

	DIN EN 15328	
ICS 45.040	Ersatz für DIN EN 15328:2020-10	
Bahnanwendungen – Bremsen – Bremsbeläge; Deutsche Fassung EN 15328:2020+A1:2024 Railway applications – Braking – Brake pads; German version EN 15328:2020+A1:2024 Applications ferroviaires – Freinage – Garniture de frein; Version allemande EN 15328:2020+A1:2024		
		Gesamtumfang 92 Seiten
DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)		

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 15328:2020+A1:2024) 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).

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 15328:2020-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Einleitung wurde geändert;
- b) neue Begriffe 3.7 „Dauerbremsung 1“ and 3.8 „Dauerbremsung 2“ wurden hinzugefügt;
- c) 5.1 „Klassifizierung von Bremsbelägen“ wurde geändert;
- d) 5.13.1 „Klassifizierungsschema für Lokomotiven, MUs, Hochgeschwindigkeitszüge, Güterwagen und Reisezugwagen“, Tabelle 5 wurde geändert;
- e) 5.14 „Austauschbarkeit von Bremsbelägen“ wurde geändert;
- f) Abschnitt A.9 „Verfahren der Temperaturmessung“ wurde geändert;
- g) Anhang B „Prüfprogramme für die Klassen A1 bis G1“, Tabelle B.2 bis Tabelle B.11 wurden geändert;
- h) Anhang C „Prüfprogramme für Reisezugwagen“, Tabelle C.1 wurde geändert;
- i) Anhang E: Abschnitt E.1 „Verwendung der allgemeinen Prüfprogramme“, Tabelle E.1, E.2.2 „Bremsstufen“, E.2.4 „Dauerbremsungen“, Tabelle E.5, und E.3.5 „Leistung für Dauerbremsungen“ wurden geändert;
- j) neuer informativer Anhang I „Beispiel einer Konformitätserklärung“ wurde ergänzt;
- k) Anhang ZA wurde gelöscht;
- l) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 15328: 2020-10

Deutsche Fassung
**Bahnanwendungen —
Bremsen —
Bremsbeläge**

Railway applications —
Braking —
Brake pads

Applications ferroviaires —
Freinage —
Garniture de frein

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 15. Juni 2020 angenommen und enthält die Änderung 1, die vom CEN am 2. März 2024 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, 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.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen.....	9
5 Eigenschaften und Prüfverfahren der Bremsbeläge	9
5.1 Klassifizierung von Bremsbelägen.....	9
5.2 Reibwert.....	10
5.3 Umweltbelastung, Gesundheit und Sicherheit.....	10
5.4 Nutzungsanforderungen	10
5.5 Reibungsanforderungen für Bremsbeläge.....	10
5.5.1 Allgemeines	10
5.5.2 Prioritätsstufen von Bremsungen	10
5.5.3 Kriterien für die Kennlinie.....	11
5.5.4 Kriterien für den mittleren Reibwert	11
5.5.5 Kriterien für Dauerbremsungen.....	12
5.5.6 Kriterien für Einschleifbremsungen.....	12
5.6 Anforderungen und optionale Prüfprogramme für Bremsbeläge von Reisezugwagen	12
5.6.1 Allgemeines	12
5.6.2 Toleranzbereiche.....	12
5.6.3 Kriterien für Dauerbremsungen.....	13
5.6.4 Kriterien für Einschleifbremsungen.....	13
5.6.5 Reibwert bei hoher Wärmebelastung.....	13
5.6.6 Reibwert bei nassen Bedingungen.....	13
5.7 Geometrische Eigenschaften von Bremsbelägen.....	13
5.7.1 Form des Bremsbelags.....	13
5.7.2 Verschleiß des Bremsbelags.....	13
5.7.3 Befestigung des Bremsbelags.....	14
5.8 Mechanische, physikalische und chemische Eigenschaften	14
5.9 Thermische und mechanische Anforderungen	15
5.10 Betriebserprobung.....	15
5.11 Kennzeichnung von Bremsbelägen.....	16
5.12 Prüfstandsversuche	16
5.13 Bedingungen für Klassifizierungsprüfungen	16
5.13.1 Klassifizierungsschema für Lokomotiven, MUs, Hochgeschwindigkeitszüge, Güterwagen und Reisezugwagen	16
5.13.2 Optionales Klassifizierungsschema für Reisezugwagen	18
5.13.3 Gültigkeit der Beurteilung	18
5.13.4 Umfang der Klassifizierung.....	18
5.14 Austauschbarkeit von Bremsbelägen	18
Anhang A (normativ) Allgemeine Bedingungen für die Durchführung von Prüfprogrammen	20
A.1 Allgemeines	20
A.2 Ansprechzeit.....	20
A.3 Wiegen	20

A.4	Unterbrechung des Prüfprogrammes.....	20
A.5	Temperaturen	20
A.6	Bremung unter nassen Bedingungen.....	21
A.7	Konditionierung der Bremsscheiben.....	22
A.7.1	Allgemeines	22
A.7.2	Konditionierungsprogramm	22
A.7.3	Rauheitsmessung	22
A.8	Einschleifen der Bremsbeläge	23
A.9	Verfahren der Temperaturmessung	23
A.10	Mittlerer Reibungsradius.....	23
A.11	Rotations- und Lüftungsbedingungen	23
Anhang B (normativ) Prüfprogramme für die Klassen A1 bis G1		24
B.1	Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klasse A1	24
B.2	Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klassen B1 und C1	26
B.3	Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klassen B2 und C2	31
B.4	Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klasse C0	37
B.5	Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klasse C3	38
B.6	Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klasse D1.....	41
B.7	Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klasse D2.....	45
B.8	Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klasse E1	50
B.9	Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klasse F1	53
B.10	Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klassen F2 und G1	56
B.11	Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klasse F3	59
B.12	Beurteilung von statischen Reibwerten.....	61
Anhang C (normativ) Prüfprogramme für Reisezugwagen		62
C.1	Prüfprogramm S1.1 ($v_{\max} = 200$ km/h — organische Bremsbeläge).....	62
C.2	Prüfprogramm S2.1 (Nassprüfung)	64
C.3	Momentaner Reibwert für Prüfprogramme S1.1, S2.1, T1 und T2	65
C.4	Mittlerer Reibwert für Prüfprogramme S1.1, S2.1, T1 und T2	66
C.5	Prüfprogramm T1 ($v_{\max} = 200$ km/h — gesinterte Bremsbeläge)	67
C.6	Prüfprogramm T2, Nassprüfung (gesinterte Bremsbeläge).....	69
Anhang D (normativ) Dokumentation der Bremsversuche		70
Anhang E (normativ) Allgemeine Prüfprogramme für Lokomotiven, MUs und Hochgeschwindigkeitszüge		72
E.1	Verwendung der allgemeinen Prüfprogramme.....	72
E.2	Lokomotiven und MUs.....	72
E.2.1	Prüfparameter.....	72
E.2.2	Bremsstufen	76
E.2.3	Massen.....	76
E.2.4	Dauerbremsungen	77
E.3	Hochgeschwindigkeitszüge	77
E.3.1	Prüfparameter.....	77
E.3.2	Bremsstufen	80
E.3.3	Massen.....	80
E.3.4	Bremskräfte für Hochgeschwindigkeitsbremsungen	80
E.3.5	Leistung für Dauerbremsungen	81
Anhang F (normativ) Bremsbelag-Formen und -Hüllkurven.....		82
F.1	Allgemeines	82
F.2	Bevorzugte Hüllkurve für SBP 200 cm ²	82
F.3	Bevorzugte Hüllkurve für SBP 175 cm ²	83
F.4	Hüllkurve für SBP 200 cm ²	84
F.5	Maximale Hüllkurve für SBP 175 cm ²	84

Anhang G (normativ) Zeichnungen für Schwalbenschwänze.....85

Anhang H (informativ) Betriebserprobung 87

H.1 Prüfanforderungen 87

H.2 Mechanische Anforderungen 88

H.3 Thermische Anforderungen 88

Anhang I (informativ) Beispiel einer Konformitätserklärung.....89

Literaturhinweise..... 90

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 15328:2020+A1:2024) 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 Oktober 2024, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2024 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 15328:2020.

EN 15328:2020+A1:2024 enthält die folgenden wesentlichen technischen Änderungen gegenüber EN 15328:2020:

- die Einleitung wurde geändert;
- neue Begriffe 3.7 „Dauerbremsung 1“ and 3.8 „Dauerbremsung 2“ wurden hinzugefügt;
- 5.1 „Klassifizierung von Bremsbelägen“ wurde geändert;
- 5.13.1 „Klassifizierungsschema für Lokomotiven, MUs, Hochgeschwindigkeitszüge, Güterwagen und Reisezugwagen“, Tabelle 5 wurde geändert;
- 5.14 „Austauschbarkeit von Bremsbelägen“ wurde geändert;
- Abschnitt A.9 „Verfahren der Temperaturmessung“ wurde geändert;
- Anhang B „Prüfprogramme für die Klassen A1 bis G1“, Tabelle B.2 bis Tabelle B.11 wurden geändert;
- Anhang C „Prüfprogramme für Reisezugwagen“, Tabelle C.1 wurde geändert;
- Anhang E: Abschnitt E.1 „Verwendung der allgemeinen Prüfprogramme“, Tabelle E.1, E.2.2 „Bremsstufen“, E.2.4 „Dauerbremsungen“, Tabelle E.5, und E.3.5 „Leistung für Dauerbremsungen“ wurden geändert;
- neuer informativer Anhang I „Beispiel einer Konformitätserklärung“ wurde ergänzt;
- Anhang ZA wurde gelöscht. 

Dieses Dokument enthält die Änderung 1, angenommen von CEN am 2024-03-02.

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

 gestrichener Text 

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, 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

Dieses Dokument enthält die Anforderungen an die Konstruktion, die Maße, die Leistung und die Prüfung eines Bremsbelags, der in Übereinstimmung mit EN 14535-1 und EN 14535-2 als Teil eines Scheibenbrems-systems auf eine Reibfläche der Bremsscheibe wirkt.

 gestrichener Text 

Dieses Dokument enthält die Anforderungen zur Anbindung der Bremsbeläge an das Schienenfahrzeug, die Prüfverfahren zur Bestätigung, dass die grundlegenden sicherheitsspezifischen und technischen Anforderungen erfüllt werden und die Materialprüfverfahren zur Sicherstellung der Produktqualität, Zuverlässigkeit und Konformität sowie zur Einhaltung der Gesundheits- und Umweltvorschriften.

 gestrichener Text 

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen für Bremsbeläge für Scheibenbremsen von Schienenfahrzeugen fest.

Dieses Dokument legt die Anforderungen und allgemeinen Prüfprogramme für Bremsbeläge am Reibungsprüfstand fest. Dieses Dokument deckt nicht die vorgeschriebene Verifizierung von Anhaltewegen fest, die zusätzlich zu Laboruntersuchungen, Prüfstandsversuchen und Betriebserprobungen durchgeführt werden. Zur Bestimmung der Leistung des Bremsbelags in Übereinstimmung mit der Klassifizierung enthält die Norm feste Parameterwerte als Kategorien, die im Absatz über das Klassifizierungsschema definiert sind.

Dieses Dokument ist nicht anwendbar für städtische Schienenbahnen.

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 14535-1:2019, *Bahnanwendungen — Bremsscheiben für Schienenfahrzeuge — Teil 1: Wellenbremsscheiben, aufgedrückt oder geschrumpft, Abmessungen und Qualitätsanforderungen*

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

A1 gestrichener Text **A1**

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

A1 EN ISO 21920-2:2022, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Profile — Teil 2: Begriffe und Kenngrößen für die Oberflächenbeschaffenheit (ISO 21920-2:2021, korrigierte Fassung 2022-06)* **A1**

A1 gestrichener Text **A1**

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 14478:2017, EN 14535-1:2019, EN 14535-2:2019 **A1** gestrichener Text **A1** 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 <https://www.iso.org/obp/ui>

3.1

momentaner Reibwert

momentaner Wert des Reibwerts des Reibpaares Bremsbelag/Bremsscheibe zu einem beliebigen Zeitpunkt während des Bremsens

3.2

statischer Reibwert

Reibwert, der vom Reibpaar erreicht wird, bevor eine Relativbewegung zwischen der Reibfläche des Bremsbelags und der Reibfläche der Bremsscheibe beginnt

3.3

Bremsscheibentemperatur

arithmetischer Mittelwert der gemessenen Temperatur auf den Reibflächen der Bremsscheibe

3.4

Kontaktfläche

statische Kontaktfläche des Bremsbelags, die dem Reibschluss mit der Reibfläche der Bremsscheibe dient

3.5

Reibmaterial

abnutzbarer Teil des Bremsbelags, der auf die Reibfläche der Bremsscheibe wirkt, um das festgelegte Bremsvermögen zu erbringen

3.6

Bremsbelag

Baugruppe, bestehend aus Reibmaterial und einer entsprechenden Befestigung, die auf eine Reibfläche einer Bremsscheibe wirkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Bremsbelag kann in einem Stück hergestellt werden oder zwei getrennte Teile beinhalten. Wenn dieser aus zwei getrennten Hälften besteht, besteht der Bremsbelag aus einer rechten und einer linken Hälfte. Für eine Bremsscheibe können vier Bremsbelaghälften oder zwei Bremsbeläge verwendet werden.



3.7

Dauerbremsung 1

Bremsung, die die Gotthard-Rampe nur mit Reibungsbremsen darstellt

3.8

Dauerbremsung 2

Bremsung, die den Referenzfall der TSI Loc&Pas darstellt, bei dem eine Dauerbremsung im Beladungszustand „bremstechnische Höchstmasse“ bei einer Geschwindigkeit von 90 % der maximalen Betriebsgeschwindigkeit bei einem maximalen Gefälle von 35 ‰ auf einer Strecke von 6 km mit Reibungsbremsen und einem Fahrwiderstand (25 % der Gesamtbremskraft) durchgeführt wird

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in Tabelle 1 angegebenen Symbole und Abkürzungen.

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbol	Beschreibung	Einheit
F_B	Nenn-Anpresskraft je Brems Scheibe	kN
F_b	Momentan-Anpresskraft je Brems Scheibe	kN
m	Zu bremsende Masse je Brems Scheibe (einschließlich der rotierenden Massen)	t
Q	Wasserdurchsatz	l/h
R_a	Siehe A1 EN ISO 21920-2 A1	μm
R_z	Siehe A1 EN ISO 21920-2 A1	μm
s_2	Anhalteweg ab dem Moment, ab dem $F_b = 0,95 F_B$ bis zum Stillstand	m
v_0	Theoretische Anfangsgeschwindigkeit bei Einleitung der Bremsung	km/h
v	Momentangeschwindigkeit	km/h
$v_{\max}$	Maximale Betriebsgeschwindigkeit	km/h
μ_a	Reibwert (Bremsbelag): Momentaner Reibwert, spezifiziert in jedem Moment der Bremszeit	—
$\mu_m = \frac{1}{s_2} \cdot \int_0^{s_2} \mu_a \cdot d_s$	Mittlerer Reibwert: Mittlerer Reibwert μ_m , integriert über den Zeitraum, bei dem 95 % der Nenn-Anpresskraft F_B über den Anhalteweg s_2 erreicht wird	—
$\mu_{m,\text{nom}}$	Nenn-Reibwert (Bremsbelag)	—
θ_0	Mittlere Anfangstemperatur zu Beginn der Bremsung	$^{\circ}\text{C}$
CI	Gusseisen (en: cast iron)	
MU	Triebzug (EMU/DMU) (en: multiple unit)	
SBP	Standard-Bremsbelag (en: standard brake pad)	

5 Eigenschaften und Prüfverfahren der Bremsbeläge

5.1 Klassifizierung von Bremsbelägen

Dieses Dokument legt die erforderlichen Eigenschaften der Kategorien A1 bis G1 von Bremsbelägen fest, siehe Tabelle 5. Die Anforderungen an die Eigenschaften für die Anwendung in Reisezugwagen für den allgemeinen Betrieb sind in Tabelle 7 aufgeführt.

A1 Bremsbeläge, die über eine gültige UIC-Zertifizierung (vorläufig oder vollständig) verfügen, erfüllen EN 15328:2020 für die entsprechende Fahrzeug- und Energieklasse.

Bremsbeläge, die EN 15328:2020 erfüllen, können die Konformitätserklärung für EN 15328 für einen Zeitraum von 10 Jahren ab Ausstellung der Erklärung behalten. Neue Konformitätserklärungen müssen sich auf die aktuelle Ausgabe dieser Norm beziehen.

ANMERKUNG Die Konformitätserklärung kann vom Hersteller auf Basis der Prüfergebnisse ausgestellt werden. Anhang I enthält ein Beispiel für eine Konformitätserklärung.

Alternativ zum Prüfprogramm für die spezifische Fahrzeug- und Energieklasse, darf ein projektspezifisches Prüfprogramm nach Anhang E angewendet werden. 

5.2 Reibwert

Der Reibwert sollte unabhängig vom Verschleiß (maximale Dicke des Bremsbelags), vom spezifischen Druck, von der Temperatur und von den Umweltbedingungen sein.

Bei Nässe oder Schnee sollte sich der momentane Reibwert nur leicht vom Reibwert bei trockenen Bedingungen unterscheiden.

Diese Reibungseigenschaften müssen in Übereinstimmung mit 5.5 bis 5.6 bewertet werden.

5.3 Umweltbelastung, Gesundheit und Sicherheit

Alle bei der Herstellung der Bremsbeläge verwendeten Materialien müssen den geltenden Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen entsprechen.

ANMERKUNG Geltende Anforderungen finden sich in Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsrichtlinien, insbesondere der REACH-Verordnung.

Darüber hinaus muss ein Sicherheitsdatenblatt vorgelegt werden.

5.4 Nutzungsanforderungen

Die Zusammensetzung der Werkstoffe, aus denen die Bremsbeläge bestehen, sollte so gewählt werden, dass der beste Kompromiss zwischen

- den Reibungseigenschaften,
- dem Verschleiß der Bremsbeläge und
- der Aggressivität gegen die Bremsscheibe erreicht wird.

5.5 Reibungsanforderungen für Bremsbeläge

5.5.1 Allgemeines

In diesem Unterabschnitt werden die Anforderungen für Bremsbeläge für Lokomotiven, MUs, Güterwagen und Reisezugwagen beschrieben. Optionale Prüfprogramme und Anforderungen für Reisezugwagen sind in 5.6 definiert.

5.5.2 Prioritätsstufen von Bremsungen

In den Prüfprogrammen A1 bis G1 werden die Bremsungen mit abnehmender Wichtigkeit (siehe Tabelle 2) priorisiert.

Die Bremsungen mit der höchsten Nenn-Anpresskraft (höchste nominale Verzögerung) unter normalen Bedingungen, die Schnellbremsungen darstellen, werden mit Priorität 1 gewertet. Alle anderen Bremsungen werden entsprechend ihrer Sicherheitsrelevanz mit Priorität 2 bis 4 bewertet. Dauerbremsungen und Feststellbremsungen sind keine Stoppbremsungen und werden daher nach anderen Kriterien bewertet, und diesen Bremsungen werden keine Prioritätsstufen zugewiesen. Einschleifbremsungen, die vor den eigentlichen Stoppbremsungen durchgeführt werden, werden separat bewertet.

Tabelle 2 — Prioritätsstufen von Bremsungen für Prüfprogramme

Prioritätsstufe	Art der Bremsung
1	Trockene Bremsungen mit der höchsten Nenn-Anpresskraft für jede Masse, normale Bedingungen
2	Nasse Bremsungen und heiße Bremsungen mit der höchsten Nenn-Anpresskraft, für jede Masse
3	Bremsungen mit der höchsten Nenn-Anpresskraft für Reinigung, Trocknung, Regenerierung oder nach Dauerbremsungen, für jede Masse
4	Alle anderen Bremsungen, mit Ausnahme von Dauerbremsungen, Einschleifbremsungen und der Prüfung des statischen Reibwerts
—	Dauerbremsungen, Bremsungen zum Einschleifen, Prüfung des statischen Reibwerts

Normale Bedingungen beziehen sich auf Bremsungen bei trockenen Bedingungen mit niedriger Anfangstemperatur, bei denen die Bremsscheibe und der Bremsbelag durch eine hohe Wärmebelastung oder Restnässe nicht beeinträchtigt werden.

Bremsbeläge der Kategorien A1 bis G1 werden durch ihr Reibungsverhalten, ausgedrückt als die geschwindigkeitsabhängige Kennlinie, charakterisiert.

Die Kennlinie für den Reibwert wird für jeden Bremsbelag und jedes Prüfprogramm als lineare Regressionsgerade des mittleren Reibwerts (ausgedrückt in einem Rundungsbereich von 0,001) über der Geschwindigkeit von allen Bremsungen mit Priorität 1, angefangen bei der geringsten bis hin zur höchsten Prüfgeschwindigkeit, berechnet.

5.5.3 Kriterien für die Kennlinie

Die Kennlinie sollte zwischen 0,300 und 0,450 liegen.

Sie muss zwischen 0,280 und 0,470 liegen. Die Differenz zwischen dem Höchstwert und dem Mindestwert der Kennlinie muss kleiner oder gleich 0,150 sein.

5.5.4 Kriterien für den mittleren Reibwert

Zulässige Abweichungen des Reibwerts werden mit Hilfe eines Toleranz-Bandes ausgedrückt, das um die Kennlinie zentriert ist.

Die Toleranz-Bänder für den mittleren Reibwert sind in Übereinstimmung mit ihrer Prioritätsstufe in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3 — Toleranz-Bänder für den mittleren Reibwert im Vergleich zu den Prioritätsstufen

Prioritätsstufe der Bremsung	1	2	3	4
Toleranz-Band 1	±10 %	±15 %	±20 %	±25 %
Toleranz-Band 2	±15 %	±20 %	±25 %	±30 %

Der mittlere Reibwert für jede Bremsung muss entsprechend der Priorität innerhalb von Toleranz-Band 1 liegen. Dabei sind die folgenden Ausnahmen zulässig.

- Insgesamt 6 % aller Bremsungen (gerundet auf die nächste ganze Zahl) mit Priorität 1 dürfen von Toleranz-Band 1 in Richtung der negativen Seite abweichen.
- Insgesamt 12 % aller Bremsungen (gerundet auf die nächste ganze Zahl) mit Priorität 1 dürfen von Toleranz-Band 1 abweichen.
- Insgesamt 5 % aller Bremsungen (gerundet auf die nächste ganze Zahl) mit Priorität 2 bis 4 dürfen von Toleranz-Band 1 in Richtung der negativen Seite abweichen.
- Insgesamt 10 % aller Bremsungen (gerundet auf die nächste ganze Zahl) mit Priorität 2 bis 4 dürfen von Toleranz-Band 1 abweichen.

Kein mittlerer Reibwert darf außerhalb von Toleranz-Band 2 liegen.

5.5.5 Kriterien für Dauerbremsungen

Während Dauerbremsungen muss nach 10 s der momentane Reibwert innerhalb des durch $\mu_{\min} = 0,250$ und $\mu_{\max} = 0,500$ definierten Bandes bleiben.

Nach 2 Minuten darf der momentane Reibwert nicht mehr als 0,05 innerhalb einer Minute abweichen, und der Reibwert muss innerhalb des durch $\mu_{\min} = 0,250$ und $\mu_{\max} = 0,500$ definierten Bandes bleiben.

Der Bremsbelagverschleiß während einer Dauerbremsung, einschließlich der anschließenden Stoppbremsung, darf 1 mm nicht übersteigen. Der Verschleiß in mm kann auf Basis der Gewichts Differenz vor und nach der Dauerbremsung berechnet werden.

5.5.6 Kriterien für Einschleifbremsungen

Der Nennreibwert im eingeschliffenen Zustand muss als Durchschnitt des gemessenen mittleren Reibwerts μ_m bei den letzten 5 während des Einschleifabschnitts durchgeführten Stoppbremsungen definiert werden.

Während der Einschleifphase darf der mittlere Reibwert die folgenden Abweichungen vom Nennwert des eingeschliffenen Zustands nicht übersteigen:

- ± 30 % von der 11. Einschleifbremsung bis 30 % der Anzahl der Einschleifvorgänge abgeschlossen sind;
- ± 15 % während des restlichen Einschleifvorgangs.

5.6 Anforderungen und optionale Prüfprogramme für Bremsbeläge von Reisezugwagen

5.6.1 Allgemeines

Die Reibungsanforderungen für beim allgemeinen Betrieb verwendete Bremsbeläge an Reisezugwagen sind in 5.6.2 bis 5.6.6 beschrieben. Die optionalen Prüfprogramme sind in S1.1 und S2.1 für organische Materialien und in T1 und T2 für gesinterte Materialien definiert und dürfen anstelle der Energieklasse C0 (siehe Anhang C) verwendet werden.

5.6.2 Toleranzbereiche

Die Toleranzbereiche für die momentanen und mittleren Reibwerte an einer trockenen Bremsscheibe sind für die entsprechenden Bremsungen in den Bildern der entsprechenden Anhänge angegeben. Die in einem Prüfstand gemessenen momentanen Reibwerte und mittlere Reibwerte müssen in den entsprechenden

Toleranzdiagrammen dokumentiert werden. Für die höchsten Nenn-Anpresskräfte des Prüfprogrammes werden die mittleren Reibwerte in einem getrennten Toleranzdiagramm zusammengefasst und in Tabellenform dokumentiert. Der Durchschnittswert dieses mittleren Reibwerts bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h bei der höchsten Nenn-Anpresskraft (ausgenommen der Bremsung mit hohen Anfangstemperaturen) darf nicht mehr als 10 % nach oben bzw. 5 % nach unten von dem Nennreibwert in den Toleranzdiagrammen des entsprechenden Prüfprogramms abweichen. Bei Geschwindigkeiten über 120 km/h dürfen die Durchschnittswerte dieser mittleren Reibwerte nicht mehr als 10 % nach oben bzw. 10 % nach unten von den Nennreibwerten abweichen.

5.6.3 Kriterien für Dauerbremsungen

Während Dauerbremsungen muss nach 10 s der momentane Reibwert innerhalb des durch $\mu_{\min} = 0,250$ und $\mu_{\max} = 0,500$ definierten Bandes bleiben.

Nach 2 Minuten darf der momentane Reibwert nicht mehr als 0,05 in einer Minute abweichen, und der Reibwert muss innerhalb des durch $\mu_{\min} = 0,250$ und $\mu_{\max} = 0,500$ definierten Bandes bleiben.

5.6.4 Kriterien für Einschleifbremsungen

Der mittlere Reibwert im eingeschliffenen Zustand muss als Durchschnitt des gemessenen mittleren Reibwerts bei den letzten 5 während des Einschleifabschnitts durchgeführten Stoppbremsungen definiert werden.

Während der Einschleifphase darf der mittlere Reibwert die folgenden Abweichungen vom Nennwert des eingeschliffenen Zustands nicht übersteigen:

- ± 30 % von der 11. Einschleifbremsung bis 30 % der Anzahl der Einschleifvorgänge abgeschlossen sind;
- ± 15 % während des restlichen Einschleifvorgangs.

5.6.5 Reibwert bei hoher Wärmebelastung

Bei Stoppbremsungen, die mit hoher Anfangstemperatur (etwa 140 °C, ausgenommen der Stoppbremsungen nach Dauerbremsungen und bei zwei aufeinanderfolgende Schnellbremsungen ohne Kühlzeit) durchgeführt werden, darf der mittlere Reibwert bei ansonsten ähnlichen Bedingungen nicht mehr als ± 15 % vom Durchschnitt der mittleren Reibwerte von Bremsungen abweichen, die bei kalten und trockenen Bedingungen eingeleitet werden.

5.6.6 Reibwert bei nassen Bedingungen

Unter nassen Bedingungen darf der mittlere Reibwert bei der höchsten Nenn-Anpresskraft $\overline{A_1}$ der Prüfprogramme $\overline{A_1}$ S2.1 und T2, und während alle anderen Faktoren identisch sind, nicht mehr als ± 15 % im Vergleich zu den durchschnittlichen mittleren Reibwerten während Bremsungen bei trockenen Bedingungen abweichen. Die mittleren Reibwerte der anderen Stoppbremsungen dieses Prüfprogramms dürfen den absoluten Wert von $\mu_m = 0,250$ bei ansonsten ähnlichen Bedingungen nicht unterschreiten.

5.7 Geometrische Eigenschaften von Bremsbelägen

5.7.1 Form des Bremsbelags

Der SBP muss in Übereinstimmung mit Anhang F ausgeführt sein.

5.7.2 Verschleiß des Bremsbelags

Die Ausführung der Bremsbeläge muss einen gleichmäßigen Verschleiß bis zu einer Reibmaterialstärke von 5 mm, oder wie in der Auslegungsspezifikation festgelegt, ermöglichen.

5.7.3 Befestigung des Bremsbelags

Die Bremsbeläge sollten durch Einschieben in einen Schwalbenschwanz am Fahrzeug angebracht werden. Falls der Bremsbelag mit einem Bremsbelaghalter in Übereinstimmung mit EN 16451:2015 verwendet wird, muss der Schwalbenschwanz in Übereinstimmung mit Anhang G ausgeführt sein.

5.8 Mechanische, physikalische und chemische Eigenschaften

Die mechanischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften müssen über die gesamte aktive Dicke hinweg homogen sein.

Die Bremsbeläge dürfen sich unter Einwirkung von Wärme oder Feuchte nicht so stark verformen, dass sie nicht mehr montiert oder entfernt werden können.

Es muss ein Werkstoffblatt vorgelegt werden, auf dem ausreichende mechanische und physikalische Eigenschaften des Reibmaterials aufgeführt sind, damit durch Qualitätsprüfung oder Folgeinspektionen verifiziert werden kann, dass sich diese Eigenschaften nicht verändert haben und der Bremsbelag tatsächlich dem zugelassenen Bremsbelagwerkstoff entspricht.

Die organischen und gesinterten Bremsbeläge müssen in Übereinstimmung mit Tabelle 4 geprüft werden. Bei anderen Werkstoffen müssen die mechanischen und physikalischen Prüfeigenschaften vor der Prüfung vereinbart werden.

Die Ergebnisse dienen als Datenbank für das Werkstoffblatt, welches wiederum als Referenz dient, in der aufgezeigt wird, dass die anschließend während der Serienproduktion hergestellten Bremsbeläge den verwendeten Bremsbelägen entsprechen. Prüfungen mit der Markierung „A“ müssen mit einem Prüfstück aus einer der Chargen durchgeführt werden, die für die Beurteilung entsprechend diesem Dokument verwendet wurden.

Prüfungen mit der Markierung „B“ müssen mit Prüfstücken aus jeder Charge durchgeführt werden, die für die Beurteilung entsprechend diesem Dokument verwendet wurden. Die Reibungsparameter müssen aus mindestens drei Chargen hergeleitet werden.

Tabelle 4 — Referenzprüfungen für die Qualitätssicherung

	Organische Bremsbeläge	Gesinterte Bremsbeläge
Chemische Zusammensetzung ^a	A	A
Makrogefüge	—	A
Härte oder Zusammenpressbarkeit ^b	B	B
Reibwert (Teilbelagprüfstandsversuche)	B	B
Dichte	B	B
Beständigkeit gegen hohe Temperaturen ^c	—	A
^a Ergebnisse für die chemische Analyse sind vertraulich. Sie sind nicht Teil des Beurteilungs-Prüfberichts. Sie müssen für zukünftige Vergleiche aufbewahrt werden. ^b Muss vor der Beurteilung festgelegt werden. ^c Sofern nicht anders festgelegt, darf es bei Prüfungen der Beständigkeit gegen hohe Temperaturen nicht zu einer Veränderung der Bremsbelagdicke von > 3 % im Vergleich zur Dicke, die vor Start der Prüfung festgestellt wurde, kommen, wenn der Bremsbelag abgekühlt wird, nachdem er zuvor für 1,5 h bei Temperaturen von (710 ± 5) °C gehalten wurde.		

Mindestens folgende Informationen müssen im Datenblatt eines Bremsbelags bereitgestellt werden:

- Energieklasse;
- Kennlinie des Reibwerts;
- Bereich des spezifischen Drucks;
- maximale Gleitgeschwindigkeit entlang des Bremsradius;
- maximale dauerhaft ertragbare Temperatur;
- maximale kurzfristig ertragbare Temperatur;
- Dichte.

Die Prüfergebnisse müssen dem Prüfbericht beigelegt werden. Das Prüfverfahren und das Toleranz-Band für jede Eigenschaft muss in Übereinstimmung mit dem Produkt und dem Produktionsprozess festgelegt werden.

Härte/Zusammenpressbarkeit, Reibwert (Teilprüfstand für Bremsbelagwerkstoffe) und Dichte müssen folgendermaßen geprüft werden:

- a) mit Prüfstücken, die in einem Bereich nahe der Kontaktfläche liegen,
- b) mit Prüfstücken, die in einem Bereich nahe der Verschleißgrenze liegen.

Der Vergleich der Ergebnisse aus A und B muss aufzeigen, dass der Werkstoff homogen ist und seine Eigenschaften über die gesamte aktive Dicke hinweg behält.

5.9 Thermische und mechanische Anforderungen

Die Form, Anzahl und Anordnung der aneinanderreibenden Teile auf der Trägerplatte müssen so ausgeführt sein, dass eine möglichst einheitliche Temperaturverteilung in der Bremsscheibe sichergestellt wird.

Während eines Reibungsversuchs in einem Prüfstand darf Folgendes nicht auftreten:

- Flammen;
- Abplatzungen oder Abblättern über einen Bereich von mehr als 10 % der Bremsbelagfläche;
- Schäden, die zur Beeinträchtigung der mechanischen Festigkeit des Bremsbelags und zu erheblichen Materialablagerungen auf der Bremsscheibe oder zu ungewöhnlich starkem Verschleiß führen.

5.10 Betriebserprobung

Die Betriebserprobung wird von diesem Dokument für die allgemeine Klassifizierung nicht gefordert.

Falls eine Betriebserprobung für eine bestimmte Anwendung gefordert wird, sollte diese in Übereinstimmung mit Anhang H durchgeführt werden.

5.11 Kennzeichnung von Bremsbelägen

Die folgenden Kennzeichnungen müssen auf der Rückseite jedes Teils eines Bremsbelags angebracht werden:

- Name oder Kürzel des Herstellers;
- Herstellungsjahr;
- Woche und/oder Nummer der Charge;
- Bremsbelag-Kurzzeichen (Werkstoff).

Die Kennzeichnungen müssen so angebracht werden, dass jeder Bremsbelag selbst dann noch identifiziert werden kann, wenn er vollständig verschlissen ist.

5.12 Prüfstandsversuche

Die Prüfungen müssen von einem qualifizierten Labor durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Zum Beispiel eine Prüforganisation nach EN ISO/IEC 17025.

Die allgemeinen Bedingungen für die Durchführung von Prüfprogrammen müssen Anhang A entsprechen.

Es müssen Bremsbeläge in Originalgröße verwendet werden. Jedes Prüfprogramm muss mit neuen Bremsbelägen durchgeführt werden.

Der Prüfbericht muss den Mindestanforderungen von Anhang D entsprechen.

Der für die in den Anhängen beschriebenen Versuche verwendete Prüfstand sollte für die korrekte Durchführung dieser Versuche geeignet sein.

ANMERKUNG 2 Zu den vorhandenen Dokumenten, in denen die Anforderungen für Prüfstände für Reibmaterial für Schienenfahrzeuge festgelegt sind, gehörte zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Dokuments das Dokument  UIC/IRS 50548 , welches als Referenzdokument verwendet werden kann.

5.13 Bedingungen für Klassifizierungsprüfungen

5.13.1 Klassifizierungsschema für Lokomotiven, MUs, Hochgeschwindigkeitszüge, Güterwagen und Reisezugwagen

Die Klassifizierung der Bremsbeläge ist in Tabelle 5 definiert.

Tabelle 5 — Klassifizierung von Bremsbelägen für Lokomotiven, MUs, Hochgeschwindigkeitszüge, Güterwagen und Reisezugwagen

Klasse	Max. Energie MJ	Max. Leistung kW	Max. Geschwin- digkeit km/h	Gebremste Masse t	Ungefähre Verzögerung m/s ²	Siehe Anhang B
A1	6,3	338	120	11,25	0,9	B.1
B1 ^a	7,9	427	160	8	1,2	B.2
B2 ^b	9,9	533	160	10	1,2	B.3
C0	10,3	447	200	6,7	1,2	B.4

Klasse	Max. Energie MJ	Max. Leistung kW	Max. Geschwin- digkeit km/h	Gebremste Masse t	Ungefähre Verzögerung m/s ²	Siehe Anhang B
C1 ^a	12,3	533	200	8	1,2	B.2
C2 ^b	15,4	667	200	10	1,2	B.3
C3	18,5	800	200	12	1,2	B.5
D1	15,7	361	250	6,5	0,8	B.6
D2	25,3	583	250	A₁ 10 A₁	0,8	B.7
E1	27,8	533	300	8	0,8	B.8
F1	23,6	389	350	5	0,8	B.9
F2 ^c	28,4	467	350	6	0,8	B.10
F3	33,1	544	350	7	0,8	B.11
G1 ^c	37	533	400	6	0,8	B.10
^a Die Klassifizierung nach Klasse C1 umfasst die Klassifizierung nach Klasse B1. ^b Die Klassifizierung nach Klasse C2 umfasst die Klassifizierung nach Klasse B2. ^c Die Klassifizierung nach Klasse G1 umfasst die Klassifizierung nach Klasse F2.						

Ein Überblick über die Fahrzeugtypen und Energieklassen ist in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6 — Fahrzeugtypen und Energieklassen

Klasse	Fahrzeugtyp
A1	Güterwagen in SS-Verkehr mit Wellenbremsscheibe
B1	MUs mit Höchstgeschwindigkeit 160 km/h mit Radbremsscheibe
B2	MUs mit Höchstgeschwindigkeit 160 km/h mit Radbremsscheibe
C0	Reisezugwagen mit Höchstgeschwindigkeit 200 km/h mit Wellenbremsscheibe
C1	MUs mit Höchstgeschwindigkeit 200 km/h mit Radbremsscheibe
C2	MUs mit Höchstgeschwindigkeit 200 km/h mit Radbremsscheibe
C3	Lokomotiven mit Höchstgeschwindigkeit 200 km/h mit Radbremsscheibe
D1	MUs mit Höchstgeschwindigkeit 250 km/h mit Wellenbremsscheibe
D2	MUs mit Höchstgeschwindigkeit 250 km/h mit Radbremsscheibe
E1	Hochgeschwindigkeitszüge mit Höchstgeschwindigkeit 300 km/h mit Radbremsscheibe
F1	Hochgeschwindigkeitszüge mit Höchstgeschwindigkeit 350 km/h mit Wellenbremsscheibe
F2	Hochgeschwindigkeitszüge mit Höchstgeschwindigkeit 350 km/h mit Wellenbremsscheibe
F3	Hochgeschwindigkeitszüge mit Höchstgeschwindigkeit 350 km/h mit Radbremsscheibe
G1	Hochgeschwindigkeitszüge mit Höchstgeschwindigkeit 400 km/h mit Wellenbremsscheibe

Die Klassifizierungsprüfungen für Bremsbeläge müssen mit dem Prüfprogramm durchgeführt werden, das der beantragten Klasse entspricht.

5.13.2 Optionales Klassifizierungsschema für Reisezugwagen

Die Klassifizierung der Bremsbeläge zur Verwendung in Reisezugwagen ist in Tabelle 7 aufgeführt und die Prüfprogramme sind in Anhang C festgelegt.

Tabelle 7 — Optionale Klassifizierung von Bremsbelägen für Reisezugwagen

Typ (Klasse)	Max. Energie MJ	Max. Leistung kW	Max. Gesch- windigkeit km/h	Gebremste Masse t	Verzögerung m/s ²	Prüf- programm(e)
S1.1, S2.1	10,3	447	200	6,7	1,2	Programme S1.1 und S2.1
T1, T2	11,9	513	200	7,7	1,2	Programme T1 und T2

5.13.3 Gültigkeit der Beurteilung

Die Beurteilung muss ihre Gültigkeit verlieren, wenn eine der folgenden Änderungen durchgeführt wird:

- wesentliche Veränderung im Herstellungsverfahren;
- Veränderung des für den Bremsbelag verwendeten Materials;
- wesentliche Veränderung der Befestigung der Reibelemente; oder
- Veränderungen der Kontaktfläche, die ±20 % überschreiten.

5.13.4 Umfang der Klassifizierung

Der Umfang der Klassifizierung ist beschränkt auf die Klasse, für die Prüfungen durchgeführt wurden.

5.14 Austauschbarkeit von Bremsbelägen

A1) Die Eignung zur Austauschbarkeit von Bremsbelägen für den Einsatz im selben Zug kann durch Prüfstandversuche beurteilt werden.

ANMERKUNG Zusätzliche Fahrzeugprüfungen können verlangt werden.

Die Prüfungen müssen am selben Prüfstand durchgeführt werden, entweder mit einem der in dieser Norm vorgegebenen Testprogramme oder mit einem Testprogramm, das vom entsprechenden allgemeinen Prüfprogramm (Anhang E) auf die Parameter des vorliegenden Zuges angepasst wurde. Die für die Prüfungen zu verwendende Bremsscheibe muss der Bauart der Bremsscheiben entsprechen, die an dem Zug angebracht sind, für den die Austauschbarkeit geprüft werden soll.

Beide Bremsbeläge müssen auf Basis vorstehend festgelegter Prüfungen dieser Norm entsprechen.

Bei vorhandenen Flotten muss einer der beiden Bremsbeläge bereits in dem Zug und in der Beurteilung des Bremsvermögens des Zugs während des Zulassungsprozesses verwendet werden.

Die Differenz zwischen den Werten der mittleren Reibwerte beider Bremsbeläge unter trockenen Bedingungen bei Zuggeschwindigkeiten, die kritisch für die Beurteilung des Bremsvermögens sind, muss den in einer technischen Spezifikation festgelegten Kriterien entsprechen (z. B. keine Überschreitung des Referenzwertes des Reibwertes um 10 % nach oben bzw. um 5 % nach unten).

Bei anderen Geschwindigkeiten muss das Bremsvermögen beider Bremsbeläge größer als oder gleich dem bei kritischer Geschwindigkeit beurteilten Bremsvermögen sein. $\overline{\mu}_1$

Anhang A (normativ)

Allgemeine Bedingungen für die Durchführung von Prüfprogrammen

A.1 Allgemeines

Falls in den Abschnitten des individuellen Prüfprogramms nichts anderes vorgegeben ist, gelten die folgenden allgemeinen Bedingungen für alle Prüfprogramme in diesem Dokument.

Wenn in Prüfprogrammen nur eine Geschwindigkeit angegeben ist, ist dies die Anfangsgeschwindigkeit der Stoppbremsung und wenn zwei Geschwindigkeiten angegeben sind, ist dies die Regulierbremsung. Die erste Geschwindigkeit ist die Anfangsgeschwindigkeit, und die zweite Geschwindigkeit ist die Endgeschwindigkeit.

A.2 Ansprechzeit

Ansprechzeit t_b oder $t_b(1) = 4 \text{ s} \pm 0,2 \text{ s}$.

Ansprechzeit $t_b(2)$, $t_b(n) = 1 \text{ s} \pm 0,15 \text{ s}$ (für Bremsungen mit zwei oder mehr Bremskraftstufen).

A.3 Wiegen

Die Bremsbeläge müssen vor und nach dem Einschleifen gewogen werden. Weitere Wiegezeitpunkte sind in den einzelnen Prüfprogrammen angegeben.

A.4 Unterbrechung des Prüfprogrammes

Die Bremsungen müssen in der vorgegebenen chronologischen Reihenfolge erfolgen. Während des Prüfprogramms ist eine Unterbrechung am Ende jedes Trockenbremsungsblocks zulässig. Zur Fortführung der Prüfung ist es erforderlich, die letzten fünf Bremsungen aus dem vorherigen Block zu wiederholen. Eine Unterbrechung direkt nach einer Nassbremsung ist nicht zulässig.

Wenn ein zweiter Satz Bremsbeläge notwendig ist, um das Prüfprogramm zu beenden, muss dieser Satz zuvor in Übereinstimmung mit den Anforderungen des Prüfprogramms eingeschliffen werden. Die Verwendung des zweiten Satzes Bremsbeläge muss im Prüfbericht angegeben werden. Zur Fortführung der Prüfung ist es erforderlich, die letzten fünf Bremsungen aus dem vorherigen Block zu wiederholen. Eine Unterbrechung direkt nach einer Nassbremsung ist nicht zulässig.

A.5 Temperaturen

Die Temperaturen müssen in Übereinstimmung mit Abschnitt A.9 gemessen werden.

Nach jeder Bremsung muss die Bremsscheibe auf die angezeigte Anfangstemperatur der nächsten Bremsung abgekühlt werden.

A.6 Bremsung unter nassen Bedingungen

Für manche standardmäßige Bremsscheibengrößen ist der Wasserdurchsatz Q während Nassprüfungen in Tabelle A.1 angegeben.

Tabelle A.1

Bremsscheibendurchmesser mm	Wasserdurchsatz je Bremsscheibe (beide Seiten) l/h
750	30,5
680	27,0
640	25,0
610	23,5
600	21,5
590	21,0

Für Bremsscheibengrößen, die nicht in der Tabelle aufgeführt sind, kann der je Bremsscheibe zu verwendende Wasserdurchsatz (beide Seiten) anhand der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$Q = Q_s \cdot A_D$$

Dabei ist

A_D die Gesamtfläche des befeuchteten Reibringes, berechnet als:

$$A_D = 2 \times \pi \times (R_0^2 - (R_0 - \Delta R)^2);$$

Q_s der spezifische Wasserdurchfluss von 6 cm³ je cm² je Stunde;

R_0 der Außenradius der Bremsscheibe, angegeben in cm.

Bei Bremsscheiben mit einem Außendurchmesser größer als 600 mm beträgt ΔR 130 mm, während bei Bremsscheiben mit einem Durchmesser kleiner oder gleich 600 mm ΔR 118 mm beträgt.

Für eine Anwendung in der Praxis kann Q auf den nächsten halben Liter je Stunde gerundet werden.

Während Nassbremsungsreihen wird das Wasser kontinuierlich, auch während der Abkühlphase der Bremsscheibe, aufgetragen.

Nach einer Trockenbremsungsreihe darf das Besprühen vor der ersten Nassbremsung erst beginnen, sobald die Bremsscheibentemperatur 80 °C erreicht hat.

A.7 Konditionierung der Bremsscheiben

A.7.1 Allgemeines

Die Bremsscheiben müssen konditioniert werden, bevor das Zertifizierungsprogramm für Bremsbeläge ausgeführt wird. Bei der Konditionierung muss der gleiche Bremsbelagwerkstoff wie bei den Zertifizierungsprüfungen verwendet werden. Jedoch müssen die Zertifizierungsprüfungen mit einem Satz neuer Bremsbeläge durchgeführt werden.

Je nach Prüfprogramm ist ein Programm zum Konditionieren der Bremsscheibe durchzuführen.

Die Situation vor der Durchführung eines Zertifizierungsprogramms für Bremsbeläge kann, wie anhand der vier nachfolgenden Möglichkeiten zu sehen ist, unterschiedlich sein.

- a) Die Bremsscheibe ist neu: die Bremsscheibe muss, wie in A.7.2 festgelegt, konditioniert werden.
- b) Die Bremsscheibe weist Riefen oder leichte Risse nach der Durchführung eines vorhergehenden Programms auf.

Die Seiten der Bremsscheibe müssen wie folgt geglättet werden.

- 1) Alle Risse müssen verschwunden sein; ein oder zwei Risse mit einer Länge < 25 mm werden je Scheibenseite toleriert.
- 2) Folgender Oberflächenzustand – ermittelt mit Hilfe eines Rauheiten-Messgerätes – muss sich einstellen: $R_a < 1,5 \mu\text{m}$ oder $R_z < 7 \mu\text{m}$.

Die Konditionierung wird entsprechend A.7.2 durchgeführt.

- c) Die Bremsscheibe weist zwar keine Riefen auf, ist aber abgenutzt, und die Reibflächen zeigen Ablagerungspuren des Reibmaterials.

Dann müssen die Seiten der Bremsscheibe mit dem vorher verwendeten Bremsbelag gereinigt werden, und zwar durch eine angemessene Anzahl an Stoppbremsungen bei trockenen Bedingungen bis die Ablagerungspuren des Reibmaterials entfernt sind. Vorzugsweise müssen die Einschleifbremsungen des Programms durchgeführt werden. Alternativ ist es zulässig, Stoppbremsungen unter trockenen Bedingungen aus dem Prüfprogramm mit Geschwindigkeiten unterhalb der Höchstgeschwindigkeit durchzuführen.

- d) Die Bremsscheibe wurde bereits gebraucht, weist jedoch keine Risse und keine Ablagerungspuren von Reibmaterial auf.

Sie ist also schon eingeschliffen, so dass das Zertifizierungsprogramm unter den Bedingungen des Prüfprogramms beginnen kann.

A.7.2 Konditionierungsprogramm

Die Konditionierung zur Vorbereitung der Bremsscheibe besteht aus mindestens 20 Einschleifbremsungen aus dem Zulassungsprogramm. Die Konditionierung muss in Blöcken von 10 Bremsungen fortgeführt werden, bis mindestens $\Delta R_z < 2 \mu\text{m}$ ($\Delta R_a < 0,4 \mu\text{m}$) in zwei aufeinanderfolgenden Versuchsreihen erreicht wird.

A.7.3 Rauheitsmessung

Die Rauheitstiefe R_z (in Übereinstimmung mit  EN ISO 21920-2:2022 ) der Bremsscheibe muss an drei eindeutigen Stellen in der Mitte des Reibringes entlang des Bremsradius über eine Länge von 4,8 mm gemessen werden.

A.8 Einschleifen der Bremsbeläge

Das Einschleifen der Bremsbeläge erfolgt mit den Bremsparametern des entsprechenden Prüfprogramms. Es muss so lange durchgeführt werden

- a) bis 85 % des Tragbilds eingeschliffen ist und
- b) einlaufende Kanten vollständig in Kontakt mit der Bremsscheibenfläche sind.

Die Bremsparameter während der Einschleifphase (Geschwindigkeiten, Zeiten, Anpresskräfte, Massen, Bremswege, mittlere Reibwerte und Temperaturen) müssen im Bericht eingetragen werden.

A.9 Verfahren der Temperaturmessung

A1 Der Bremsring muss mit sechs Temperatursensoren ausgestattet sein, die 1 mm unterhalb der Reibfläche, drei auf jeder Fläche, positioniert sind. Bei jeder Fläche befindet sich ein Sensor im mittleren Radius der Reibfläche des Bremsrings, und die beiden anderen Sensoren werden auf dem mittleren Radius ± 40 mm in Umfangsrichtung mit einem Winkel von 120° zueinander positioniert.

Dieses Verfahren muss angewendet werden, sofern es die Geometrie der Bremsscheibe zulässt. Falls das nicht möglich ist, dürfen schleifende Thermoelemente verwendet werden. **A1**

A.10 Mittlerer Reibungsradius

Der mittlere Reibungsradius wird für jede Bremsscheibe folgendermaßen berechnet:

$$r = \frac{2}{3} \cdot \frac{r_0^3 - r_i^3}{r_0^2 - r_i^2}$$

Dabei ist

r der mittlere Reibungsradius;

r_i der innere Radius;

r_0 der äußere Radius der umlaufenden Berührungsfläche zwischen Bremsscheibe und Bremsbelag.

Das Verfahren zur Bestimmung von r_i und r_0 auf dem Prüfstand muss im Prüfbericht dokumentiert werden.

A.11 Rotations- und Lüftungsbedingungen

Die Bedingungen der Prüfprogramme für Rotation und Belüftung sind in Tabelle A.2 aufgeführt.

Tabelle A.2

	Prüfstandgeschwindigkeit		Geschwindigkeit der Kühlluft	
	km/h		km/h	
	trocken	nass	trocken	nass
Während der Bremsung	$v < 200$	—	$v/2$	10
	$v \geq 200$	v	100	10
Zwischen den Bremsungen	100	50	80	10
Stillstand (zwischen aufeinanderfolgenden Bremsungen)	0	—	10	—

Anhang B
(normativ)

Prüfprogramme für die Klassen A1 bis G1

B.1 Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klasse A1

Zur Verwendung mit Massen < 4,7 t je Achse (Eigengewicht) und > 22,5 t je Achse (beladen) muss ein allgemeines Programm mit angepassten Massen, angepasster Beharrungsbremung und anderen angepassten Parametern verwendet werden.

Die Parameter des Prüfprogrammes für Bremsbeläge der Klasse A1 sind in Tabelle B.1 aufgeführt.

Tabelle B.1 — Programm für Klasse A1 — Güterwagen in SS-Verkehr mit Höchstgeschwindigkeit 120 km/h, Masse je Achse ≥ 4,7 t (Eigengewicht) und ≤ 22,5 t (beladen), sowie Verzögerung 0,88 m/s²

Bremsbeläge					Gesintert/organisch				
					Die Maße der Bremsbeläge sind nicht festgelegt				
Bremsscheibe					Wellenbremsscheibe, 590 mm äußerer Durchmesser, Breite ≥ 140 mm. Ⓐ max. Energie 6,3 MJ Ⓐ				
Raddurchmesser					890 mm				
Prio- rität	Bremsung Nr.				Geschwin- digkeit v ₀ km/h	F _B kN	Anfangs- temp. θ ₀ °C	Gebremste Masse je Brems- scheibe t	Anmerkungen
—	1.1–1.X				120	31	20–100	11,25	X Stoppbremsungen, bis die Bedingungen von A.8 erfüllt sind W.
4	1	13	25	50	8,5	50–60	2,35	Trockenbremsungen zum Festlegen des Reibwerts — Mindestmasse	
4	2	14	26	80					
4	3	15	27	100					
4	4	16	28	120					
4	5	17	29	50	4,5				
4	6	18	30	80					
4	7	19	31	100					
4	8	20	32	120					
1	9	21	33	50	12,5				
1	10	22	34	80					
1	11	23	35	100					
1	12	24	36	120					

Bremsbeläge					Gesintert/organisch Die Maße der Bremsbeläge sind nicht festgelegt						
Brems­scheibe					Wellenbremsscheibe, 590 mm äußerer Durchmesser, Breite ≥ 140 mm. [A1] max. Energie 6,3 MJ [A1]						
Raddurchmesser					890 mm						
Prio­rität	Bremsung Nr.				Geschwin­digkeit v ₀ km/h	F _B kN	Anfangs- temp. θ ₀ °C	Gebremste Masse je Brems- scheibe t	Anmerkungen		
4	37	45	53	50	8,5	20–30	2,35	Nassbremsungen — Mindestmasse			
4	38	46	54	80							
4	39	47	55	100							
4	40	48	56	120							
2	41	49	57	50	12,5						
2	42	50	58	80							
2	43	51	59	100							
2	44	52	60	120							
4	61	—	70	100	31	50–60	11,25	Trockenbremsungen zum Trocknen der Bremsbeläge W.			
4	71	83	95	50	31	50–60	11,25	Trockenbremsungen zum Festlegen des Reibwerts — Höchstmasse			
4	72	84	96	80							
4	73	85	97	100							
4	74	86	98	120							
4	75	87	99	50	16						
4	76	88	100	80							
4	77	89	101	100							
4	78	90	102	120							
1	79	91	103	50	46						
1	80	92	104	80							
1	81	93	105	100							
1	82	94	106	120							
2	107				100	46	150	11,25	Bremsungen mit hoher Anfangstemperatur		
2	108				120		150				
2	109				80		220				
4	110				80	31	50–60	11,25	Trockenbremsung		

Bremsbeläge				Gesintert/organisch				
Bremsscheibe				Die Maße der Bremsbeläge sind nicht festgelegt				
Wellenbremsscheibe, 590 mm äußerer Durchmesser, Breite ≥ 140 mm.				Ⓐ max. Energie 6,3 MJ Ⓐ				
Raddurchmesser				890 mm				
Priorität	Bremsung Nr.			Geschwindigkeit v ₀ km/h	F _B kN	Anfangs-temp. θ ₀ °C	Gebremste Masse je Brems-scheibe t	Anmerkungen
1	111			80	46	50–60	11,25	Trockenbremsung W.
—	112			70	—	20–30	11,25	Dauerbremsung mit 45 kW über 34 min
3	113			70	46	—	11,25	Stoppbremsung, sofort nach Dauerbremsung, ohne Kühlung W.
4	114			80	31	50–60	11,25	Trockenbremsung zur Regenerierung der Brems-scheibe
3	115			100	46			
4	116			120	31			
4	117			50	31	20–30	11,25	Nassbremsung
4	118			100	31			
4	119			80	31			
4	120	—	129	100	31	50–60	11,25	Trockenbremsungen zum Trocknen des Bremsbelags W.
4	130			80	31	50–60	11,25	Trockenbremsung
1	131			100	46			
4	132			120	31			
4	133			50	31	< 30	11,25	Trockenbremsung W.
4	134			50	31			
4	135			50	31			

W.= Wiegen. Eine Mindestanfangstemperatur (θ₀) von 20 °C ist nach dem Wiegen zulässig.

B.2 Prüfprogramm: Bremsbeläge der Klassen B1 und C1

Die Parameter des Prüfprogrammes für Bremsbeläge der Klassen B1 und C1 sind in Tabelle B.2 aufgeführt.