

DIN EN 14198



ICS 45.040; 45.060.01

Einsprüche bis 2023-08-16
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 14198:2021-07

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Bremsen –
Anforderungen an die Bremsausrüstung lokbespannter Züge;
Deutsche und Englische Fassung prEN 14198:2023**

Railway applications –
Braking –
Requirements for the brake system of trains hauled by locomotives;
German and English version prEN 14198:2023

Applications ferroviaires –
Freinage –
Exigences concernant le système de freinage des trains tractés par locomotive;
Version allemande et anglaise prEN 14198:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-06-16 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 von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF), Rolandstr. 4, 34131 Kassel.

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 169 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14198:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 087-00-03 AA „Bremse“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14198:2021-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“ aktualisiert;
- b) Definitionen geändert;
- c) Funktionsanforderungen auf Zugebene für Bremsarten und -Stellungen, für ep-Bremse und Schnell-/Zwangsbremse geändert;
- d) Anforderungen an die direkte Bremse geändert;
- e) Anforderungen an das Bremsmanagement geändert;
- f) Leistungsanforderungen für den Kraftschluss geändert;
- g) Anhang A „Fahrzeuganforderungen“ geändert;
- h) Anhang D „Zusammenhänge zwischen Europäischen Normen und UIC-Merkblättern“ aktualisiert;
- i) Anhang E „System zur Steuerung des Druckes in der Hauptluftleitung“ aktualisiert;
- j) Anhang F „Entlüftungsleistung von Notbremsventilen“ aktualisiert;
- k) Anhang ZA aktualisiert.

**Bahnanwendungen – Bremsen – Anforderungen an die Bremsausrüstung
lokbespannter Züge**

Railway applications – Braking – Requirements for the brake system of trains hauled by locomotives

Applications ferroviaires – Freinage – Exigences concernant le système de freinage des trains tractés par locomotive

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	10
5 Anforderungen	11
5.1 Allgemeine Anforderungen an das Zugbremssystem	11
5.2 Allgemeine Sicherheitsanforderungen	11
5.2.1 Auslegungsgrundsätze	11
5.2.2 Brandschutz	12
5.2.3 Umgebungsbedingungen	13
5.3 Anforderungen an das Hauptbremssystem	13
5.3.1 Allgemeine Anforderungen	13
5.3.2 Allgemeine Funktionen auf Zugebene	14
5.3.3 Zusätzliche Anforderungen auf Fahrzeugebene	20
5.4 „EN-UIC“-Bremsystem — basierend auf einem Druckluftbremssystem	21
5.4.1 Vorwort	21
5.4.2 Allgemeine Struktur	22
5.4.3 Zusätzliche Bremsysteme	23
5.4.4 Funktionsanforderungen auf Zugebene	23
5.4.5 Auslegungsanforderungen	36
5.4.6 Bremsfunktionen auf Fahrzeugebene	38
5.5 Direkte ep-Bremssteuerung	43
5.6 Zusätzliche Bremsysteme	43
5.6.1 Dynamische Bremsen	43
5.6.2 Direktwirkende Bremse	46
5.6.3 Magnetschienenbremse	49
5.7 Bremsmanagement	49
5.7.1 Blending auf Fahrzeugebene	49
5.7.2 Entkuppelter Betrieb	49
5.7.3 Blending auf Zugebene	49
5.7.4 Ruck/Rampen	50
5.8 Gleitschutz	51
5.9 Druckluftversorgung	51
5.9.1 Allgemeine Anforderungen	51
5.9.2 Kapazität	52
5.9.3 Qualität der Druckluft	52
5.10 Verbesserung des Kraftschlusses Rad/Schiene	52
6 Bremsvermögen	53
6.1 Allgemeine Aspekte	53
6.2 Berechnung des Bremsvermögens	54
6.2.1 Allgemeines	54
6.2.2 Berechnungen für den Normalbetrieb	55
6.2.3 Äquivalente Ansprechzeit und Verzugszeit	56
6.2.4 Berechnungen für den eingeschränkten Modus	56
6.2.5 Berechnungen für erschwerte Bedingungen	56
6.3 Relevante Lastzustände	57
6.3.1 Lokomotiven	57
6.3.2 Reisezugwagen	57
6.3.3 Güterwagen	57
6.4 Betriebsbremsung	57

6.5	Wärmekapazität	58
6.6	Kraftschluss	59
6.6.1	Allgemeine Anforderungen	59
6.6.2	Schnellbremsung	59
6.6.3	Betriebsbremsung	59
6.7	Bremsvermögen der Feststellbremse	59
Anhang A	(normativ) Fahrzeuganforderungen	61
Anhang B	(informativ) Kategorien des Bremsvermögens der Züge	63
Anhang C	(informativ) Erläuterung des Konzepts der „bewährten Auslegung“	67
Anhang D	(informativ) Zusammenhänge zwischen Europäischen Normen und UIC-Merkblättern	68
Anhang E	(normativ) System zur Steuerung des Druckes in der Hauptluftleitung	70
E.1	Allgemeine Anforderungen	70
E.2	Lösestellung	71
E.3	Betriebsbremsung	72
E.4	Schnellbremsung	72
E.5	Angleichfunktion	72
E.6	Füllstoßfunktion	74
Anhang F	(normativ) Entlüftungsleistung von Notbremsventilen	78
F.1	Zweck	78
F.2	Allgemeine Regeln	78
F.3	Prüfverfahren	78
Anhang ZA	(informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie (EU) 2016/797	80
Literaturhinweise		84

Bilder

Bild 1	— Grundstruktur des Hauptbremssystems (optionale Systeme sind mit Strichlinien dargestellt)	14
Bild 2	— Prinzip eines Bremssystems (Einleitungsbremse)	32
Bild 3	— Prinzip eines Bremssystems (Zweileitungsbremse)	33
Bild 4	— Prinzip eines Bremssystems (Zweileitungsbremse) mit ep-Bremse	34
Bild 5	— Architektur für die Fernsteuerung der Hauptluftleitung	36
Bild B.1	— Kategorien des Bremsvermögens, Anhalteweg über Bremsgewichtshundertstel (unter Anwendung des Bewertungsblattes aus EN 16834 für Zuglängen ≤ 400 m)	65
Bild B.2	— Kategorien des Bremsvermögens, Geschwindigkeit im Verhältnis zu Anhaltewegen (für Zuglängen ≤ 400 m)	66
Bild E.1	— Prüfstand für den Nachweis der Funktionalität eines Systems zur Steuerung des Druckes in der Hauptluftleitung	71
Bild E.2	— Beispiel für die Füllstoßfunktion mit hoher Luftströmung	74
Bild E.3	— Beispiel für die Füllstoßfunktion mit hoher Luftströmung und automatischer Aktivierung der Angleichfunktion	76
Bild E.4	— Beispiel für den Hochdruckfüllstoß	77
Bild F.1	— Anordnung zur Prüfung der Notbremsventile	79

Tabellen

Tabelle 1	— Gebräuchliche Bremskombinationen	25
Tabelle 2	— Bei Schnittstellengeräten zu berücksichtigende Merkmale	27
Tabelle 3	— Mindestinnendurchmesser der durchgehenden HL und HBL in Bezug auf die Fahrzeugarten	38
Tabelle 4	— Einsatz von GS	51
Tabelle A.1	— Bremsstellungen, Zeiten und Bremsvermögen	61

Tabelle B.1 — Kategorien des Bremsvermögens der Züge	63
Tabelle B.2 — Personenzüge	63
Tabelle B.3 — Güterzüge	64
Tabelle D.1 — Zusammenhänge zwischen Europäischen Normen und UIC-Merkblättern	68
Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm, der Verordnung (EU) Nr. 321/2013 der Kommission über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Güterwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union* und der Richtlinie (EU) 2016/797	80
Tabelle ZA.2 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm, der Verordnung (EU) Nr. 1302/2014 der Kommission über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lokomotiven und Personenwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union* und der Richtlinie (EU) 2016/797	82

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14198:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 14198:2016+A2:2021 ersetzen.

Dieses Dokument enthält die folgenden wesentlichen technischen Änderungen im Vergleich zu EN 14198:2016+A2:2021:

- Normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- Definitionen wurden geändert;
- Funktionsanforderungen auf Zugebene für Bremsarten und -Stellungen, für ep-Bremse und Schnell-/Zwangsbremse wurden geändert;
- Anforderungen an die direkte Bremse wurden geändert;
- Anforderungen an das Bremsmanagement wurden geändert;
- Anforderungen an die Kraftschlussausnutzung wurden geändert;
- Anhang A „Fahrzeuganforderungen“ wurde geändert;
- Anhang D „Zusammenhänge zwischen Europäischen Normen und UIC-Merkblättern“ wurde aktualisiert;
- Anhang E „System zur Steuerung des Druckes in der Hauptluftleitung“ wurde aktualisiert;
- Anhang F „Entlüftungsleistung von Notbremsventilen“ wurde aktualisiert;
- Anhang ZA wurde aktualisiert.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrags erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n)/-Verordnungen.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie(n)/-Verordnungen siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt grundsätzliche Anforderungen an die Bremsung von lokbespannten Zügen fest:

- Für lokbespannte Züge zur Verwendung im allgemeinen Betrieb wird jedes Fahrzeug mit einem herkömmlichen Bremssystem mit einer Hauptluftleitung, die mit dem UIC-Bremssystem kompatibel ist, ausgestattet.

ANMERKUNG Dies stellt die technische Kompatibilität der Bremsfunktion zwischen Fahrzeugen verschiedener Herkunft in einem Zugverband sicher (siehe 5.4).

- Für lokbespannte Züge zur Verwendung in festen oder vordefinierten Zugverbänden sind die Anforderungen bezüglich Fahrzeug und Zug notwendig. Im Falle eines UIC-Bremssystems ist diese Norm anwendbar, falls nicht, greift die Normenreihe EN 16185 oder die Normenreihe EN 15734.

Im Zweifelsfall kann die UIC-Bremsenarchitektur, die in diesem Dokument beschrieben wird (siehe 5.4), für Bremsen von Triebzügen und Hochgeschwindigkeitszügen sowie für städtische Eisenbahnen, wie in den Normenreihen EN 13452, EN 16185 und EN 15734 beschrieben, verwendet werden.

Dieses Dokument berücksichtigt ebenfalls die elektrischen und elektronischen Steuerungs- und Regelungsfunktionen sowie zusätzliche Bremssysteme, wie dynamische Bremsen und kraftschlussunabhängige Bremsen.

Die Anforderungen an das Bremssystem von schienengebundenen Maschinen sind in EN 14033-1 enthalten.

Dieses Dokument ist nicht für Bremssysteme der Schienenfahrzeuge des öffentlichen Nahverkehrs nach EN 13452-1 anzuwenden.

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 837-1:1996¹, *Druckmessgeräte — Teil 1: Druckmessgeräte mit Rohrfedern — Maße, Messtechnik, Anforderungen und Prüfung*

EN 854:2015, *Gummischläuche und -schlauchleitungen — Hydraulikschläuche mit Textileinlage — Spezifikation*

EN 10220:2002, *Nahtlose und geschweißte Stahlrohre — Allgemeine Tabellen für Maße und längenbezogene Masse*

EN 10305-4:2016, *Präzisionsstahlrohre — Technische Lieferbedingungen — Teil 4: Nahtlose kaltgezogene Rohre für Hydraulik- und Pneumatik-Druckleitungen*

EN 10305-6:2016, *Präzisionsstahlrohre — Technische Lieferbedingungen — Teil 6: Geschweißte kaltgezogene Rohre für Hydraulik- und Pneumatik-Druckleitungen*

EN 13749:2021, *Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Festlegungsverfahren für Festigkeitsanforderungen an Drehgestellrahmen*

EN 14478:2017, *Bahnanwendungen — Bremsen — Fachbegriffe*

¹ Dokument geändert durch AC:1998.

EN 14531-1:2015+A1:2018, *Bahnanwendungen — Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung — Teil 1: Allgemeine Algorithmen für Einzelfahrzeuge und Fahrzeugverbände unter Berücksichtigung von Durchschnittswerten*

EN 14531-2:2015, *Bahnanwendungen — Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung — Teil 2: Schrittweise Berechnungen für Zugverbände oder Einzelfahrzeuge*

EN 14535-1:2019, *Bahnanwendungen — Bremssscheiben für Schienenfahrzeuge — Teil 1: Wellenbremssscheiben, aufgedrückt oder geschrumpft, Abmessungen und Qualitätsanforderungen*

EN 14535-2:2019, *Bahnanwendungen — Bremssscheiben für Schienenfahrzeuge — Teil 2: Bremssscheiben, die an einem Rad befestigt werden, Abmessungen und Qualitätsanforderungen*

EN 14535-3:2015, *Bahnanwendungen — Bremssscheiben für Schienenfahrzeuge — Teil 3: Bremssscheiben, Leistung Bremssscheibe und der Reibpaarung, Klassifikation*

EN 14601:2005+A2:2021, *Bahnanwendungen — Gerade und abgewinkelte Luftabsperrhähne für die Hauptluftleitung und die Hauptbehälterleitung*

EN 15220:2016, *Bahnanwendungen — Bremsanzeigevorrichtungen*

EN 15273-2:2013+A1:2016, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 2: Fahrzeugbegrenzungslinien*

EN 15328:2020, *Bahnanwendungen — Bremsen — Bremsbeläge*

EN 15329:2019, *Bahnanwendungen — Bremsen — Bremsklotzhalter und Bremsklotzkeil*

EN 15355:2019+A1:2023, *Bahnanwendungen — Bremse — Steuerventile und Bremsabsperreinrichtungen*

EN 15595:2018², *Bahnanwendungen — Bremse — Gleitschutz*

EN 15611:2020+A1:2022, *Bahnanwendungen — Bremse — Relaisventile*

EN 15612:2020, *Bahnanwendungen — Bremse — Schnellbremsbeschleuniger*

EN 15663:2017+A1:2018, *Bahnanwendungen — Fahrzeugreferenzmassen*

EN 15807:2021, *Bahnanwendungen — Bremskupplungen*

EN 16186-2:2017, *Bahnanwendungen — Führerraum — Teil 2: Integration von Displays, Bedien- und Anzeigeelementen*

EN 16207:2014+A1:2019, *Bahnanwendungen — Bremse — Anforderungen an Funktion und Leistungsfähigkeit von Magnetschienenbremssystemen für Schienenfahrzeuge*

EN 16241:2014+A1:2016, *Bahnanwendungen — Gestängesteller*

EN 16334-1:2014+A1:2022, *Bahnanwendungen — Fahrgastalarmsystem — Teil 1: Systemanforderungen für Vollbahnen*

EN 16451:2015, *Bahnanwendungen — Bremse — Bremsbelaghalter*

EN 16452:2015+A1:2019, *Bahnanwendungen — Bremse — Bremsklötze*

2 Dokument geändert durch AC:2021.

EN 16834:2019, *Bahnanwendungen — Bremse — Bremsvermögen*

EN 45545-1:2013, *Bahnanwendungen — Brandschutz in Schienenfahrzeugen — Teil 1: Allgemeine Regeln*

EN 45545-2:2020, *Bahnanwendungen — Brandschutz in Schienenfahrzeugen — Teil 2: Anforderungen an das Brandverhalten von Materialien und Komponenten*

EN 45545-3:2013, *Bahnanwendungen — Brandschutz in Schienenfahrzeugen — Teil 3: Feuerwiderstand von Feuerschutzabschlüssen*

EN 45545-4:2013, *Bahnanwendungen — Brandschutz in Schienenfahrzeugen — Teil 4: Brandschutzanforderungen an die konstruktive Gestaltung von Schienenfahrzeugen*

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

EN 45545-6:2013, *Bahnanwendungen — Brandschutz in Schienenfahrzeugen — Teil 6: Brandmelde- und Brandbekämpfungseinrichtungen und begleitende Brandschutzmaßnahmen*

EN 45545-7:2013, *Bahnanwendungen — Brandschutz in Schienenfahrzeugen — Teil 7: Brandschutzanforderungen an Anlagen für brennbare Flüssigkeiten und Gase*

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

EN 50163:2004, *Bahnanwendungen — Speisespannungen von Bahnnetzen*

EN 50553:2012³, *Bahnanwendungen — Anforderungen an die Fahrfähigkeit im Brandfall an Bord von Bahnfahrzeugen*

EN ISO 1127:1996, *Nichtrostende Stahlrohre — Maße, Grenzabmaße und längenbezogene Masse (ISO 1127:1992)*

ISO 4975:2022, *Railway applications — Braking system — Quality of compressed air for pneumatic apparatus and systems*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die Begriffe nach EN 14478:2017 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

allgemeiner Betrieb

Betriebsmodus, bei welchem Einheiten an andere Einheiten innerhalb eines Zugverbandes gekuppelt werden, der während der Konstruktionsphase noch nicht definiert ist

³ Dokument geändert durch A1:2016, A2:2020 und AC:2013.

3.2

Bremsart

in der „EN-UIC“-Konstruktion die Betriebsart, die der Definition der Brems- und Lösezeiten der Bremskraft dient, nämlich „G“ für die Zeitvorgabe bei Gütertransport, d. h. langsam wirkend, „P“ für die Zeitvorgabe bei Fahrgasttransport, d. h. schnell wirkend; dies wird in der Regel vom Steuerventil in einem Druckluftbremssystem geregelt

3.3

Bremsstellung

in der „EN-UIC“-Konstruktion die Stellung, die das Verhalten des Steuerventils im Hinblick auf die Brems- und Lösezeit der Bremse sowie die Bremszylinderkräfte in Kombination mit zusätzlichen Bremssystemen definiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Z. B. Bremsstellungen G, P, R und weitere.

3.4

Selbsttätigkeit

automatisches Anlegen der Bremsen, sobald die Bremsleitung unterbrochen ist

3.5

Druckluftbremse

verwendet Druckluft zum Anlegen der Bremse

3.6

Einheit

bewertbare Einheit, bei der es sich um ein einzelnes Fahrzeug/eine Lokomotive oder eine Gruppe von Fahrzeugen handeln kann, die in einem festen Zugverband betrieben werden

3.7

Zug

Zugverband

betriebliche Zusammenstellung von einer oder mehreren Einheiten

3.8

Position mit Sicht nach hinten

jene Position im vordersten Führerraum, von der aus der Triebfahrzeugführer den hintersten Wagen des Zuges sehen kann und dem Antriebs- und Bremssystem den Befehl zum Rangieren erteilen kann

3.9

aktiver Führerraum

Führerraum, der zum Erzeugen eines zugweiten Steuersignals zum Antrieb und zur Betriebsbremsung befähigt ist

3.10

Bremsbefehlsfahrzeug

Fahrzeug, in dem sich der aktive Führerraum befindet

3.11

Schnellbremsvermögen

Ergebnis einer Schnellbremsung im Hinblick auf Bremsweg, Verzögerung und Bremsentwicklungszeit

3.12

Lokomotive

Triebfahrzeug (oder Kombination aus mehreren Fahrzeugen), welches nicht zur Beförderung einer Nutzlast dient und die Fähigkeit besitzt, im allgemeinen Betrieb von einem Zug abgekuppelt und autonom betrieben zu werden

3.13

Bremsgewichtshundertstel

Bremsvermögen nach EN 16834, auch mit λ (Lambda) bezeichnet

3.14

Bremsgewicht

Maß zur Beschreibung des Bremsvermögens, der durch Multiplikation der Gesamtmasse des Fahrzeugs/Zuges mit dem Bremsgewichtshundertstel und Teilen des Ergebnisses durch 100 berechnet wird und in Tonnen ausgedrückt ist

3.15

Bremskraftaufbauzeit

Zeit, die notwendig ist, um eine Schnellbremsung bei einem einzelnen Fahrzeug einzuleiten, ab dem Beginn des Druckaufbaus bis zum Erreichen von 95 % des maximalen Bremszylinderdrucks

3.16

Bremskraftabbauzeit

Zeit, die notwendig ist, um den Bremszylinderdruck in einem einzelnen Fahrzeug zu reduzieren, ab dem Beginn des Druckabfalls bis zu einem Druck von 0,4 bar

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen.

λ	Bremsgewichtshundertstel
AC	Wechselstrom (en: alternating current)
CSM	Gemeinsame Sicherheitsmethoden (en: common safety methods)
CW	Kennzeichnung für Güterwagen bei Übereinstimmung mit TSI WAG-Anforderungen, hinsichtlich der Anwendung siehe Verordnung der Kommission (EU) Nr. 321/2013, Anhang C, Abschnitt 5 „Kennzeichnung von Einheiten“
DC	Gleichstrom (en: direct current) („DC-Bahnanlagen in Berlin“ bezeichnet das Stromnetz der S-Bahn Berlin, das mit Gleichstrom betrieben wird)
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit (en: electromagnetic compatibility)
ETCS	Europäisches Zugsicherungssystem (en: European Train Control System)
GE	Kennzeichnung für Güterwagen bei Übereinstimmung mit TSI WAG-Anforderungen, hinsichtlich der Anwendung siehe Verordnung der Kommission (EU) Nr. 321/2013, Anhang C, Abschnitt 5 „Kennzeichnung von Einheiten“
GS	Gleitschutz (en: wheel slide protection system)
HBL	Hauptluftbehälterleitung (en: main reservoir pipe)
HL	Hauptluftleitung (en: brake pipe)
Mg	Magnetschienenbremse (en: magnetic track brake)
UIC	Internationaler Eisenbahnverband (Union Internationale des Chemins de fer)
UK	Vereinigtes Königreich (en: United Kingdom)
ZZS	System für die Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung (en: Control Command and Signalling System)

5 Anforderungen

5.1 Allgemeine Anforderungen an das Zugbremssystem

Der Zweck des Zugbremssystems ist es, sicherzustellen, dass die Geschwindigkeit des Zuges verringert oder auf abschüssiger Strecke beibehalten werden kann oder dass der Zug innerhalb des höchstzulässigen Bremswegs angehalten werden kann.

Die Bremse dient außerdem entweder zur zeitweisen Stillstandsicherung eines Zuges oder zur dauerhaften Stillstandsicherung eines Zuges, der nicht im Betrieb oder ohne Energiezufuhr ist.

Einheiten, die dafür ausgelegt und bewertet worden sind, im allgemeinen Betrieb eingesetzt zu werden (verschiedene Verbände aus Fahrzeugen unterschiedlicher Herkunft; Zugverband in der Auslegungsphase noch nicht definiert), müssen mit einem aus technischer Sicht kompatiblen Bremssystem ausgestattet sein, um die Bremsfunktion in allen Fahrzeugen des Zugverbands sicherzustellen.

5.2 Allgemeine Sicherheitsanforderungen

5.2.1 Auslegungsgrundsätze

Die Auslegung, Konstruktion oder Montage, Wartung und Überwachung von sicherheitskritischen Bauteilen, insbesondere der Bauteile, die an der Zugbewegung beteiligt sind, müssen die Sicherheit auf dem Niveau sicherstellen, das den für das jeweilige Eisenbahnnetz festgelegten Sicherheitszielen entspricht. Die Bremstechnik sowie die von ihr ausgehenden Beanspruchungen müssen mit der Auslegung der Gleise, Ingenieurbauten und Signalanlagen kompatibel sein. Bremssysteme müssen Folgendem entsprechen:

- den Auslegungsgrundsätzen, die in den in Abschnitt 2 aufgelisteten Normen zu Bremssystemen enthalten sind;
- dem in Abschnitt 6 definierten Bremsvermögen;
- den Auslegungsgrundsätzen in Übereinstimmung mit den Anforderungen des vorliegenden Dokuments;
- der Einhaltung der festgelegten Auswirkungen auf die Infrastruktur, insbesondere im Hinblick auf EMV und Geräuschemissionen.

Im Rahmen der Systemauslegung müssen Risiken betrachtet und gemindert werden. Mindestens die folgenden Gefährdungen müssen berücksichtigt werden:

- a) die aufgebrachte Bremskraft ist höher als der größte Auslegungswert:
 - 1) Auswirkung auf Gleisverschiebungskräfte;
 - 2) übermäßiger Ruck (Auswirkung auf stehende Fahrgäste);
 - 3) erheblicher Schaden an den Kontaktflächen der Räder oder der Reibpartner;
 - 4) Auswirkung auf die Lastannahmen in Bezug auf die Ermüdungslebensdauer von Bremskraft erzeugenden Bauteilen;
- b) das Bremsvermögen ist niedriger als das geforderte:
 - 1) Beibehaltung der Antriebsleistung des Zuges während der Schnellbremsanforderung;
 - 2) das erforderliche Bremsvermögen der Notbremse wird nicht erreicht;
 - 3) das erforderliche Bremsvermögen der Feststellbremse wird nicht erreicht;

- 4) das Bremsvermögen der Haltebremse wird nicht erreicht;
- c) bei Anforderungen ist keine Bremskraft vorhanden:
 - 1) bei Anforderung erfolgt keine Schnellbremsung im gesamten Zug;
 - 2) Zwangsbremse (Schnellbremsung) wird bei unbeabsichtigter Zugtrennung (Verlust der Zugintegrität) nicht ausgelöst;
 - 3) Feststellbremse: Verlust der Bremskraft im Verlauf der Zeit;
- d) Bremskraft ist vorhanden, obwohl kein Bremsbefehl erteilt wurde:
 - 1) lokal übermäßige Bremsung (pneumatische Bremse oder Feststellbremse);
- e) Versagen von Bremsbauteilen, das zum Tod oder zu Verletzungen oder zu Schäden am Zug oder der Infrastruktur führen könnte, z. B. Entgleisung.

Die in der vorstehenden Liste aufgezählten Gefährdungen müssen in Übereinstimmung mit den CSM bewertet werden.

Folglich lässt sich aus den vorstehend aufgelisteten Gefährdungen schließen, dass die Schnellbremse ein hohes Integritätsniveau aufweisen und stets verfügbar sein muss, wenn das Bremssystem betriebsbereit ist, während die Betriebsbremse, die mit der Schnellbremse gemeinsame Teilsysteme und Bauteile usw. aufweisen kann, nicht dasselbe Integritätsniveau zu erreichen braucht. Dennoch muss die Betriebsbremse so konstruiert sein, dass sie die folgenden Anforderungen erfüllt:

- sie muss am gesamten Zug wirksam werden, wenn sie angefordert wird;
- sie muss eine Traktionssperre im gesamten Zug veranlassen, wenn eine Betriebsbremse angefordert wird;
- sie muss ein Bremsvermögen der Betriebsbremse in der geforderten Höhe bereitstellen.

Unabhängig von der Betriebsbremse:

- muss für den Triebfahrzeugführer die Möglichkeit bestehen, die Schnellbremsung sofort einzuleiten, indem er den gleichen Hebel betätigt, der für die Betriebsbremse verwendet wird, oder indem er eine andere eigenständige Vorrichtung betätigt,
- muss das Zugsicherungssystem die Schnellbremsung (Zwangsbremse) einleiten können.

Die Bauteile müssen von bewährter Auslegung sein und sämtlichen während ihrer Betriebslebensdauer zu erwartenden Beanspruchungen standhalten. Der Einfluss von Fehlern auf die Sicherheit muss mithilfe geeigneter Maßnahmen, wie in der vorliegenden Norm beschrieben, beschränkt werden. Für weitere Hinweise zur bewährten Auslegung siehe Anhang C.

Einzelfehler dürfen keine maßgeblichen Fehlfunktionen hinsichtlich der Schnellbremsbetätigung nach sich ziehen.

Die einwandfreie Funktionsweise des Bremssystems wird außerdem durch die Auslegung von Leitungen und Bauteilen nach 5.4.5 beeinflusst.

5.2.2 Brandschutz

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

Das Bremssystem muss den Brandschutzbestimmungen für Eisenbahnfahrzeuge entsprechen, die in der Normenreihe EN 45545 festgelegt sind.

Die Fahrtüchtigkeit muss EN 50553:2012³ entsprechen.

5.2.3 Umgebungsbedingungen

Die Schienenfahrzeuge und die an Bord installierte Ausrüstung müssen unter den in EN 50125-1:2014 festgelegten Bedingungen einsatzbereit sein. Sie müssen in den Klimazonen, für die sie ausgelegt sind und in denen sie zum Einsatz kommen, einwandfrei funktionieren.

Für bestimmte Strecken können weitere Anforderungen festgelegt sein, wie z. B. für solche in nordischen Ländern.

CEN/TR 16251 handelt von diesem Thema und darf berücksichtigt werden.

5.3 Anforderungen an das Hauptbremssystem

5.3.1 Allgemeine Anforderungen

Züge im allgemeinen Betrieb müssen mit einem Hauptbremssystem ausgestattet sein, das die folgenden Funktionen erfüllt:

- Schnellbremsung;
- Betriebsbremsung;
- Funktionen der Stillstandsicherung des Zuges.

Die Funktionen müssen die nachstehend aufgelisteten Merkmale aufweisen:

- zugweite Bremssteuerung (Betriebsmittel im Führerraum, ZZS usw.);
- Signalverteilung;
- lokale Bremssteuerung;
- Bremskrafterzeugung;
- Anzeige des Bremsstatus;
- Energieversorgung zur Bremskrafterzeugung und Signalsteuerung des Hauptbremssystems.

Die Dokumentenstruktur berücksichtigt allgemeine Funktionen auf einer zugweiten Ebene und besondere Funktionen für die verschiedenen Fahrzeuge auf einer lokalen Fahrzeugebene. Die lokale Fahrzeugebene berücksichtigt unterschiedliche Funktionen für Lokomotiven, Reisezugwagen und Güterwagen.

Bild 1 zeigt die Grundstruktur eines Bremssystems (mit Zug- und Fahrzeugebenen) und die Übertragungswege für die Bremsensteuerungssignale und der Energie für die Bremskrafterzeugung einschließlich deren Umwandlung in Bremsenergie.

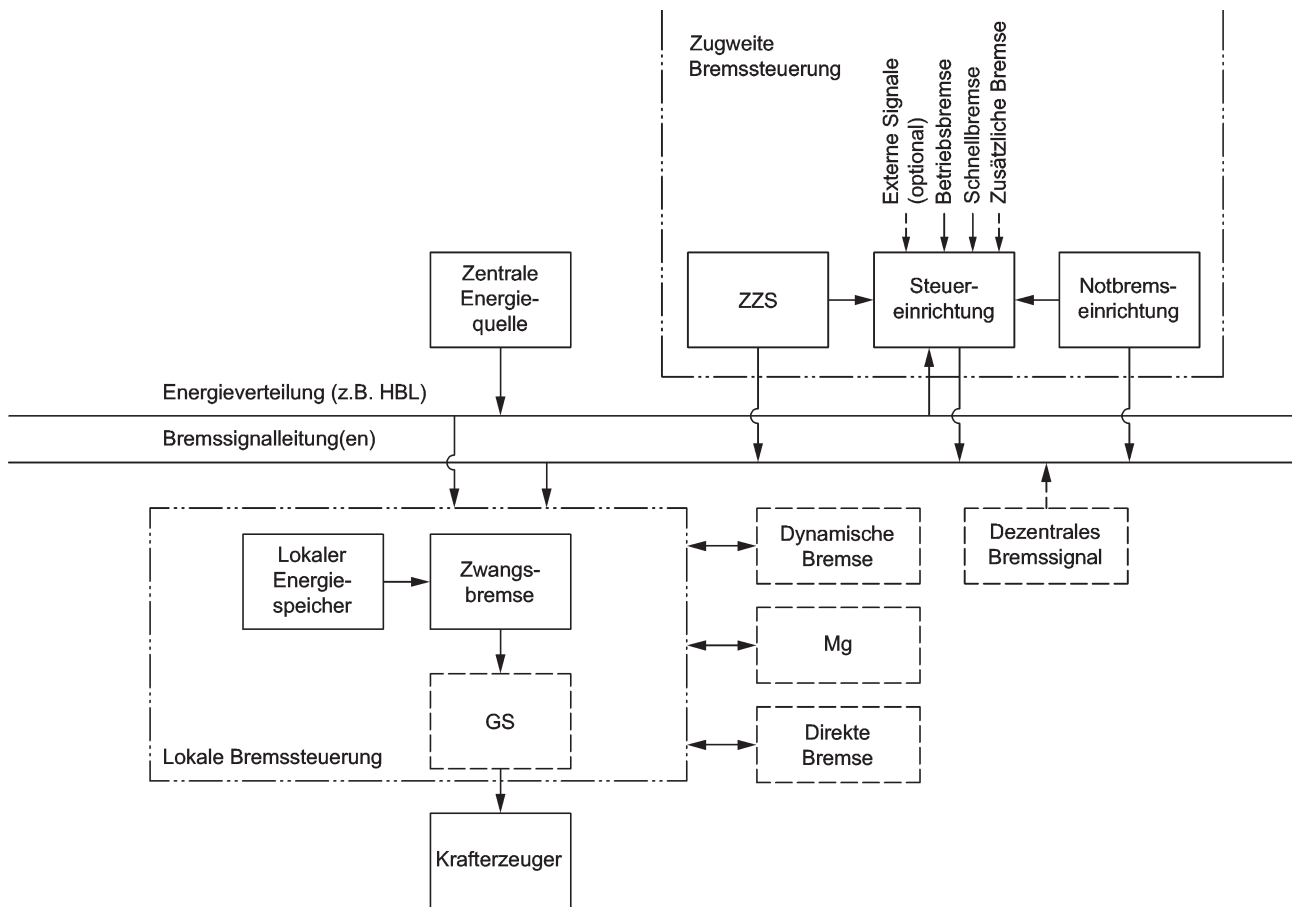


Bild 1 — Grundstruktur des Hauptbremssystems (optionale Systeme sind mit Strichlinien dargestellt)

5.3.2 Allgemeine Funktionen auf Zugebene

5.3.2.1 Bremssteuerungsfunktionen

- Jede Einheit muss mit einer Bremsignalleitung ausgestattet sein, die dazu vorgesehen ist, das Bremsignal vom aktiven Führerraum gezielt an alle anderen Einheiten im Zug zu übertragen.
- Die zugweite Bremssteuerung, die durchgehende Bremsignalleitung und die lokale Steuereinheit in jedem Einzelfahrzeug des Zuges müssen auf kompatible Weise zusammenarbeiten, indem sie geeignete Befehls-signale verwenden.
- Die Bremsignalleitung muss in der Lage sein:
 - ein Signal zum Anlegen/Lösen der Bremsen von einer zugweiten Bremssteuerung zu empfangen, das vom aktiven Führerraum des führenden Fahrzeugs ausgelöst wird;
 - ein Signal zur Schnellbremsung von einer zugweiten Bremssteuerung zu empfangen, das von lokalen Bremsbefehlsgeräten ausgelöst wurde, falls solche vorhanden sind.
- Die Bremsignalleitung muss in der Lage sein, die Bremsignalinformationen weiterzuleiten:
 - vollständiges Lösen der Bremsen;
 - Schnellbremsung;

- 3) stufenweise Betätigung oder stufenweises Lösen der Betriebsbremse.
- e) Jede Einheit muss mit einer lokalen Bremssteuerung ausgestattet sein, die mit der Bremssignalleitung verbunden ist, um die Bremsignale zu empfangen und die lokalen Bremsen dementsprechend zu steuern.
- f) Der Grad der Bremsbetätigung darf lokal proportional zum Fahrzeuggewicht eingestellt werden.
- g) Falls zusätzliche Bremssysteme für die Schnellbremsung zum Einsatz kommen sollen, müssen sie von der Bremssignalleitung gesteuert werden. Für den Fall, dass sie für die Betriebsbremse genutzt werden sollen, sollten diese zusätzlichen Bremssysteme durch die Bremssignalleitung und auch eigenständig gesteuert werden können.
- h) Es ist zulässig, mehr als eine Bremssignalleitung zu nutzen (z. B. eine pneumatische Bremssignalleitung und eine Notbremschleife), sofern sie durchgehend und automatisch reagieren.
- i) Für den ausschließlichen Einsatz als Betriebsbremse ist es erlaubt, eine zusätzliche Bremssignalleitung einzurichten, die nicht automatisch zu reagieren braucht.

5.3.2.2 Selbsttätigkeit

Jede Trennung der Bremssignalleitung (z. B. eine unbeabsichtigte Zugtrennung aufgrund eines mechanischen Versagens) muss zu einem sofortigen Auslösen der Bremsen an allen Fahrzeugen des Zuges führen.

Ein Signal zum Lösen darf ein Signal zum Bremsen nicht übersteuern können, außer nach 5.3.2.6.

Das Prinzip zur Einhaltung dieser Anforderung besteht darin, dass die Energiezufuhr zur Bremssignalleitung hergestellt wird, um die Bremse zu lösen, und die Energiezufuhr unterbrochen wird, um einen selbsttätigen Bremseneingriff auszulösen.

5.3.2.3 Unerschöpfbarkeit

Es muss ausreichend Bremsenergie an Bord des Zuges vorhanden sein (= gespeicherte Energie), die entlang des Zuges in Übereinstimmung mit der Auslegung des Bremssystems verteilt wird. Die wiederholten Zyklen aus Anlegen und Lösen der Bremsen mit anschließender Schnellbremsung müssen mindestens 85 % der Nennbremskraft des Zuges erreichen.

Die Nennbremskraft ist die Kraft, die durch eine Schnellbremsung erreicht wird, wenn die lokalen Energiespeichereinrichtungen vollständig aufgeladen sind.

Das System muss dem Triebfahrzeugführer anzeigen, dass eine Unterbrechung der Bremsenergieversorgung, der Ausfall der Stromversorgung oder der Ausfall einer anderen Energiequelle auf Zugebene vorliegt. Falls die Unerschöpfbarkeit nicht länger erreicht wird

- dürfen die Bremsen nicht gelöst werden können (siehe „EN-UIC“-Bremse), oder
- es muss eine Selbsttätigkeit des Bremseneingriffs erfolgen, falls die Energie im lokalen Speicher unter einen vordefinierten Wert fällt, mit dem noch das volle Bremsvermögen der Betriebsbremse aufgebracht werden kann.

5.3.2.4 Verfügbarkeit

Das Hauptbremssystem muss das Bremsvermögen der Schnellbremse aufbringen, die von der zugweiten Bremssteuerung zu jedem beliebigen Zeitpunkt gefordert wird. Dies muss Vorrang vor jeder automatischen Steuerung zur Verringerung der Bremskräfte infolge einer Fehlererkennung oder zum Werkstoffschutz, wie z. B. bei Überhitzung oder Überstrom, haben.

5.3.2.5 Mehrstufigkeit

Der Triebfahrzeugführer muss die Möglichkeit besitzen, den Wert der Betriebsbremskraft während des Anlegens und während des LöSENS der Bremse stufenweise zu regeln.

5.3.2.6 Einrichtung für dezentrales Bremssignal

Die Auslegung der Bremssignalleitung muss den Einbau einer Einrichtung für ein „dezentrales Bremssignal“ (wie in Bild 1 dargestellt) an einer beliebigen Stelle entlang des Zuges ermöglichen. Zweck ist es, bewusst die Energiezufuhr der Bremssignalleitung zu unterbrechen und die Bremsen anzulegen. Für Einzelheiten zur Fahrzeugebene siehe 5.3.3.3.

Diese Funktion umfasst das Bremssignal als Teil des Fahrgasnotrufsystems. Sie ist eine koordinierte Funktion auf Zugebene sowie auf lokaler Ebene. Für Einzelheiten, siehe EN 16334-1. Die Auslegung des Fahrgastalarmsystems muss es ermöglichen, das Signal für die Bremsbetätigung durch ein Überbrückungssignal aufzuheben, das im aktiven Führerraum ausgelöst wurde.

5.3.2.7 Bremsfunktionen zum Feststellen des Zuges

5.3.2.7.1 Allgemeines

Es muss möglich sein, den Zug durch die folgenden Funktionen festzustellen:

- Haltebremse;
- Festhaltebremse;
- Feststellbremse.

5.3.2.7.2 Haltebremse

Es muss möglich sein, den Zug im Stillstand bei einem Halt in einem Bahnhof und auf der Strecke bei einer Streckenneigung von bis zu 40 ‰ zu sichern, sofern nicht anders festgelegt.

Das Anlegen der Haltebremse muss durch die direkte Bremse (siehe 5.6.2) allein oder teilweise oder vollständig kombiniert mit der Betriebsbremse, automatisch oder vom Triebfahrzeugführer ausgelöst, möglich sein. Die Haltebremse muss einen Zug unter allen relevanten Lastzuständen nach 6.3 halten können.

Es wird empfohlen, dass die Haltebremse vom führenden Fahrzeug und/oder von der Lokomotive bereitgestellt wird.

Die Bremse muss entweder gelöst werden, nachdem eine bestimmte Antriebskraft entwickelt wurde oder nach einer bestimmten Zeitdauer nach dem Antriebssignal oder durch ein manuelles Signal.

5.3.2.7.3 Festhaltebremse

Es muss möglich sein, einen Zug unter allen relevanten Lastzuständen nach 6.3 für einen bestimmten Zeitraum und bei einer Streckenneigung von mindestens 40 ‰ in einer stationären Stellung zu halten, falls die Bremsenergieversorgung unterbrochen oder die Stromversorgung ausgefallen ist. Der Zeitraum

- muss mindestens 30 min für jede Zugart betragen,
- muss mindestens 2 h für Lokomotiven und Personenzüge betragen.

Die Festhaltebremse wird in der Regel durch die Betätigung der Betriebsbremse oder der Schnellbremse angelegt. Die Festhaltebremse darf nicht gelöst werden können, wenn nicht ausreichend Energie verfügbar ist, um sie anschließend sofort wieder zu anzulegen.

Es ist erlaubt, die Funktion der Festhaltebremse durch die der Feststellbremse zu ersetzen, wenn dadurch das erforderliche Bremsvermögen erreicht wird.

5.3.2.7.4 Feststellbremse

Die Feststellbremse muss den Zug im abgerüsteten Zustand für einen unbestimmten Zeitraum ohne Energieversorgung im Stillstand halten, bis sie bewusst gelöst wird. Dies gilt mindestens für den Abstellort (Betriebs-hof).

Der „unbestimmte Zeitraum“ darf durch eine Entwurfsprüfung bestätigt werden.

Bei einzelnen Einheiten (Fahrzeugen) muss das Vermögen der Feststellbremse in der Fahrzeugspezifikation enthalten sein. Das zugweite Vermögen der Feststellbremsfunktion muss bestimmt werden. Wenn die Feststellbremse allein nicht ausreicht, muss sie durch Zusatzeinrichtungen an Bord ergänzt werden, wie z. B. Hemmschuhe.

Bei der Bestimmung des Bremsvermögens der Feststellbremse muss der vorhandene Kraftschluss berücksichtigt werden; siehe 6.6 (Kraftschluss).

Es wird empfohlen, die Feststellbremskrafterzeugung so zu verteilen, dass der Zug bei der Betätigung der Feststellbremse noch gezogen werden kann, ohne dass ein Radsatz blockiert wird.

5.3.2.8 Prüfung des Bremsstatus

5.3.2.8.1 Allgemeines

Um die Verfügbarkeit des Bremssystems abzusichern, müssen bestimmte Funktionen und Merkmale überprüft werden.

Im Stillstand muss das Zugpersonal die Möglichkeit besitzen, mindestens Folgendes im Zug und/oder am Zug zu überprüfen:

- die Kontinuität der Bremssignalleitung entlang des gesamten Zuges;
- die Verfügbarkeit der Bremsenergieversorgung entlang des Zuges;
- den Status der Feststellbremse (angelegt, gelöst und optional abgesperrt);
- der Ein- bzw. Ausschaltzustand der dynamischen Bremse und mit dem Antriebssystem verbundenen Bremssystemen;
- das Anlegen der Bremsen bei Erteilung eines Signals, einschließlich deren Verfügbarkeit, um zum Bremsvermögen beizutragen; üblicherweise wird dies durch Anzeige des Drucks in den Bremszylindern erreicht;
- das vollständige Lösen der Bremsen infolge eines entsprechenden Signals;
- den Fehlerstatus des GS.

Falls die Feststellbremse stets direkt vom Zustand des Hauptbremssystems abhängt, ist eine zusätzliche und spezifische Anzeige für das Feststellbremssystem nicht erforderlich.

Das Bremssystem muss so ausgelegt sein, dass die Prüfung der Bremse mit mindestens einem der folgenden Verfahren durchgeführt werden kann:

- manuelle Bremsprobe: der Bremsstatus wird außerhalb oder innerhalb des Zuges, beispielsweise mit den an jedem Fahrzeug vorhandenen Bremsanzeigegeräten, überprüft;

- benutzergeführte Bremsprobe, die im aktiven Führerraum mithilfe eines Bildschirms durchgeführt wird, der eine Schritt-für-Schritt-Anleitung liefert und Informationen über den Bremsstatus in elektronischer Form anzeigt;
- automatische Bremsprobe (vom Bremssystem durchgeführt, einschließlich eines Vergleichs von Zielwert/Istwert) mit anschließender Funktionsprüfung der Mensch-Maschine-Schnittstellen im Führerraum (z. B. Bremsventil, Schlagknopf).

Die Geräuschemissionen bei der Prüfung des Bremsstatus müssen vorzugsweise durch eine feste technische Vorrichtung reduziert werden und müssen so niedrig wie vernünftigerweise umsetzbar sein.

5.3.2.8.2 Manuelle Bremsprobe

Die Schritte einer Bremsprobe müssen enthalten:

- a) Überprüfung, ob die Energie für die Bremskrafterzeugung und die Bremssteuerungsfunktionen verfügbar ist;
- b) Überprüfung auf Leckagen, sofern maßgeblich;
- c) Überprüfung des Lösestatus aller Bremskrafterzeuger;
- d) Ausführen von wiederholten und geeigneten Bremsbetätigungen:
 - 1) Aktivieren aller relevanten Komponenten in Funktionsgruppen oder
 - 2) separat, falls durch die Funktion gefordert,
 - 3) einschließlich der Manipulation des Bremskraftstellers durch den Triebfahrzeugführer;
- e) und Überprüfung
 - 1) des Status „Bremsen angelegt“ innerhalb eines definierten Zeitfensters einschließlich der korrekten Antwort der beteiligten Komponenten und
 - 2) der Kontinuität der Bremssignalleitung entlang des gesamten Zugverbands;
- f) Senden eines Signals zum Lösen, nachdem der Status „Bremsen angelegt“ empfangen wurde und Überprüfung des Status „Bremsen gelöst“ innerhalb eines definierten Zeitfensters.

ANMERKUNG Der letzte Schritt bei einer manuellen Bremsprobe ist eine Entscheidung durch das beteiligte Personal, ob die Bremsen zufriedenstellend funktionieren oder nicht.

5.3.2.8.3 Benutzergeführte Bremsprobe

Die benutzergeführte Bremsprobe darf dem Ablauf der manuellen Bremsprobe entsprechen und den Triebfahrzeugführer befähigen, die Schritt-für-Schritt-Anleitung auf dem Bildschirm zu befolgen, während er die verschiedenen Funktionsprüfungen durchführt, und er darf die Ergebnisse ohne jegliche personelle Unterstützung von außerhalb des Zuges direkt auf dem Bildschirm empfangen.

Die Hauptmerkmale sind:

- Bremssignal durch den Triebfahrzeugführer;
- Fernsteuerung durch den Zugbus;
- Statusanzeige auf dem Bildschirm.

5.3.2.8.4 Automatische Bremsprobe

Die automatische Bremsprobe darf dem Ablauf der manuellen Bremsprobe entsprechen und unterschiedliche Funktionsprüfungen auslösen, ohne dass der Triebfahrzeugführer an Bord ist, und die Ergebnisse werden ohne jegliche personelle Unterstützung von außerhalb des Zuges direkt auf dem Bildschirm ausgegeben.

Ist eine Datenschnittstelle vorhanden, muss die automatische Bremsprobe folgende Zusatzfunktionen liefern:

- a) Überprüfung des Fehlerstatus des GS;
- b) wenn die Probe erfolgreich abgeschlossen wurde, muss das Ergebnis
 - 1) dem Triebfahrzeugführer angezeigt werden,
 - 2) im On-board-Datenspeicher hinterlegt werden und
 - 3) die relevanten Daten über das Bremsvermögen an den Triebfahrzeugführer liefern, mit der Option, sie unter seiner Verantwortung an erweiterte ZZS-Systeme, wie z. B. ETCS, zu senden.

Falls während der automatischen Bremsprobe ein Fehlerzustand erkannt wird, sollte je nach Kritikalität des Fehlers der Probedurchgang unter Angabe eines negativen Ergebnisses für den Triebfahrzeugführer gestoppt werden und eine Wiederholung der Probe unter der Verantwortung des Triebfahrzeugführers angefragt werden.

5.3.2.9 Überwachung des Bremsstatus

Während der Fahrt muss der Triebfahrzeugführer in der Lage sein, Folgendes von seiner Fahrerposition im Führerraum aus zu überprüfen:

- den Status der Bremssignalleitung des Zuges;
- den Status der Bremsenergieversorgung des Zuges;
- den Status der dynamischen Bremse und des Bremssystems in Verbindung mit dem Antriebssystem;
- den Status „angelegt“ oder „gelöst“ von mindestens einem Teil (Krafterzeuger) des Hauptbremssystems (z. B. ein Teil, das in ein Fahrzeug eingebaut ist, das mit einem aktiven Führerraum ausgestattet ist);
- den Grund für ein dezentrales Bremssignal, falls das dafür notwendige Kommunikationssystem vorhanden ist.

ANMERKUNG Status bedeutet in diesem Zusammenhang: Verfügbarkeit und/oder die Höhe der erreichten Leistung.

Wenn eine Federspeicherbremse in mindestens einem Fahrzeug des Fahrzeugverbands vorhanden ist und eine unbeabsichtigte Betätigung dieser Feststellbremse erfolgt, muss dies dem Triebfahrzeugführer angezeigt werden, es sei denn

- die Federspeicherbremse enthält eine geeignete Einrichtung zum automatischen Halten der Feststellbremse in der Lösestellung im Fall eines unbeabsichtigten Verlusts der Löseenergie, oder
- es erfolgt die Auslösung einer Zwangsbremmung.

Es wird empfohlen, Handbremsen mit Kontakten zu versehen, die angelegte Feststellbremsen erkennen und eine Meldung an den Triebfahrzeugführer senden. Diese Anforderung gilt auch für andere Formen von Feststellbremsen, die nicht auf dem Handbetrieb basieren (z. B. hydraulisch angelegte und gelöste Bremsen).

Wenn die Fahrzeuge des Zuges für den Wendezugbetrieb ausgelegt sind, muss eine unbeabsichtigte Betätigung der direkten Bremse (Zusatzbremse) in einem der nicht aktiven Führerräume entweder eine Betriebs- oder Zwangsbremmung auslösen oder dem Triebfahrzeugführer angezeigt werden.

5.3.3 Zusätzliche Anforderungen auf Fahrzeugebene

5.3.3.1 Kompatibilität

Die Bremsausrüstung jedes Fahrzeugs muss mit der Bremssteuerung des Zuges und mit den Bremssystemen anderer Fahrzeuge kompatibel sein.

Die Kompatibilität muss hinsichtlich Folgendem erreicht werden:

- a) Kupplungsschnittstelle zwischen den Fahrzeugen im Zug;
- b) Weiterleitung des Bremssignals zwischen Fahrzeugen;
- c) die Eigenschaften der lokalen Steuerung, die dem zentralen Signal folgt;
- d) Transport der Bremsenergie zwischen den Fahrzeugen, falls die Bremsenergieversorgung nicht lokal erfolgt;
- e) vergleichbare Bremsleistung im Hinblick auf:
 - 1) Bremskraftanteil und die zulässige Lastenverteilung zwischen den Fahrzeugen (für Einzelheiten siehe 5.3.3.4);
 - 2) Zeiten für das Anlegen und das Lösen der Bremse;
 - 3) die Auswirkung auf das dynamische Verhalten des Zuges (einschließlich des Betriebs ausgeschalteter Fahrzeuge innerhalb des Zugverbands).

5.3.3.2 Unerschöpfbarkeit

Die Auslegung des Bremssystems auf lokaler Ebene muss zur Unerschöpfbarkeit beitragen. Insbesondere muss ausreichend Bremsenergie im Fahrzeug gespeichert sein, um die Aufbringung der erforderlichen Bremskräfte an diesem Fahrzeug sicherzustellen.

5.3.3.3 Einrichtung für dezentrale Signalgebung

Die lokale Auslegung des Bremssystems muss das Hinzufügen von dezentralen Einrichtungen zur Signalgebung zum Trennen der Energieversorgung von Bremssignalleitungen und Anlegen der Bremse erlauben.

In dieser Hinsicht muss die Schnittstelle zwischen dem Bremssystem und dem Fahrgastnotrufsystem EN 16334-1:2014+A1:2022 entsprechen.

Die Schnittstellen mit Systemen des Fahrzeugs, die Gefährdungen für den Normalbetrieb überwachen (z. B. Entgleisungsdetektion, Heißläuferortung, Einrichtung zur Sicherung von Lasten), sind optional.

Es gelten die folgenden Anforderungen:

- die funktionalen Eigenschaften der Bremssignalleitung dürfen nicht nachteilig verändert oder beeinflusst werden;
- das Ansprechen dieser Einrichtungen muss von beiden Seiten des Fahrzeugs aus oder vom Fahrzeuginnenraum aus erkennbar sein;

- die Einrichtung sollte von beiden Seiten aus oder vom Fahrzeuginnenraum aus nach der Betätigung oder bei einer Fehlfunktion abgesperrt oder zurückgesetzt werden können.

5.3.3.4 Leistungsfähigkeit der Bremse

Jedes einzelne Fahrzeug des Zuges muss mit dem Hauptbremssystem ausgestattet sein, das die Energie ableiten kann, die während des Bremsvorgangs entstanden ist, damit während des Betriebs, wenn er in Übereinstimmung mit der Fahrzeuganleitung erfolgt, keine Schäden an Bremskraft erzeugenden Komponenten (z. B. Reibflächen) und angrenzenden Bauteilen der Fahrzeuge und der Infrastruktur entstehen.

Um den Betrieb von Zügen mit abgesperrten Fahrzeugen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung zu erlauben, ist es erforderlich, dass die anderen Fahrzeuge eine höhere Bremsleistung aufweisen.

Anforderungen an die thermische Leistungsfähigkeit sind in 6.5 festgelegt.

— Für Lokomotiven und Reisezugwagen:

Jedes Fahrzeug muss so ausgelegt sein, dass es seine eigene Masse abbremsen kann. Die Berücksichtigung einer zusätzlichen Belastung der Bremse eines Fahrzeugs muss definiert werden, z. B. so, dass die Möglichkeit besteht, die Reibungsbremsen der Lokomotive im Normalbetrieb oder im eingeschränkten Modus bewusst zu lösen.

— Für Güterwagen:

Die Bremsausrüstung muss einer Betätigung der Schnellbremse standhalten können, ohne dabei durch thermische oder mechanische Einflüsse an Bremsleistung zu verlieren.

Die Belastung der Bremse, der das Fahrzeug ohne nachteilige Entwicklung des Bremsvermögens aufgrund thermischer oder mechanischer Einflüsse standhalten kann, muss im Hinblick auf Geschwindigkeit, Last und Dauer der Bremsanforderung festgelegt und angegeben werden.

ANMERKUNG 1 Die thermische Leistung für Klotzbremsen wird in der Regel durch die Kapazität des Rads beschränkt.

ANMERKUNG 2 Ungünstige Bedingungen werden in Abschnitt 6 oder in der entsprechenden Bauteilnorm behandelt.

5.3.3.5 Betätigung der manuellen Feststellbremse

Für die Auslegung der Feststellbremse muss angenommen werden, dass die Höchstkraft, die vom Bediener von Hand aufgebracht werden kann, an der mechanischen Schnittstelle (Handbremsrad, Bremskraftsteller usw.) 500 N beträgt. Es wird empfohlen, einen Zielwert von 250 N bei der Auslegung neuer Anordnungen von Feststellbremsen anzuwenden.

5.4 „EN-UIC“-Bremsystem — basierend auf einem Druckluftbremssystem

5.4.1 Vorwort

Die UIC-Bremse ist eine Abwandlung der Druckluftbremse, die aus der Erfindung von George Westinghouse Ende des 19. Jahrhunderts hervorgeht. Sie wurde an die Bedürfnisse in Europa angepasst und in UIC-Merkblättern formell geregelt.

Das wesentliche Merkmal dieser Bremsarchitektur ist, dass die in 5.3.1 aufgelisteten Anforderungen ausschließlich mit Druckluft erfüllt werden können.

Das Bremsansteuerungs- und Bremssteuerungssystem, welches derzeit in der EU verwendet wird, ist das indirekt pneumatisch gesteuerte Bremssystem nach Europäischen Normen. Die einschlägigen Europäischen Normen und die entsprechenden UIC-Merkblätter sind in Tabelle D.1 aufgelistet.

5.4.2 Allgemeine Struktur

5.4.2.1 Hauptluftleitung

Das „EN-UIC“-Bremsssystem muss mit einer durchgehenden Hauptluftleitung als Bremssignalleitung, wie in 5.3.2.1 festgelegt, ausgestattet sein.

Die Bremsanforderung erfolgt durch eine Absenkung des Drucks in der HL unter den Regelbetriebsdruck.

Die Hauptluftleitung stellt außerdem ein Mittel zur Verteilung der Bremsenergie an die einzelnen Fahrzeuge dar.

5.4.2.2 Steuersystem für den Hauptluftleitungsdruck

Die Druckhöhe in der Hauptluftleitung muss durch das Führerbremsventil (entsprechend der Regeleinrichtung in der zugweiten Bremssteuerung in 5.3.1, Bild 1) mit den folgenden Eigenschaften geregelt werden:

- im **Zustand Lösen**: Beaufschlagen der Hauptluftleitung mit einem Regelbetriebsdruck von 5 bar und Aufrechterhalten dieses Drucks durch automatisches Ausgleichen von Systemleckagen;
- im **Zustand Betriebsbremsung**: stufenweises Entlüften und Aufrechterhalten eines niedrigeren Drucks in der Hauptluftleitung als Eingangssignal für die Steuerventile, damit die Bremsen anlegen;
- im **Zustand Vollbremsung**: Anfordern der höchsten Bremskraft durch eine Verringerung des Drucks in der Hauptluftleitung um 1,6 bar + 0,2 bar und Aufrechterhalten des Drucks auf diesem Niveau;
- in der **Schnellbremsstellung**: schneller Druckabfall in der Hauptluftleitung bis auf weniger als 2,5 bar.

ANMERKUNG Der Begriff „Zustand“ spiegelt die Option wider, eine stellungsabhängige oder zeitabhängige Steuerung zu verwenden.

Leckagen des Bremssystems (wie z. B. an Bremszylindern, Verbindungen zwischen Fahrzeugen) müssen automatisch durch das Steuersystem für den Hauptluftleitungsdruck ausgeglichen werden. Eine Selbsttätigkeit des Bremsengriffs darf dadurch jedoch nicht verhindert werden. Dies muss im gelösten Zustand und unter allen Betriebsbremsbedingungen erreicht werden.

Zusätzlich muss das Steuersystem für den Hauptluftleitungsdruck die Anforderungen nach Anhang E erfüllen.

5.4.2.3 Lokale Bremssteuerung

In allen Fahrzeugarten muss ein Ventil für die lokale Bremssteuerung (Steuerventil) vorhanden und mit der Hauptluftleitung verbunden sein. Die Druckschwankung in der Hauptluftleitung muss das Signal für das Ventil der lokalen Bremssteuerung (Steuerventil) sein, um Folgendes umzusetzen:

- das stufenweise Entlüften der Hauptluftleitung in einen stufenweisen Druckanstieg in den Bremszylindern und/oder eine Erhöhung der dynamischen Bremskraft und
- den stufenweisen Druckanstieg in der Hauptluftleitung in ein stufenweises Lösen des Bremszylinderdrucks und/oder eine Reduzierung der dynamischen Bremskraft.

Steuerventile müssen in Übereinstimmung mit EN 15355:2019+A1:2023 ausgelegt sein. Relaisventile müssen in Übereinstimmung mit EN 15611:2020+A1:2022 ausgelegt sein.

5.4.2.4 Bremskrafterzeugung

Das Fahrzeug muss mit Bremszylindern/Krafterzeugern von geeigneter Art und Größe ausgestattet sein.

ANMERKUNG Um die geeignete Verzögerungskraft zu erreichen, werden die Fahrzeuge in der Regel mit einem Relais-ventil nach EN 15611 und/oder einer angemessenen Übersetzung im Bremsgestänge ausgestattet.

5.4.2.5 Speicherung von Druckluft

Jedes Steuerventil muss mit einem lokalen Luftbehälter zur Speicherung von Druckluft ausgestattet sein, der der Versorgung der Bremszylinder dient.

Das System muss in der Lage sein, die lokalen Luftbehälter wie folgt zu befüllen:

- aus der Hauptluftleitung über das Steuerventil (Einleitungsbetrieb) und/oder durch eine separate Einrichtung;
- optional aus einer zweiten durchgehenden Luftleitung (Hauptluftbehälterleitung), die die Energieverteilung direkt aus dem Hauptluftbehälter zu den lokalen Luftbehältern herstellt (Zweileitungsbetrieb).

In beiden Fällen muss eine Einrichtung zwischen der Versorgungsleitung und dem lokalen Luftbehälter vorhanden sein, die mindestens über ein Rückschlagventil verfügt. Deren Funktion ist es, den Druck in den lokalen Luftbehältern zu sichern, falls die Luftzufuhr unterbrochen wird oder falls der Versorgungsdruck geringer ist als der Druck im Luftbehälter. Die Einrichtung darf über ein Druckminderventil verfügen.

ANMERKUNG Steuerventile nach EN 15355 schließen dieses Rückschlagventil mit ein.

5.4.3 Zusätzliche Bremssysteme

Zusätzliche Bremssysteme (z. B. elektrodynamische Bremsen, Magnetschienenbremse usw.) dürfen an einem oder mehreren Fahrzeugen in einem Zugverband vorhanden sein, wenn sie koordiniert oder ausschließlich und bewusst vom Triebfahrzeugführer betätigt werden können.

Falls diese zusätzlichen Bremssysteme beim Schnellbremsvermögen berücksichtigt werden, müssen sie an die Hauptluftleitung (oder an eine alternative Bremssignalleitung) angeschlossen sein, damit sie das Signal zum Anlegen oder Lösen der Bremsen zur gleichen Zeit wie die Druckluftbremse oder, wenn eine elektrische Bremssignalleitung verwendet wird, schneller erhalten können.

5.4.4 Funktionsanforderungen auf Zugebene

5.4.4.1 Betriebliche Eigenschaften

Die folgenden Eigenschaften müssen gelten:

- die Geschwindigkeit der Weiterleitung des Schnellbremssignals muss mindestens 250 m/s betragen;
- ein Betriebsbremssignal muss zum letzten Fahrzeug des Zuges übermittelt werden, sobald der Druck in der Hauptluftleitung an der aktiven Steuerung um 0,4 bar unterhalb des Regelbetriebsdrucks gesunken ist;
- die Mehrstufigkeit (Erhöhung oder Verringerung) des Steuersystems für den Druck in der Hauptluftleitung muss mindestens 6 Stufen des Bremssignals ermöglichen (zusätzlich zum Zustand Lösen) einschließlich einer Vollbremsung;
- die Vollbremsung muss durch eine Verringerung des Drucks in der Hauptluftleitung um $1,5 \text{ bar} \pm 0,1 \text{ bar}$ unter dem Regelbetriebsdruck erfolgen;
- es ist nicht zulässig, die Druckluft aus den Luftbehältern des Bremssystems und aus der Hauptluftleitung für andere Zwecke als zum Bremsen zu nutzen.

Diese Eigenschaften können durch Verwendung von Steuerventilen nach EN 15355:2019+A1:2023 und Steuersysteme für den Druck in der Hauptluftleitung nach Anhang E erreicht werden.

5.4.4.2 Unerschöpfbarkeit im „EN-UIC“-System

Wiederholte Betätigungs- und Lösevorgänge mit anschließender Schnellbremsung müssen möglich sein. Diese Vorgänge aus Betätigen und Lösen dürfen nicht auf eine bestimmte Anzahl begrenzt sein, wenn die Zugriffshäufigkeit dem dynamischen Verhalten des Systems nach EN 15355:2019+A1:2023 entspricht.

ANMERKUNG Der Betrieb eines EN-UIC-Bremssystems benötigt eine fachgerechte Bedienung durch den Triebfahrzeugführer.

Die Unerschöpfbarkeit muss durch Folgendes gestützt werden:

- Steuersystem für den Druck in der Hauptluftleitung, das den Druck in der Hauptluftleitung aufrechterhält, wie in 5.4.2.2 festgelegt, d. h. Ausgleichen von Leckagen;
- das Steuerventil, das in der Betriebsbremsstellung den Versorgungsdruck im lokalen Luftbehälter der Bremse auf der entsprechenden Druckhöhe in der Hauptluftleitung aufrechterhält (Ausgleichen von Leckagen). Steuerventile, die nach EN 15355:2019+A1:2023 ausgelegt sind, erfüllen diese Anforderung.

5.4.4.3 Bremsarten und Bremsstellungen

Das lokale Steuersystem der Druckluftbremse muss eine der beiden folgenden grundlegenden Bremsarten bereitstellen:

- G – für Güterverkehr mit langsamen Bremskraftaufbau- und Bremskraftabbauzeiten (EN 15355:2019+A1:2023). Für Reisezugwagen ist diese Bremsart optional;

ANMERKUNG 1 Diese Zeitvorgaben werden ausgewählt, um das Risiko übermäßig hoher Längskräfte in langen und schweren Zügen zu verringern und um das Wiederaufladen der Luftbehälter der einzelnen Fahrzeuge zu ermöglichen.

- P – für Personen- und Güterverkehr mit schnellen Bremskraftaufbau- und Bremskraftabbauzeiten (EN 15355:2019+A1:2023).

ANMERKUNG 2 Diese Zeitvorgaben werden für den Personenverkehr im Allgemeinen und für den Güterverkehr ausgewählt, falls die Längskräfte auf einen zulässigen Wert beschränkt werden.

Die Bremsart G kann in weitere Bremsstellungen unterteilt werden:

- G – für Güterverkehr mit beschränktem Bremsvermögen (siehe auch Abschnitt 6);
- G+X – für Güterverkehr mit zusätzlichen Bremssystemen (siehe auch Abschnitt 6);

Die Bremsart P kann in weitere Bremsstellungen unterteilt werden:

- P – für Personenverkehr (und Güterverkehr) mit beschränktem Bremsvermögen (siehe auch Abschnitt 6);
- P+X – für Personenverkehr (und Güterverkehr) mit zusätzlichen Bremssystemen (siehe auch Abschnitt 6);
- R – für schnellen Verkehr (Expressverkehr) mit hohem Bremsvermögen (siehe auch Abschnitt 6);
- R+X – für schnellen Verkehr (Expressverkehr) mit zusätzlichen Bremssystemen (siehe auch Abschnitt 6).

Die maßgeblichen Bremsstellungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 — Gebräuchliche Bremskombinationen

Bremsart			
G	P		Bremsen mit unterschiedlichen Ansprechzeiten
langsam	schnell		
Bremsstellung			
G	P	R	Bremsen mit unterschiedlicher Bremskrafthöhe
niedrig	niedrig	hoch	
Pneumatische Bremsen mit zusätzlichem Bremssystem (in Kombination, im Blending oder Rückhaltung)			
G+E	P+E	R+E	Zusätzliche Bremsen = elektrodynamische Bremsen
G+H	P+H	R+H	Zusätzliche Bremsen = hydrodynamische Bremsen
	P+Mg	R+Mg	Zusätzliche Bremsen = Magnetschienenbremsen
		R+WB	Zusätzliche Bremsen = Wirbelstrombremsen
		R+E+Mg	Zusätzliche Bremsen = elektrodynamische Bremsen und Magnetschienenbremsen
		R+E+WB	Zusätzliche Bremsen = elektrodynamische Bremsen und Wirbelstrombremsen

Für Lokomotiven und Wagen sind die Bremsstellungen G und P verpflichtend.

Alle anderen Bremsstellungen sind optional und müssen in der Fahrzeugspezifikation gefordert werden.

Für Einzelheiten zu den Zeitvorgaben der verschiedenen Bremsstellungen und der verschiedenen Fahrzeugarten siehe Tabelle A.1.

5.4.4.4 Steuersystem für den Druck in der Hauptluftleitung

Einheiten mit Führerraum müssen mit einer Führerbremsbetätigungseinrichtung ausgestattet sein. Falls das Steuersignal der selbsttätigen Bremsen über die Hauptluftleitung übertragen wird, muss es den in Anhang E aufgelisteten Anforderungen entsprechen.

ANMERKUNG Das Steuersystem für den Druck in der Hauptluftleitung ist ein System, das zur Interoperabilität von Eisenbahnen beiträgt. Es wurde in UIC 541-03 festgelegt. TC 256/SC 3/WG 47 beabsichtigt, dieses UIC-Merkblatt als Europäische Norm zu übernehmen und dessen technischen Inhalt zu aktualisieren. Bis diese EN zur Verfügung steht, sind die technischen Anforderungen in Anhang E des vorliegenden Dokuments aufgelistet.

5.4.4.5 ep-Bremsen

Ein ep-Bremssystem wie in 5.4.4.10 beschrieben, ist ein Zusatzsystem zur Steuerung des Hauptluftleitungsdrucks mithilfe elektrisch geregelter Signale zum Anlegen und Lösen, die innerhalb des Zuges über ep-Bremsleitungen übertragen werden.

5.4.4.6 Wechselwirkungen mit anderen Systemen

5.4.4.6.1 Durch andere Systeme ausgelöste Bremsbetätigungen

Bremsbetätigungen, die durch andere Sicherheitssysteme als den Bremshebel des Triebfahrzeugführers ausgelöst werden, müssen zur Unterbindung der Nachspeisung durch das Steuersystem für den Druck in der Hauptluftleitung führen, wenn sich dieses System in dem Bremsbefehlswagen befindet.

ANMERKUNG Das Entlüftungsvermögen der von den ZZS-Systemen verwendeten Entlüftungsorgane und die dazugehörigen Leitungen beeinflussen die vorgesehene Bremsleistung. Dies stellt einen offenen Punkt dar und wird momentan untersucht.

Falls die Notbremsung durch eine dezentrale Einrichtung ausgelöst wird (d. h. nicht von dem Befehlsfahrzeug aus), gilt 5.4.4.7.

Wenn der Triebfahrzeugführer die Bremsung unterstützt, indem er das Führerbremsventil in die Schnellbremsstellung verlegt, dann muss die Nachspeisung durch das Steuersystem für den Hauptluftleitungsdruck unterbrochen werden.

5.4.4.6.2 Automatische Zugsteuerung

Das Steuersystem für den Druck in der Hauptluftleitung ist in der Lage, die von einer automatischen Zugsteuerung ausgelöste Betriebsbremsung in einen entsprechenden Hauptluftleitungsdruck umzuwandeln.

Ein von der automatischen Zugsteuerung ausgegebenes Signal zum Lösen darf kein Bremssignal übersteuern können, das vom Triebfahrzeugführer ausgelöst wurde.

Es muss für den Triebfahrzeugführer die Möglichkeit bestehen, die automatische Zugsteuerung abzusperren bzw. zu deaktivieren.

5.4.4.7 Schnell-/Zwangsbremung

5.4.4.7.1 Allgemeiner Begriff

Die Schnell- und Zwangsbremse ist die Bremsfunktion mit dem höchsten Sicherheitsanspruch.

Die Auslösung und Übertragung dieser Funktion muss jederzeit und mit höchster Zuverlässigkeit durch Folgendes möglich sein:

- den Triebfahrzeugführer;
- die Zugsicherungssysteme, ausgelöst durch die Infrastruktur und Signalanlagen (ZZS);
- jedes andere Sicherungssystem des Zuges, ausgelöst durch (dezentrale) Systeme an Bord.

Die zentralen Funktionen müssen nach dem „Energize-to-release“-Prinzip ausgeführt sein.

Jede Schnell-/Zwangsbremsanforderung muss automatisch die folgenden Vorgänge auslösen und erhalten bis diese durch einen absichtlichen Eingriff rückgängig gemacht werden:

- Entlüften der Hauptluftleitung bis zu einem Druck von weniger als 2,5 bar;
- Anfordern der ep-Bremse, sofern vorhanden;
- Traktionssperre;
- Unterbindung der Nachspeisung;
- Anzeigen der Gründe für die Zwangsbremung für den Triebfahrzeugführer, sofern ein Diagnosesystem vorhanden ist;
- Unterbrechen der Notbremsschleife, sofern vorhanden.

In Tabelle 2 sind die Merkmale festgelegt, die bei der Auslegung derjenigen Komponenten zu berücksichtigen sind, die das Schnellbremssignal erzeugen.

Tabelle 2 — Bei Schnittstellengeräten zu berücksichtigende Merkmale

	Führerbrems- ventil/Fahr- bremsschalter	Schlag- taster	ZZS	Andere Sicherungs- systeme	Automatisches Entlüften der HL (Zugtrennung)
Entlüften der Hauptluftleitung	•	•	•	•	— ^a
Traktionssperre	•	•	•	0/S	S
Unterbrechen der Nachspeisung durch das Steuersystem für den Druck in der Hauptluftleitung	•	•	0	0	— ^a
Erzeugen des ep-Bremssignals	0	0	0	— ^a	— ^a
Falls die ep-Bremse im Bremsvermögen berücksichtigt wird	•	•	•	— ^a	— ^a
Aufheben des Signals zum Lösen der ep-Bremse	•	•	S	— ^a	— ^a
Öffnen der Schnellbremschleife, sofern vorhanden	•	•	•	— ^a	— ^a
Signal an das Überwachungssystem	•	•	•	0	S
Bereitstellen des Schnellbremsvermögens	S	S	S	S	S
Abschalten der dynamischen Bremse	— ^{a,b}	0	— ^a	— ^a	— ^a
• Verbindliches Merkmal. 0 Optionales Merkmal. - S Die Aktion leitet sich von der Entlüftung der Hauptluftleitung ab.					
^a Nicht zutreffend, keine direkte Aktion.					
^b Die dynamische Bremse darf aktiv bleiben, sofern vorhanden.					

Die Integration der Notbremsventile auf Fahrzeugebene muss in Übereinstimmung mit Anhang F bewertet werden.

Falls zusätzlich eine elektrische Bremssignalleitung vorhanden ist, die bei bestimmten Signalen die Hauptluftleitung ersetzen soll (z. B. Signale des ZZS-Systems), muss sie nach dem „Energize-to-release“-Prinzip arbeiten und abgeschaltet werden, um die Notbremse zu betätigen.

Falls mehr als eine Bremse denselben Radsatz ansteuern, müssen geeignete Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um Überbremsung zu verhindern.

Die Antriebskraft muss innerhalb 2 s unter Einhaltung der Ruckgrenzwerte kontrolliert auf 0 verringert werden.

Die Traktion darf nur durch eine bewusste Handlung des Fahrers nach dem Lösen der Schnellbremsanforderung möglich sein.

Die Bremskraft erzeugenden Komponenten in einem Zug müssen in Form mehrerer dezentraler Einheiten vorhanden sein, um einen Mangel an Bremskraft infolge einer Fehlfunktion auf einen zulässigen Wert zu begrenzen.

Die lokalen Bremssteuereinheiten selbst und die untergeordnete Signalkette dürfen ohne Redundanz ausgelegt sein, wenn die Beeinträchtigung bei einem Einzelfehler durch eine ausreichende Anzahl vom betrachteten Fehler nicht betroffener Bremskrafterzeuger begrenzt wird.

Jeder mechanische, elektrische oder pneumatische Ausfall einer eigenständigen Einheit des Bremssystems, der lokal im Zug auftreten kann, darf keinen schwerwiegenden Einfluss haben als die Abschaltung dieser Einheit.

5.4.4.7.2 Anforderungsebene

5.4.4.7.2.1 Allgemeines

Falls die Schnellbremse durch Entlüften der Hauptluftleitung mithilfe eines elektrischen Signals betätigt wird, muss sie prinzipiell so ausgelegt sein, dass die Entlüftung der Hauptluftleitung ohne Erregung der Magnetventile erreicht wird (Abschaltung für Bremsung). Falls die umgekehrte Vorgehensweise notwendig erscheint, muss ein vergleichbares Sicherheitsniveau nachgewiesen werden.

Auch im nicht aktivierten Führerstand muss eine Schnellbremsung möglich sein.

5.4.4.7.2.2 Bremshebel im Führerpult

Der Bremskraftsteller ist die Schnittstelle zum Führerbremsventil/Fahrbremssteller und den mit der Einleitung der Schnellbremsung verbundenen Funktionen in 5.4.4.7.1.

Die Schnellbremse muss mit demselben Gerät betätigt werden, das vom Triebfahrzeugführer für die Betriebsbremse verwendet wird.

Die Schnellbremsstellung des Bremshebels muss eine Raststellung in der Endlage des Bedienbereichs hinter der Vollbremsstellung sein.

Der Hebel muss so lange in der Schnellbremsstellung verbleiben, bis er vom Triebfahrzeugführer aus dieser Stellung bewegt wird.

Das System muss dem Triebfahrzeugführer ermöglichen, jederzeit eine Schnellbremsung aufheben zu können, die vom Triebfahrzeugführer ausgelöst wurde.

Der Bremshebel muss in einem leicht zugänglichen Bereich am Führerpult angebracht sein. Einzelheiten werden in EN 16186-2:2017 erläutert.

Der Bremshebel muss so betätigt werden, dass die Bremsanforderung steigt, sobald der Hebel in Richtung des Triebfahrzeugführers bewegt wird.

Bei ausschließlich in GB eingesetzten Zügen ist es erlaubt, die Bremsanforderung durch Bewegen des Hebels weg vom Fahrer zu erhöhen, wobei sich die Bremsstellung für die Schnellbremsung in der Position befindet, die am weitesten vom Triebfahrzeugführer entfernt ist.

Der Bremshebel muss eine Schnellbremsstellung aufweisen, in der die Hauptluftleitung ohne weitere Steuerungsmechanismen mit maximalem Querschnitt oder unter Verwendung eines vorgesteuerten Ventils kombiniert mit einem Entlüftungsventil entlüftet wird. Es ist gestattet, einen Stromkreis in Verbindung mit einem Entlüftungsventil zu verwenden, wenn ein gleichwertiges Sicherheitsniveau damit eingehalten werden kann.

Falls die Entlüftung der Hauptluftleitung mit einem vorgesteuerten Entlüftungsventil erfolgt, muss eine zweite unabhängige Einrichtung nach 5.4.4.7.2.3 in der Lage sein, die Hauptluftleitung mit maximalem Querschnitt direkt zu entlüften.

Falls neben der pneumatischen Bremse bei Schnellbremsung weitere Bremssysteme angesprochen werden, müssen sie entweder durch Entlüften der Hauptluftleitung oder durch Öffnen der Schnellbremsschleife, sofern vorhanden, betätigt werden.

Die Hauptluftleitung darf nicht in den Führerraum entlüftet werden. Die Entlüftungsleitung muss denselben Querschnitt haben wie die Leitung, die das Bremsventil mit der Hauptluftleitung verbindet. Die Verlegung der Entlüftungsleitung muss eine Verstopfung der Auslassöffnung (zum Beispiel durch Frost) verhindern.

5.4.4.7.2.3 Notschlagtaster oder vergleichbare Einrichtung

2. Auslöseweg:

Bei Ausfall des regulären Bremshebels des Triebfahrzeugführers muss mindestens eine weitere Einrichtung vorhanden sein.

Diese Einrichtung muss ein roter Pilzkopf-Schlagtaster sein. Nach seiner Aktivierung muss er in der „betätigten“ Stellung verbleiben, bis der Triebfahrzeugführer die Einrichtung bewusst zurücksetzt.

Die Gestaltung und die Anlage müssen das Risiko vermeiden, dass Hindernisse die Bedienung des Druckknopfes verhindern können.

Das Betätigen des Schlagtasters muss die in 5.4.4.7.1 festgelegten Schnellbremsfunktionen einleiten.

Bei einer Architektur, die aus einer indirekten Bremse besteht, muss die Hauptluftleitung direkt durch die Betätigung dieser Einrichtung entlüftet werden. Falls die Entlüftung der Hauptluftleitung über einen Vorsteuerdruckkreis erfolgt, muss der reguläre Bremshebel des Triebfahrzeugführers in der Lage sein, die Hauptluftleitung mit maximalem Querschnitt direkt zu entlüften.

Einrichtungen, die für andere Notfallfunktionen (nicht das Bremsen betreffend) zuständig sind, aber auch als Notschlagtaster ausgeführt sind, müssen die Anforderungen von EN 16186-2:2017 erfüllen.

5.4.4.7.2.4 Bremsung vom Hilfspult aus

Falls der Triebfahrzeugführer eine der regulären Schnellbremseinrichtungen aus der Position mit Sicht nach hinten nicht erreichen kann, muss eine zusätzliche Schnellbremseinrichtung an einer von der Position mit Sicht nach hinten aus leicht zugänglichen Stelle eingebaut sein.

Es ist erlaubt, dieses Gerät zusammen mit anderen Geräten, die dem Triebfahrzeugführer auch die Antriebssteuerung von der Position mit Sicht nach hinten aus ermöglichen, an einem Hilfspult anzuordnen.

5.4.4.7.2.5 Bremsanforderung durch Zugsysteme

Das Bremssystem muss Schnittstellen mit den folgenden Zugsystemen besitzen:

- ZZS-Systeme;
- Wachsamkeitsvorrichtung des Triebfahrzeugführers (Sifa);
- Fahrgastnotrufsystem, sofern vorhanden;
- zentrales zugweites Diagnosesystem, sofern vorhanden (z. B. eine Entgleisungsdetektion, On-board-Heißläuferortung usw.).

Die Schnittstelle dieser Systeme mit dem Bremssystem muss die in 5.4.4.7.1 festgelegten Schnellbremsfunktionen einleiten.

Es muss die Möglichkeit bestehen, die Funktion jeder dieser Schnittstellen des Zugsystems regelmäßig im Vorbereitungsdienst zu überprüfen. Jeder Pfad, der zur Sicherung der Gesamtfunktionstüchtigkeit dient, muss einzeln geprüft werden.

Die Komponenten müssen unabhängig voneinander ausgeschaltet werden können. Die Trennung eines Systems bei dessen Ausfall darf kein Abschalten der anderen Zugsysteme hervorrufen. Der Status der Systeme muss für den Triebfahrzeugführer deutlich sichtbar angegeben werden (mindestens während der Vorbereitung des Zuges). Das Versagen eines Systems darf keinen Folgefehler in einem anderen System hervorrufen.

5.4.4.8 Betriebsbremsanforderung

5.4.4.8.1 Allgemeine Anforderungen

Im Betriebsbremsbereich muss es dem Triebfahrzeugführer möglich sein, die Bremskraft zwischen einem Höchst- und einem Mindestwert nach 5.4.4.1 einzustellen (durch Anlegen oder Lösen), um die Geschwindigkeit des Zuges zu regeln.

Es darf nicht möglich sein, das Betriebsbremssignal an mehr als einer Stelle im Zug zu aktivieren. Um dieser Anforderung zu entsprechen, muss es möglich sein, diese Funktion mit Deaktivierung der anderen Führerstände des Zugverbands abzuschalten.

Wenn der Zug mit einer Geschwindigkeit von mehr als 15 km/h betrieben wird, muss jedes Betriebsbremssignal automatisch die Zugkraft unterbrechen. Diese Unterbrechung muss aufrechterhalten werden, solange die Traktionssteuerung nicht vom Fahrer deaktiviert wird. Es ist gestattet, eine separate Funktion zur absichtlichen Steuerung der Reibungsbremse bei Geschwindigkeiten höher als 15 km/h für bestimmte Gründe vorzusehen (Enteisung, Reinigung von Bremsorganen).

Die Umsetzung der Betriebsbremsanforderung darf mit den gleichen nachgeschalteten Komponenten erfolgen, wie denen der Schnell- oder Zwangsbremse.

5.4.4.8.2 Bremsbedienung durch den Triebfahrzeugführer

In einem lokbespannten Zug ist die Standardeinrichtung zum Anlegen der Betriebsbremse das Führerbremsventil. Dieses Ventil muss den Hauptluftleitungsdruck regeln können.

Falls eine dynamische Bremse vorhanden ist, muss der Triebfahrzeugführer die Möglichkeit haben:

- diese dynamische Bremse separat zu bedienen. Der Einbau eines separaten Hebels für die ausschließliche Betätigung der dynamischen Bremsen wird empfohlen; oder
- die dynamische Bremse proportional zur pneumatischen Bremse des Zuges zu steuern, indem die dynamische Bremse mehrstufig im Verhältnis zur Druckverringerung in der Hauptluftleitung betätigt wird.

Optional:

- automatischer Ausgleich fehlender dynamischer Bremskraft in Bezug auf die pneumatische Bremse durch Blending;
- automatische Verteilung von Bremskräften, wenn ein zugweites Bremsmanagementsystem vorhanden ist.

Die folgenden Einrichtungen müssen im optimalen Greifbereich angeordnet sein, und die Erreichbarkeit jeder Einrichtung muss ergonomisch optimiert sein (für Einzelheiten siehe EN 16186-2:2017):

- der kombinierte Fahr-/Bremshebel, sofern vorhanden;

- Bremshebel, mit dem die regulären Bremsungen, d. h. Betriebsbremsung und Schnellbremsung, durchgeführt werden, je nach Auslegungskonzept;
- der Hebel für die elektrodynamische Bremse (sofern vorhanden);
- sofern zutreffend, ein Steuergerät für die Sandung (eine Einrichtung zur Unterstützung der Bremswirkung bei geringem Kraftschluss).

5.4.4.8.3 Bremskraftsteller im Führerpult

Der Bremskraftsteller muss dem Triebfahrzeugführer das mehrstufige Anlegen und Lösen der Bremsen des Hauptbremssystems ermöglichen und muss so bedient werden, dass die Bremsanforderung steigt, wenn der Hebel in Richtung des Triebfahrzeugführers bewegt wird. In der Endbremsstellung muss die Schnellbremsung wie in 5.4.4.7 festgelegt aktiviert werden.

Bei ausschließlich in UK eingesetzten Zügen ist es erlaubt, die Betriebsbremsanforderung durch Bewegen des Hebels weg vom Fahrer zu erhöhen.

Es muss dem Triebfahrzeugführer möglich sein, die Bremssteuerung im aktiven Führerstand zu deaktivieren, wenn beispielsweise ein anderes Fahrzeug mit aktiver Bremssteuereinrichtung den Zug führt.

5.4.4.8.4 Kombiniertes Fahr-/Bremshebel

Die Steuerung von elektrodynamischen Bremsen darf mit dem Fahrhebel kombiniert werden. Wenn dies der Fall ist, ist der Steuerbereich für die Fahrt vom Triebfahrzeugführer weg gerichtet und der Steuerbereich für die Bremsung zum Triebfahrzeugführer hin gerichtet.

In diesem Fall muss durch die Gestaltung des Fahr-/Bremshebels dafür Sorge getragen werden, dass ein unbeabsichtigtes Schalten zwischen Fahren und Bremsen nicht auftreten kann, wie z. B. das Einrasten in der Nullstellung.

Bei ausschließlich in UK eingesetzten Zügen ist es erlaubt, die Bremsanforderung durch Bewegen des Hebels weg vom Fahrer und die Zugkraft durch Bewegen des Hebels in Richtung des Fahrers zu erhöhen.

5.4.4.8.5 Anlegen der Bremsen durch eine automatische Fahr- und Bremssteuerung

Vorbehalten.

5.4.4.8.6 Bremsung durch Hilfspult

Wenn das betriebliche Konzept auch den Rangierbetrieb aus der Position mit Sicht nach hinten umfasst, muss die Betätigungseinrichtung der direkten Bremse dem Triebfahrzeugführer gut zugänglich sein.

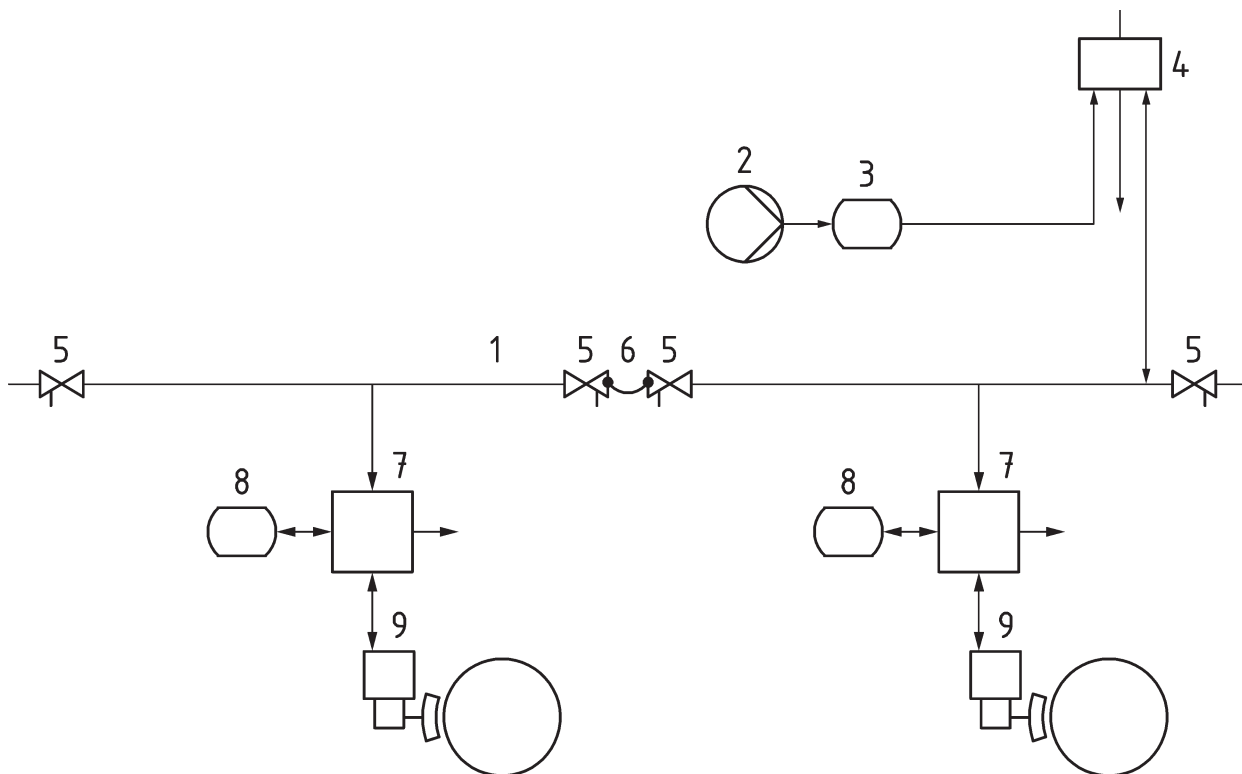
Es ist erlaubt, dieses Gerät zusammen mit anderen Geräten, die dem Triebfahrzeugführer auch die Antriebssteuerung von der Position mit Sicht nach hinten aus ermöglichen, an einem Hilfspult anzuordnen.

5.4.4.9 Bremssignalverteilung, Energieversorgung

5.4.4.9.1 Bremse mit einer Druckluftleitung (Einleitungsbremse)

Für den Betrieb von Zügen mit einer einzelnen Bremssignalleitung, die als „Hauptluftleitung“ (HL) bezeichnet wird, wird Druckluft als Bremssignal und als Mittel zum Füllen der lokalen Luftspeicher an jedem Fahrzeug verwendet.

ANMERKUNG Diese Systemauslegung ist für die meisten Schienenfahrzeuge im Güterverkehr gebräuchlich.



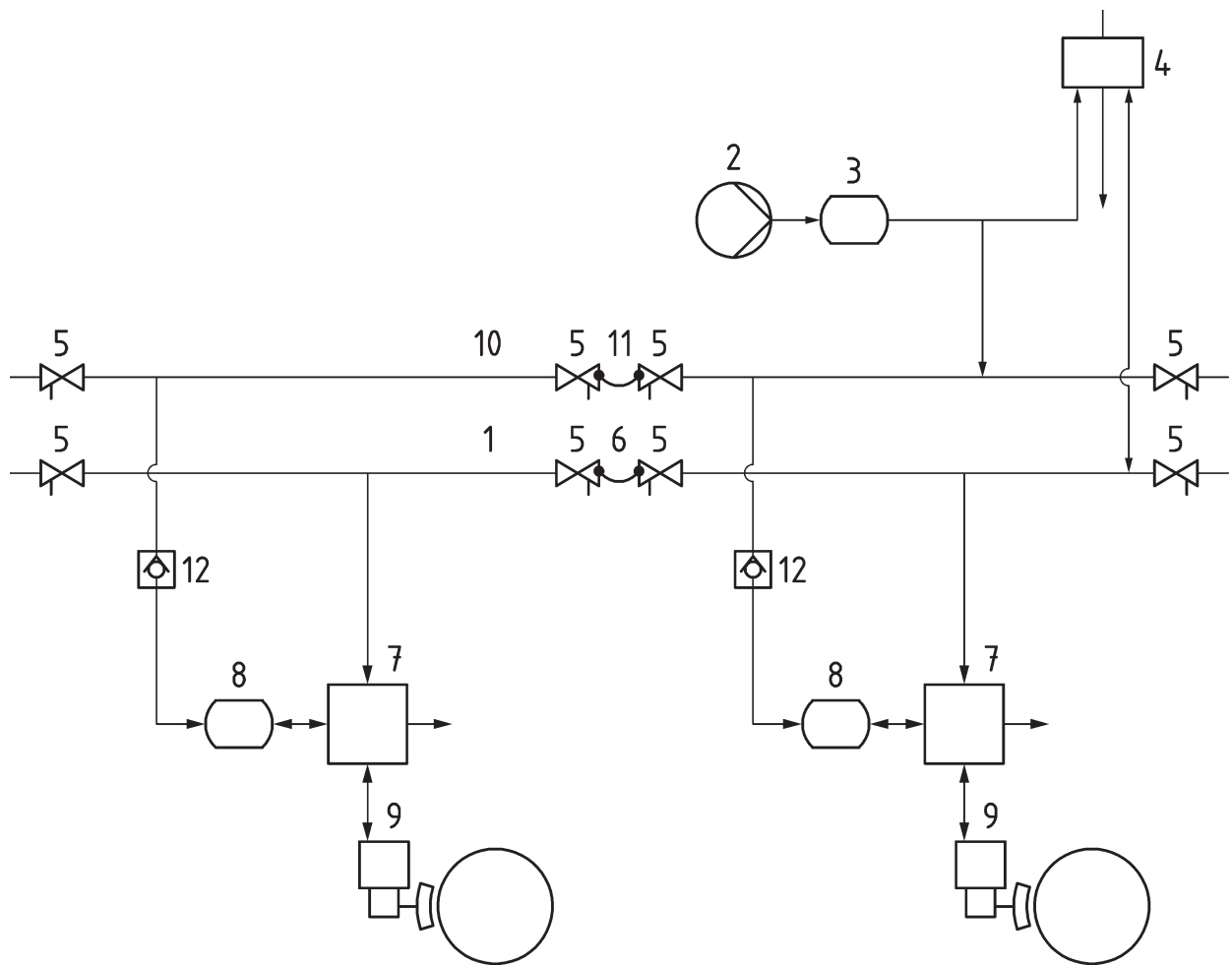
Legende

- 1 Hauptluftleitung
- 2 Luftversorgungseinheit des Zuges
- 3 Hauptluftbehälter
- 4 Drucksteuerung der Hauptluftleitung
- 5 Endabsperrhähne
- 6 Kupplung der Hauptluftleitung
- 7 Steuerventil
- 8 lokaler Luftbehälter der Bremse (R-Luftbehälter)
- 9 lokales Bremskrafterzeugungssystem (Krafterzeuger)

Bild 2 — Prinzip eines Bremssystems (Einleitungsbremse)

5.4.4.9.2 Zweileitungsbremssystem

Sofern von der Bremssystemarchitektur gefordert oder falls andere Verbraucher als die Bremsen zu versorgen sind, muss die Druckluft durch eine zweite durchgehende Luftleitung zugeführt werden, die als Hauptluftbehälterleitung (HBL) bezeichnet wird. Diese Auslegung gilt für die meisten Schienenfahrzeuge im Personenverkehr sowie für Schienenfahrzeuge im Güterverkehr.



Legende

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1 Hauptluftleitung | 7 Steuerventil |
| 2 Luftversorgungseinheit des Zuges | 8 lokaler Luftbehälter der Bremse (R-Behälter) |
| 3 Hauptluftbehälter | 9 lokales Bremskrafterzeugungssystem (Krafterzeuger) |
| 4 Drucksteuerung der Hauptluftleitung | 10 Hauptluftbehälterleitung |
| 5 Endabsperrröhre | 11 Kupplung der Hauptluftbehälterleitung |
| 6 Kupplung der Hauptluftleitung | 12 Rückschlagventil/Schutteinrichtung für den lokalen Luftbehälter der Bremse (R-Behälter) |

Bild 3 — Prinzip eines Bremssystems (Zweileitungsbremse)

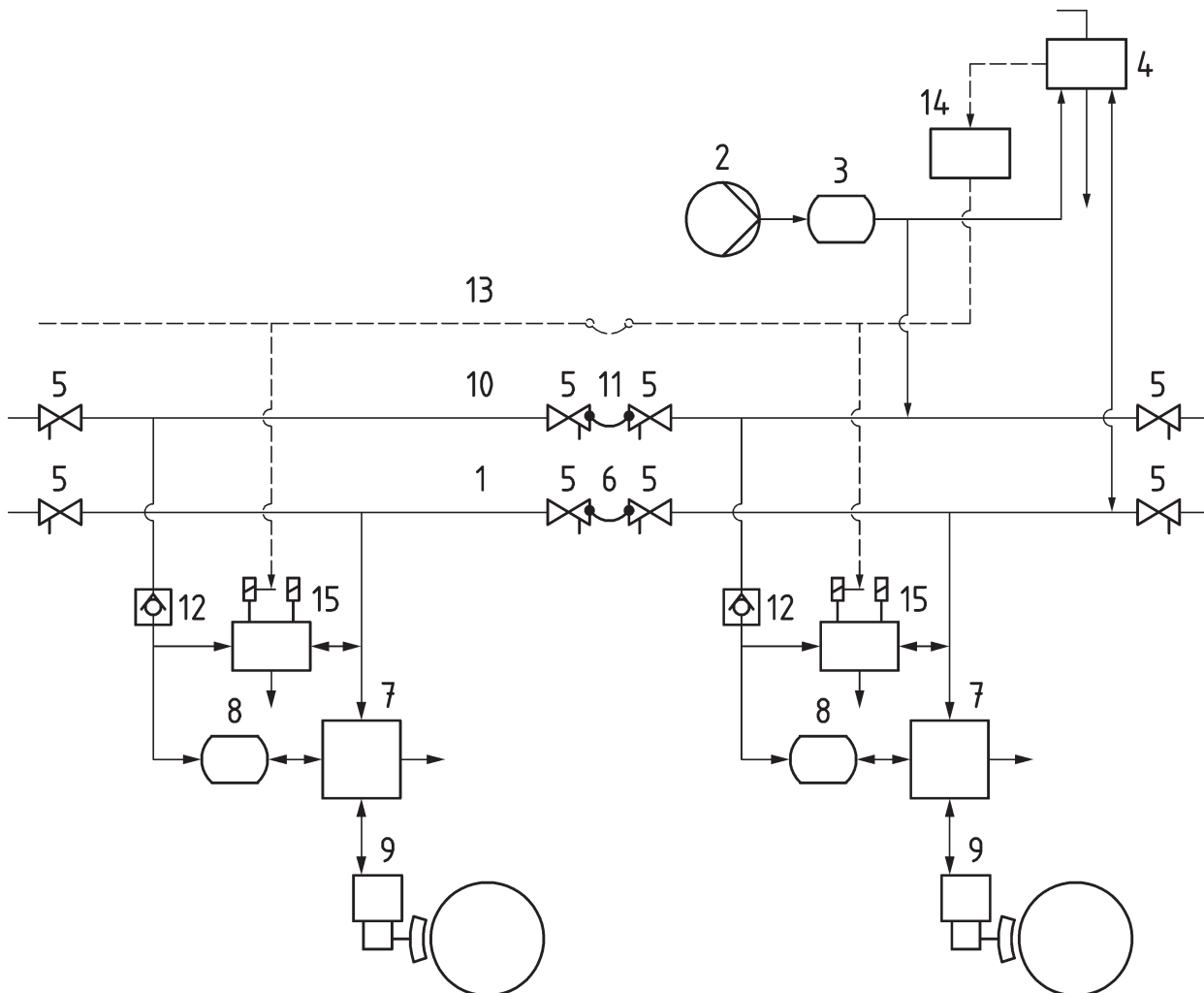
Das „EN-UIC“-Bremssystem muss in der Lage sein, die Reibungsbremse anzulegen und zu lösen, wenn ausschließlich die Hauptluftleitung angeschlossen ist. Das Bremsvermögen braucht nicht das gleiche zu sein wie mit gekuppelter HBL.

Die HBL ist für die folgenden Druckluft verbrauchenden Bremsausrüstungen zwingend erforderlich:

- ep-Bremsfunktion;
- Magnetschienenbremse;
- andere Bremssysteme (z. B. Wirbelstrombremse, sofern vorhanden), wenn sie über die durchgehende Hauptluftleitung gesteuert werden können.

Die Versorgungsfunktion der HBL unterstützt die Unerschöpfbarkeit der Bremse. Der Versorgungsdruck der HBL zum lokalen Luftbehälter der Bremse darf verringert werden (z. B. auf 5,4 bar), um das Risiko einer Überbremsung bei Versagen der lokalen Bremssteuerung zu mindern.

5.4.4.10 ep-Bremse zur dezentralen Steuerung des Hauptluftleitungsdrucks



Legende

- | | |
|---|--|
| 1 Hauptluftleitung | 10 Hauptluftbehälterleitung |
| 2 Luftversorgungseinheit des Zuges | 11 Kupplung der Hauptluftbehälterleitung |
| 3 Hauptluftbehälter | 12 Rückschlagventil/Schutzeinrichtung für den lokalen Luftbehälter der Bremse (R-Behälter) |
| 4 Drucksteuerung der Hauptluftleitung | 13 Steuerleitung des Zuges mit ep-Bremse |
| 5 Endabsperrhähne | 14 Steuereinrichtung des Zuges mit ep-Bremse |
| 6 Kupplung der Hauptluftleitung | 15 lokales Steuergerät der ep-Bremse |
| 7 Steuerventil | — pneumatischer Weg |
| 8 lokaler Luftbehälter der Bremse (R-Behälter) | -- elektrischer Weg |
| 9 lokales Bremskrafterzeugungssystem (Kraftezeuger) | |

Bild 4 — Prinzip eines Bremssystems (Zweileitungsbremse) mit ep-Bremse

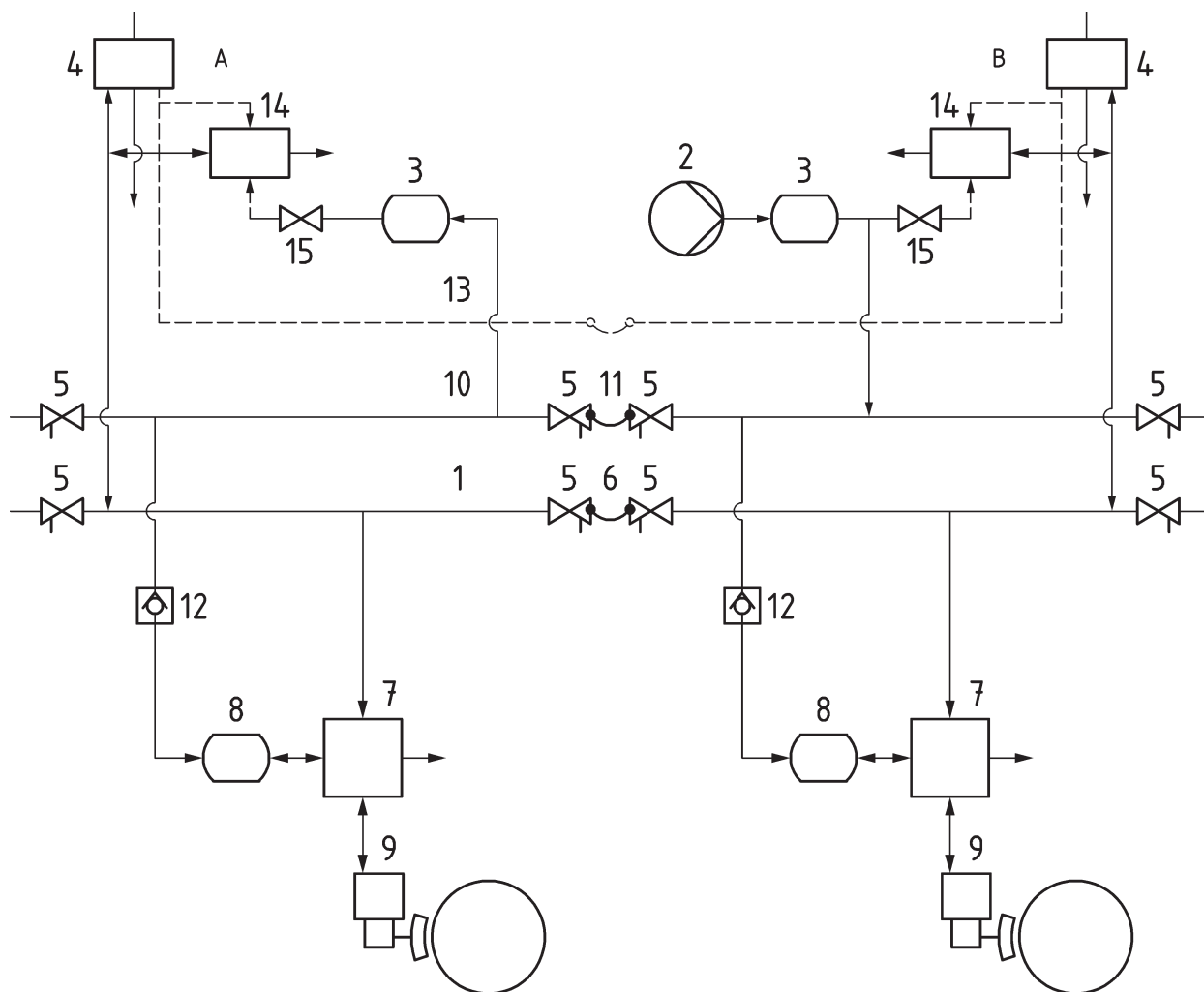
Die ep-Bremse ermöglicht eine schnelle Entlüftung und Belüftung der Hauptluftleitung, was zu schnellerem und zeitgleichem Anlegen und Lösen der Bremsen in langen Zügen bei sowohl Betriebs- als auch Schnell-

bremsung führt, und kann anstelle von Schnellbremsbeschleunigern (nach EN 15612), die nur bei Schnellbremsungen aktiv werden, verwendet werden.

ANMERKUNG Eine Steuerungsfunktion der ep-Bremse nach UIC 541-5 und UIC 541-6 stellt ein Verfahren dar, mit dem diese Funktion umgesetzt wird.

5.4.4.11 „ep-Steuerung“ zur Fernsteuerung des Hauptluftleitungsdrucks

Dieses ep-Steuersystem bietet eine schnellere Entlüftung der Hauptluftleitung an beiden Enden des Zuges, was zu einem schnelleren Anlegen der Bremsen in langen Zügen bei sowohl Betriebs- als auch Schnellbremsung führt. Eine zulässige Architektur ist in Bild 5 dargestellt.



Legende

- | | |
|---|--|
| 1 Hauptluftleitung | 10 Hauptluftbehälterleitung |
| 2 Luftversorgungseinheit des Zuges | 11 Kupplung der Hauptluftbehälterleitung |
| 3 Hauptluftbehälter | 12 Rückschlagventil/Schutzeinrichtung für den lokalen Luftbehälter der Bremse (R-Behälter) |
| 4 Drucksteuerung der Hauptluftleitung | 13 Steuerleitung des Zuges mit ep-Bremse |
| 5 Endabsperrhähne | 14 Steuereinrichtung des Zuges mit ep-Bremse, in Abstimmung mit 4 |
| 6 Kupplung der Hauptluftleitung | 15 Einrichtung für die Abschaltung des Lösen der ep-Bremse |
| 7 Steuerventil | A nicht aktiver Führerraum |
| 8 lokaler Luftbehälter der Bremse (R-Behälter) | B aktiver Führerraum |
| 9 lokales Bremskrafterzeugungssystem (Kraftezeuger) | |

ANMERKUNG Die Funktion zum Lösen der Bremse ist nur im aktiven Führerraum verfügbar.

Bild 5 — Architektur für die Fernsteuerung der Hauptluftleitung

5.4.5 Auslegungsanforderungen

5.4.5.1 Einbau der Bremsausrüstung in einem Fahrzeug

Die HL und die HBL müssen an den Endeinheiten, die im Normalbetrieb abgekuppelt werden können, und auch zwischen Einheiten eines Zuges, die eigenständig betrieben werden können, mit Endabsperrhähnen nach EN 14601:2005+A2:2021 ausgestattet sein.

Die Anschlüsse zwischen benachbarten Fahrzeugen werden mithilfe von Bremskupplungen hergestellt, wie in EN 15807:2021 festgelegt.

Die Hauptluftleitung muss so eingebaut werden, dass sie frei von Wassersammelstellen ist und die erforderliche Strömungsgeschwindigkeit erreicht wird.

ANMERKUNG Eine bewährte Auslegung ist die Anwendung eines Mindestbiegeradius in der Hauptluftleitung von: $5 \times Da$ = Außendurchmesser.

Andere Komponenten als Endabsperrhähne und Bremskupplungen, die gegebenenfalls den Querschnitt von durchgehenden HL verringern oder die Hauptluftleitung blockieren können (z. B. Filter), werden nicht verwendet. Senken in der Leitung sind zulässig, vorausgesetzt, dass sie keine Wassersammelstellen darstellen und vorausgesetzt, dass eine einfach zugängliche Entwässerungsvorrichtung vorgesehen ist.

Die Metallleitungen müssen entweder aus Nichteisenmetall bestehen oder, falls Stahl enthalten ist, den Anforderungen von EN 10220:2002, EN 10305-4:2016, EN 10305-6:2016, EN ISO 1127:1996 oder gleichwertigen Normen entsprechen.

Die Auslegung der Leitungen und die Auswahl der Werkstoffe müssen so erfolgen, dass sie nicht brennbar sein dürfen, nicht bersten und nicht korrodieren dürfen.

Die Anzahl an Leitungsanschlüssen muss so gering wie möglich sein. Jeder notwendige Leitungsanschluss sollte zugänglich sein, ohne die Demontage anderer Ausrüstungsteile vorauszusetzen.

Anschlüsse zwischen der Hauptluftleitung und dem Steuerventil und anderen Entlüftungsventilen dürfen die Betriebsweise der Ausrüstung nicht nachteilig beeinflussen.

Dies sollte erreicht werden, indem der Leitungsanschluss wie folgt ausgelegt wird:

- so kurz wie möglich;
- ohne unnötige Biegungen;
- mit dem gleichen Querschnitt wie die Hauptluftleitung (zumindest bei Entlüftungsventilen).

Rohre mit eingeschnittenem Gewinde sind nicht erlaubt.

Die Anzahl flexibler Anschlüsse muss so gering wie möglich sein. Wenn flexible Anschlüsse in Verbindung mit der HL, der HBL und den Entlüftungsventilen des Steuersystems für den Druck in der Hauptluftleitung verwendet werden, muss deren Verstärkung vorzugsweise nichtmetallisch sein. Falls dennoch metallisch verstärkte flexible Anschlüsse zum Einsatz kommen (z. B. zur Verbesserung ihres Brandschutzes), muss die elektrische Leitfähigkeit berücksichtigt werden. Elektrischer Stromfluss an den metallisch verstärkten flexiblen Anschlüssen muss verhindert werden, z. B. zwischen verschiedenen Wagen oder Lokomotiven mit unterschiedlichem elektrischen Potential/Stromversorgung (z. B. getrennte Batterien).

Bei flexiblen Anschlüssen müssen, sofern zutreffend, die Anforderungen in EN 854:2015 erfüllt sein. Der Nenn-durchmesser des flexiblen Anschlusses darf die Funktionsweise des Systems nicht beeinträchtigen.

Elektrische Kabel und flexible Anschlüsse müssen ohne Verdrehen und/oder ohne übermäßige Biegung eingebaut werden. Sie müssen außerdem so befestigt werden, dass sie den mechanischen und klimatischen Beanspruchungen standhalten, die im Eisenbahnbetrieb auftreten können. Falls erforderlich, müssen elektrische Kabel geschirmt sein.

Ein Mindestabstand der Bremskomponenten, der unter allen Betriebsbedingungen erforderlich ist, muss nachgewiesen werden. Besonders muss auf den verschlissenen Zustand der Bremsklötze und Bremsbeläge usw. geachtet werden, wobei die maximalen Federwege, der kleinste zulässige Raddurchmesser, die sich ändern-

den Winkel und die Bewegungen des Fahrzeugs an Steigungen/Gefällen und in Kurven usw. zu berücksichtigen sind.

Grundsätzlich muss der Mindestabstand zwischen zwei Komponenten, die sich relativ zueinander bewegen, mindestens 20 mm betragen. Falls dieser Abstand nicht eingehalten werden kann, ist es notwendig nachzuweisen, dass keine unzulässigen Gefährdungen auftreten.

In Tabelle 3 sind die Mindestinnendurchmesser der durchgehenden HL und HBL in Bezug auf die Fahrzeugarten aufgelistet.

Tabelle 3 — Mindestinnendurchmesser der durchgehenden HL und HBL in Bezug auf die Fahrzeugarten

Maße in Millimeter

Fahrzeugart	Minstdurchmesser der HL	Minstdurchmesser der HBL
Lokomotiven	25 ^b	25
Reisezugwagen	25	25
Güterwagen	32	25 ^a
^a Sofern vorhanden.		
^b Der Mindestinnendurchmesser der durchgehenden Luftleitung sollte in Übereinstimmung mit EN 10305-4 und EN 10305-6 mindestens 31 mm betragen.		

5.4.5.2 Dichtheit des Bremssystems

Die vorausgesetzte Sicherheit und hohe Verfügbarkeit der Druckluftbremse erfordern eine ausreichende Dichtheit der Druckluftausrüstung. Zulässige Zielwerte für neue oder überholte einzelne Fahrzeuge sind folgende:

- der Druckabfall in der HBL darf beginnend vom maximalen Betriebsdruck nicht mehr als 0,2 bar in 3 min betragen;
- der Druckabfall in der HL darf beginnend vom Regelbetriebsdruck bei Reisezugwagen und Lokomotiven nicht mehr als 0,1 bar in 3 min betragen;
- der Druckabfall in der HL darf beginnend vom Regelbetriebsdruck bei Güterwagen nicht mehr als 0,2 bar in 5 min betragen.

5.4.6 Bremsfunktionen auf Fahrzeugebene

5.4.6.1 Allgemeines

Das lokale Steuerbefehlssystem der Druckluftbremse muss:

- a) so angeordnet sein, dass die Einheiten den Bremszylinderdruck
 - 1) je Fahrzeug
 - 2) je Drehgestell oder
 - 3) je Radsatz steuern;
- b) die wie folgt festgelegten Anforderungen einhalten.

5.4.6.2 Steuerventil

Für die Auslegung und die Funktionen dieses Bauteils siehe EN 15355:2019+A1:2023. Es muss sichergestellt sein, dass das einem Steuerventil zugeordnete Hauptluftleitungsvolumen nicht mehr als 25 l beträgt.

5.4.6.3 ep-Bremse zur lokalen Steuerung der Hauptluftleitung

ANMERKUNG Für die Auslegung und die Funktionen dieses Teilsystems siehe UIC 541-5:2005 und UIC 541-6:2010.

5.4.6.4 Schnellbremsbeschleunigungsventile

Für die Auslegung und die Funktionen dieses Subsystems siehe EN 15612:2020.

5.4.6.5 Zusätzliche „EN-UIC“-Einrichtungen

Für die sonstigen „EN-UIC“-Komponenten siehe Tabelle D.1.

5.4.6.6 Luftbehälter

Bei allen Fahrzeugen muss der Energiespeicher so ausgelegt sein, dass nach einer Betätigung der Bremse mit maximalem Bremszylinderdruck und maximalem einheitenspezifischen Bremszylinderhub der Druck im lokalen Luftbehälter der Bremse mindestens 0,3 bar mehr als der Bremszylinderdruck ohne Luftversorgung durch das HBL-System oder die Hauptluftleitung beträgt.

5.4.6.7 Feststellbremse

Lokomotiven und Reisezugwagen müssen mit einer Feststellbremse ausgestattet sein.

Die Ausstattung mit Feststellbremsen ist nicht für alle Güterwagen zwingend erforderlich.

ANMERKUNG 1 Der prozentuale Anteil der Güterwagen, die mit Handbremsen ausgestattet sind, ist in UIC 535-3 festgelegt.

Für Einheiten, die für den allgemeinen Betrieb ausgelegt sind, muss die Feststellbremse mindestens 50 % der Radsätze der betreffenden Einheit abbremsen, jedoch mindestens zwei Radsätze.

ANMERKUNG 2 Es sind folgende Arten der Feststellbremse anwendbar:

- für Lokomotiven: Federspeicherbremse, Handbremse;
- für Reisezugwagen: Federspeicherbremse, Handbremse;
- für Güterwagen: Handbremse.

Bei ausschließlich in UK eingesetzten Zügen ist es erlaubt, nicht an jedem Reisezugwagen eine Feststellbremse anzubringen. Dennoch muss eine ausreichende Anzahl an Feststellbremsen im Zugverband verfügbar sein, um die nationalen Betriebsanforderungen zu erfüllen.

Feststellbremsen dürfen wie folgt betätigt werden:

- als direkter Befehl durch den Triebfahrzeugführer oder
- als automatische Betätigung der Federspeicherbremse, wenn der Führerraum deaktiviert ist oder
- durch manuell betätigte Handbremsen, die entlang des Zuges verteilt sind oder

- als automatischer Befehl, wenn der Führerraum deaktiviert ist, was zum Anlegen der pneumatischen Bremse führt (als Vorstufe), gefolgt von einer automatischen Substitution der pneumatischen Bremse, falls der Luftdruck abfällt.

Eine ferngesteuerte Feststellbremse (z. B. Federspeicherbremse) muss nach dem „Energize-to-release“-Prinzip ausgelegt sein.

Die entwickelte Bremskraft muss gleich oder größer als die erforderliche Bremskraft infolge einer Berechnung unter Berücksichtigung der Anforderungen in 5.3.2.7.4 sein.

Die Feststellbremse muss auch dann, wenn eine Vollbremsung ausgelöst wurde, noch von Hand gelöst werden können.

Bei einer von einem Triebfahrzeugführer gesteuerten Feststellbremse sollte der Status des Bremskrafterzeugers (nicht gelöst = rot, gelöst = grün, Druckluft nicht verfügbar = Anzeige nicht gültig) klar und deutlich und ohne den Einsatz von elektrischer Energie angezeigt werden.

Der Verschleiß der Reibungsbremse muss automatisch durch eine Einrichtung ausgeglichen werden, die den Betrieb der Druckluftbremse und der Feststellbremse ermöglicht.

Bei der Auslegung einer Federspeicherbremse muss Folgendes berücksichtigt werden:

- Die Kraft, die von der Feststellbremse entwickelt wird, sollte nicht mit der Kraft zusammenwirken, die von der Druckluftbremse am gleichen Radsatz entwickelt wird. Wenn ein Zusammenwirken der Bremskräfte der Feststellbremse mit denen der Druckluftbremse auftreten kann, muss die Ausrüstung des Bremssystems dies ohne Schäden tolerieren.
- Eine unbeabsichtigte Betätigung der Feststellbremse muss dem Triebfahrzeugführer angezeigt werden. Zusätzliche technische Lösungen dürfen berücksichtigt werden, um das Anlegen der Federspeicherbremse bei unbeabsichtigtem Verlust des Lösedrucks zu verhindern. Falls das Risiko eines unannehmbaren Verschleißverhaltens besteht, muss es durch weitere Untersuchungen verringert werden, wie z. B. eine Untersuchung der betrachteten Ausrüstung entweder unmittelbar nach dem Ereignis oder am Ende der geplanten Zugfahrt usw.
- Ein unbeabsichtigtes Lösen der Feststellbremse durch Füllen der Hauptluftleitung aufgrund von Leckagen der verschiedenen Luftbehälter muss verhindert werden. Dies darf mithilfe eines bestimmten Geräts erreicht werden, das an die Hauptluftleitung angeschlossen wird und sicherstellt, dass alle Leckagen, die in die Hauptluftleitung führen, entlüftet werden.

ANMERKUNG 3 Weitere Einzelheiten hierzu wurden bisher nicht in einer Europäischen Norm erarbeitet.

- Für Überführungs- oder Wartungszwecken muss es möglich sein, die Federspeicherbremse von Hand zu lösen. Dies sollte von beiden Seiten des Zuges aus oder vom Zuginneren möglich sein. Die Federspeicherbremse muss sich automatisch zurückstellen, wenn sie mithilfe des normalen Verfahrens wieder gelöst wird, z. B. durch Füllen der Löseleitung mit Druckluft.

5.4.6.8 Bremsanzeigevorrichtungen

Maßnahmen müssen getroffen werden, um dem Zugpersonal (einschließlich des Personals vor Ort) die Statusüberprüfung des Bremsbefehls und des Ansprechens der Bremse entlang des gesamten Zuges zu ermöglichen.

Geeignete Maßnahmen für die Umsetzung dieser Anforderung sind:

- gut sichtbare Anzeigen für „Bremse angelegt — Bremse gelöst“ an jeder Seite des Fahrzeugs nach EN 15220:2016, falls die Fahrzeuge mit Scheibenbremsen ausgestattet sind oder wenn der Status der Bremsen nicht leicht wahrnehmbar sind. Diese Ausrüstung ist für Lokomotiven zwingend erforder-

lich, wenn sie dafür vorgesehen sind, führerlos und in abgerüstetem Betriebsmodus in einem freien Zugverband verwendet zu werden;

- Innendruckanzeigen für Lokomotiven und Steuerwagen;
- Innendruckmessgeräte oder andere Statusanzeigen für Reisezugwagen;
- ein Diagnosesystem zur Angabe von Informationen im Führerraum, sofern vorhanden.

Mit Ausnahme von GS-Ventilen ist es nicht erlaubt, andere Einrichtungen zwischen den Bremszylindern und deren Anzeigeelementen anzubringen. Falls beabsichtigt ist, auch die Arbeitsweise des GS-Ventils zu überprüfen, muss die Anzeige zwischen dem GS-Ventil und dem Bremszylinder angeordnet werden.

In Fahrzeugen mit mehreren lokalen Bremssteuereinheiten müssen separate Anzeigen für jede Steuerungseinheit vorhanden sein.

Am aktiven Führerpult ist die Anzeige der folgenden Informationen in allen Betriebszuständen zwingend erforderlich:

- Druck in der Hauptluftbehälterleitung (HBL);
- Druck in der Hauptluftleitung (HL);
- Druck im Bremszylinder des zugehörigen Fahrzeugs;
- Vorsteuerdruck der HL, sofern mit einer zeitabhängigen Drucksteuerung der Hauptluftleitung ausgestattet;
- falls der Druck des Ausgleichsbehälters und der Hauptluftleitung mit dem selben Messgerät angezeigt wird, muss es möglich sein, zwischen diesen zu unterscheiden. Zum Beispiel könnte der Ausgleichsbehälter durch eine dreiecksförmige Spitze gekennzeichnet werden, um die Anzeige von der Nadel für die Hauptluftleitung zu unterscheiden.

Wenn Manometer (oder Druckmesser) verwendet werden, muss Folgendes gelten:

- Mindestgenauigkeit: Genauigkeitsklasse 1.6 nach EN 837-1:1996¹;
- Durchmesser des Druckmessgeräts für die Hauptluftleitung und für die Hauptluftbehälterleitung: größer oder gleich 80 mm;
- Durchmesser des Druckmessgeräts für den Bremszylinder: größer oder gleich 60 mm.

Die Druckmessgeräte müssen so ausgelegt sein, dass im Fall einer internen Störung oder einer Störung der Rohrleitungen, die zu den Messgeräten führen, die Leckage auf einen zulässigen Wert in Übereinstimmung mit EN 837-1:1996¹ ohne Beeinflussung des Zugbetriebs begrenzt ist.

Falls ein anderes System als ein Messgerät verwendet wird, muss das Sicherheitsniveau ausreichend sein, um sicherzustellen, dass der angezeigte Druckwert korrekt ist.

5.4.6.9 Elemente der Reibungsbremse

5.4.6.9.1 Allgemeine Anforderungen

Die Reibungsbremse muss so ausgelegt sein, dass Schnellbremsungen aus der Höchstgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der in 6.5 behandelten thermischen Kapazität möglich sind.

Jeder Radsatz muss mit einem System zur Aufbringung der Bremskraft ausgestattet sein, das während der Schnellbremsung einsatzbereit sein muss.

Das System zur Aufbringung der Bremskraft muss wie folgt ausgelegt sein:

- Es muss ein ausreichendes thermisches Leistungsvermögen haben und/oder ausreichend gekühlt werden, um die Entstehung unzulässig hoher Temperaturen zu verhindern, die ihrerseits die Bremsleistung herabsetzen oder Materialschäden an den Bremsbauteilen herbeiführen könnten. Dabei müssen alle vor kommenden Lastkollektive einschließlich Beharrungsfahrten im Gefälle (Bremsung zur Geschwindigkeitskontrolle) berücksichtigt werden sowie zwei Schnellbremsungen aus Höchstgeschwindigkeit unter allen Lastzuständen nach 6.3 auf ebener Strecke mit voll funktionstüchtiger Bremsanlage ohne Wirkung eventuell kraftschlussunabhängiger Bremsen.
- Es muss die Belastungen aus den Bremskräften selber und aus fahrdynamischen Beanspruchungen entsprechend dem Einbauort nach EN 13749:2021, Anhang C und Anhang D, aufnehmen können.

ANMERKUNG Für den Fall, dass das Leistungsvermögen begrenzt ist (z. B. bei alleinfahrenden Lokomotiven oder bei Zügen mit abgesperrter Ausrüstung), muss die Höchstgeschwindigkeit durch betriebliche Regelungen verringert werden, um dem verfügbaren Bremsvermögen zu entsprechen.

Die verwendete Reibungsbremse muss eine Scheibenbremse oder eine Klotzbremse sein.

Ein Gestängesteller muss für jede Bremseinheit vorhanden sein und muss mit ausreichender Kapazität zum Ausgleichen des Verschleißes der Reibungsbremskomponenten ausgelegt sein, wie z. B. mit Bremsbelägen, Brems scheiben, Bremszangen, Radreifen. Wenn anwendbar, muss der Gestängesteller EN 16241:2014+A1:2016 entsprechen.

Es muss die Möglichkeit bestehen, die Funktionen der Feststellbremse und der Handbremse miteinzubeziehen.

Es muss die Möglichkeit für eine Sichtprüfung des Zustands der mechanischen Bremsenbauteile bestehen, ohne dass andere Teile der Zug ausrüstung hierfür entfernt werden müssen.

Die Zusammensetzung der Reibungsmaterialien der Bremse muss so gewählt werden, dass der beste Kompromiss zwischen Folgendem sichergestellt ist:

- den technischen Eigenschaften der Bremse;
- dem Verschleiß und der Standzeit der Bremsbeläge und Bremsklötze;
- die Aggressivität gegenüber der Brems scheibe und dem Radreifen;
- der Begrenzung der Geräuschemission;
- keine Störung der Gleisfreimelde einrichtungen, die Gleisstromkreise nutzen.

5.4.6.9.2 Klotzbremse

Die Reibungsmaterialien für die Bremsklötze und deren geometrische Form sind in EN 15329:2019 und EN 16452:2015+A1:2019 festgelegt.

Der Kraftangriffspunkt der Klotzbremse muss so mit dem Rad abgestimmt werden, dass ein ungleichmäßiger Abrieb der Bremsklötze vermieden wird, damit die vollständige Verwendung des Reibungsmaterials möglich ist. Federwege müssen berücksichtigt werden.

5.4.6.9.3 Scheibenbremsen

Die Scheibenbremse besteht aus Brems scheiben, die entweder an der Welle oder am Rad befestigt sind, und den dazugehörigen Krafterzeugern und Bremszangen.

Bremsscheiben müssen nach EN 14535-3:2015 gekennzeichnet werden. An der Welle befestigte Bremsscheiben müssen EN 14535-1:2019 entsprechen, und am Rad befestigte Bremsscheiben müssen EN 14535-2:2019 entsprechen.

Aspekte der ausreichenden Kühlung bzw. Aspekte der Abschirmung müssen für die Bremsscheiben sowie auch die Umgebung betrachtet werden.

Die Maße der Scheiben und die Abstände zu den Schienen müssen EN 15273-2:2013+A1:2016 für den kleinsten zulässigen Raddurchmesser entsprechen.

5.4.6.9.4 Bremsbeläge

Die Eigenschaften der Bremsbeläge müssen den Grundsätzen der EN 15328:2020 entsprechen. Die Belaghalter müssen der EN 16451:2015 entsprechen.

Bremsbeläge müssen aus Materialien bestehen, die die Entwicklung und auch die Emission von gesundheits-schädlichen Produkten verhindern.

Sie müssen den Instandhaltungsgrundsätzen des Zuges für die gesamte Lebensdauer (des Bremsbelags) entsprechen, z. B. muss das Befestigungsverfahren für die Bremsbeläge und die Bremsbelaghalter EN 15328:2020 und EN 16451:2015 entsprechen.

Die Anforderungen dieses Dokuments müssen über die gesamte nutzbare Dicke des Bremsbelags eingehalten werden.

Der Reibwert muss möglichst unabhängig von der Ausgangsgeschwindigkeit, dem Verschleißgrad der Reibpaarung, dem Druck und der Temperatur im Kontaktbereich sowie von Witterungseinflüssen sein.

5.4.6.9.5 Krafterzeuger, Bremszangen

Der Reibradius der Bremsscheibe und der Kraftangriffspunkt der Bremszange müssen so aufeinander abgestimmt werden, dass Schrägverschleiß der Beläge vermieden wird, um das Reibungsmaterial vollständig ausnutzen zu können. Federwege müssen berücksichtigt werden. Dasselbe gilt für Klotzbremssysteme, soweit zutreffend.

Die Bremskrafterzeuger und Bremszangen müssen die Belastungen aus den Bremskräften selber und aus fahrdynamischen Beanspruchungen entsprechend dem Einbauort nach EN 13749:2021 aufnehmen können.

5.5 Direkte ep-Bremssteuerung

Diese Art der Bremssteuerung wird in der Regel nicht in Zügen für den allgemeinen Betrieb verwendet. Falls sie für einen Zug in Betracht gezogen wird, der in diesen Anwendungsbereich fällt, siehe EN 16185-1:2014+A1:2020 für weitere Einzelheiten.

5.6 Zusätzliche Bremssysteme

5.6.1 Dynamische Bremsen

5.6.1.1 Allgemeine Anforderungen

Dynamische Bremsen dürfen allein und unabhängig von anderen Bremsen oder in Kombination mit ihnen betätigt werden.

Es ist zulässig, die dynamische Bremse unter folgenden betrieblichen Bedingungen einzusetzen:

— ausschließlicher Einsatz als Betriebsbremse, nicht als Schnellbremse;

- Einsatz als Betriebsbremse und Einsatz als Schnellbremse, es erfolgt jedoch keine Berücksichtigung des Bremsvermögens;
- Einsatz als Betriebsbremse und Einsatz als Schnellbremse, es erfolgt eine Berücksichtigung des Bremsvermögens.

Wenn das Bremsvermögen der dynamischen Bremse oder des mit dem Antriebssystem verbundenen Bremsystems im Schnellbremsvermögen des Normalbetriebs enthalten ist, muss sie einer Sicherheitsanalyse unterzogen werden, in der die Gefährdung „nach Aktivierung eines Schnellbremsbefehls, Verlust der Bremskraft“ behandelt werden. Bei elektrodynamischen Bremsen, die regenerativ arbeiten, muss diese Analyse solche Fehler behandeln, die zu fehlender Spannung an Bord der Einheit führen, die von einer externen Stromquelle geliefert wird.

Die dynamische Bremse muss von mindestens einem der folgenden Teile gesteuert werden:

- einem separaten Bremshebel für die dynamische Bremse, um allein die dynamische Bremse zu steuern;
- einem kombinierten Antriebs-/Bremshebel, um allein die dynamische Bremse zu steuern;
- einem Bremshebel zur Steuerung sowohl der dynamischen Bremse als auch der Reibungsbremse (indirekte Bremse), die in aufeinander abgestimmte Weise wirken (entweder ausschließlich als Betriebsbremse oder als Betriebs- und Schnellbremse);
- einer automatischen Fahr- und Bremssteuerung (z. B. Geschwindigkeitsregelanlage oder automatisierter Fahrbetrieb), sofern vorhanden;
- einem automatischen Zugsicherungssystem, sofern vorhanden.

Für den Betrieb auf einem starken und/oder langen Gefälle sollte die dynamische Bremse in der Lage sein, unabhängig von den Reibungsbremsen des Zuges betätigt zu werden.

Die dynamische Bremse muss so ausgelegt sein, dass sie automatisch eine bestimmte Bremseigenschaft in Bezug auf die Geschwindigkeit aufweist.

Wenn die dynamische Bremse unabhängig vom Einsatz des Zugbremsstellers in allen Bremsstellungen G/P/R betrieben wird, muss die Anstiegsrate gleich oder weniger als 30 kN/s sein, und die Abfallrate sollte gleich oder weniger als 30 kN/s sein.

Bei komplexen Zügen mit verteilten Triebfahrzeugen hängen die maximal zulässigen Anstiegs- und Abfallraten der ED-Bremse mit jedem Zugverband der Triebfahrzeuge zusammen (z. B. Lokomotiven im Mehrfachzugbetrieb in verschiedenen Stellen innerhalb des Zugverbands — Lokomotiven-Zugverbände vorne/in der Mitte/am Ende des Zuges).

Beim kombinierten Bremsen, das von der indirekten Bremse gesteuert wird, müssen die Auf-/Abbauzeiten der dynamischen Bremskraft denen der Reibungsbremse entsprechen, wie in Anhang A festgelegt. Bei einer Bremsung mit der indirekten Bremse sollte das ED-Bremssignal von der Hauptluftleitung (Druckabfall) lokal für jede einzelne steuerbare Einheit abgeleitet werden.

Es muss möglich sein, die dynamische Bremse in mindestens sechs Bremsstufen von „AUS“ bis einschließlich der Stufe „MAXIMUM“ zu verstellen, wenn sie für das kombinierte Bremsen eingesetzt wird. Wenn nur eine separate Betätigung vorliegt, muss sie sich in mindestens vier Schritten verstellen lassen.

Die Bereitschaft der dynamischen Bremse sollte kontinuierlich überwacht und dem Triebfahrzeugführer zusammen mit der erreichten dynamischen Bremskraft im Verhältnis zur angeforderten Kraft angezeigt werden. Diese Anforderung ist verpflichtend, wenn die dynamische Bremse in einer beliebig gekuppelten Lokomotive aktiv ist. Eine akustische und/oder optische Warnung sollte dem Triebfahrzeugführer bei Ausfall einer dynamischen Bremseinheit angezeigt werden.

Die Betätigung des Notschlagtasters sollte die dynamische Bremse aussetzen, falls die Leistung der dynamischen Bremse nicht zugesichert werden kann.

Bei Versagen der dynamischen Bremse während des Bremsvorgangs des zugweiten Bremssystems oder bei Verschlechterung der dynamischen Bremsleistung unter den Wert der Druckluftbremse (Hauptbremssystem), muss die Druckluftbremse automatisch tätig werden.

5.6.1.2 Elektrodynamische Bremsen

Elektrische Lokomotiven werden mit einer Nennspannung von 15 kV Wechselstrom (16,7 Hz) oder 25 kV Wechselstrom (50 Hz) oder 3 kV Gleichstrom oder 1,5 kV Gleichstrom oder 750 V Gleichstrom gespeist. Die dazugehörigen Wechselstromnetze sind in der Regel in der Lage, die elektrische Energie abzuleiten, die der Hauptstromversorgung während des Bremsvorgangs zurückgeführt wird; die Gleichstromnetze sind unter gewissen Umständen ebenfalls dazu in der Lage. Dies ermöglicht die Verteilung von elektrischer Energie zur Nutzung durch andere Züge oder Verbraucher. Die Kapazität (der Rückspeisung) bewegt sich in der Regel im gleichen Bereich wie die des vorhandenen Bahnstroms.

ANMERKUNG Bei 25 kV Wechselstrom gibt es Trennstrecken für Phasenwechsel. Eine Überquerung dieser Trennstrecken bedeutet, dass die regenerative elektrodynamische Bremse nicht verfügbar ist.

Elektrische Lokomotiven sollten von diesen Merkmalen Gebrauch machen und sollten die elektrische Energie, die aus der elektrodynamischen Bremse gewonnen wurde, in die Hauptstromversorgung zurückspeisen.

Das Hauptstromversorgungsnetz der Eisenbahninfrastruktur kann unter Umständen nicht immer vollständig aufnahmefähig sein — dies stellt einen zulässigen Betriebszustand dar, und die Merkmale und Steuerungen dieses Zustands müssen bei der Auslegung des Bremssystems berücksichtigt werden.

Darüber hinaus muss der Zug, in den Fällen, in denen die Fahrleitungsspannung versorgungsseitig abgeschaltet wird, diesen Zustand feststellen und die regenerative Bremse deaktivieren, damit die Absenkung der Fahrdrachtspannung auf 0 V nicht verhindert wird.

Ist der Rückspeisebetrieb nicht verfügbar, sollte die rheostatische Bremse zum Einsatz kommen, falls vorhanden, und sollte anderen Arten von Bremsen vorgezogen werden.

Werden Linien mit regenerativen Bremsfunktionen betrieben, müssen die Beschränkungen und Bedingungen, wie z. B. die in EN 50163:2004 oder die durch die Infrastruktur bestimmten, eingehalten werden.

Die maximale Bremskraft der elektrodynamischen Bremse sollte an jedem Radsatz in der Höhe des beim Bremsen maximal zulässigen Kraftschlusswerts liegen (siehe 6.6), um in einem möglichst großen Geschwindigkeitsbereich ohne die Ergänzung der Reibungsbremse auszukommen.

Bei einem Ausfall der Versorgungseinheit sollte nur die elektrische Bremse dieser beschädigten Einheit nicht mehr verfügbar sein.

Wird die rheostatische Bremse bei Schnellbremsungen eingesetzt, sollten die Bremswiderstände so ausgelegt sein, dass sie in der Lage sind, die von der elektrodynamischen Bremse erbrachte volle Leistung und den vollen Strom ohne Zeitbeschränkung abzuleiten (100 % Bremsleistung).

Ist die Leistungsfähigkeit kleiner als 100 %, kann nur diese verringerte Leistungsfähigkeit im Bremsvermögen berücksichtigt werden.

Ist die Leistungsfähigkeit derart, dass die Zeitbeschränkungen eingehalten werden müssen, müssen die Bremswiderstände mindestens zwei aufeinanderfolgende Notbremsungen von 100 % elektrodynamischer Leistung ableiten.

Ein automatischer Schutz der Widerstände gegen thermische Überlastung oder Überstrom darf in der Auslegung enthalten sein.

5.6.1.3 Hydrodynamische Bremse

Hydrodynamische Bremsen dürfen eingesetzt werden, sofern sie in die Bremsarchitektur integriert werden können, das Verschleißverhalten günstig beeinflussen, und wenn ein ähnlicher Beitrag zum Bremsvermögen wie bei der elektrodynamischen Bremse geleistet wird. Der Einsatz ist unter folgenden betrieblichen Bedingungen zulässig:

- ausschließlich als Betriebsbremse, nicht als Schnellbremse;
- als Betriebsbremse und als Schnellbremse, aber nicht berücksichtigt im Bremsvermögen;
- als Betriebsbremse und als Schnellbremse und berücksichtigt im Bremsvermögen.

Hydrodynamisches Bremsen erfolgt durch einen Drehmomentenwandler, der im Wesentlichen aus zwei Turbinenrädern besteht, die sich im selben Gehäuse befinden, wovon ein Turbinenrad den mit dem Radsatz des Fahrzeugs verbundenen Rotor darstellt und das andere Turbinenrad den am Antriebsgehäuse befestigten Stator darstellt. Beim Bremsen füllt sich das Gehäuse des Wandlers mit einer Flüssigkeit (z. B. Öl), wodurch die Rotorbewegung behindert wird. Durch die Reibung der Flüssigkeit zwischen dem Rotor und dem Stator wird die kinetische Energie in Wärme umgewandelt, die mithilfe eines Wärmetauschers abgeleitet werden muss.

Die Bremsleistung dieser hydrodynamischen Bremsen hängt von der Leistung des Wärmetauschers und des Kühlsystems ab.

Wenn hydrodynamische Bremsen im Bremsvermögen berücksichtigt werden, ist keine Zeitgrenze bei ihrem Einsatz erlaubt, und der Steuerbefehl muss als verlässlich und sicher genug betrachtet werden. Es muss mindestens eine qualitative Betrachtung durchgeführt werden.

Es ist erlaubt, den Motor mit einer höheren Drehzahl als der Leerlaufdrehzahl zu betreiben, um die volle Kühlleistung zu erreichen und automatisch eine festgelegte Bremsleistung in Bezug auf die Geschwindigkeit zu bieten.

Hydrodynamisches Bremsen muss bei Höchstgeschwindigkeit möglich sein, wird aber durch die Leistungseigenschaften (Leistungskurve) begrenzt.

Im Stillstand muss die Verfügbarkeit der hydrodynamischen Bremse angezeigt werden.

5.6.1.4 Wirbelstrombremse

Die (lineare) Wirbelstrombremse ist durch die berührungsfreien elektromagnetischen Kräfte an der Schnittstelle zwischen Schiene und Bremsmagneten gekennzeichnet. Diese Art der Bremse wird derzeit nicht in Zügen für den allgemeinen Betrieb verwendet, darf aber für spätere Anwendungen berücksichtigt werden. Da sie derzeit in Hochgeschwindigkeitszügen zum Einsatz kommt, siehe EN 15734-1:2010+A1:2021 für weitere Einzelheiten.

5.6.2 Direktwirkende Bremse

5.6.2.1 Allgemeine Anforderungen

Die direkte Bremse ist nicht für den Einsatz als Hauptbremssystem auf Zugebene ausgelegt. Sie wird für die folgenden Zwecke verwendet:

- eine dosierbare und schnell reagierende Bremse bei Rangierbewegungen von Lokomotiven oder im Fall von alleinfahrenden Triebfahrzeugen;
- ein zusätzliches Bremssystem für Fahrzeuge, die einzeln betrieben werden können, als mögliche Rückfallebene für einzelne Komponenten des Hauptbremssystems, wenn ein einzelner Fehler zum Verlust der Bremskraft von mehr als 50 % führen würde und wenn kein anderes Bremssystem als Rückfallebene zur Verfügung steht;

- eine Haltebremse zur Sicherung des Zuges im Stillstand für einen begrenzten Zeitraum (z. B. beim Halt in einem Bahnhof oder beim Anfahren am Berg).

Lokomotiven und Triebwagen, die einzeln betrieben werden können, müssen zusätzlich zum Hauptbremsystem (Druckluftbremse) mit einer direkten Bremse ausgestattet sein. Es ist erlaubt, Steuerwagen mit einer direkten Bremse als Haltebremse auszustatten.

ANMERKUNG 1 Die direkte Bremse kann als Haltebremse verwendet werden, um den Zug an einer Stelle festzuhalten, während eine Bremsprobe am Hauptbremssystem des Zuges durchgeführt wird.

ANMERKUNG 2 Die direkte Bremse kann als Haltebremse eingesetzt werden, die automatisch durch die Fahr- und Bremssteuerungen des Zuges (z. B. dem Befehl zur Türenriegelung) ausgelöst wird.

5.6.2.2 Anlegen der direkten Bremse durch den Triebfahrzeugführer

Die Einrichtung zur Steuerung der direkten Bremse muss sich von der Bremssteuerung des Hauptbremssystems unterscheiden.

Wenn vorgesehen ist, dass Lokomotiven in Mehrfachtraktion betrieben werden, ist es erlaubt, die direkten Bremsen von der führenden Lokomotive aus zu kuppeln und zu steuern. Dies kann durch Übertragen von elektrischen/elektronischen Signalen oder durch eine hierfür bestimmte pneumatische Verbindung zwischen den Fahrzeugen erreicht werden.

Wenn stellungsabhängige Bremssteuerungen für die direkte Bremse vorhanden sind, müssen sie mit den folgenden Stellungen versehen sein:

- vollständig gelöste Stellung (rastiert);
- Vollbremsstellung (rastiert);
- mindestens fünf stabile Bremsstufen zwischen diesen rastierten Stellungen.

Wenn zeitabhängige Bremssteuerungen für die direkte Bremse vorhanden sind, müssen sie mit mindestens den folgenden Stellungen versehen sein:

- Lösebereich (Federrückstellung zur Nullstellung);
- Nullstellung (rastiert);
- Bremsbereich (Federrückstellung zur Nullstellung).

Optional sollten die zeitabhängigen Bremssteuerungen die folgenden zusätzlichen Stellungen aufweisen:

- Vollbremsstellung (rastiert) und/oder
- vollständig gelöste Stellung (rastiert).

Es ist erlaubt, die zeitabhängige Bremssteuerung so umzukonfigurieren, dass das Bedienelement der direkten Bremse als Rückfallebene für das Bedienelement der Zugbremse genutzt werden kann.

5.6.2.3 Funktionsanforderungen

Wirken auf einen Radsatz sowohl die direkte als auch die indirekte Bremse, müssen beide parallel wirken können.

Eine Bremsanforderung muss stets Vorrang vor einer bereits eingeleiteten Anforderung zum Lösen der Bremse haben.

Wenn Bremssignale gleichzeitig von der direkten Bremse und dem Hauptbremssystem des Fahrzeugs gesendet werden, muss das Signal mit der höchsten Bremskraftanforderung wirksam werden.

Die Druckluftversorgung der direkten Bremse muss so ausgelegt sein, dass kein Einzelfehler in der lokalen Energieversorgung des Hauptbremssystems zu einem Totalausfall der direkten Bremse führt, und kein Ausfall des direkten Bremssystems zu einem Totalausfall der Hauptbremse führen darf.

Die Bremskraftaufbauzeit einer mit der direkten Bremse ausgelösten Vollbremsung, muss (3 ± 1) s betragen, gemessen zwischen 5 % und 95 % des maximalen Bremszylinderdrucks.

Die Bremskraftabbauzeit bis zum vollständigen Lösen einer mit der direkten Bremse ausgelösten Vollbremsung muss (4 ± 1) s betragen, beginnend bei der Verringerung des maximalen Bremszylinderdrucks bis zu einem Druckabfall auf 0,4 bar.

Die von der direkten Bremse erzeugte maximale Bremskraft darf eine Kraftschlussausnutzung von 0,25 nicht überschreiten, wenn sie als statische Haltebremse eingesetzt wird. In anderen Anwendungsfällen muss die maximale Kraftschlussausnutzung 6.6 entsprechen.

ANMERKUNG Die maximale Bremskraft der direkten Bremse kann sich von der Bremskraft des Hauptbremssystems des Fahrzeugs unterscheiden.

Eine Fehlermeldung muss am aktiven Führerpult ausgegeben werden, wenn vom aktiven Führerpult ein Signal zum Lösen ausgesendet wird und die direkte Bremse wo auch immer im Zugverband angelegt bleibt.

Bei einer elektropneumatischen und elektronisch gesteuerten direkten Bremse gelten die folgenden Anforderungen:

- das Bremssignal muss auf dem „Energize-to-release“-Prinzip beruhen;
- eine Fehlermeldung muss am aktiven Führerpult ausgegeben werden, wenn ein Signal zum Anlegen der Bremsen vom aktiven Führerpult erteilt wird und die Geschwindigkeit von 60 km/h überschritten wurde;
- kein Einzelfehler der Ventile der direkten Bremse darf zu einem unbeabsichtigten Anlegen der Bremsen führen, oder der Triebfahrzeugführer muss auf dieses Ereignis aufmerksam gemacht werden.

Bei Fehlern und zu Wartungs- und Überführungszwecken muss es möglich sein, die direkte Bremse durch eine bewusste Handlung abzusperren und zu lösen. Bei einem Fahrzeug in normalem Betriebsmodus muss dieser Status am Führerpult angegeben werden (z. B. durch Anzeige am Display, Anzeige am Druckmessgerät).

Die direkte Bremse muss in das Diagnosesystem des Fahrzeugs, sofern vorhanden, eingebunden sein.

5.6.2.4 Wechselwirkung mit dem GS-System

Ein Fehler im GS-System darf nicht zu einer Verringerung der Bremskraft einer direkten Bremse von mehr als 50 % führen. Eine Maßnahme, um dies umzusetzen, ist die zuverlässige Deaktivierung des Gleitschutzes in der rastierten Vollbremsstellung. Beim Verlassen der rastierten Vollbremsstellung wird der Gleitschutz sofort reaktiviert.

5.6.2.5 Wechselwirkung mit anderen Systemen

Die direkte Bremse darf durch kein Bremsmanagementsystem beeinträchtigt werden, das nach 5.7 verwendet wird.

Die Funktionsweise der direkten Bremse muss unabhängig von der dynamischen Bremse erfolgen. Es ist erlaubt, die dynamische Bremse automatisch durch die direkte Bremse zu ersetzen, wenn die dynamische Bremse an Wirksamkeit verliert, wie z. B. bei niedriger Geschwindigkeit.