

DIN EN 15595

ICS 45.040

Ersatz für
DIN EN 15595:2019-03**Bahnanwendungen –
Bremse –
Gleitschutz;
Deutsche Fassung EN 15595:2018 + AC:2021**

Railway applications –
Braking –
Wheel slide protection;
German version EN 15595:2018 + AC:2021

Applications ferroviaires –
Freinage –
Anti-enrayeur;
Version allemande EN 15595:2018 + AC:2021

Gesamtumfang 124 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 15595:2018 + AC:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

Dieses Dokument enthält die Berichtigung EN 15595:2018/AC:2021, angenommen von CEN am 2021-02-17.

Anfang und Ende der durch die Berichtigung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungsmarken **AC** **AC** angegeben.

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 15595:2011-07 und DIN EN 15595 Berichtigung 1:2013-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der normativen Verweisungen;
- b) Abschnitt 3 wurde überarbeitet und in den Abschnitt 3 „Begriffe“ und den Abschnitt 4 „Symbole und Abkürzungen“ aufgeteilt;
- c) Anforderungen an Funktion, Konstruktion, Typprüfung und weitere Prüfverfahren (Abschnitte 4, 5 und 6) wurden vollständig überarbeitet und umstrukturiert mit Aufteilung in Abschnitt 5 „Anforderungen“, Abschnitt 6 „Prüfumfang“, Abschnitt 7 „Prüfverfahren“ und Abschnitt 8 „Auswertung der Prüfung“;
- d) Abschnitt 7 wurde überarbeitet und in Abschnitt 9 „Dokumentation der am Prüfstand durchgeführten Prüfungen“ umbenannt;
- e) Abschnitte 8 und 9 wurden überarbeitet und in den neuen Abschnitt 10 „Routineprüfung und Inspektion“ integriert;
- f) Abschnitt 10 wurde überarbeitet und in Abschnitt 11 umbenannt;
- g) der neue normative Anhang A „Tabellen, die die Anforderungen an den GS/die RÜ mit den Prüfungen und Prüfkriterien verknüpfen“ wurde eingefügt;
- h) Anhang A wurde überarbeitet und in Anhang B umbenannt;
- i) Anhang B wurde überarbeitet und in Anhang C umbenannt;
- j) Anhang C wurde überarbeitet und in Anhang D umbenannt;
- k) Anhang D wurde überarbeitet und in Anhang E umbenannt;
- l) der neue informative Anhang F „Betriebserprobung“ wurde eingefügt;
- m) der neue informative Anhang G „Bremskonfigurationen“ wurde eingefügt;

- n) der neue informative Anhang H mit Erläuterungen über die Änderungen der letzten Ausgabe wurde eingefügt;
- o) Anhang ZA wurde aktualisiert.

Gegenüber DIN EN 15595:2019-03 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) in 8.3.3.3.1, 8.3.3.3.2 und 8.3.3.3.3 wurde die Übersetzung entsprechend der europäischen Berichtigung angepasst;
- b) in 6.3.3 wurde „Fahrzeugtest“ geändert in „Fahrzeugprüfung“;
- c) in Tabelle A.1 wurde bei Nr. 87 die Übersetzung der Anforderung korrigiert;
- d) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 15595: 2011-01, 2011-07, 2019-03

DIN EN 15595 Berichtigung 1: 2013-05

— Leerseite —

Deutsche Fassung
**Bahnanwendungen —
Bremsen —
Gleitschutz**

Railway applications —
Braking —
Wheel slide protection

Applications ferroviaires —
Freinage —
Anti-enrayeur

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 3. August 2018 angenommen und enthält das Corrigendum, das von CEN am 17. Februar 2021 angenommen wurde.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

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



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Symbole und Abkürzungen	12
5 Anforderungen	13
5.1 Anforderungen an die Funktionen	13
5.1.1 Ziele des Gleitschutzes	13
5.1.2 Allgemeine Funktionsanforderungen	13
5.1.3 Steuerung der Bremskraft	14
5.1.4 Sicherheitsschaltung (Sicherheitszeit)	14
5.1.5 Luftversorgung	15
5.1.6 Raddurchmesserunterschiede	15
5.1.7 Rollüberwachung (RÜ)	15
5.1.8 Diagnoseprogramme	16
5.2 Konstruktionsanforderungen	17
5.2.1 Umgebungsspezifikation	17
5.2.2 Brandverhalten	18
5.2.3 RAMS	18
5.2.4 Mechanische Konstruktion	19
5.2.5 Stromüberwachung	19
5.2.6 Software	19
5.2.7 Elektronische Steuereinheit Eingang/Ausgang (E/A)	19
5.2.8 Sensor – Erfassung der Radsatzdrehzahl	19
5.2.9 Betätigungseinrichtung – Anpassung der Bremskraft	19
5.3 Installationsempfehlungen	20
5.3.1 Allgemeine Installationsanforderungen	20
5.3.2 Luftsystem	21
5.3.3 Stromversorgung und elektrisches System	21
5.4 Leistungsanforderungen an den GS	22
5.4.1 Leistung	22
5.4.2 Anhalteweg und Verbesserung des Kraftschlusses	23
5.4.3 Schlupf-Grenzwerte von Radsätzen	23
5.4.4 Schäden an den Schienen	24
5.4.5 Höchstwert der Verzögerung	24
5.4.6 Druckluftverbrauch	25
5.4.7 Geschwindigkeitsbasierte Ausgangssignale des GS	25
6 Prüfumfang	26
6.1 Allgemeines	26
6.1.1 Prüfklassifikationen	26
6.1.2 Gutachter	26
6.2 Typprüfung	26
6.2.1 Allgemeines	26
6.2.2 Prüfanforderungen	26

6.2.3	Typprüfung für Einzelkomponenten.....	27
6.3	Fahrzeugintegrationsprüfung	27
6.3.1	Allgemeines	27
6.3.2	Prüfanforderungen.....	28
6.3.3	Konformität früherer Fahrzeugprüfungen	28
6.4	Liste der Prüfungen	29
6.4.1	Standardprüfungen	29
6.4.2	Schleppversuche	29
6.4.3	Prüfverfahren für Geschwindigkeiten von 160 km/h bis zu 200 km/h.....	29
6.4.4	Prüfverfahren für Geschwindigkeiten > 200 km/h.....	29
6.4.5	Zusätzliche höhere Verzögerungsprüfungen.....	29
6.4.6	Zusätzliche Zulassungsprüfungen für GS-Aktivität bei Fahrzeugen mit kraftschlussunabhängigen Bremsen.....	30
6.4.7	Zusätzliche Zulassungsprüfungen an mit dynamischen Bremsen ausgerüsteten Triebfahrzeugen und Zugverbänden	30
6.4.8	Prüfen der Rollüberwachung (RÜ)	30
6.5	Wiederholungsprüfung.....	39
6.5.1	Allgemeines	39
6.5.2	Hardware.....	39
6.5.3	Software	40
7	Prüfverfahren	40
7.1	Allgemeines	40
7.2	Messung	40
7.3	Prüfungen am Fahrzeug.....	42
7.3.1	Allgemeines	42
7.3.2	Erzeugung eines verminderten Kraftschlusses.....	42
7.3.3	Umweltbedingungen	43
7.4	Prüfung in Simulationsumgebung.....	44
7.4.1	Allgemeines	44
7.4.2	Prüfungen am Simulationsprüfstand.....	44
7.4.3	Zusätzliche spezifische Prüfungen am Simulator.....	45
7.4.4	Optionale Prüfungen	45
8	Auswertung der Prüfung	45
8.1	Berichtigung der Anhaltewege.....	45
8.2	Anzahl und Gültigkeit von Prüfungen auf trockener Schiene	45
8.3	Auswertung der GS-Prüfung.....	46
8.3.1	Allgemeines	46
8.3.2	Auswertung der Bremsleistung	46
8.3.3	Auswertung der Gültigkeit von Versuchen	47
8.3.4	Auswertung des relativen Luftverbrauchs	56
9	Dokumentation der Prüfungen	57
9.1	Prüfspezifikation	57
9.2	Prüfbericht.....	58
10	Routineprüfung und Inspektion	59
11	Kennzeichnung, Identifikation und Markierung	59
Anhang A (normativ) Tabellen, die die Anforderungen an den GS/die RÜ mit den Prüfungen und Prüfkriterien verknüpfen		60
Anhang B (normativ) Mindestanforderungen an einen GS-Simulator		91
B.1	Allgemeines	91
B.1.1	Allgemeines	91
B.1.2	Verwendung des Simulatormodells	92
B.2	Kraftschlussmodell.....	95

B.2.1	Allgemeines	95
B.2.2	Konstanter Kraftschluss.....	95
B.2.3	Wechselnder Kraftschluss.....	95
B.2.4	Kraftschlusskonditionierungsfaktoren.....	96
B.3	Prüf- und Leistungsmodell.....	96
B.3.1	Allgemeines	96
B.3.2	Simulatorleistung	96
B.3.3	Prüfanforderungen	96
B.3.4	Bremsleistung.....	97
B.3.5	Radschäden.....	97
B.3.6	Luftsystem	97
B.3.7	Grenzwerte für die Abnahme	97
B.3.8	Fehlerbedingungen.....	98
B.3.9	Ausgangssignale des GS-Systems	98
B.4	Fahrzeugmodell	98
B.4.1	Allgemeines	98
B.4.2	Reibmaterial.....	98
B.4.3	Anforderung der pneumatischen Betätigung/Bremsanforderung.....	98
B.4.4	Wagenkasten-/Drehgestell-/Rad-Dynamik.....	99
B.5	Fahrzeugfunktionsmodell	99
B.5.1	Allgemeines	99
B.5.2	Funktionale Eingangssignale	99
B.6	Validierung des Simulators.....	99
B.6.1	Allgemeines	99
B.6.2	Validierung der Prüfstände	100
B.6.3	Management	102
Anhang C (informativ) Beispiel für kundenspezifische Simulatorprüfungen		103
C.1	Prüfungen für natürlich entstehenden wechselnden Kraftschluss	103
C.1.1	Allgemeines	103
C.1.2	Ablauf.....	104
C.1.3	Messungen und Abnahmekriterien	105
C.2	Prüfungen bei anhaltend niedrigem Kraftschluss – SLAC-Prüfungen (en: sustained low adhesion track condition, SLAC)	106
C.2.1	Ablauf.....	106
C.2.2	Abnahmekriterien für die Messung.....	107
C.2.3	Referenzgeschwindigkeit der GS-Anlage (v_{ref}).....	107
C.3	Betriebsgeschwindigkeiten oberhalb 160 km/h.....	107
C.3.1	Kriterien.....	107
C.3.2	Ablauf.....	108
C.3.3	Messungen und Abnahmekriterien	108
Anhang D (informativ) Optionale Prüfungen.....		109
D.1	Prüfungen der Besandungsanlage – Kriterien.....	109
D.2	Prüfungen dynamischer Bremssysteme – Kriterien	110
D.3	Prüfungen der Ausgangssignale von Peripheriegeräten – Kriterien	111
Anhang E (informativ) Typisches Diagramm einer realen GS-Prüfung.....		112
Anhang F (informativ) Betriebserprobung.....		114
Anhang G (informativ) Bremskonfigurationen		115
G.1	Steuerung pro Drehgestell	115
G.2	Steuerung pro Wagen.....	115
Anhang H (informativ) Änderungen zwischen Überarbeitung 1 und Überarbeitung 2 der EN 15595.....		116

Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.....	118
Literaturhinweise.....	120

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 15595:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2019 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 15595:2009+A1:2011.

Dieses Dokument enthält die Berichtigung EN 15595:2018/AC:2021, welche die Formulierung des ersten Satzes in 8.3.3.3.1, des zweiten Satzes in 8.3.3.3.2 und des zweiten Satzes in 8.3.3.3.3 berichtigt.

Der Beginn und das Ende von neuem oder geändertem Text werden durch die Markierungen   angezeigt.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandates erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.

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

Die Gründe der Änderungen zwischen Überarbeitung 1 und dieser Überarbeitung dieser Norm werden in Anhang H angegeben.

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

Einleitung

Ein Gleitschutzsystem (GS-System) ist darauf ausgelegt, durch kontrollierte Reduzierung und Wiederaufbau der Bremskraft den verfügbaren Kraftschluss bestmöglich auszunutzen bzw. den Kraftschluss zu erhöhen, um Radsatzblockierungen und unkontrolliertes Gleiten des Rades infolge niedrigen Kraftschlusses zu verhindern. Dadurch wird das Bremsvermögen optimiert und das Entstehen von Schäden an den Radsätzen minimiert.

Das Rollüberwachungssystem (RÜ-System) ist darauf ausgelegt, blockierende Räder zu detektieren und sie in diesem Fall sofort anzuzeigen.

Züge, die mit GS-Systemen ausgerüstet sind, können Einzelfahrzeuge, lokbespannte Züge, Hochgeschwindigkeitszüge, Triebzüge, Nahverkehrszüge, Stadtbahnfahrzeuge und Straßenbahnen jeder Spurweite usw. sein.

Solche Züge sind mit Reibungsbremsen ausgerüstet und können auch mit zusätzlichen Bremssystemen (z. B. dynamische Bremsen, kraftschlussunabhängige Bremsen) sowie mit Systemen zur Verbesserung des Kraftschlusses (z. B. Besandungsanlagen) ausgerüstet sein.

Es ist nicht beabsichtigt, dass diese Europäische Norm dafür genutzt wird, die Bremsleistung eines mit GS ausgerüsteten Zuges unter allen Umweltbedingungen festzulegen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Kriterien für die Systemzulassung und die Typprüfung eines Gleitschutzsystems (GS-Systems) fest. Es legt auch die Kriterien für die Implementierung eines GS bei spezifischen Fahrzeuganwendungen und spezifischen Betriebsbedingungen sowie die Anforderungen an eine Rollüberwachung (RÜ) fest. Dies beinhaltet Ausführung, Erprobung und den Qualitätsnachweis der GS- und RÜ-Systeme und ihrer Komponenten.

Diese Europäische Norm gilt nicht für Fahrzeuge mit Gummibereifung oder mit hydraulischen Bremsen ausgerüstete Fahrzeuge.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 14478:2017, *Bahnanwendungen — Bremsen — Fachbegriffe*

EN 15663, *Bahnanwendungen — Fahrzeugreferenzmassen*

EN 16834:—¹, *Bahnanwendungen — Bremse — Bremsvermögen*

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

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

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

EN 50126-1, *Bahnanwendungen — Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) — Teil 1: Generischer RAMS-Prozess*

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

EN 50129, *Bahnanwendungen — Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme — Sicherheitsbezogene elektronische Systeme für Signaltechnik*

EN 50155, *Bahnanwendungen — Elektronische Einrichtungen auf Schienenfahrzeugen*

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

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

EN ISO 228-2, *Rohrgewinde für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen — Teil 2: Prüfung mit Grenzlehren (ISO 228-2)*

EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025)*

ISO 8573-1, *Compressed air — Part 1: Contaminants and purity classes*

¹ In Vorbereitung. Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: FprEN 16834:2018.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments 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:

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

3.1

Kraftschlussprofil

festgelegter Datensatz, der den Kraftschlussverlauf eines bestimmten Gleisabschnittes charakterisiert

3.2

relativer Luftverbrauch

Verhältnis des Gesamtvolumens der verbrauchten Druckluft während einer Stoppbremsung mit GS-Aktivität, im Vergleich zum Luftverbrauch einer Stoppbremsung ohne GS-Aktivität

3.3

Zusatzbehälter

Druckluftbehälter, der zur Bestimmung des relativen Luftverbrauchs während einer GS-Prüfung verwendet wird

3.4

vollbeladen

Fahrzeugbeladungszustand auf Basis der Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung nach EN 15663

3.5

trockene Schiene

Bedingungen, unter denen 100 % der Bremskraft des Fahrzeugs eingesetzt werden kann, ohne dass es zu einem Schlupf eines Radsatzes von mehr als 2 % kommt

3.6

Trockenbremsweg

tatsächlich gemessener Anhalteweg bei trockener Schiene

3.7

niedriger Kraftschluss

Bedingungen, unter denen der Rad/Schiene-Kraftschluss im Bereich von 0,08 bis 0,05 liegt

3.8

sehr niedriger Kraftschluss

Bedingungen, unter denen der Rad/Schiene-Kraftschluss im Bereich von 0,05 bis 0,03 liegt

3.9

extrem niedriger Kraftschluss

Bedingungen, unter denen der Rad/Schiene-Kraftschluss unter 0,03 liegt

3.10

Referenzgeschwindigkeit

Signal, das vom GS oder der RÜ erzeugt und üblicherweise von diesen verwendet wird, um einen Näherungswert der tatsächlichen Zuggeschwindigkeit zu bestimmen

3.11

nominale Bremsausgangsgeschwindigkeit

festgelegte Geschwindigkeit zu Beginn des Bremsvorgangs bei Bremsprüfungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die tatsächliche Zuggeschwindigkeit kann sich geringfügig unterscheiden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese kann als Zielgeschwindigkeit bekannt sein.

3.12

Abhängeversuch

Bremsprüfung, bei der das zu prüfende Fahrzeug (oder einzelne Einheit) vom Ende des Prüfzuges abgekuppelt und separat bis zum Stillstand gebremst wird

3.13

Bremsprüfung bis zum Stillstand

Bremsprüfung, die bei einer nominalen Ausgangsgeschwindigkeit beginnt und mit dem Stillstand endet, ausgeführt entweder mit einem Einzelfahrzeug (Lokomotive, Reisezugwagen) oder einem Zugverband als zu prüfende Einheit

3.14

Absolut-Schlupf

Differenz zwischen der tatsächlichen Zuggeschwindigkeit und der Umfangsgeschwindigkeit (des Rades)

3.15

Relativ-Schlupf

Absolut-Schlupf dividiert durch die tatsächliche Zuggeschwindigkeit

3.16

unerwünschte Reduzierung der Bremskraft

Verminderung der Bremskraft, die nicht durch das Verhalten der Radsätze begründet ist

3.17

Blending-Kennlinie der Bremse

Kennlinie, die die Leistungsmerkmale des Blending von dynamischer und pneumatischer Bremse als Funktion der Geschwindigkeit beschreibt

3.18

GS-Regler

GS-Steuergerät

Steuergerät mit elektronischer Hard- und Software, das die Signale von den Geschwindigkeitssensoren verarbeitet und geeignete Ausgangssignale zu den die Bremskraft regelnden Betätigungseinrichtungen, z. B. GS-Ventile zur Bremsdruckregelung, bereitstellt

3.19

GS-Betätigungseinrichtung

durch den GS-Regler angesteuerte Einrichtung, die die Bremskraft regelt

3.20

GS-Ventil

GS-Betätigungseinrichtung, die den Bremszylinderdruck regelt

3.21

Geschwindigkeitssensor

Gerät, das ein Drehzahl- oder Geschwindigkeitssignal eines einzelnen Rades oder Radsatzes an den GS-Regler ausgibt

3.22

Service-Schnittstelle

Zugangspunkt für Diagnosedaten und die Instandhaltungsprüfung

3.23

Validierung

Analyseprozess mit anschließender auf Nachweisen basierender Beurteilung, um festzustellen, ob eine Betrachtungseinheit (z. B. ein Prozess, eine Dokumentation, Software oder Anwendung) den Bedürfnissen der Nutzer entspricht, insbesondere in Bezug auf Sicherheit und Qualität; dabei liegt der Schwerpunkt bei der Eignung der jeweiligen Funktion für den Zweck in der beabsichtigten Umgebung

3.24

Verifizierung

Überprüfungsprozess mit anschließender auf Nachweisen basierender Beurteilung, ob vorliegende Betrachtungseinheiten (z. B. ein Prozess, eine Dokumentation, Software oder Anwendung), die sich in einer bestimmten Entwicklungsphase befinden, die Anforderungen dieser Phase in Bezug auf Vollständigkeit, Richtigkeit und Übereinstimmung erfüllen

Anmerkung 1 zum Begriff: Verifizierung basiert hauptsächlich auf Prüfungen der Unterlagen (Entwurf, Ausführung, Prüfunterlagen usw.).

3.25

vorgesehene Verzögerung

Maximalwert der Verzögerung des Bremssystems des Fahrzeugs auf ebener Strecke, die durch Berechnung definiert ist

3.26

GS-Prüfung

Prüfung, die bei vermindertem Kraftschluss erfolgt

3.27

Prüfung auf trockener Schiene

Prüfung, die unter solchen Kraftschlussbedingungen erfolgt, die die Höchstbremskraft unterstützen

3.28

Schleppversuch

Durchführung einer simulierten Bremsprüfung im Gefälle mit einem Hilfs-Triebfahrzeug, um eine konstante Geschwindigkeit mit einer konstanten Bremsung zu erreichen

3.29

Bremsprüfung

Prüfung, bei der die Bremsen angelegt werden, um eine Verzögerung zu erreichen

3.30

unbeladen

Fahrzeugbeladungszustand auf Basis der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663

Anmerkung 1 zum Begriff: Möglicherweise müssen zusätzliche Prüfgeräte und Personal mitberücksichtigt werden.

4 Symbole und Abkürzungen

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

g	Fallbeschleunigung, in m/s^2
v_{nom}	nominale Bremsausgangsgeschwindigkeit des Zuges, in km/h
v_{ref}	Gleitschutz-Referenzgeschwindigkeit des Fahrzeugs, in km/h
v_t	tatsächliche Zuggeschwindigkeit, in km/h
μ	Kraftschlusswert
ρ	Trägheitsmoment der rotierenden Massen
τ	Anfangshaftwert
AR	Hilfsluftbehälter (en: auxiliary reservoir)
HL	Hauptluftleitung (en: brake pipe, BP)
R-Behälter	Vorratsluftbehälter, kann auch als Hilfsluftbehälter bezeichnet werden (en: brake supply reservoir, BSR)
SB	Schnellbremsung (en: emergency brake, EB)
ER	befürchteter Vorfall (fr: événement redouté) – angewendet in der Sicherheitsanalyse
MMS	Mensch-Maschine-Schnittstelle, auch Bedienoberfläche (en: man machine interface, MMI)
Mg	Magnetschienenbremse (en: magnetic track brake, MTB)
Nl	Normal-Liter
RAMS	Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (en: reliability, availability, maintainability and safety)
FIP	Fahrzeugintegrationsprüfung (en: vehicle implementation test, VIT)
RÜ	Rollüberwachung (en: wheel rotation monitoring, WRM; manchmal auch Detektion nichtrotierender Wellen genannt, en: detection of non-rotating axle, DNRA)
GS	Gleitschutz (en: wheel slide protection, WSP)

5 Anforderungen

5.1 Anforderungen an die Funktionen

5.1.1 Ziele des Gleitschutzes

Die Ausrüstung von Zügen mit GS-Systemen verfolgt die Erfüllung der folgenden Zielsetzung:

- Minimierung von Anhaltewegverlängerungen im Vergleich zum Anhalten auf sauberen, trockenen Schienen (d. h. bei gutem Kraftschluss);
- minimale Schäden an den Radsätzen infolge von Schlupf oder Gleiten der Räder;
- minimale Schäden an den Schienen;
- bei pneumatischen Bremssystemen eine minimale Erhöhung des Luftverbrauchs im Vergleich zu einer Bremsung auf trockener Schiene ohne GS-Aktivität.

Die einzelne Gewichtung dieser Ziele kann je nach Anwendungsklassen oder Art einer einzelnen Anwendung variieren.

Die Ziele gelten als erfüllt, wenn die Anforderungen dieser Norm erfüllt sind.

5.1.2 Allgemeine Funktionsanforderungen

Ein unabhängiges GS-/RÜ-System darf nicht mehr als acht Radsätze steuern.

Bei Triebfahrzeugen, die selbstständig betrieben werden können, darf ein einzelner Fehler des GS-Systems nicht zu einem Verlust der Bremskraft an mehr als 50 % der gebremsten Radsätze führen. Dies kann durch mehrere GS-Systeme oder durch ein unabhängiges Bremssystem erreicht werden, welches nicht vom GS-System beeinflusst werden kann.

Die Umfangsgeschwindigkeit der Radsätze wird auf der Grundlage der von den Sensoren bereitgestellten Daten berechnet und von Reglern oder automatischen Steuerungssystemen (GS-Regler) überwacht.

Der GS-Regler darf zusätzliche Daten (z. B. Signale von den Drucksensoren) zum Zugstatus für die GS-Steuerung nutzen.

Der GS-Regler sendet Befehle an die GS-Betätigungseinrichtungen (z. B. GS-Ventile), um die Bremskraft teilweise oder vollständig zu reduzieren, konstant zu halten oder wiederherzustellen.

Der GS darf die Bremskraft unterhalb einer unteren Geschwindigkeitsschwelle nicht reduzieren. Diese Schwelle darf nicht über 5 km/h und nicht unter 0,5 km/h liegen. Sollte die Bremskraft schon reduziert sein, wenn die Zuggeschwindigkeit unter diese Schwelle fällt, muss das GS-System die Bremskraft auf den angeforderten Wert wiederherstellen.

Beim Anfahren des Zugs muss der GS betriebsbereit sein, bevor die Geschwindigkeit 6 km/h erreicht. Für Güterzuganwendungen, wo bei niedriger Geschwindigkeit keine Stromversorgung erfolgt, darf diese Schwelle auf bis zu 15 km/h erhöht werden.

Das GS-System muss in Betrieb bleiben, solange eine Bremskraft vorhanden ist (d. h. bis die Bremsen vollständig gelöst sind).

Der GS darf nicht in der Lage sein, die Bremskraft auf einen Wert zu erhöhen, der oberhalb des vom Bremssystem angeforderten Wertes liegt.

Der GS darf die angeforderte Bremskraft bei Fahrzeugstillstand nicht ändern, ausgenommen bei einem GS-Prüflauf.

Alle in dieser Norm definierten Geschwindigkeitsschwellen müssen sich auf einen mittleren Nennwert des Raddurchmessers beziehen, wenn der genaue Raddurchmesser nicht bekannt ist.

5.1.3 Steuerung der Bremskraft

5.1.3.1 Anforderungen an die pneumatische Betätigung der Reibungsbremse

GS-Betätigungseinrichtungen (z. B. GS-Ventile oder andere pneumatische Steuergeräte – integriertes Bremsventil) werden eingesetzt, um die Bremskraft anzupassen.

Das GS-System darf keine direkte Verbindung zwischen Be- und Entlüftung zulassen.

5.1.3.2 Dynamische Bremse

Dynamische Bremsen müssen entweder über eine GS-Steuerung in Übereinstimmung mit dieser Norm verfügen oder über Einrichtungen, die sie bei Schlupf abschalten.

Wird die dynamische Bremse für Schnellbremsanwendungen eingesetzt, muss eine GS-Steuerung der dynamischen Bremse bereitgestellt werden.

Wird die dynamische Bremse von einem unabhängigen Steuerbefehl gesteuert, der vom üblichen zugweiten Steuerbefehl getrennt ist, müssen mindestens die Höchstschlupfkriterien nach 5.4.3.1 erfüllt sein.

Die dynamische Bremse darf mit einem eigenen GS ausgerüstet werden. Solange die Reibungsbremse nicht betätigt wird, kann der Schlupf allein durch den GS der dynamischen Bremse geregelt werden.

Eine GS-Strategie ist für die beiden Systeme erforderlich, wenn die dynamische Bremse und die Reibungsbremse durch Blending-Funktion koordiniert oder unabhängig voneinander betrieben werden, um die Anforderungen dieser Norm zu erfüllen.

5.1.4 Sicherheitsschaltung (Sicherheitszeit)

Aus Sicherheitsgründen wird eine Überwachungsfunktion bereitgestellt, damit eine übermäßige Reduzierung der Bremskraft verhindert wird.

Diese Sicherheitsschaltung muss für GS-Systeme bereitgestellt werden, die während einer Schnellbremsung aktiv sind, und sie muss unabhängig vom GS-Steuerungsalgorithmus und -prozessor sein.

Eine vom GS geforderte kontinuierliche Bremskraftreduzierung darf 10 s nicht überschreiten. Nach dieser Zeit muss die Sicherheitsschaltung ein Eingreifen des GS unterdrücken.

Die Sicherheitsschaltung muss das Eingreifen des GS unterdrücken, wenn die Bremskraft für eine Zeitspanne nicht länger als 15 s konstant oder ohne zwischenzeitliche Zunahme kontinuierlich unterhalb des angeforderten Bremskraftniveaus gehalten wird. Die Überwachungsfunktion muss ständig, auch während der GS-Prüfungen, aktiviert sein, damit die angeforderte Bremskraft im Falle einer (wegen des GS-Betriebs) dauerhaft gelösten oder mit reduzierter Bremskraft laufenden Bremse wiederhergestellt wird. Die Aktivierung dieser Funktion außerhalb des Prüflaufes muss angezeigt und aufgezeichnet werden.

Wenn die Überwachungsfunktion aktiviert ist, darf sie nur zurückgesetzt werden, nachdem der GS-Regler keine Reduzierung der Bremskraft mehr anfordert.

5.1.5 Luftversorgung

Optional sollte die GS-Aktivität unterdrückt werden können, falls der Druck im R-Behälter unter einen definierten Wert fällt.

Bei Einleitungsbremsen muss das GS-System sicherstellen, dass die GS-Aktivität unterdrückt wird, wenn der Hilfsluftbehälterdruck unter 300 mbar über dem höchsten Bremsdruck ist.

Der GS muss sich automatisch wieder einschalten, wenn das Unterdrückungssignal nicht mehr ausgegeben wird.

5.1.6 Raddurchmesserunterschiede

Bei der Auswertung der Geschwindigkeiten eines bestimmten Fahrzeugs muss das GS- und RÜ-System zulässige Unterschiede der Raddurchmesser im Bereich von neuen zu abgenutzten Rädern tolerieren, damit keine GS- oder RÜ-Aktivität wegen dieser Unterschiede ausgelöst wird.

5.1.7 Rollüberwachung (RÜ)

5.1.7.1 Allgemeines

Nachfolgende Anforderungen an GS-Anlagen in Hochgeschwindigkeitszügen gelten zusätzlich zu den in 5.1.1 bis 5.1.6 genannten Punkten. Die RÜ ergänzt, wenn installiert, die GS-Anlage um eine zusätzliche kontinuierliche Überwachung der Radsatzdrehung und meldet Anomalien der Raddrehzahlen.

5.1.7.2 Funktionsbeschreibung

Wenn bei der Anfahrt des Zuges ein Radsatz blockiert, muss die Funktion „Rollüberwachung“ spätestens 10 s nach Erreichen einer Geschwindigkeit von 50 km/h ein Signal für die Anzeige des blockierten Radsatzes ausgeben.

Falls die Funktion „Rollüberwachung“ während einer Fahrt einen anomalen Unterschied bei den Geschwindigkeiten der Radsätze für eine längere Zeitspanne als 10 s erfasst, muss das Gerät ein entsprechendes Signal ausgeben, wobei ein Unterschied als anomal gilt, wenn er mindestens $X \text{ km/h} + Y \cdot v_{\text{ref}}$ beträgt. Die Parameter X und Y werden dabei von Fall zu Fall definiert, übersteigen aber nicht $50 \text{ km/h} + 0,3 \cdot v_{\text{ref}}$.

5.1.7.3 Systemanforderungen

Die Funktion "Rollüberwachung" ist in das RÜ-System implementiert und darf zusätzlich im GS-Regler implementiert werden.

Wo es erforderlich ist, Züge mit unabhängigen RÜ-Systemen auszurüsten, dürfen sowohl der GS als auch die RÜ Daten bezüglich blockierender Radsätze an das Zugsystem übermitteln.

Für jeden überwachten Radsatz muss die RÜ mindestens einen vom GS elektrisch unabhängigen Schaltkreis für den Geschwindigkeitssensor umfassen. GS und RÜ dürfen Daten für Diagnosezwecke austauschen.

Die elektrischen/elektronischen Schaltkreise für den GS und die RÜ, einschließlich der Energieversorgung von der Batterie und der Schutzschaltkreise, müssen unabhängig voneinander arbeiten. Elektrische Schnittstellen müssen so beschaffen sein, dass der Ausfall eines Systems nicht die anderen beeinträchtigt, z. B. durch galvanische Trennung.

Der GS darf als das RÜ-System für Radsätze fungieren, für die es nicht die GS-Steuerung ausführt.

5.1.7.4 Empfohlene Eigenschaften

Es wird empfohlen, die RÜ auch mit der Funktion auszustatten, die die Bremskraft für den betroffenen Radsatz reduziert (einschließlich dynamischer Bremse von angetriebenen Radsätzen), wenn anomale Unterschiede bei der Umfangsgeschwindigkeit beobachtet werden. Wenn die RÜ auch über eine GS-Entlüftungsfunktion verfügt, müssen die GS-Anforderungen an die Sicherheitsschaltung, die GS-Ventile und die Diagnoseprogramme zur Reduzierung der Bremskraft auch für die RÜ gelten.

Zudem darf die RÜ bei defektem GS dessen Hauptaufgaben übernehmen. In diesem Fall muss sie die Anforderungen an den GS erfüllen.

5.1.8 Diagnoseprogramme

5.1.8.1 Permanente Selbstdiagnose

Wenn das GS- oder RÜ-System in Betrieb ist, müssen die Verfügbarkeit und das einwandfreie Funktionieren der Geschwindigkeitssensoren überwacht werden.

Unterbrechung und Kurzschluss der elektrischen Schaltkreise der Geschwindigkeitssensoren müssen detektiert werden.

Wenn Sensoren für zusätzliche Signale im GS-System eingesetzt werden, muss eine Diagnose dieser Sensoren implementiert werden.

Die Verfügbarkeit der elektrischen Schaltkreise der GS-Betätigungseinrichtung (GS-Ventile), Unterbrechung und Kurzschluss müssen detektiert werden, wenn von der Steuerung Befehle an die jeweilige GS-Betätigungseinrichtung (GS-Ventil) gesendet werden.

Zusätzliche permanente Diagnosefunktionen, die in die eingesetzte elektronische Systemtechnik integriert sind, müssen das einwandfreie Funktionieren und die Verfügbarkeit des GS überwachen. Diese werden auf Basis der spezifischen Architektur einer jeden GS-Anlage definiert und entsprechend angepasst.

Die Diagnosefunktion darf die Bremsfunktionen während des Betriebs des Fahrzeugs nicht beeinträchtigen.

Dem Zugsystem müssen Daten bereitgestellt werden, um für jeden einzelnen Radsatz eine Detektion des gleichzeitigen Ausfalls von GS und RÜ zu ermöglichen.

5.1.8.2 Manuell eingeleiteter Prüflauf

Es muss möglich sein, bei Stillstand des Fahrzeugs einen GS-Prüflauf manuell einzuleiten. Eine automatische oder Fernauslösung dieses Prüflaufs ist ebenfalls erlaubt, vorausgesetzt, dass alle Anforderungen an die manuelle Einleitung erfüllt sind.

Der manuell eingeleitete GS-Prüflauf muss abgebrochen werden, sobald der GS eine Fahrzeugbewegung erkennt. Dies muss erfolgen, bevor das Fahrzeug 3 km/h erreicht.

Der manuell eingeleitete GS-Prüflauf umfasst Prüfungen auf verborgene Fehler, die detektiert werden können, wenn das Fahrzeug im Stillstand ist.

Der manuell eingeleitete GS-Prüflauf muss Prüfungen der Sicherheitsschaltung einschließen.

Der manuell eingeleitete GS-Prüflauf muss die Prüfung einer jeden GS-Betätigungseinrichtung einschließen. Gibt es mehr als eine GS-Betätigungseinrichtung pro GS-System, sollte die Prüfung dieser GS-Betätigungseinrichtungen nacheinander erfolgen.

Alle Stellungen der GS-Betätigungseinrichtung müssen geprüft werden, darunter auch das vollständige Lösen der Bremse. Die Funktion der GS-Betätigungseinrichtungen kann auditiv über die Hörbarkeit der bei der Entlüftung entweichenden Luft geprüft werden; es können auch Sicht- oder andere Prüfungen erfolgen.

Beim manuell eingeleiteten GS-Prüflauf muss das Lösen der GS-Betätigungseinrichtungen möglichst so ablaufen, dass die Sicherheit des Zuges auch bei Fahrzeugstillstand nicht gefährdet ist.

Der manuell eingeleitete GS-Prüflauf muss Fehlercodes und Daten zur Verfügbarkeit bereitstellen, auf die über die Service-Schnittstelle des GS-Systems zugegriffen werden kann.

Der manuell eingeleitete GS-Prüflauf darf sich nicht nachteilig auf andere Funktionen auswirken, die vom GS bereitgestellte Ausgangssignale nutzen.

5.1.8.3 Automatisch ausgelöste Prüfung

Der GS muss bei jedem Einschalten eine automatische Selbstprüfung auslösen, um zumindest die elektrische Betriebsbereitschaft der elektronischen Steuereinheit und der Peripheriegeräte sicherzustellen.

Zusätzlich darf ein Teil dieses Prüflaufs oder der gesamte Prüflauf zu anderen Zeitpunkten automatisch ausgelöst werden, z. B. wenn das Fahrzeug anhält.

Der automatisch ausgelöste Prüflauf darf die Bremsfunktionen nicht beeinträchtigen.

5.1.8.4 Fehlermanagement

Alle erfassten Fehler müssen an der Service-Schnittstelle als Fehlercode angezeigt und im Fehlerspeicher des GS-Systems und/oder dem Fahrzeugdiagnosesystem gespeichert werden.

Die Technologie für die Fehlerspeicherung muss so gewählt werden, dass eine Speicherung der Fehlerdaten selbst ohne Stromversorgung für mindestens 3 Monate sichergestellt ist.

Die Fehlercodes und die Instandhaltungsmaßnahmen sollten so ausgelegt und gestaltet sein, dass die kleinste austauschbare ausgefallene Einheit identifiziert werden kann.

5.1.8.5 Service-Schnittstelle

Die Service-Schnittstelle muss eine MMS und/oder ein Anschluss an einen Diagnose-Computer oder ein Diagnosesystem sein.

Die Service-Schnittstelle sollte mindestens Daten zur Verfügbarkeit des GS in Form einer „Fehler“- oder „OK“-Anzeige bereitstellen.

Die Service-Schnittstelle muss den Zugriff auf Fehlercodes und intern gespeicherte Diagnosedaten ermöglichen.

Die Service-Schnittstelle muss über eine Vorrichtung verfügen, mit der manuell eingeleitete Prüfläufe nach 5.1.8.2 ausgeführt werden können.

5.2 Konstruktionsanforderungen

5.2.1 Umgebungsspezifikation

Das GS-/RÜ-System muss den Umweltbedingungen standhalten, wie sie in EN 50125-1 festgelegt sind, abhängig davon, wo am Fahrzeug sich die Komponenten befinden und welche Betriebsbedingungen herrschen.

In Bezug auf die Elektronik gelten auch die Anforderungen an die Umgebungstemperatur nach EN 50155.

Der Betrieb der GS-Steuereinheit muss im Rahmen der Anforderungen von EN 50121-3-2 erfolgen.

Komponenten, die direkt der Außenumgebung ausgesetzt sind, müssen Schutzart IP65 nach EN 60529 entsprechen.

5.2.2 Brandverhalten

Das GS-/RÜ-System muss mindestens den Anforderungen der Normreihe EN 45545 entsprechen.

5.2.3 RAMS

5.2.3.1 Zuverlässigkeit

Zum GS-/RÜ-System ist eine Zuverlässigkeitsstudie nach EN 50126-1 anzufertigen (während der Auslegungsphasenprüfung).

5.2.3.2 Sicherheit

Für den GS/die RÜ muss eine Sicherheitsanalyse durchgeführt werden, die die folgenden befürchteten Vorfälle (ER) berücksichtigt:

- ER1: unbeabsichtigtes Reduzieren oder Zurückhalten von Bremskraft auf einem Steuerkanal für eine Zeitspanne, die jene übersteigt, die in 5.1.4 festgelegt ist;
- ER2: Ausfall jeglicher Ausgabe von Geschwindigkeitssignalen, die von sicherheitsrelevanten Funktionen genutzt werden (geschwindigkeitsabhängiger Bremsvorgang, Magnetschienenbremse);
- ER3: gegebenenfalls Verlust der „Rollüberwachung“.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit pro Stunde dieser befürchteten Vorfälle muss den unten angegebenen Werten entsprechen.

- ER1 $\leq 10^{-6}/h$
- ER2 $\leq 10^{-5}/h$ für $v_{nom} \leq 200 \text{ km/h}$
 $\leq 10^{-6}/h$ für Ausrüstung zugelassen für $v_{nom} > 200 \text{ km/h}$
- ER3 $\leq 10^{-5}/h$

5.2.3.3 Instandhaltbarkeit

Der GS/die RÜ sollte modular aufgebaut sein, wobei Module gleicher Funktionalität austauschbar sein sollten. Bei elektronischen Modulen unterschiedlicher Funktionalität darf es nicht möglich sein, sie physisch an der falschen Stelle anzuschließen.

5.2.3.4 Eingeschränkte Betriebsbedingungen

Ein detektierter Ausfall eines einzelnen Radsatzsensors darf sich nicht nachteilig auf die Steuerung der anderen Radsätze auswirken.

In diesem Fall könnte ein anderes diesen GS betreffendes Geschwindigkeitssignal verwendet werden, um den Radsatz zu steuern. Das Signal könnte je nach Fahrzeugkonfiguration von der RÜ kommen, von der Antriebssteuerung, von dem angrenzenden Radsatz auf demselben Drehgestell oder von einem anderen nächstgelegenen Radsatz usw.

5.2.4 Mechanische Konstruktion

Die Systemkomponenten und deren Steckverbinder müssen den Belastungen standhalten, wie in EN 61373 festgelegt, in Abhängigkeit von ihrer Einbauposition.

Die Einhaltung der Anforderungen darf durch entsprechende Konstruktions- und Prüfdokumentationen belegt werden.

5.2.5 Stromüberwachung

Das GS-/RÜ-System muss so ausgelegt sein, dass es unter Berücksichtigung von Spannungsschwankungen, wie sie nach EN 50155 zulässig sind, einwandfrei funktioniert, außer wenn das GS-System seinen eigenen Strom erzeugt.

Wenn die Spannungsschwankung diese Grenze überschreitet, muss der GS/die RÜ entweder normal weiterarbeiten oder derart herunterfahren, dass ein Zustand erreicht wird, in dem vorher festgelegte Signale an alle angeschlossenen Systeme ausgegeben werden (wie z. B. Bremssystem, Türsteuerung usw.).

GS-Anlagen dürfen über eine Standby-Option verfügen. Wenn der GS über eine Standby-Option verfügt, muss die Stromversorgung für den GS/die RÜ so ausgelegt sein, dass der GS spätestens hochfährt, wenn seine Funktion benötigt wird. Es ist zulässig, das Lösesignal der Bremse zu nutzen, um den Standby-Modus zu verlassen, ohne direkt eine Fahrzeugbewegung zu erfassen.

5.2.6 Software

Die im GS/in der RÜ verwendete Software muss nach EN 50128 entwickelt sein.

5.2.7 Elektronische Steuereinheit Eingang/Ausgang (E/A)

Sofern es Anforderungen für eine Verbindung von GS- oder RÜ-System mit anderen Fahrzeugfunktionen (Türen, Magnetschienenbremse usw.) gibt, müssen diese Schnittstellen in Übereinstimmung mit EN 50129 ausgelegt sein.

E/A-Signale, die an der Schnittstelle für eine andere Fahrzeugfunktion bereitgestellt werden, müssen die Sicherheitsintegritäts-Level (en: safety integrity level, SIL), die von dieser Funktion für solche Signale gefordert werden, einhalten.

Es muss sichergestellt sein, dass es aufgrund von Fehlern oder Kurzschlüssen in den Schnittstellen zwischen GS oder RÜ und anderen Fahrzeugfunktionen nicht zu einer Fehlfunktion des GS oder der RÜ kommen kann.

5.2.8 Sensor – Erfassung der Radsatzdrehzahl

Die Geschwindigkeitssensoren müssen als integraler Bestandteil des GS- oder RÜ-Systems angesehen werden.

Der Sensor sollte für Wartungsarbeiten an Drehgestell oder Radsatz leicht entfernbar sein.

5.2.9 Betätigungseinrichtung – Anpassung der Bremskraft

5.2.9.1 Allgemeine Anforderungen

Die GS-Betätigungseinrichtungen, die zur Anpassung der Bremskraft eingesetzt werden, müssen als integraler Bestandteil des GS-Systems angesehen werden. Dies gilt auch für die RÜ, wenn die Option der Bremskraftanpassung im RÜ-System eingeschlossen ist.

5.2.9.2 Pneumatische Systeme

5.2.9.2.1 Verbleibende Druckluft

In Betrieb dürfen bei gelösten Bremsen durch nicht angesteuerte GS-Ventile oder andere Bremskraft-aktuatoren nicht mehr als 0,1 bar Luftdruck im Bremszylinder verbleiben.

5.2.9.2.2 Luftqualität

Der Hersteller muss die Anforderungen an die Luftqualität für das GS-System in Übereinstimmung mit ISO 8573-1 festlegen.

5.2.9.2.3 Pneumatische Schnittstelle

Die pneumatische Schnittstelle zu den Rohrleitungen des Fahrzeugs sollte über ein Anschlussstück erfolgen, sodass das GS-Ventil entfernt werden kann, ohne die Funktion der Rohrleitung zu beeinträchtigen. Die Rohrleitungsanschlüsse müssen als Rohrgewinde nach EN ISO 228-2 ausgeführt sein. Düsen sollten im Ventilträger der GS-Ventile montiert sein.

5.2.9.2.4 Dichtheit

Das GS-Ventil muss jedes unzulässige Entweichen der Bremszylinderdruckluft in die Atmosphäre verhindern. Zwischen -25 °C und $+70\text{ °C}$ darf bei Versuchen unter Regelbetriebsdruck keine größere Luftmenge als 0,01 Nl/min durch das GS-Ventil entweichen.

Zwischen -40 °C und -25 °C darf bei Versuchen unter Regelbetriebsdruck keine größere Luftmenge als 0,1 Nl/min durch das GS-Ventil entweichen.

Diese Dichtheit wird in Übereinstimmung mit 6.2.3.2.2 geprüft.

5.2.9.3 Elektrischer Anschluss

Der elektrische Anschluss muss so konstruiert sein, dass ein Eindringen von Staub und Wasser verhindert wird.

Dies muss nachgewiesen werden, wenn der Anschluss für die GS-Betätigungseinrichtung in Übereinstimmung mit EN 60529, Schutzart IPXX, eingestuft wurde. Wenn der Anschluss in die Schutzart IP67 eingestuft wurde, muss er für eine vielseitige Anwendung geeignet sein und IP65/IP67 nach EN 60529 entsprechen.

5.3 Installationsempfehlungen

5.3.1 Allgemeine Installationsanforderungen

Die Konstruktion und Integration des GS/der RÜ stellt sicher, dass andere Systeme oder Fahrzeugfunktionen nicht den einwandfreien Betrieb des GS/der RÜ stören.

Installationsanforderungen des Herstellers müssen bereitgestellt werden, wenn sichergestellt werden muss, dass das installierte System weiterhin Anforderungen der typgeprüften Konstruktion erfüllt.

An die Implementierung des GS-/RÜ-Systems und seiner Komponenten in das Fahrzeug werden die Anforderungen gestellt, dass sich das GS-/RÜ-System und dessen Betrieb (in allen Betriebsarten) nicht nachteilig auf einzelne Bestandteile des Fahrzeugs, des Drehgestells, des Zugs oder der Gleise auswirken.

Falls das Referenzgeschwindigkeitssignal von anderen Funktionen außerhalb der GS-/RÜ-Anlage genutzt wird, dürfen diese Funktionen weder die Integrität des Referenzsignals noch die GS-/RÜ-Anlage beeinträchtigen.

Die Komponenten des GS-/RÜ-Systems sollten so installiert sein, dass ein Risiko für Personen, die im Fahrzeug arbeiten, minimiert ist (z. B. Verletzungen durch scharfe Kanten).

Geschwindigkeitssensoren sollten mit einem Klemmkasten verbunden oder mit einem Stecker ausgestattet sein.

5.3.2 Luftsystem

5.3.2.1 Druckluftversorgung

Die Druckluftversorgung des Fahrzeugs (insbesondere die Größe des R-Behälter) sollte so dimensioniert sein, dass der zusätzliche Druckluftverbrauch des GS die Leistung der pneumatischen Bremse nicht beeinträchtigt.

5.3.2.2 Leitungssystem und Anordnung

Die folgenden Aussagen sind Empfehlungen für die Installation der Fahrzeugleitungen:

- wo es zweckmäßig ist, sollten die Leitungsvolumen die gleichen Maße haben und sollten für jeden Radsatz ähnlich sein;
- der Durchmesser der Leitungen sollte auf den Nenndurchmesser der Öffnungen der GS-Ventile abgestimmt sein;
- wo es zweckmäßig ist, sollte das GS-Ventil in der Nähe des Bremszylinders montiert sein;
- das GS-Ventil sollte so installiert sein, dass die Luftaustrittsöffnungen vor Schnee und Eis geschützt sind.

5.3.3 Stromversorgung und elektrisches System

5.3.3.1 Schutz

Zur Sicherstellung der Unabhängigkeit der RÜ vom GS, der dieselben Radsätze überwacht, sollte ihre Stromversorgung durch einen eigenen Leistungsschalter geschützt sein.

Die GS-Anlage für die Reibungsbremse sollte über einen eigenen geschützten Stromkreis verfügen, sofern sie kein integraler Bestandteil der Bremssteuerung ist.

Eine GS-Anlage für ein gezogenes (nicht motorisiertes) Fahrzeug, das nicht Bestandteil einer festen Triebzugformation ist, sollte über ihren eigenen abgesicherten Stromkreis verfügen.

Die Sicherungen oder Leistungsschalter für den GS/die RÜ sollten deutlich gekennzeichnet sein, sodass sie nicht verwechselt bzw. in derselben Weise betrieben werden können.

5.3.3.2 Steuerung

Der GS/die RÜ sollte immer mit Strom versorgt werden, sobald dieser verfügbar ist.

Eine automatische Abschaltung der Stromversorgung sollte nur im Fall eines Standby zulässig sein oder als Batterieschutz aus Gründen der Batteriesicherheit (schwacher Ladezustand oder zu niedrige Spannung durch eine längere Zeit fehlende Stromversorgung).

Nach einer Abschaltung wegen Spannungsschwankungen sollte der GS/die RÜ automatisch wieder den normalen Betrieb aufnehmen, sobald sich die Versorgungsspannung innerhalb des festgelegten Spannungsbereichs stabilisiert.

5.4 Leistungsanforderungen an den GS

5.4.1 Leistung

Die Leistung des GS-Systems wird daran gemessen, in wieweit es in der Lage ist, die in 5.1.1 genannten Ziele zu erreichen, wenn ein Fahrzeug bei vermindertem Kraftschluss gebremst wird.

Für Typ- und Fahrzeugintegrationsprüfungen muss die Leistung des GS-Systems durch Fahrversuche oder am Simulationsprüfstand validiert werden. Die Mindestanforderungen für einen Simulationsprüfstand sind in Anhang B festgelegt.

Jede Beurteilung der Leistung eines GS-Systems hinsichtlich seiner Fähigkeit, diese Ziele in jeder vorgegebenen Prüfung zu erreichen, muss folgende Kriterien berücksichtigen:

- den Kraftschlusswert (niedriger, sehr niedriger, extrem niedriger Kraftschluss);
- die Fahrzeug-Bremsverzögerung auf trockener Schiene;
- die Art der Schienenverunreinigung;
- die Fahrzeuggeschwindigkeit bei Beginn des Bremsvorgangs;
- die Zugzusammensetzung, in der das Fahrzeug getestet wird;
- die Konfiguration der Bremsen des Fahrzeugs (mechanisch und pneumatisch);
- die Druckluftversorgung oder das Druckluftspeichersystem des Fahrzeugs.

Die allgemeinen Leistungskriterien für den GS gehen davon aus, dass ein Fahrzeug, das mit GS-Steuerung ausgerüstet ist, über eine ratsatzselektive Regelung verfügt und eine Druckluftversorgung hat, bei der der Vorratsluftbehälter in der Regel kontinuierlich wiederaufgefüllt wird. Wo das nicht der Fall ist, ist die Leistungsreduktion in den jeweiligen Abschnitten angegeben oder in Anhang G beschrieben.

Die angegebenen Leistungsanforderungen müssen für das GS-System allein bewertet werden, wenn diese nicht durch andere Systeme, wie Antrieb und dynamische Bremse, beeinflusst ist.

Wo Fahrzeuge mehr als ein GS-System und/oder mehr als ein Bremssystem in Betrieb haben, muss es eine abgestimmte Schnittstelle für die Interaktion zwischen diesen geben, um die erforderliche Leistung in allen Betriebsarten für das Fahrzeug sicherzustellen.

Der GS muss von der Fahrzeughöchstgeschwindigkeit als Bremsausgangsgeschwindigkeit aus arbeiten, er muss jedoch auch bei jeder niedrigeren Ausgangsgeschwindigkeit ordnungsgemäß arbeiten.

Die endgültige Entscheidung über den Status „Bestanden/Nicht bestanden“ (Pass/Fail) als Abnahmekriterium für ein GS-System hinsichtlich der Leistungsanforderungen muss unter Bezugnahme auf die jeweilig angewendeten Prüfverfahren, die Prüfbedingungen und nach einer Analyse der Prüfergebnisse erfolgen.

5.4.2 Anhalteweg und Verbesserung des Kraftschlusses

5.4.2.1 Niedriger Kraftschluss

Bei geringem Kraftschluss ist es in der Regel möglich, den verfügbaren Kraftschluss so weit zu verbessern, dass das Bremsvermögen gegenüber dem, was ohne eine GS-Anlage zu erwarten wäre, verbessert wird.

Dies wird durch Steuerung des Radschlupfes erreicht, sodass die verschmutzte Schiene konditioniert wird und somit der Kraftschluss erhöht wird. Der GS muss das erste Ziel nach 5.1.1 erfüllen, wenn nach dieser Norm geprüft wird. Allerdings ist die Verlängerung der Bremswege nicht für alle Verunreinigungen oder Umgebungsbedingungen vorhersehbar.

5.4.2.2 Sehr niedriger Kraftschluss

Bei sehr niedrigem Kraftschluss kann durch den GS möglicherweise keine Verbesserung des Kraftschlusswerts erreicht werden.

Bei sehr niedrigem Kraftschluss muss der GS weiterhin in üblicher Weise arbeiten, aber die Kriterien für den Anhalteweg bei niedrigem Kraftschluss sind, abhängig von der Verunreinigung, die den sehr niedrigen Kraftschluss verursacht, möglicherweise nicht zu erreichen.

Alternative Strategien zur GS-Steuerung unter diesen Bedingungen dürfen zum Einsatz kommen, wenn der Kraftschluss sehr niedrig bleibt.

5.4.2.3 Extrem niedriger Kraftschluss

Bei extrem niedrigem Kraftschluss kann normalerweise keine Verbesserung des Kraftschlusswertes durch den GS erreicht werden.

Bei extrem niedrigem Kraftschluss muss der GS weiterhin in üblicher Weise arbeiten, allerdings kann der Anhalteweg nicht definiert werden.

Unter diesen Bedingungen, wenn der Kraftschluss extrem niedrig bleibt, dürfen alternative Strategien zur GS-Steuerung zum Einsatz kommen. Zum Beispiel eine Steuerung der Radsätze in verschiedenen Schlupfbändern oder ein Zulassen des Blockierens der Radsätze.

5.4.3 Schlupf-Grenzwerte von Radsätzen

5.4.3.1 Schlupf-Grenzwerte von Radsätzen bei niedrigem Kraftschluss

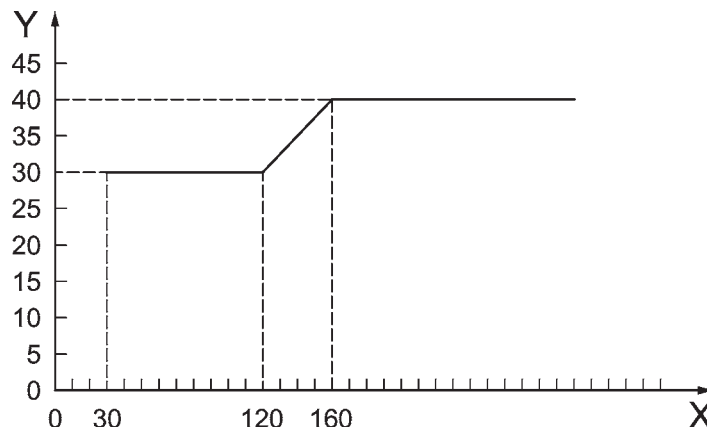
Für eine Zeitspanne von 3 s darf kein Absolut-Schlupf von über 30 km/h vorliegen, wenn die Geschwindigkeit zwischen 30 km/h und 120 km/h liegt, von mehr als 25 % der Fahrzeuggeschwindigkeit, wenn die Geschwindigkeit zwischen 120 km/h und 160 km/h liegt und 40 km/h bei Geschwindigkeiten über 160 km/h.

Bei Geschwindigkeiten > 200 km/h darf kein Absolut-Schlupf von mehr als 40 km/h für eine Zeitspanne von 5 s bestehen.

Wenn die Zeitspanne des hohen Absolut-Schlupfes bei Geschwindigkeiten > 200 km/h beginnt, gilt eine Zeitspanne von 5 s auch dann, wenn die Geschwindigkeit während des Schlupfes unter 200 km/h fällt.

Während der Prüfungen darf keiner der Radsätze blockieren, solange die tatsächliche Zuggeschwindigkeit über 30 km/h beträgt.

Radblocierungen zwischen 30 km/h und 5 km/h tatsächlicher Zuggeschwindigkeit dürfen nicht länger als 0,4 s andauern.



Legende

X Fahrzeuggeschwindigkeit, in km/h
Y Gleiten des Rades, in km/h

Bild 1 — Grenzwert des Absolut-Schlupfes

5.4.3.2 Schlupf-Grenzwert von Radsätzen bei sehr niedrigem und extrem niedrigem Kraftschluss

Der Absolut-Schlupf bei diesen Kraftschlussbedingungen darf größer sein als bei niedrigem Kraftschluss, es muss jedoch GS-Aktivität in der Form nachgewiesen werden, dass in Phasen von großen Differentialgeschwindigkeiten der Versuch durch die GS-Regelung unternommen wird, die betreffenden Radsätze wieder auf Fahrzeuggeschwindigkeit zu bringen.

Zu einer Blockierung der Räder sollte es nur für die in Gleichung (1) angegebenen Zeitspannen kommen.

$$t = \frac{W}{v \cdot \mu \cdot \frac{m}{2} \cdot g} \quad (1)$$

Dabei ist

- μ der vorhandene Kraftschluss;
- $W = 26$ kJ, welches die Energie pro Kontaktpunkt ist;
- m die Radsatzlast;
- v die Fahrzeuggeschwindigkeit.

5.4.4 Schäden an den Schienen

Eine Minimierung von Schienenschädigung wird angenommen, wenn die Kriterien für die Schlupf-Grenzwerte erfüllt sind.

5.4.5 Höchstwert der Verzögerung

Der GS muss in der Lage sein, auf Verzögerungen zu reagieren, welche aufgrund äußerer Einflüsse größer sind als die Auslegungsverzögerung.

Bis zu einer Grenze von $0,3 \text{ m/s}^2$ (größer als die Auslegungsverzögerung) darf es zu keiner unerwünschten Reduzierung der Bremskraft kommen.

Oberhalb der Grenze von $0,3 \text{ m/s}^2$ darf kein vollständiges Lösen der Bremse des Fahrzeugs für eine Zeitspanne von mehr als 2 s erfolgen.

5.4.6 Druckluftverbrauch

Der GS sollte so ausgelegt sein, dass sein zusätzlicher Druckluftverbrauch minimal ist.

Der relative Luftverbrauch der GS-Anlage, wie in 8.3.3 berechnet, darf folgende Werte nicht überschreiten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 — Geschwindigkeit und relativer Luftverbrauch

Geschwindigkeit km/h	Relativer Luftverbrauch
120	< 3,5
160	< 7,0
ANMERKUNG 1 Dies ist keine Spezifikation zur Größenbestimmung des Luftbehälters. ANMERKUNG 2 Der Luftverbrauch bei wechselndem Kraftschluss kann viel höher sein. ANMERKUNG 3 Die Werte für das Verhältnis des Luftverbrauchs bei sehr niedrigem und extrem niedrigem Kraftschluss sind möglicherweise nicht zu erreichen.	

Die zusätzlich durch den GS-Betrieb verbrauchte Druckluft sollte den Zug nicht daran hindern, bei niedrigem Kraftschluss innerhalb des festgelegten Wegs anzuhalten.

Es gibt keine Anforderungen, die für den Druckluftverbrauch bei sehr niedrigem und extrem niedrigem Kraftschluss gelten.

Allerdings sollten die Optionen in 5.1.5 für GS-Unterdrückung berücksichtigt werden.

5.4.7 Geschwindigkeitsbasierte Ausgangssignale des GS

Die vom GS berechnete Referenzgeschwindigkeit darf aufgrund von Unterschieden beim Raddurchmesser neuer Räder gegenüber abgenutzten Rädern von der tatsächlichen Zuggeschwindigkeit abweichen, und zusätzliche Abweichungen dürfen durch das Gleiten der Räder bei niedrigem Kraftschluss entstehen.

Wenn das GS-System an andere Funktionen Signale ausgibt, die auf seiner Referenzgeschwindigkeit basieren, dürfen die Abweichungen, die auf Radsatzschlupf bei niedrigem Kraftschluss zurückzuführen sind, nicht jene übersteigen, die in Tabelle 2 dargestellt sind.

Tabelle 2 — Grenzabweichungen für Geschwindigkeitssignale

Geschwindigkeit	Grenzabweichung
$0 \leq v_t \leq 100 \text{ km/h}$	+5 km/h −10 km/h
$v_t > 100 \text{ km/h}$	+5 km/h −10 %

Die Geschwindigkeitsmessungen müssen auf einem mittleren Nennwert des Raddurchmessers basieren, wenn die tatsächlichen Durchmesser nicht bekannt sind, wie in 5.1.2 angegeben.

Wenn die Ausgangssignale digital sind, dann muss die erforderliche Genauigkeit erreicht sein, wenn sie im Bereich der Schaltschwellen liegt.

Eine kurzzeitige Abweichung der Geschwindigkeitsdaten von den Geschwindigkeitsgrenzen darf toleriert werden, wenn die Dauer einer solchen Abweichung 5 s nicht überschreitet.

6 Prüfumfang

6.1 Allgemeines

6.1.1 Prüfklassifikationen

Ziel der Prüfung ist es, anhand der Prüfspezifikation und der entsprechenden Normen das Verhalten und die Leistungsfähigkeit des GS- oder RÜ-Systems zu ermitteln, insbesondere in Bezug auf die Sicherheit.

Die Prüfung muss durch eine nach EN ISO/IEC 17025 akkreditierte Organisation durchgeführt werden.

Die Überprüfung der Anforderungen unterteilt sich in eine Typprüfung und eine Fahrzeugintegrationsprüfung (FIP). Alle Anforderungen sind in einer Tabelle in Anhang A zusammengefasst. Diese Tabelle weist aus, welche Versuche für die Typprüfung oder für die FIP durchgeführt werden müssen.

Eine Typprüfung der grundlegenden Funktions-, Konstruktions- und Leistungsanforderungen ist für die Zulassung eines GS- oder RÜ-Systems erforderlich.

Eine FIP ist erforderlich, um die Funktion und Leistungsfähigkeit des GS- oder RÜ-Systems, das in eine spezifische Fahrzeugkonfiguration installiert wurde, nachzuweisen.

Prüfungen sind nicht notwendig, wenn die Konformität mit einer Funktion nachgewiesen werden kann, die bereits geprüft worden ist.

Die Versuche müssen wiederholbar sein und, wenn dies zweckmäßig ist, automatisiert erfolgen.

6.1.2 Gutachter

Ein Gutachter muss vom Lieferanten, dem Kunden oder der Sicherheitsbehörde für die Typprüfung und für die FIP für die Fälle ernannt werden, wo es zusätzliche sicherheitsrelevante GS-Funktionen gibt, die nicht während der Typprüfung, wie im EU-Rechtsrahmen festgelegt, geprüft werden können.

Eine gutachterliche Beurteilung ist für einen Teil des Systems nicht erforderlich, wenn von einem anderen Gutachter bereits ein Gutachten für diesen Teil vorliegt. Der Gutachter muss überprüfen, dass die vorherige Beurteilung für die Verwendung in der beabsichtigten Umgebung gilt und die Anforderungen der entsprechenden Europäischen Normen erfüllt.

6.2 Typprüfung

6.2.1 Allgemeines

Die Typprüfung ist eine generische Prüfung, mit der sichergestellt wird, dass ein System die grundlegenden Anforderungen erfüllt. Sie kann an einem Prüfstand oder einem Prüffahrzeug oder als Kombination von beiden durchgeführt werden.

Das Prüffahrzeug bzw. die validierte Prüfeinrichtung muss ein Bremssystem haben, das auf die Eigenschaften des GS-Geräts zugeschnitten ist (für Scheibenbremsen und/oder Klotzbremsen und/oder dynamische Bremsen).

6.2.2 Prüfanforderungen

Die Liste der geprüften Anforderungen befindet sich in Anhang A.

Die spezifischen Versuche, einschließlich Zusatzzulassungsprüfungen, die für die Durchführung von Typenprüfungen erforderlich sind, sind in den Tabellen in 6.4 aufgeführt. Die in den Tabellen mit „T“ markierten Versuche sind die Typprüfungen.

6.2.3 Typprüfung für Einzelkomponenten

6.2.3.1 GS-Regler

Die Typprüfung für einen GS-Regler muss eine Übereinstimmung mit den Anforderungen von 5.1 und 5.2 ergeben, wie sie in Anhang A dargelegt sind. Das Gerät muss in Übereinstimmung mit den einschlägigen Anforderungen aus EN 50125-1, EN 50155 und EN 50121-3-2 geprüft werden.

6.2.3.2 Prüfungen von Peripheriekomponenten

6.2.3.2.1 Allgemeines

Für eine GS-Funktion benötigte Peripheriekomponenten, wie ein Geschwindigkeitssensor und GS-Ventile, können individuellen Typprüfungen unterzogen werden, wie in Anhang A dargelegt.

6.2.3.2.2 Dichtheitsprüfungen

Das GS-Ventil muss als Konstruktionsanforderung mit einem Druck von 4,0 bar auf seine Dichtheit; d. h. auf in die Atmosphäre entweichende Druckluft, geprüft werden. Es muss in drei Zuständen geprüft werden: in völlig stromlosem Zustand (4,0 bar am Ventilausgang) und mit einem Druck von 0,5 bar und 3,0 bar am Ventilausgang in der Position „Druck halten“.

Die Versuche müssen durchgeführt werden bei $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$, $(-25 \pm 1) ^\circ\text{C}$ und bei $(-40 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

Abnahmekriterien: Keine in die Atmosphäre entweichende Luftmenge, die größer ist als die in Tabelle 3 angegebene.

Tabelle 3 — Entweichende Luftmenge

Temperatur °C	Druck am Ausgang bar	Ventilzustand	Maximal zulässige entweichende Luftmenge Nl/min
+70 (±5)	4,0	Ventil stromlos	0,01
	3,0	Ventil in Position „Druck halten“	
	0,5		
−25 (±1)	4,0	Ventil stromlos	
	3,0	Ventil in Position „Druck halten“	
	0,5		
−40 (±1)	4,0	Ventil stromlos	0,1
	3,0	Ventil in Position „Druck halten“	
	0,5		

6.3 Fahrzeugintegrationsprüfung

6.3.1 Allgemeines

Mit der Fahrzeugintegrationsprüfung muss nachgewiesen werden, dass das geprüfte System die korrekten spezifischen Fahrzeugparameter hat und den Anforderungen unter realen oder künstlichen Bedingungen entspricht. Diese Prüfung muss sich auf die Anforderungen konzentrieren, die nicht in einer Typprüfung geprüft worden sind oder die beim Fahrzeug zu einem abweichenden Verhalten führen könnten.

Für spezifische Fahrzeugintegrationen können Prüfungen am Simulator durchgeführt werden, um die Anzahl von Fahrversuchen zu beschränken und die Systemleistung unter Bedingungen zu testen, die bei Prüfungen auf einem echten Gleis schwer zu erreichen sein können.

Im Rahmen einer Fahrzeugintegrationsprüfung zu prüfen (wo anwendbar):

- a) GS-Funktionen, einschließlich der Verlängerung des Anhaltewegs;
- b) Kompatibilität mit anderen Fahrzeugsystemen;
- c) Display, Diagnose und Service-Funktionen am System oder an einer zentralen MMS;
- d) RÜ-System;
- e) Interaktion von GS- und RÜ-Systemen;
- f) Übertragung von Sensordaten;
- g) Aktivierung der GS-Ventile vom RÜ-System aus;
- h) Systemkommunikation.

6.3.2 Prüfanforderungen

Die Liste mit den getesteten Anforderungen befindet sich in Anhang A.

Die spezifischen Versuche, einschließlich Zulassungsprüfungen, die für die Durchführung von Fahrzeugintegrationen erforderlich sind, sind in den Tabellen in 6.4 aufgeführt. Die mit „I“ gekennzeichneten Versuche in den Tabellen gehören zur Fahrzeugintegrationsprüfung.

Fahrzeugintegrationsprüfungen können im Beladungszustand „leer“ erfolgen, aber wenn das Verhältnis von Last zu Eigengewicht mehr als 2 : 1 beträgt, müssen die Versuche im Beladungszustand „leer“ und Versuche 2, 6 und 13 aus Tabelle 4 im Beladungszustand „vollbeladen“ erfolgen. Wenn die Leistung des GS signifikant von den gleichen Versuchen im Beladungszustand „leer“ abweicht, sind alle Versuche im Beladungszustand „vollbeladen“ durchzuführen.

Für Güterwagen sind alle Versuche (soweit zutreffend) im beladenen Zustand durchzuführen (18 t Radsatzlast). Die Versuche nach Tabelle 4, Nr. 1, 2, 3 und 5, müssen leer und beladen durchgeführt werden.

6.3.3 Konformität früherer Fahrzeugprüfungen

Eine Fahrzeugintegrationsprüfung muss bei jedem Fahrzeugtyp durchgeführt werden, es sei denn, es gibt eine Übereinstimmung mit einem anderen Fahrzeugtyp, bei dem eine Fahrzeugintegrationsprüfung nachgewiesen werden kann.

Wenn eine Fahrzeugintegrationsprüfung an einem anderen Fahrzeugtyp durchgeführt worden ist, brauchen die Funktionen, die bereits an diesem Fahrzeug geprüft worden sind, nicht wiederholt zu werden. Erforderlich sind nur Versuche, die nachweisen, dass ein zwischen den Fahrzeugen unterschiedlicher Funktionsumfang nicht die Leistung des GS-Systems beeinträchtigt.

Zumindest die Bremswegprüfungen 2, 4, 5 und 6 nach Tabelle 4 müssen ausgeführt werden.

6.4 Liste der Prüfungen

6.4.1 Standardprüfungen

Für kombinierte oder gemischte GS und/oder Bremssysteme, bei denen mehr als ein GS-Regler die auf die Radsätze ausgeübte Bremskraft beeinflussen kann, müssen Prüfungen durchgeführt werden, um den Betrieb des Gesamtsystems in Bezug auf alle möglichen Konfigurationen und Interaktionen dieser Steuerung mit dem System zu validieren.

Wenn die Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs niedriger ist als die für eine Prüfung vorgegebene v_{nom} , so ist diese Prüfung unter Verwendung der Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs als v_{nom} durchzuführen.

ANMERKUNG Alle Typprüfungen können an einem Simulator durchgeführt werden.

6.4.2 Schleppversuche

Für Reibungs- oder Blending-Bremssysteme muss eine Vollbremsung (VB) für eine Zeitspanne von 30 s aufrechterhalten werden, wobei der Kraftschluss soweit zu verringern ist, dass alle gebremsten Radsätze in Schlupf geraten.

Eine Vollbremsung muss für eine Zeitspanne von 120 s aufrechterhalten werden, wenn über einen unabhängigen Steuerbefehl, der vom regulären Steuerungssystem getrennt ist, nur die dynamische Bremse angelegt wird, wobei der Kraftschluss soweit zu verringern ist, dass alle Radsätze in Schlupf geraten.

6.4.3 Prüfverfahren für Geschwindigkeiten von 160 km/h bis zu 200 km/h

Die Eignung einer GS-Anlage für 200 km/h kann anhand von Abhängeversuchen, Prüfungen in einem Zugverband (wobei sich das Prüffahrzeug mit seinem Sprühsystem am Anfang des Zugs befindet) oder Prüfungen an einem zugelassenen Simulationsprüfstand unter Verwendung von Geschwindigkeitssensoren der GS-Anlage, die an Motoren gekoppelt sind, nachgewiesen werden. Wenn der Prüfstand keine Geschwindigkeitssensoren für GS-Systeme verwendet, muss die Kompatibilität der Geschwindigkeitssensoren mit den elektronischen Systemen bei 200 km/h mittels geeigneter Prüfungen nachgewiesen werden.

6.4.4 Prüfverfahren für Geschwindigkeiten > 200 km/h

Werden diese Prüfungen als Fahrversuche ausgeführt, müssen sie mit einem Zugverband ausgeführt werden. Die Prüfung von Lokomotiven erfolgt entsprechend den Betriebsanforderungen mit angekuppelten Reisezugwagen.

Die RÜ-Funktion ist in 5.1.7 beschrieben und muss wie in 6.4.8 beschrieben überprüft werden.

6.4.5 Zusätzliche höhere Verzögerungsprüfungen

Wenn das GS-System darauf ausgelegt ist, höhere Verzögerungen zu bewältigen, müssen ergänzende Prüfungen ausgeführt werden. Der höhere Verzögerungsgrad kann aufgrund eines externen Einflusses auftreten (Tabelle 5) oder durch ein Signal (Tabelle 6) angezeigt werden.

Beispiele für Ursachen höherer Verzögerung können sein:

- a) an einer Lokomotive mit einem Mg-gebremsten Zug;
- b) ein fehlendes Mg-Signal an einem Reisezugwagen;
- c) ein Reisezugwagen mit einer defekten automatischen Lastabbremmung.

6.4.6 Zusätzliche Zulassungsprüfungen für GS-Aktivität bei Fahrzeugen mit kraftschlussunabhängigen Bremsen

Bei Bremssystemen, die kraftschlussunabhängige Bremsen umfassen (z. B. eine Magnetschienenbremse) müssen Prüfungen durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass das GS-System einwandfrei bei den höheren Verzögerungen funktioniert, welche von den kraftschlussunabhängigen Bremsen verursacht werden. Insbesondere darf der GS die Bremskraft bei trockener Schiene nicht verändern, d. h. unter Bedingungen, bei denen es nicht zu Radsatzschlupf kommt. Des Weiteren muss der GS unter den Prüfbedingungen nach 7.3.2.1, bei denen die Schiene mit einer Seifenlösung besprüht wird, ordnungsgemäß entsprechend 5.1 funktionieren.

Der Versuch muss eine Schnellbremsung sein, die von einer Ausgangsgeschwindigkeit von 160 km/h mit aktivierten kraftschlussunabhängigen Bremsen ausgeführt wird.

6.4.7 Zusätzliche Zulassungsprüfungen an mit dynamischen Bremsen ausgerüsteten Triebfahrzeugen und Zugverbänden

Um für Triebfahrzeuge und Zugverbände zugelassen zu werden, muss nachgewiesen werden, dass das GS-System in der Lage ist, die Anforderungen der Norm zu erfüllen, wenn ein Triebfahrzeug mit kombinierter dynamischer und pneumatischer Bremse ausgerüstet ist.

Mit einem reduzierten Kraftschluss nach 7.3.2.1 muss eine Schnell- oder Betriebsbremsung (d. h. die höchste Bremsverzögerung, bei der sowohl die dynamische als auch die pneumatische Bremse aktiviert sind) ab Höchstgeschwindigkeit des Triebfahrzeugs/Zugverbands bis zum Stillstand ausgeführt werden, und zwar unter den folgenden Bedingungen:

- dynamische und pneumatische Bremsen kombiniert;
- nur die pneumatische Bremse (wenn das noch nicht durch die vorherige Typprüfung vollständig abgedeckt ist);
- Ausfall der dynamischen Bremse nach einer vollständigen Bremskraftentwicklung;
- Übergang von einer Vollbremsanforderung zu einer Schnellbremsanforderung.

Die Kriterien von 7.1 müssen zur Auswertung der Ergebnisse angewendet werden. Die Prüfung wird als gültig angesehen, wenn das Kriterium bezüglich des Anfangshaftwerts von 8.3.3.2 erfüllt ist.

Die allgemeinen Bedingungen und der Anwendungsbereich der Prüfungen müssen für die höchste Bremsverzögerung des Triebfahrzeugs gelten.

Es gelten die Leistungskriterien aus 5.4.3.1, 5.4.6 und 5.4.7.

Arbeitet der dynamische GS-Regler der dynamischen Bremse unabhängig vom pneumatischen GS-Regler und wurde dieser nicht einer Typprüfung im Rahmen der Prüfungen in 6.2.2 unterzogen, müssen die verbleibenden Prüfungen als Teil der Fahrzeugintegrationsprüfung durchgeführt werden.

6.4.8 Prüfen der Rollüberwachung (RÜ)

Die RÜ-Funktion muss an einem Prüfstand oder an einem Fahrzeug durch die Simulation eines blockierenden Radsatzes geprüft werden; das geschieht durch eine Verfälschung des vom Geschwindigkeitssensor der RÜ erzeugten Signals. RÜ-Prüfungen dürfen durch eine Simulator-Prüfanlage durchgeführt werden, wobei zu berücksichtigen ist, dass kein Kraftschlussprofil benötigt wird, z. B. Open-Loop-Simulation.

Die in 5.1.7 beschriebene RÜ-Funktion darf am stehenden Fahrzeug verifiziert werden, indem die erhöhten Radsatzgeschwindigkeiten am Eingang zum Überwachungsgerät simuliert werden, wobei die Geschwindigkeit eines Radsatzes bei null gehalten wird. Alternativ kann diese Funktion geprüft werden, wenn sich das Fahrzeug in Bewegung befindet und ein Sensor keine Geschwindigkeitswerte generiert. Die RÜ-Vorrichtung muss die Kriterien für die RÜ erfüllen (siehe 5.1.7.2).

Die Höchstgeschwindigkeit der Radsätze muss am Eingang zur RÜ-Vorrichtung simuliert werden. Die Geschwindigkeit eines der Radsätze muss dann entsprechend der folgenden Gleichung reduziert werden:

$$\Delta v = X + Y \cdot v \quad (2)$$

Dabei sind

X und Y nach 5.1.7.2.

Ein Signal muss die Kriterien für die RÜ erfüllen (siehe 5.1.7.2). Der Versuch ist bei 50 % der Höchstgeschwindigkeit zu wiederholen.

Wenn das RÜ-System die empfohlenen Eigenschaften nach 5.1.7.4 aufweist, ist der Bremszylinderdruck des Radsatzes, für den die Geschwindigkeit reduziert wurde, spätestens 10 s nach seiner Entlüftung wiederherzustellen.

Tabelle 4 — Programm für die Funktionsprüfung „GS-Steuerung“ für kraftschlussabhängige Bremsen

Nr. der Prüfung	Kraftschluss	Schienenzustand	Bremsverzögerung (Bremsstellung) ^a	Prüfverfahren	v_{nom} km/h	Zweck der Prüfung	Abnahmekriterien für einen GS	Anhaltewegkriterien	T/I ^b	Anzahl der Prüfungen – Evaluation
1	Trockene Schiene	Trockene Schiene	Höchste (SB)	Bis zum Stillstand	120	Verifizierung der Bremsleistung	Keine unerwünschte Reduzierung der Bremskraft	Siehe Bremsberechnung ^c	T	4 (8.1.1)
2	Trockene Schiene	Trockene Schiene	Höchste (SB)	Bis zum Stillstand	160	Verifizierung der Bremsleistung	Keine unerwünschte Reduzierung der Bremskraft	Siehe Bremsberechnung ^c	T, I	4 (8.1.1)
3	Trockene Schiene	Trockene Schiene	Höchste (VB)	Bis zum Stillstand	120	Verifizierung der Bremsleistung	Keine unerwünschte Reduzierung der Bremskraft	Siehe Bremsberechnung ^c	T	4 (8.1.1)
4	Trockene Schiene	Trockene Schiene	Jede eindeutige Stufe einer Bremsstellung, oder Kategorien der Verzögerung, einschließlich Höchststufe: (je ausgewählter Stellung)	Bis zum Stillstand	120	Verifizierung der Bremsleistung	Keine unerwünschte Reduzierung der Bremskraft	Siehe Bremsberechnung ^c	I	4 (8.1.1)
5	Niedrig	Besprühte Schiene	Höchste (SB)	Bis zum Stillstand	120	Verifizierung der Leistung der GS-Anlage	Alle Prüfungen müssen die Anhaltewegkriterien, Luftverbrauch, 5.4.6, und Geschwindigkeitssignal, 5.4.7, erfüllen	Schwelle von 8.3.2	T, I	4 (8.1.3.2.4)

Nr. der Prüfung	Kraftschluss	Schienenzustand	Bremsverzögerung (Bremsstellung) ^a	Prüfverfahren	v_{nom} km/h	Zweck der Prüfung	Abnahmekriterien für einen GS	Anhaltewegkriterien	T/I ^b	Anzahl der Prüfungen - Evaluation
6	Niedrig	Besprühte Schiene	Höchste (SB)	Bis zum Stillstand	160	Verifizierung der Leistung der GS-Anlage	Alle Prüfungen müssen die Anhaltewegkriterien, Luftverbrauch, 5.4.6, und Geschwindigkeitssignal, 5.4.7, erfüllen	Schwelle von 8.3.2	T, I	4 (8.1.3.2.4)
7	Niedrig	Besprühte Schiene	Höchste (VB)	Bis zum Stillstand	120	Verifizierung der Leistung der GS-Anlage	Alle Prüfungen müssen die Anhaltewegkriterien, Luftverbrauch, 5.4.6, und Geschwindigkeitssignal, 5.4.7, erfüllen	Schwelle von 8.3.2	T, I	4 (8.1.3.2.4)
8	Niedrig	Besprühte Schiene	Jede eindeutige Stufe einer Bremsstellung, oder Kategorien der Verzögerung, einschließlich Höchststufe: (je ausgewählter Stellung)	Bis zum Stillstand	120	Verifizierung der Leistung der GS-Anlage	Alle Prüfungen müssen die Anhaltewegkriterien, Luftverbrauch, 5.4.6, und Geschwindigkeitssignal, 5.4.7, erfüllen	Schwelle von 8.3.2	I	4 (8.1.3.2.4)
9 ^d	Niedrig	Besprühte Schiene	Höchste, dynamische Bremse muss in Betrieb sein.	Bis zum Stillstand	120 ^e	Verifizierung der Leistung der GS-Anlage mit dynamischer Bremse	Kein unerwünschter Bremskraftverlust, Luftverbrauch, 5.4.6, und Geschwindigkeitssignal, 5.4.7	Entfällt	I	1

Nr. der Prüfung	Kraftschluss	Schienenzustand	Bremsverzögerung (Bremsstellung) ^a	Prüfverfahren	v_{nom} km/h	Zweck der Prüfung	Abnahmekriterien für einen GS	Anhaltewegkriterien	T/I ^b	Anzahl der Prüfungen - Evaluation
10	Wechselnd	Intervallsprühen. Wobei der Sprühvorgang während der Versuche dreimal angefangen und beendet werden muss.	Höchste (SB)	Bis zum Stillstand	160	Verifizierung der Leistung der GS-Anlage mit wechselndem Kraftschluss	Höchstschlupf in Übereinstimmung mit 5.4.3.1, Luftverbrauch, 5.4.6, und Geschwindigkeitssignal, 5.4.7	Entfällt	T	2
11	Wechselnd	Intervallsprühen. Wobei der Sprühvorgang während der Versuche, die über 1 km (dieser Abstand muss für die alleinwirkende dynamische Bremse erhöht werden) durchgeführt wird, dreimal angefangen und beendet werden muss.	Konstante Geschwindigkeit (VB)	Schleppversuch	100	Verifizierung der Leistung der GS-Anlage mit wechselndem Kraftschluss	Höchstschlupf in Übereinstimmung mit 5.4.3.1 und Geschwindigkeitssignal, 5.4.7	Entfällt	T	1
12	Sehr niedrig	Schiene mit erhöhter Seifenkonzentration besprüht.	Konstante Geschwindigkeit (VB)	Schleppversuch	100	Prüfen des Schlupfes an allen Radsätzen bei sehr niedrigem Kraftschluss	Höchstschlupf in Übereinstimmung mit 5.4.3.2	Entfällt	T	1
13	Sehr niedrig	Sehr niedriger Kraftschluss. Besprühen mit erhöhter Seifenkonzentration, Sprühvorgang vor dem Bremsen beginnen und bis 10 s nach Ablauf der Bremsaufbauzeit sprühen.	Höchste (SB)	Bis zum Stillstand	40	Prüfen des Verhaltens bei geringer Geschwindigkeit bei sehr niedrigem Kraftschluss	Verifizierung der Radblockierungskriterien 5.4.3.2	Entfällt	T, I	1