bremsleistung ableiten. Das Intervall zwischen den Schnell-/Notbremsungen muss die eigene Antriebsleistung der Einheit berücksichtigen.

In die Auslegung darf ein automatischer Schutz der Bremswiderstände vor thermischer Überlastung oder Überstrom eingebunden werden.

5.3.4 Hydrodynamische/hydrostatische Bremsen

Hydrodynamische/hydrostatische Bremsen dürfen eingesetzt werden, sofern sie dieselbe Funktionalität erreichen wie sie für die elektrodynamische Bremse festgelegt ist. Die folgenden betrieblichen Anwendungsbereiche sind zulässig:

- nur Anwendung bei Betriebsbremsungen, keine Anwendung in Notfällen;
- Anwendung bei Betriebsbremsungen, Anwendung in Notfällen, jedoch nicht berücksichtigt bei der Berechnung des Bremsvermögens;
- Anwendung bei Betriebsbremsungen, Anwendung in Notfällen und berücksichtigt bei der Berechnung des Bremsvermögens.

Wenn diese Art der Bremsung bei der Berechnung des Bremsvermögens berücksichtigt wird, muss sie ohne zeitliche Beschränkung funktionieren und der Steuerbefehl muss als ausreichend zuverlässig und sicher angesehen werden. Die hydrodynamische Bremsleistung muss während der Typprüfungen der Bremsen verifiziert werden.

5.4 Reibungsbremsen

5.4.1 Allgemeines

Im Allgemeinen ergänzt die Reibungsbremse die dynamische Bremse während einer Schnell-/Not- und Betriebsbremsung.

Eine ausschließliche Anwendung der Reibungsbremse kann bei niedrigen Geschwindigkeiten erforderlich sein, um eine genaue und gleichmäßige Positionierung des Zuges zu ermöglichen.

Die Reibungsbremse muss so ausgelegt sein, dass sie fähig ist, die volle thermische Beanspruchung einer Schnell-/Notbremsung aus der Höchstgeschwindigkeit aufzunehmen. Für weitere Anforderungen siehe 6.4.

Die Reibungsbremse für EMUs/DMUs arbeitet üblicherweise mit Druckluft. Weitere Energieformen dürfen genutzt werden, wenn eine gleichwertige Sicherheit nachgewiesen werden kann.

Es ist nicht zulässig, die in den Behältern des Bremssystems sowie der Hauptluftleitung gespeicherte Druckluft für andere Zwecke als dem des Bremsens zu verwenden. Die HBL darf neben der Versorgung der Bremsen mit Druckluft darüber hinaus auch für die Versorgung weiterer Verbraucher im Fahrzeug (z. B. Türantriebe, Toiletten, Luftfedern usw.) mit Energie genutzt werden.

Die für das Bremsen erforderliche Energie muss unterbrechungsfrei bereitgestellt werden, es ist jedoch nicht erforderlich, einen konstanten Druckwert in der Versorgungsleitung aufrechtzuerhalten. Für Einzelheiten siehe 5.15.