

DIN EN 15528

ICS 03.220.30; 45.060.20

Ersatz für
DIN EN 15528:2016-01**Bahnanwendungen –
Streckenklassen zur Behandlung der Schnittstelle zwischen Lastgrenzen
der Fahrzeuge und Infrastruktur;
Deutsche Fassung EN 15528:2021**

Railway applications –

Line categories for managing the interface between load limits of vehicles and infrastructure;
German version EN 15528:2021

Applications ferroviaires –

Catégories de ligne pour la gestion des interfaces entre limites de charges des véhicules et de
l'infrastructure;

Version allemande EN 15528:2021

Gesamtumfang 78 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 15528:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 087-00-02-02 UA „Fahrtechnik“ 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 15528:2016-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) alle Informationen zur dynamischen Kompatibilität einschließlich Anhängen C, D, E und P (zukünftig Teil eines von TC250/SC1/WG 3/TG DIBRST vorbereiteten TR) wurden entfernt;
- b) für Reisezugwagen und Triebzüge wird eine zusätzliche Kategorisierung für unterschiedliche Werte von stehenden Fahrgästen je m² in der Lastfall-Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung (MXD) nach EN 15663:2017+A1:2018 eingeführt;
- c) Klärung des informativen Charakters von Anhang F über Fahrgeschwindigkeiten, bei denen keine zusätzlichen dynamischen Kompatibilitätsprüfungen erforderlich sind;
- d) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Frühere Ausgaben

DIN EN 15528: 2009-07, 2013-01, 2016-01

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen —
Streckenklassen zur Behandlung der Schnittstelle zwischen
Lastgrenzen der Fahrzeuge und Infrastruktur**

Railway applications —
Line categories for managing the interface between load
limits of vehicles and infrastructure

Applications ferroviaires —
Catégories de ligne pour la gestion des interfaces entre
limites de charges des véhicules et de l'infrastructure

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 30. August 2021 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim 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	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole	6
4 Klassifizierungssystem	10
5 Klasseneinteilung der Infrastruktur	13
6 Einstufung der Fahrzeuge	15
7 Statische Kompatibilität der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Infrastruktur	23
Anhang A (normativ) Referenzwagen und Lastmodelle zur Darstellung der Streckenklassen	25
Anhang B (informativ) Ablaufplan: Klasseneinteilung der Infrastruktur und Einstufung der Fahrzeuge	30
Anhang C (informativ) Geschwindigkeiten, bei denen keine dynamischen Kompatibilitätsüberprüfungen erforderlich sind	31
Anhang D (informativ) Verwendete Verfahren zur Bestimmung der Tragfähigkeit von Bestandstragwerken	33
Anhang E (informativ) Anwendung der Ergebnisse der Einstufung der Strecke	34
Anhang F (informativ) Vergleich der RA-Klasseneinteilung mit Streckenklassen	36
Anhang G (informativ) Beispiel der Berechnungsmethodik	37
Anhang H (informativ) Höchstzulässige Radsatzlast P — Wagen mit zwei Drehgestellen mit je 2 Radsätzen	43
Anhang I (informativ) Höchstzulässige Radsatzlast P — Wagen mit zwei Drehgestellen mit je 3 Radsätzen	46
Anhang J (informativ) Streckenklassen für Lokomotiven mit 6 Radsätzen	49
Anhang K (informativ) L4-Lokklassen (Lokomotiven mit 4 Radsätzen)	50
Anhang L (informativ) L6-Lokklassen (Lokomotiven mit 6 Radsätzen)	51
Anhang M (informativ) Wiegezettel für Lokomotiven	53
Anhang N (informativ) Geometrische Zugparameter	57
Anhang O (informativ) Einstufung der Triebwagen durch Parameterprüfung Ermitteln der Streckenklasse anhand der Radsatzlast	59
Anhang P (informativ) Leitlinien für die Einbringung von leichten Vollbahntriebzügen in Streckenklasse a10, a12 oder a14	66
Literaturhinweise	75

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 15528:2021) 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 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2022 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 wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben.

Dieses Dokument ersetzt EN 15528:2015.

Wesentliche technische Änderungen zwischen diesem Dokument und EN 15528:2015 sind:

- Alle Informationen zur dynamischen Kompatibilität einschließlich Anhängen C, D, E und P (zukünftig Teil eines von TC250/SC1/WG 3/ TG DIBRST vorbereiteten TR) wurden entfernt;
- Für Reisezugwagen und Triebzüge wird eine zusätzliche Kategorisierung für unterschiedliche Werte von stehenden Fahrgästen je m² in der Lastfall-Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung (MXD) nach EN 15663:2017+A1:2018 eingeführt;
- Klärung des informativen Charakters von Anhang C (Anhang F in der früheren Version) über Fahrgeschwindigkeiten, bei denen keine zusätzlichen dynamischen Kompatibilitätsprüfungen erforderlich sind.

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

Das bestehende europäische Vollbahnsystem (siehe EN 17343:2020) setzt sich aus Komponenten zusammen, die bisher für verschiedene Anforderungen bemessen wurden. Der größte Teil der Ingenieurbauwerke für den Vollbahnverkehr wurde vor Einführung der Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) und der Eurocodes für den Entwurf von Tragwerken errichtet.

Dieses Dokument spezifiziert ein Streckenklassifizierungssystem, um die Schnittstelle zwischen den Lastgrenzen der Schienenfahrzeuge und den Nutzlastgrenzen von Güterwagen und der vertikalen Tragfähigkeit einer Strecke zu regeln.

Das Streckenklassifizierungssystem berücksichtigt Parameter wie

- Radsatzlast (P);
- geometrische Aspekte bezogen auf Radsatzabstände;
- Masse je Längeneinheit (p);
- Geschwindigkeit;

und bietet ein transparentes Verfahren, um festzustellen, ob die vertikalen Belastungsmerkmale von Fahrzeugen kompatibel mit der Tragfähigkeit der Strecken im Netz sind.

Das Streckenklassifizierungssystem bedient sich einer Reihe von Streckenklassen, die in dem vorliegenden Dokument durch ein Lastmodell spezifiziert sind.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist anzuwenden für die Strecken mit Standard-Spurweite (1 435 mm) und breitere Spurweiten des Vollbahnsystems¹ und die auf diesen Strecken betriebenen Fahrzeuge. Dies umfasst Maschinen, die für Bauvorhaben, Instandhaltung, Inspektion, Reparatur und Erneuerung verwendet werden, sofern sie im Fahrmodus betrieben werden, jedoch nicht, wenn sie im Arbeits- oder Versetzfahrmodus betrieben werden.

Dieses Dokument legt Klassifizierungsverfahren für bestehende und neue Vollbahnstrecken und die Einstufung von Schienenfahrzeugen fest.

Dieses Dokument gibt Leitlinien für eine zuverlässige und zugelassene Handhabung der Schnittstelle zwischen Schienenfahrzeugen und Vollbahnschienennetz und stellt weder Anforderungen an Fahrzeuge noch an die Infrastruktur.

Die Anwendung dieses Dokuments ermöglicht es, die statische Routenkompatibilität zwischen einem Schienenfahrzeug und dem Vollbahnschienennetz mit Hinblick auf die vertikale Tragfähigkeit sicherzustellen.

Es enthält Anforderungen, die Folgendes betreffen:

- die Klassifizierung der vertikalen Tragfähigkeit von Strecken des Vollbahnschienennetzes;
- die Zuordnung von Schienenfahrzeugen zu Streckenklassen (Einstufung);
- die Bestimmung der Nutzlastgrenzen von Güterwagen.

Dieses Dokument ist nicht anzuwenden für:

- Beurteilung der Kompatibilität basierend allein auf der Grundlage des Parameters Radsatzlast;
- Kompatibilitätsprüfungen für Fälle, in denen eine zusätzliche dynamische Analyse erforderlich ist (beispielsweise nach EN 1991-2);
- Anforderungen hinsichtlich der maximalen Gesamtmasse oder der maximalen Zuglänge;
- das in Großbritannien verwendete System, wonach alle Strecken und Fahrzeuge nach dem RA-System (Route Availability) eingeteilt werden. Eine Anleitung zu den äquivalenten Streckenklassen nach dieser Europäischen Norm wird in Anhang F gegeben;
- die Veröffentlichung der Streckenklassen.

Die Anforderungen dieses Dokuments ersetzen nicht die Bestimmungen zum Fahrverhalten von Fahrzeugen, das anhand der Bewertungsgrößen für die Fahrsicherheit, die Fahrwegbeanspruchung und das Schwingungsverhalten beschrieben wird (siehe EN 14363).

1 Nach einer Anmerkung in EN 17343:2020 verfügt das Vollbahnsystem „typischerweise über eine Infrastruktur, die auf eine Radsatzlast von mindestens 17 t ausgelegt ist“. Diese Europäische Norm deckt zudem Teile der Netzwerke mit geringeren zulässigen Belastungen ab.

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 1991-2, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken*

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

EN 15877-1, *Bahnanwendungen — Kennzeichnung von Schienenfahrzeugen — Teil 1: Güterwagen*

3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

3.1.1

zugehörige maximale Geschwindigkeit

lokale Höchstgeschwindigkeit, für die eine Streckenklasse gültig ist

3.1.2

Radsatzlast

P

Summe der durch einen Radsatz oder ein Paar unabhängiger Räder auf das Gleis wirkenden statischen vertikalen Radkräfte dividiert durch g

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Norm werden „Last“ und „Kraft“ mithilfe der Einheiten der „Masse“ (kg oder t) beschrieben.

3.1.3

Radsatzabstand

Auslegungswerte der Abstände zwischen den Mittelpunkten benachbarter Radsätze

3.1.4

Biegemoment

Bezeichnung eines Moments (z. B. in kNm), wie sie bei der Tragwerksbemessung verwendet wird

3.1.5

Einstufung der Fahrzeuge

Feststellung der vertikalen Belastungsmerkmale von Vollbahnfahrzeugen entsprechend der Kombination von Radsatzlasten und Radsatzabständen durch Zuordnung einer Streckenklasse

3.1.6

Klasseneinteilung der Infrastruktur

Feststellung der Tragfähigkeit der Infrastruktur einer Strecke durch Zuordnung einer Streckenklasse und der entsprechenden Geschwindigkeit

3.1.7

Kompatibilität

Nachweis der zufriedenstellenden Schnittstelle zwischen den Lasteinwirkungen der Fahrzeuge und der Tragfähigkeit der Infrastruktur

3.1.8

Länge über Puffer

L

Länge über Puffer oder zwischen den Kupplungsebenen, wenn keine Puffer vorhanden sind

3.1.9

Strecke

Gleis oder Gleise zwischen zwei Orten, die Teil des Vollbahnschienennetzes bilden

3.1.10

Streckenklasse

spezifisches Lastmodell, das auf Referenzwagen basiert, wie beschrieben in Anhang A

3.1.11

Streckengeschwindigkeit

generelle Höchstgeschwindigkeit des Verkehrs auf einer Route

3.1.12

Lastgrenze

höchstzulässige Nutzlast für einen Wagen in Bezug auf jede Streckenklasse

3.1.13

Lastmodell

Modell, das durch eine bestimmte Formation von Referenzwagen festgelegt ist

3.1.14

Lokklasse

Referenzfahrzeug mit repräsentativen Lokparametern

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieser Norm werden Triebköpfe als Lokomotiven betrachtet.

3.1.15

Masse je Längeneinheit

p

Masse eines Fahrzeugs oder einer Einheit dividiert durch die Länge über Puffer

3.1.16

maximale Geschwindigkeit des Personenverkehrs/maximale Geschwindigkeit des Güterverkehrs

Zusatzinformation als generelle Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit des Verkehrs auf einer Strecke entsprechend der Verkehrsart

3.1.17

Referenzwagen

fiktives Fahrzeug, das als Lastkomponente für ein Lastmodell verwendet wird und durch Radsatzlast, Radsatzabstand und Masse je Längeneinheit definiert ist

3.1.18

Route

Weg eines Zuges zwischen zwei Orten des Schienennetzes entlang einer oder mehrerer Strecken

3.1.19

Lokomotivbauart

Lokomotiven, die als bauartgleich konzipiert sind (der gleiche Radsatzabstand und die gleichen Nominalwerte für die Masse, m_{nom} , und für die Radsatzlasten, $P_{i,\text{nom}}$)

3.1.20

Querkraft

Bezeichnung einer inneren Kraft (z. B. in kN) eines Trägers, wie sie bei der Tragwerksbemessung verwendet wird

3.1.21

Sonderfahrzeug

Fahrzeug, das für Instandhaltung, Inspektion oder Erneuerung von Infrastrukturelementen oder für besondere Transportzwecke ausgelegt ist, dessen Fahrzeugbestand im Gegensatz zu üblichen Vollbahnfahrzeugen mit einer vergleichsweise niedrigen Laufleistung betrieben wird; dazu zählen:

- a) Instandhaltungsfahrzeuge, einschließlich:
 - 1) Kräne und Schutzwagen;
 - 2) schienengebundene Maschinen (siehe EN 14033 (alle Teile));
 - 3) Zwei-Wege-Maschinen (siehe EN 15746 (alle Teile));
 - 4) ausgleisbare Maschinen (siehe EN 15955 (alle Teile));
 - 5) Anhänger (siehe EN 15954 (alle Teile));
- b) Überwachungs- und Inspektionsfahrzeuge, einschließlich:
 - 1) Gleisinspektionsfahrzeuge;
 - 2) Inspektionsfahrzeuge für die Oberleitung;
- c) Sondertransportfahrzeuge, einschließlich:
 - 1) Transportfahrzeuge für Transformatoren;
 - 2) Torpedopfannenwagen;
 - 3) beladene Wagen mit mehr als acht Radsätzen (UIC 502-1)

3.1.22

Radlast

Q

statische vertikale Rad/Schiene-Berührungskräfte dividiert durch g

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Terminologie in dieser Norm für „Last“ und „Kraft“ wird im Sinne und mit den Einheiten von „Masse“ (kg oder t) verwendet.

3.2 Symbole und Abkürzungen

$2a^*$	Drehzapfenabstand innerhalb eines Fahrzeugs	m
$2a^*_{\text{adopted}}$	übernommener Wert von $2a^*$ in Anhang P	m
$2a^*_{\text{table}}$	Wert von $2a^*$ in den Tabellen von Anhang P	m
$2a^*_{\text{unit}}$	Wert von $2a^*$ eines Triebzugs in Anhang P	m
$2a^+$	Radsatzabstand in einem Drehgestell	m
$2a^+_{\text{table}}$	Wert von $2a^+$ in den Tabellen von Anhang P	m
$2a^+_{\text{unit}}$	Wert von $2a^+$ eines Triebzugs in Anhang P	m
AB	Jakobsdrehgestell	—
a	Radsatzabstand	m
b	Abstand zwischen dem außenliegenden Radsatz und dem Ende der nächstgelegenen Kupplungsebene	m
c	Abstand zwischen beiden innenliegenden Radsätzen	m
CB	konventionelles Drehgestell	—
ETCS	European Train Control System – europäisches System zur Zugsteuerung, Zugbeeinflussung und Signalgebung	—
HSLM	Hochgeschwindigkeitslastmodell (en: High Speed Load Model)	—
d_n	Abstand zwischen Radsatznummer n und Radsatznummer $(n-1)$	m
g	Schwerkraftbeschleunigung	9,81 m/s ²
L	Wagenlänge über Puffer	m
L_{Coa}	Länge des Reisezugwagens	m
m	Masse	t
m_{nom}	Nominalwerte für die Masse	t
$m_{\text{nom,excess}}$	modifizierter Nominalwert für die Masse aufgrund überschrittener Grenzwerte	t
MU	Triebzug (en: multiple unit)	—
n	Radsatznummer	—
p	Masse je Längeneinheit	t/m

P_i	Radsatzlast von Radsatz i	t
$P_{i,nom}$	Nominalwert der Radsatzlast von Radsatz i	t
$P_{LineCategory}$	maximale Radsatzlast für eine Streckenklasse	t
$P_{nom,excess}$	modifizierter Nominalwert für eine Radsatzlast aufgrund überschrittener Grenzwerte	t
P_{red}	verringertes Wert der Radsatzlast	t
P_{unit}	maximale Radsatzlast innerhalb der Fahrzeugeinheit	t
Q_i	durchschnittliche Radlast von Radsatz i	t
Q_{ir}/Q_{il}	Radlast von Radsatz i rechts/links	t
RA	Routenverfügbarkeit (en: Route Availability)	—
SA	Einzelradsatz (en: single axle)	—
s_n	Abstand zwischen Radsatz n und Radsatz 1	m
u_1+u_2	Drehzapfenabstand angrenzender Fahrzeuge	m
u_3	Überhang des Endwagens	m
u_{unit}	Wert des Überhangs einer Triebzuggaritur in Anhang P	m
u_{table}	Wert des Überhangs in den Tabellen von Anhang P	m
UIC	Internationaler Eisenbahnverband (fr: Union Internationale des Chemins de fer)	—
v	Geschwindigkeit	km/h

4 Klassifizierungssystem

4.1 Definition der Streckenklassen

Die Anwendung eines Klassifizierungssystems mithilfe von Streckenklassen ermöglicht ein einfaches Verstehen der lastbezogenen Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur. Ein Ablaufplan für die Klasseneinteilung der Infrastruktur und die Einstufung der Fahrzeuge, wird in Anhang B gezeigt.

Die sich aus dem Klassifizierungsprozesses für die Infrastruktur ergebende Streckenklasse repräsentiert die Fähigkeit der Infrastruktur (Gleis, Unterbau, Erdbauwerke, Ingenieurbauwerke), den statischen vertikalen Lasten standzuhalten, die von den Fahrzeugen auf der Strecke oder auf Streckenabschnitten im Regelverkehr aufgebracht werden.

Jede Streckenklasse (a10, a12, a14, A, B1, B2, C2, C3, C4, D2, D3, D4, D5, D4xL und auch E4 und E5, E6) ist durch ein Lastmodell spezifiziert, das auf Referenzwagen basiert und durch die in Anhang A angegebenen Eigenschaften festgelegt ist:

- Radsatzlast;
- geometrische Merkmale der Radsatzabstände;
- Fahrzeuglänge.

Der Wert für die „Masse je Längeneinheit“ der Referenzwagen wird anhand der vorstehend genannten Parameter bestimmt.

4.2 Zusammenhang mit den Fahrzeugtypen

Die Lasteinwirkungen verschiedener Fahrzeugtypen werden mit den Lastmodellen verglichen, die die unterschiedlichen Streckenklassen definieren.

Die Mehrheit von Fahrzeugen einschließlich Güterwagen mit ihren entsprechenden Nutzlasten werden durch die Streckenklassen A, B1, B2, C2, C3, C4, D2, D3, D4 erfasst.

Die Streckenklassen D5, E4, E5 und E6 sind ausschließlich für Güterwagen festgelegt, die die Parameter der Streckenklassen D4 und D4xL übersteigen.

Lokomotiven werden zusätzlich durch Folgendes abgedeckt:

- Streckenklasse D4xL (zuzüglich einer optionalen, ausführlichen Spezifikation für Bereiche des Radsatzabstandes);
- Lokklassen L4 und L6.

Reisezugwagen und Triebzüge werden zusätzlich durch Folgendes abgedeckt:

- Streckenklassen a10, a12, a14 (zuzüglich einer optionalen, ausführlichen Spezifikation für Radsatzabstand und der Fahrzeuglänge). Die Streckenklassen a10, a12 und a14 wurden eigens für leichte Vollbahnfahrzeuge mit Radsatzlasten bis zu 14 t entwickelt.

ANMERKUNG Radlastmesseinrichtungen am Gleis und/oder an den Fahrzeugen können bei der Prüfung der Kompatibilität von Fahrzeugen, die höher als D4 oder D4xL eingestuft sind, mit der Infrastruktur nützlich sein.

4.3 Zusammenhang zwischen Streckenklasse und Geschwindigkeit

4.3.1 Allgemeines

Die Klasseneinteilung der Infrastruktur gilt für alle Arten von Vollbahnfahrzeugen, die unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten haben können (z. B. Güter- und Personenverkehr). Als zusätzliche Information zur zugehörigen Streckenklasse muss die festgelegte Höchstgeschwindigkeit angegeben werden.

Als Ergebnis der Klasseneinteilung der Infrastruktur können zusätzliche Angaben zur Festlegung der Streckenklassen angegeben werden, um zwei oder mehr Kombinationen (z. B. unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten und zugehörige Streckenklassen für Personen- und Güterzüge) abzudecken.

ANMERKUNG Beispiele, die die Angaben über die Klasseneinteilung der Strecke und den Zusammenhang mit der Geschwindigkeit veranschaulichen, sind in Anhang E angegeben.

Die zur Veröffentlichung verwendeten Kombinationen sollten den gesetzlichen, technischen und betrieblichen Anforderungen entsprechen (z. B. ETCS-Geschwindigkeitsstufen).

Bei der Klassifizierung von Ingenieurbauwerken (siehe 5.1) und anderen relevanten Infrastrukturkomponenten (siehe 5.2) ist die lokale Streckengeschwindigkeit zu berücksichtigen.

Die Streckenklasse und die zugehörige maximale Geschwindigkeit müssen als eine Einheit betrachtet werden.

4.3.2 Güterverkehr

Bei der Einteilung von Strecken in Streckenklassen müssen dynamische Einwirkungen bis zur maximalen Güterzuggeschwindigkeit (höchstens 120 km/h) berücksichtigt werden. Eine Geschwindigkeit von 120 km/h entspricht der Höchstgeschwindigkeit für den konventionellen Güterverkehr und ist die Gültigkeitsgrenze für den Güterverkehr bei der Anwendung von Streckenklassen. Bei einer Geschwindigkeit über 120 km/h müssen Einzelprüfungen durchgeführt werden.

Optional ist es zulässig, eine zusätzliche höhere Streckenklasse bei einer zugehörigen niedrigeren Geschwindigkeit (niedriger als die maximale Güterzuggeschwindigkeit) zu bestimmen.

In einigen Situationen ist es wünschenswert, die Streckenklasse bei einer niedrigeren Geschwindigkeit zu bestimmen, um die Streckenklasse zu maximieren.

Außerdem muss für D5-, E4-, E5- oder E6-Strecken eine zugehörige maximale Geschwindigkeit für diesen Verkehr zusammen mit der zugehörigen maximalen Geschwindigkeit für herkömmlichen Streckenverkehr der Streckenklasse D4 angegeben werden.

4.3.3 Mischverkehr und Personenverkehr

Auf Mischverkehrstrecken mit Personenverkehr ist die Streckenklasse bei maximaler Güterzuggeschwindigkeit nach 4.3.2 in der Regel ausreichend und für die Optimierung des Güterverkehrs geeignet.

Bei Fahrzeugen und Lokomotiven, die in die gleiche oder eine niedrigere Streckenklasse als die Strecke selbst eingestuft wurden und schneller als mit der maximalen Güterzuggeschwindigkeit verkehren, sind ausgehend von der maximalen Güterzuggeschwindigkeit zusätzliche Untersuchungen für die Klasseneinteilung der Ingenieurbauwerke (siehe 5.1) und der anderen relevanten Infrastrukturkomponenten (siehe 5.2) in Betracht zu ziehen.

Falls bei Geschwindigkeiten über 120 km/h und bis zur Streckenhöchstgeschwindigkeit unterschiedliche Kombinationen aus Streckenklassen und Geschwindigkeit festgelegt sind, müssen sie den allgemeinen technischen und betrieblichen Anforderungen oder Beschränkungen entsprechen.

Streckenklassen als Einstufungsinformationen für Geschwindigkeiten über 120 km/h können Fahrzeugtypen oder Verkehrsarten zugeordnet werden (siehe 5.1 und Beispiele im informativen Anhang C und im informativen Anhang E).

ANMERKUNG Bei manchen Fahrzeugtypen ist es möglich, dass andere Vorschriften für den Kompatibilitätsnachweis zusätzliche dynamische Kompatibilitätsprüfungen auf unterschiedlichen Geschwindigkeitsniveaus erfordern.

5 Klasseneinteilung der Infrastruktur

5.1 Ingenieurbauwerk

Bei der Einteilung einer Strecke eines Vollbahnsystems in Streckenklassen muss die Tragfähigkeit der das Gleis tragenden Bauwerke mithilfe der Lastmodelle nach Anhang A und unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit ermittelt werden. Die Geschwindigkeit(en) und, sofern maßgeblich, die Verkehrsarten müssen 4.2 und 4.3 entsprechen.

Das angewendete Verfahren zur Ermittlung der Tragfähigkeit der Bauwerke (Brücken und andere das Gleis tragenden Bauwerke) muss den Zustand der bestehenden Bauwerke berücksichtigen und den nationalen Anforderungen entsprechen.

ANMERKUNG 1 Beispiele der üblicherweise verwendeten Verfahren zur Bestimmung der Tragfähigkeit von bestehenden Bauwerken sind in Anhang D dargestellt.

Bei der Beurteilung der Tragfähigkeit von Bauwerken muss Folgendes berücksichtigt werden:

- Lastmodelle und die Kombination von Fahrzeugen müssen in der ungünstigsten Laststellung angewendet werden (z. B. auf Durchlaufträgern müssen die Teile, die eine entlastende Wirkung hervorrufen, vernachlässigt werden);
- dynamische Lasteinwirkungen (z. B. Verwendung des dynamischen Beiwertes für reale Züge nach EN 1991-2);
- Teilsicherheitsfaktoren für Eisenbahnverkehrslasten aufgrund der Massetoleranzen und der möglichen Überladung (siehe 6.1.2);
- bestehende betriebliche und andere Einschränkungen, die sich beispielsweise auf unterschiedliche Verkehrsarten beziehen.

Bei der Bestimmung der Streckenklasse und zugehöriger maximaler Betriebsgeschwindigkeit für Lokomotiven ist es zulässig, die geringere Wahrscheinlichkeit einer Überladung und Frachtverlagerung (im Vergleich zu anderen Verkehrsarten) zu berücksichtigen. Jede Verringerung der Teilsicherheitsfaktoren für Eisenbahnverkehrslasten sollte den nationalen Anforderungen entsprechen.

Die in Anhang A festgelegten Lastmodelle dienen der Klasseneinteilung der Strecken und dürfen nicht zur Bemessung neuer Tragwerke verwendet werden. Für die Bemessung neuer Tragwerke sind die in EN 1991-2 angegebenen Eisenbahnlasten zu verwenden.

Das Ergebnis der Klasseneinteilung jedes Tragwerkes einer Strecke muss die Anforderungen von Abschnitt 4 erfüllen.

Um das potentielle Risiko zu behandeln, das sich aus ungünstigen dynamischen Lasteinwirkungen auf Brücken ergibt, die auf Resonanz und andere übermäßige dynamische Lasteinwirkungen im Tragwerk zurückzuführen sind, muss die Notwendigkeit der Durchführung zusätzlicher dynamischer Überprüfungen entsprechend dem Risiko berücksichtigt werden, das auf der Kombination aus Fahrzeugtyp und Geschwindigkeit beruht.

ANMERKUNG 2 Anhang C enthält Leitlinien für Kombinationen aus Fahrzeugtyp und Geschwindigkeit, die keine dynamischen Kompatibilitätsüberprüfungen auf bestehenden Brücken erfordern.

5.2 Oberbau, Unterbau und Erdbauwerke

Die Tragfähigkeit der Strecke, Unterbau und Erdarbeiten müssen in Übereinstimmung mit nationalen Anforderungen bestimmt werden. Typischerweise berücksichtigen solche Verfahren die Schienenformen

und Gleiskomponenten, Schwellenabstand, Gleisgeometrie, Gleisqualität, jährliches Verkehrsaufkommen in Tonnen, Inspektions- und Instandhaltungsanordnungen und andere nationale Anforderungen usw.

Für den E4- und E5-Verkehr in Schienennetzen mit einer Spurweite von 1 435 mm wird eine maximale Betriebsgeschwindigkeit von 100 km/h und ein maximaler Überhöhungsfehlbetrag von 100 mm empfohlen (die Empfehlung für den Überhöhungsfehlbetrag kann für andere Schienennetze mit anderen Spurweiten angepasst werden). Bei E6-Verkehr wird eine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h empfohlen.

Um für Güterwagen mit Radsatzlasten über 22,5 t angemessene Geschwindigkeiten über 100 km/h einzuführen, sollten spezielle Studien durchgeführt werden, um die dynamischen Auswirkungen auf das Gleis zu überprüfen.

Die Übereinstimmung der nationalen Klassifizierungssysteme mit der Klasseneinteilung der Strecken nach diesem Dokument muss hergestellt werden.

Die Ergebnisse müssen zur Bestimmung der Streckenklasse nach diesem Dokument hinsichtlich der Tragfähigkeit von Oberbau, Unterbau und Erdbauwerken verwendet werden.

5.3 Ergebnisse der Klasseneinteilung der Infrastrukturen

Für die Klasseneinteilung einer Strecke oder eines Streckenabschnittes muss das niedrigste Ergebnis aus den Folgenden verwendet werden:

- Streckenklassifizierung von Ingenieurbauwerken in Übereinstimmung mit 5.1;
- Streckenklassifizierung von Oberbau, Unterbau und Erdbauwerken in Übereinstimmung mit 5.2;
- relevante zur Fahrgeschwindigkeit des Zuges zugehörige Anforderungen;
- andere allgemeine Anforderungen einschließlich Anforderungen im Hinblick auf die zulässigen Höchstfahrgeschwindigkeiten abhängig von:
- Verkehrsart;
- Fahrzeugtyp und Anzahl der in den Zug integrierten Fahrzeuge oder Einheiten;
- die Achsenanzahl des Zugs;
- andere Betriebsbedingungen;
- zusätzliche Voraussetzungen bezüglich der Gültigkeit der Streckenklassifizierung.

Das Ergebnis der Klasseneinteilung der Infrastruktur muss die zulässige(n) Streckenklasse(n) und deren zugehörige(n) maximale(n) Geschwindigkeit(en) für jede Strecke oder jeden Streckenabschnitt enthalten. Erforderlichenfalls sind die sich ergebenden zusätzlichen Geschwindigkeitsregelungen und betrieblichen Anforderungen in Bezug auf Lokomotiven (z. B. Lokklassen und zugehörige maximale Geschwindigkeit) oder Verkehrsarten (z. B. maximale Güterzug- oder Personenzuggeschwindigkeit) zu berücksichtigen.

Das aus dieser Norm resultierende Ergebnis für die Klasseneinteilung der Infrastruktur sollte für die Veröffentlichung und Umsetzung den internationalen und nationalen Anforderungen, einschließlich gesetzlicher, technischer und betrieblicher Anforderungen, angepasst werden.

Wenn die Klasseneinteilung der Strecke in Bezug zu der zugehörigen Geschwindigkeit D4xL, D5, E4, E5 oder E6 steht, muss auch die Höchstgeschwindigkeit für die Streckenklasse D4 angegeben werden.

ANMERKUNG Beispiele für die Ergebnisse von Klasseneinteilungen sind in Anhang E dargestellt.

6 Einstufung der Fahrzeuge

6.1 Allgemeine Regeln

6.1.1 Einstufung

Die Einstufung eines Fahrzeuges in Streckenklassen oder die Bestimmung der durch Streckenklassen ausgedrückten Nutzlastgrenzen eines Güterwagens ist repräsentativ für die von einem Fahrzeug oder einem Güterwagen hervorgerufenen statischen vertikalen Lastenwirkungen.

Ein Fahrzeug gilt für eine Streckenklasse als geeignet, wenn die statischen vertikalen Lastenwirkungen, die vom zu untersuchenden Zug mit unbegrenzter Fahrzeuganzahl hervorgerufen werden, gleich den statischen Lastenwirkungen sind, die durch das Lastmodell dieser Streckenklasse hervorgerufen werden, oder diese nicht überschreiten. Die Lastmodelle der Streckenklassen werden durch Referenzwagen und ihre Konfiguration in Anhang A festgelegt.

Für den erforderlichen Vergleich mit den statischen Lastenwirkungen sind die Radsatzlasten, die Radsatzanzahl, der Radsatzabstand und die Fahrzeuglänge erforderlich.

Es ist nicht korrekt, Masse je Längeneinheit „ p “ zur Einstufung eines realen Fahrzeugs in Streckenklassen zu verwenden. Für die Einstufung dürfen nur die Radsatzlast „ P “ und die geometrischen Eigenschaften des Referenzfahrzeugs sowie des einzustufenden Fahrzeugs verwendet werden.

Wo eine Fahrzeuggruppe als fester Zugverband betrieben wird, muss dieser Zugverband im Einstufungsprozess als ein Fahrzeug betrachtet werden.

Bei der Einstufung muss ein Zug mit einer unbegrenzten Fahrzeuganzahl berücksichtigt werden.

Bei unsymmetrischen Fahrzeugen (z. B. wenn der Überhang an den Fahrzeugenden ungleich ist oder die Radsatzlasten über die Länge des Fahrzeugs unterschiedlich ausfallen) ist die ungünstigste Orientierung des Fahrzeugs zu verwenden.

Die Streckenklasse eines Fahrzeugs oder die zulässige Nutzlast der Fahrzeuge muss so bestimmt werden, dass die maximalen Biegemomente und die maximalen Querkräfte infolge des einzustufenden Fahrzeugs an einem Einzelfeldträger bei jeder Stützweite und bei jeder Laststellung auf der Stützweite die Werte nicht überschreiten, die für die Lastmodelle nach Anhang A berechnet wurden.

Einfeldträger mit Stützweiten von $L = 1,0$ m bis $L = 100,0$ m müssen geprüft werden. Die maximalen Schrittweiten der Stützweite dürfen die Werte in Tabelle 1 nicht überschreiten.

Tabelle 1 — Maximale Schrittweite der Stützweite in Abhängigkeit von der Länge der Stützweite

Stützweitenbereich [m]	Maximale Schrittweite der Stützweite [m]
1,0 bis 10,0	0,2
10,0 bis 20,0	1,0
20,0 bis 60,0	2,0
60,0 bis 100,0	5,0

ANMERKUNG 1 Ein Beispiel für die Anwendung des Verfahrens ist in Anhang G angegeben.

ANMERKUNG 2 Die Bestimmung der maximalen Biegemomente und der maximalen Querkräfte kann mit Hilfe von Einflusslinien oder mit mehrstufigen Näherungsverfahren vorgenommen werden.

Die Anhänge H, I, J, O und P einschließlich Anhang N enthalten Tabellen für die Bestimmung der entsprechenden Streckenklasse ohne jegliche Berechnung, für den Fall, dass die festgelegten Bedingungen eingehalten werden.

6.1.2 Massen, Radsatzlasten und ihre Toleranzen

Für die Bestimmung der Streckenklasse (oder der Lokklasse) eines Fahrzeugtyps müssen die Nominalwerte der Radsatzlasten der in Spalte B von Tabelle 2 festgelegten Lastfälle verwendet werden. Wenn alle einzelnen Fahrzeuge desselben Fahrzeugtyps innerhalb der in den Spalten C bis D von Tabelle 2 angegebenen Toleranzen liegen, gilt deren Übereinstimmung mit dem Fahrzeugtyp für den Zweck dieser Europäischen Norm als nachgewiesen.

Die in Tabelle 2 spezifizierten Toleranzen dienen nur dem Zweck der Kategorisierung von Fahrzeugen nach dieser Norm. Sie widersprechen nicht den Toleranzspezifikationen für Masse, Achsen- oder Radlasten in anderen Spezifikationen, Normen oder Vorschriften.

Falls die für einen Fahrzeugtyp verwendeten Toleranzen diese akzeptierten Toleranzen überschreiten, muss die überschreitende Last durch Anheben der nominalen Radsatzlasten und der nominalen Massen, welche für die Bestimmung der Streckenklasse für den Fahrzeugtypen verwendet werden, berücksichtigt werden.

Falls einige Werte eines einzelnen Fahrzeugs außerhalb dieser akzeptierten Toleranz liegen, muss die überschreitende Last zum Nominalwert der Radsatzlast und zu den nominalen Massen addiert werden. Diese neuen Werte müssen für die Bestimmung der Streckenklasse dieses einzelnen Fahrzeugs verwendet werden.

Falls ein einzelnes Fahrzeug oder ein einzelner Fahrzeugtyp so verändert wird, dass dies zu Lasten außerhalb des akzeptablen Toleranzfeldes führt, muss die überschreitende Last zur nominalen Radsatzlast und zur nominalen Masse hinzugefügt werden. Diese neuen Werte müssen für die Bestimmung der Streckenklasse dieses einzelnen Fahrzeugs oder des Fahrzeugtyps verwendet werden.

In einigen dieser Fälle könnte eine Anpassung der Nominalwerte, m_{nom} und $P_{i,\text{nom}}$, zielführend sein, damit alle Werte den Toleranzen von Tabelle 2 entsprechen.

Bei Güterwagen erfordert eine Veränderung des Eigengewichts oder eine Veränderung der Verteilung der Radsatzlast eine Überprüfung der Nutzlastwerte im Lastgrenzraster.

Zur Kontrolle der Massen, Radsatzlasten und Radlasten einer Fahrzeugserie muss folgender Prozess verwendet werden:

Bei einer Serie von Fahrzeugen desselben Typs müssen zur Einstufung die gleichen Nominalwerte der Masse m_{nom} und Radsatzlasten $P_{i,\text{nom}}$ berücksichtigt werden, die als Fahrzeugreferenzmassen nach EN 15663 angegeben werden.

Die Verteilung der Radsatzlast an jedem einzelnen Fahrzeug muss durch Messen des Beladezustandes Auslegungsmasse bei betriebsbereitem Fahrzeug nach EN 15663 bestimmt werden (bei Güterwagen entspricht dieser Beladezustand dem Eigengewicht). Bei Lokomotiven und Fahrzeugen zur Personenbeförderung sind einzelne Radlasten zu messen.

Wenn ein Gegenstand (z.B. Masse des Zugpersonals, Anteile an Kraftstoff und Verbrauchsmaterialien, Verschleiß der Räder) nicht in den gemessenen Massen enthalten ist, müssen Anpassungen durch Berechnung vorgenommen werden.

Für den relevanten Massezustand (siehe Tabelle 2) müssen die Messergebnisse mit den fehlenden Nutzlastkomponenten (z. B. die Masse der Fahrgäste) rechnerisch vervollständigt werden.

Die gemessenen Werte für Masse, Radsatzlasten und Radlasten müssen innerhalb der in den Spalten C, D und E von Tabelle 2 angegebenen Toleranzbereichen liegen.

Falls die Nominalwerte der Masse oder Radsatzlast oder die Radsatzanordnung eines Fahrzeugtyps verändert werden (z. B. bei Änderung der Konstruktion), muss eine erneute Einstufung (oder bei Güterwagen eine erneute Berechnung der Nutzlastgrenzen) durchgeführt werden. In diesem Fall muss die Übereinstimmung mit den Toleranzen für die neuen Nominalwerte der Masse und der Radsatzlast durch erneute Messungen der Rad- und/oder Radsatzlast nachgewiesen werden.

Tabelle 2 — Festgelegte Toleranzen für die Einstufung von Fahrzeugen in Streckenklassen

A	B	C	D	E
Fahrzeugtyp	Lastfall für die Bestimmung der Nominalwerte zur Einstufung der Fahrzeuge	Akzeptierte Toleranzen und Abweichungen bei der Verwendung von Nominalwerten zur Einstufung von Fahrzeugen		
		Masse m	Radsatzlast P_i	Radlast Q_{ir} oder Q_{il}
Güterwagen	Auslegungsmasse bei normaler Zuladung (maximale Nutzlasten sind im Lastgrenzraster des Fahrzeugs festgelegt) nach EN 15663	a	≤ 100 kg auf jeder einzelnen Radsatzlast ^a	b
Lokomotiven ^c	Auslegungsmasse, betriebsbereites Fahrzeug, nach EN 15663	$\leq 3 \%$	$\leq 3 \%$	$\leq 5 \%$ der mittleren Radlast jedes einzelnen Radsatzes
Reisezugwagen Triebzüge	Auslegungsmasse mit außergewöhnlicher Zuladung nach 6.4.1	$\leq 3 \%$	$\leq 3 \%$	$\leq 5 \%$ ^d
Sonderfahrzeuge	Sonderfahrzeuge mit Eigenantrieb müssen als Lokomotiven behandelt werden, alle anderen als Güterwagen. Bei unveränderlichen Formationen aus verschiedenen Fahrzeugtypen muss der Ansatz, der für jedes Fahrzeug in der Formation angewendet wird, dem Fahrzeugtyp entsprechen.			

^a Das Leergewicht des Güterwagens (entsprechend der Auslegungsmasse im betriebsbereiten Zustand) zuzüglich der Nutzlast der maßgeblichen Streckenklasse (im Lastgrenzraster des Güterwagens gekennzeichnet), unter Berücksichtigung der UIC-Verladerichtlinien [10], ergeben die Höchstmasse und die maximale Radsatzlast. Die Nutzlasten im Lastgrenzraster müssen überarbeitet werden, wenn sich Änderungen der Radsatzlast von mehr als 100 kg infolge technischer Änderungen oder durch Änderung der Radsatzlastverteilung ergeben.

^b Das Verhältnis der beiden Radlasten an jedem Radsatz darf $10/8 = 1,25$ im beliebig beladenen Zustand nicht überschreiten. Außerdem darf die Summe aus beiden Radlasten nicht die Radsatzlast überschreiten, die für die Streckenklasse maßgeblich ist (UIC-Verladerichtlinie [10]).

^c Siehe Anhang N für ein Beispiel eines Wiegeprotokolls, das zur Unterstützung der Bestimmung der Radsatzlasten bei der Einstufung von Lokomotiven verwendet wird.

^d Jede einzelne Radlast entsprechend der Auslegungsmasse im Beladezustand mit Nutzlast (Zuladung) nach 6.4.1 darf die Hälfte der maximalen Radsatzlast, die für die jeweilige Streckenklasse gilt, um nicht mehr als 5 % überschreiten. Dies muss unter Berücksichtigung der gemessenen Radlastverteilung unter Eigengewicht mit einem berechneten Zuschlag für die Zuladung einschließlich jeglicher Exzentrizität des Masseschwerpunkts der Zuladung überprüft werden.

6.1.3 Ergebnisse der Fahrzeugeinstufung

Das Ergebnis des Einstufungsprozesses ist in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 — Einstufungsergebnisse

Fahrzeugtyp	Ergebnis
Güterwagen	Nutzlastgrenzen
Lokomotiven	Streckenklasse und, wenn verfügbar, Lokklasse
Triebzüge und Reisezugwagen	Streckenklassen in Kombination mit dem Niveau zugehöriger Werte für Fahrgastlast in Stehflächen (siehe 6.4.1)
Sonderfahrzeuge	Streckenklasse oder Nutzlastgrenzen

Wenn Fahrzeuge bzw. Güterwagen und Nutzlasten nicht eingestuft werden können, da sie außerhalb des Anwendungsbereiches der in 6.1 dieser Norm festgelegten Streckenklassen liegen, sind diese Fahrzeuge als individuelle Fahrzeuge zu behandeln.

Die folgenden Informationen, die Teil der technischen Dokumente des Fahrzeugs sind, sollten zur Verfügung gestellt werden, da sie für die Durchführung von individuellen Prüfungen zum Nachweis der Kompatibilität zwischen einem Fahrzeug und der Infrastruktur notwendig sind. Sie sollten im Kompatibilitätsnachweis aufgezeichnet werden:

- Fahrzeuggesamtmasse (für jedes Fahrzeug) und Radsatzmasse (für jeden Radsatz) für die Beladungszustände Auslegungsmasse im betriebsbereiten Zustand MVD (siehe EN 15663:2017+A1:2018, Tabelle 5) und Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung PXD (siehe EN 15663:2017+A1:2018, Tabelle 7 und Tabelle 8) nach 6.4.1;
- die Position der Radsätze entlang des Fahrzeugs (oder der unveränderlichen Fahrzeugformation) – Radsatzabstand und der Abstand zwischen Kupplungsebenen und angrenzenden Radsätzen;
- die Länge des Fahrzeugs (oder fester Zugverband);
- Auslegungswert der Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs (oder des festen Zugverbandes).

6.2 Güterwagen

6.2.1 Besondere Regeln für Güterwagen

Die Kompatibilität von Güterwagen und deren Beladungen mit der Tragfähigkeit der Strecken wird durch ihre geometrischen und lastspezifischen Eigenschaften, d. h. Radsatzabstand, Radsatzlasten und die sich daraus ergebende Masse je Längeneinheit, bestimmt.

Die Nutzlastgrenze der jeweiligen Streckenklasse muss nach 6.1 bestimmt werden.

Die maximal zulässige Nutzlast und Radsatzlast für jeden der jeweiligen Streckenklasse entsprechenden Wagentyp kann wie im Beispiel in Anhang G gezeigt berechnet werden. Anhang H und Anhang I zeigen eine einfache Möglichkeit zum Bestimmen der maximal zulässigen Zuladungen unter Verwendung von Tabellen mit den zulässigen Radsatzlasten für Güterwagen mit zwei Drehgestellen mit je zwei Radsätzen oder zwei Drehgestellen mit je drei Radsätzen.

Die vorstehend erwähnten Nutzlastgrenzen gelten nur, wenn die zulässige Nutzlast gleichmäßig über die gesamte Wagenlänge verteilt ist. Bei längsseitig verschobener oder ungleichmäßig verteilter Beladung muss die Nutzlast reduziert werden, sodass der Wert der zulässigen Radsatzlast nicht überschritten wird.

Zusätzlich zum allgemeinen Fall einer unbegrenzten Fahrzeuganzahl muss, für den Vergleich mit der Streckenklasse E6, der Lastfall „in den Referenzzug integriert“ berücksichtigt werden.

Bei manchen Fahrzeugtypen ist im Zustand Eigengewicht die Radsatzlast ungleichmäßig verteilt und/oder es liegt eine ungleichmäßige Verteilung einer Nutzlast über die verschiedenen Fahrwerke vor, die gleichmäßig über den Wagen verteilt wird. (Beispiele für solche Wagen sind Behälter- und Container-Tragwagen mit Gelenken, Taschenwagen oder Autotransporter). Bei diesen Fahrzeugtypen ist die Bestimmung des Lastgrenzrasters unter Berücksichtigung spezifischer Beladungsschemata zulässig. Für alle Beladungsschemata muss jede Radsatzlast bestimmt werden und die Übereinstimmung mit den zulässigen Radsatzlasten je Streckenklasse nachgewiesen werden. Diese Schemata über die zulässigen Beladungen müssen für die Benutzung des Wagens verpflichtend gemacht werden. Die im Lastgrenzraster anzugebenden Nutzlastwerte repräsentieren die Maximalwerte der Nutzlasten der zulässigen Schemata je Streckenklasse wieder.

In diesem Fall sind für die Bestimmung des Lastgrenzrasters folgende Schritte erforderlich:

- 1) Bestimmung der nominalen Radsatzlast im Zustand Eigengewicht nach EN 15663;
- 2) Bestimmung der zulässigen Radsatzlasten je Fahrwerk für jede Streckenklasse unter Verwendung des in 6.1 beschriebenen Einstufungsverfahrens;
- 3) Basierend auf den Ergebnissen aus Punkt 1) und 2): Für jede Streckenklasse Bestimmung der zulässigen Nutzlastanteile, die von jedem Fahrwerk übernommen werden;
- 4) Spezifikation möglicher Nutzlastpositionen, die in ein Belastungsschema aufgenommen werden müssen;
- 5) Bestimmung zulässiger Kombinationen von Nutzlasten und ihren Positionen, für die gezeigt werden kann, dass sie die zulässigen Nutzlastanteile jedes Fahrwerks nach Punkt 3) einhalten;
- 6) Die maximale Gesamtnutzlast aus allen für eine Streckenklasse zulässigen Belastungsschemata bestimmt den im Lastgrenzraster dokumentierten Wert;
- 7) Dokumentation jeder einzelnen nominalen Radsatzlast im Zustand Eigengewicht und der zulässigen Radsatzlast für jede Streckenklasse, Liste aller möglichen Belastungsschemata (Kombinationen aus Nutzlasten, ihrer Position und den daraus resultierenden Radsatzlasten).

Als Ausnahme dürfen Radsatzlasten von 20 t auf Strecken der Klasse C bis zu 0,5 t überschritten werden durch:

- Wagen mit 2 Radsätzen mit 20 t Radsatzlast und $14,10\text{ m} < \text{Länge über Puffer} < 15,50\text{ m}$, um ihre Nutzlast auf bis zu 25 t zu bringen;
- Wagen, die für 22,5 t Radsatzlasten ausgelegt sind, zum Ausgleich eines zusätzlichen Eigengewichtes, welches durch die Anpassung an solche Radsatzlasten entstanden ist;
- die höchstzulässige Radlast muss 11,1 t betragen.

6.2.2 Resultierende Lastgrenzen für Güterwagen

Die Berechnungsergebnisse der nach 6.1 und/oder 6.2.1 ermittelten maximalen Nutzlast eines Güterwagens für jede Streckenklasse müssen für das Lastgrenzraster als Teil der Wagenkennzeichnung nach EN 15877-1 berücksichtigt werden. Ein Beispiel hierfür ist in Anhang G enthalten.

Wenn aufgrund spezifischer Vorschriften geringere Nutzlastgrenzen erforderlich sind (z. B. Geschwindigkeitsbegrenzungen, Bremsen), müssen diese Werte im Lastgrenzraster verwendet werden.

Innerhalb jedes größeren Fertigungsloses müssen Wagengruppen mit gleicher Ausstattung identifiziert werden (z. B. Wagen mit Druckluftbremse, Wagen mit Druckluftbremse und Übergangssteg sowie Handbremse). Für jede Wagengruppe muss ein Nominalwert des Eigengewichts bestimmt werden, der für die Berechnung verwendet wird, wenn das Eigengewicht jedes einzelnen Güterwagens dieser Gruppe innerhalb der Toleranzen für Güterwagen entsprechend der Spalten C bis D von Tabelle 2 liegt. Alternativ kann das gemessene Gewicht eines einzelnen Wagens für die Bestimmung der Nutzlastgrenze für den zugehörigen Wagen verwendet werden.

Das Eigengewicht eines Wagens muss auf das nächste Zehntel einer Tonne gerundet werden.

Die auf dem Lastgrenzraster gekennzeichnete zugehörige Zuladung muss bis auf das nächste Zehntel einer Tonne abgerundet werden.

6.3 Lokomotiven

6.3.1 Allgemeines

Lokomotiven müssen in Streckenklassen nach 6.1 eingestuft werden. Zusätzlich zum allgemeinen Fall einer unbegrenzten Fahrzeuganzahl, müssen Lokomotiven, bei der Integration in einen Zug der Referenzwagen, mit den Lastmodellen der Streckenklassen verglichen werden. Dies gilt nicht für Streckenklasse D4xL.

Vereinfachte Verfahren zur Einstufung von Lokomotiven mit 4 Radsätzen und Lokomotiven mit 6 Radsätzen sind in 6.3.2 und 6.3.3 angegeben.

6.3.2 Lokomotiven mit 4 Radsätzen

Allgemein fallen die relevanten Parameter einer Lokomotive mit 4 Radsätzen unter die folgenden Bereiche:

- Radsatzlast: $16 \text{ t} \leq P \leq 22,5 \text{ t}$;
- Radsatzabstand am Drehgestell: $2,2 \text{ m} \leq a \leq 3,4 \text{ m}$;
- Masse je Längeneinheit: $p \leq 6,4 \text{ t/m}$;
- Abstand zwischen dem außenliegenden Radsatz und dem Ende der nächstgelegenen Kupplungsebene: $b \geq 1,9 \text{ m}$;
- Abstand zwischen den innenliegenden Radsätzen: $c \geq 2b$.

Sofern all diese Anforderungen erfüllt sind, bestimmt die maximale Radsatzlast die Streckenklasse und es ist keine Berechnung nach 6.1 erforderlich:

- Streckenklasse D2: $20 \text{ t} < \text{maximale Radsatzlast } P \leq 22,5 \text{ t}$;
- Streckenklasse C2: $18 \text{ t} < \text{maximale Radsatzlast } P \leq 20 \text{ t}$;
- Streckenklasse B2: $16 \text{ t} < \text{maximale Radsatzlast } P \leq 18 \text{ t}$.

Zusätzlich sind L4-Lokklassen in Anhang K festgelegt, um eine bessere Einteilung zu erzielen (z. B. um anzugeben, dass eine Lokomotive mit 4 Radsätzen und einer Radsatzmasse von 21,0 t mit einer Streckenklasse C2 kompatibel ist).

6.3.3 Lokomotiven mit 6 Radsätzen

Allgemein fallen die relevanten Parameter einer Lokomotive mit 6 Radsätzen unter die folgenden Bereiche:

- Maximale Radsatzlast $18 \text{ t} \leq P \leq 22,5 \text{ t}$;
- Abstand der Radsätze in einem Drehgestell: $1,50 \text{ m} \leq a \leq 2,20 \text{ m}$;
- die Masse je Längeneinheit $p \leq 6,4 \text{ t/m}$;
- der Abstand zwischen dem außenliegenden Radsatz und dem Ende der nächstgelegenen Kupplungsebene $b \geq 2,1 \text{ m}$.

Sofern all diese Anforderungen erfüllt sind, werden die durch P und a bestimmten Streckenklassen in Anhang J angegeben.

Um die Optimierung der Streckenklassen für die meisten Lokomotiven mit 6 Radsätzen zu unterstützen, sind in Anhang L die Lokklassen L6₁₉, L6₂₀, L6₂₁ und L6₂₂ festgelegt.

6.4 Triebzüge und Reisezugwagen

6.4.1 Allgemeines

Für die Einstufung von Triebzügen und Reisezugwagen in Streckenklassen (siehe 6.1) muss die Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung (MXD) nach EN 15663 unter Berücksichtigung der in Tabelle 4 genannten Werte für die Fahrgastlast auf Stehflächen genutzt werden.

Tabelle 4 — Werte für außergewöhnliche Fahrgastlast auf Stehflächen in kg/m² nach EN 15663

Zugtyp	Standardwert	spezieller Wert
M-I Hochgeschwindigkeits- und Fernverkehrseinheiten EN 15663:2017+A1:2018, Tabelle 7	320	p160 bis p320
M-II Andere Personenfahrzeuge als Hochgeschwindigkeits- und Fernverkehrseinheiten EN 15663:2017+A1:2018, Tabelle 8	500	p350 bis p700

Die Streckenklasse muss immer für die Standardwerte der Fahrgastlast auf Stehflächen in kg je m² in Tabelle 4, Spalte 2 dokumentiert werden. Die verwendete Zuladung muss durch einen tiefergestellten Zuladungsindex (z. B. D2₅₀₀ oder D2₃₂₀) ausgewiesen werden.

Falls ein anderer besonderer Wert der Fahrgastlast auf Stehflächen für das Fahrzeug in Übereinstimmung mit EN 15663 spezifiziert wird, der sich in dem in Tabelle 4, Spalte 3 angegebenen Bereich befindet, muss eine zweite Streckenklasse dokumentiert und mit einem voranstehenden „p“ im Zuladungsindex (z. B. C2_{p160} oder D2_{p420}) angezeigt werden.

Die Verwendung eines besonderen Werts für die Fahrgastlast auf Stehflächen für die Einstufung erfordert die Übereinstimmung mit dem Routenkompatibilitätsprozess.

In außergewöhnlichen Situationen, für spezifische Streckenabschnitte und/oder Einsätze und unter kontrollierten Bedingungen kann die Kompatibilität mit niedrigeren Streckenklassen für eine begrenzte Zuladung auf Stehflächen außerhalb des Bereichs von Tabelle 4 nachgewiesen werden, sofern dies im angewendeten Kompatibilitätsverfahren zulässig ist.

ANMERKUNG Um die Einstufung unter verschiedenen Betriebsbedingungen zu ermöglichen, denen unterschiedliche außergewöhnlichen Zuladungswerten auf Stehflächen entsprechen, ist es hilfreich, die Radsatzlasten von zwei Lastfällen zu dokumentieren. Dies ermöglicht die direkte Berechnung der Radsatzlasten unter solchen verschiedenen Betriebsbedingungen durch Interpolation.

Die Streckenklasseninformationen von Triebzügen und Reisezugwagen müssen zusammen mit den Informationen zu den statischen Radsatzlasten und der Radsatzposition entlang der Einheit (Radsatzabstand) in der technischen Dokumentation zum Fahrzeug verzeichnet werden.

Sofern der Wert ($u - 0,5 \cdot 2a^+$) unter 1,5 m liegt, müssen die Triebzüge oder Reisezugwagen, zusätzlich zu dem allgemeinen Fall einer unbegrenzten Fahrzeuganzahl, auch mit den Lastmodellen der Streckenklassen verglichen werden, wenn sie in einen Zug aus Referenzwagen eingestellt sind. Dies gilt nicht für Streckenklasse D4xL.

6.4.2 Triebzüge

Triebzüge einschließlich leichter Vollbahntriebzüge müssen in Streckenklassen eingestuft werden. Das in 6.1 beschriebene Verfahren kann bei Triebzügen durch eine in Anhang O angegebene und bei leichten Vollbahntriebzügen durch eine in Anhang P angegebene, einfache Parameterprüfung ersetzt werden.

Zur Festlegung der Streckenklasse eines Triebzugs siehe auch 6.4.1.

Der Vergleich darf nur in Fällen, in denen Triebzüge nie einen Zug mit anderen Fahrzeugen oder mit Fahrzeugen desselben Typs bilden, auf das Einzelfahrzeug oder den festen Zugverband beschränkt sein.

6.4.3 Reisezugwagen

Reisezugwagen müssen in Streckenklassen eingestuft werden.

Das in 6.1 beschriebene Verfahren kann durch die in Tabelle 5 und Tabelle 6 angegebene, einfache Parameterprüfung ersetzt werden.

Zur Festlegung der Streckenklasse eines Reisezugwagens siehe auch 6.4.1.

Tabelle 5 — Anforderungen für die Anwendung von Tabelle 6

Parameter	Parameterbereich
Radsatzabstand im Drehgestell	$1,8 \text{ m} \leq 2a^+ \leq 3,0 \text{ m}$
Drehgestellabstand zwischen Drehzapfen	$2a^* \geq 15,6 \text{ m}$
Überhang (Abstand zwischen Drehzapfen und Kupplungsebene)	$u \geq 3,0 \text{ m}$