

Ersetzt / Remplace / Replaces:

SN EN 15528:2016

Ausgabe / Edition: 2022-01

ICS Code: 03.220.30

45.060.20

# Bahnanwendungen - Streckenklassen zur Behandlung der Schnittstelle zwischen Lastgrenzen der Fahrzeuge und Infrastruktur

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

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

In der vorliegenden Schweizer Norm ist die EN 15528:2021 identisch abgedruckt.

Dans la présente norme Suisse le EN 15528:2021 est reproduit identiquement.

In this Swiss standard EN 15528:2021 is reprinted identically.

Nationales Vorwort Seite 3

Avant-propos national page 3

National introduction page 3

Für dieses Dokument ist das Normen-Komitee INB/NK 173 <<Eisenbahnwesen>> des interdisziplinären Normenbereichs zuständig.

Ce document est de la compétence du comité de normalisation INB/CN 173 <<Applications ferroviaires>> du secteur interdisciplinaire de normalisation.

The standardization committee INB/NK 173 <<Railway applications>> of the interdisciplinary sector is in charge of this document.

Ref Nr. / No. de réf / No ref.  
SN EN 15528:2022 de

Herausgeber / Editeur / Editor  
Schweizerische Normen-  
Vereinigung (SNV)  
Sulzerallee 70  
CH-8404 Winterthur  
© SNV

Vertrieb / Distribution  
Schweizerische Normen-  
Vereinigung (SNV)  
Sulzerallee 70  
CH-8404 Winterthur

Anzahl Seiten / Nombre de pages / Number of pages  
80 (Total) 76 (EN/ISO)

Gültig ab / Valide de / Valid from  
2022-01-01

Preisklasse / Classe de prix / Price class  
0020 SNV

### **Urheberrechtsvermerk**

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der SNV.

©SNV 2022

Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV)  
Association Suisse de Normalisation (SNV)  
Swiss Association for Standardization (SNV)  
Sulzerallee 70  
CH-8404 Winterthur  
Tel: +41 52 224 54 54  
Fax: +41 52 224 54 74  
Email: sales@snv.ch  
[www.snv.ch](http://www.snv.ch)

### **Norm (Schweizer Norm SN)**

Normative Publikation von Fachleuten erarbeitet mit anerkanntem Prozess nach internationalen Vorgaben.

### **Regel (Schweizer Regel SNR)**

Publikation mit normativem Charakter von Fachleuten erarbeitet, mit freiwillig durchgeführter oder beschränkter öffentlicher Umfrage. Schweizer Regeln haben eine limitierte Gültigkeitsdauer.

### **Guideline (Schweizer Guideline SNG)**

Publikation mit Erläuterungen zur Erstellung und Anwendung von Normen und Regeln. Enthält keine normativen Festlegungen.

### **Haftungsausschluss**

Der Herausgeber haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können.

## Nationales Vorwort

### Deutschsprachige Fassung der EN 15528:2021

Die Strecken des Normalspur-Schienennetzes der Schweiz sind in verschiedene Streckenklassen gemäss EN 15528 klassifiziert. Jede Streckenklasse ist durch die Belastbarkeit einer Strecke definiert, den durch die Lastmodelle repräsentierten Lasten (Referenzwagen) standzuhalten. Für den Verkehr in der Schweiz sind alle Eisenbahnfahrzeuge den Streckenklassen A, B1, B2, C2, C3, C4, D2, D3 und D4 zuzuordnen. Die Streckenklassen D5, E4, E5 und E6 sind ausnahmslos für schwere Güterwagen (Schwerlastwagen) bestimmt, für welche es in der Schweiz zurzeit (noch) keine freigegebenen Strecken gibt.

Gemäss den AB-EBV (AB 47.1 Ziffer 2.12) sind Eisenbahnfahrzeuge grundsätzlich nach den Regeln der EN 15528 ebenfalls in Streckenklassen einzustufen. Kann keine Kompatibilität unter Verwendung der vorgegebenen Streckenklassen erreicht werden, ist eine individuelle Einstufung erforderlich. Zudem sind bei der Überprüfung der statischen Kompatibilität für den Verkehr in der Schweiz auch die Bedingungen der Zugreihen zu berücksichtigen. Weitergehende Informationen können der SBB-Regelung I-50064 sowie den FDV entnommen werden.

Es wird den Anwendern dieser EN daher empfohlen, folgende Dokumente zu konsultieren:

- Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung AB-EBV
- SBB-Regelung I-50064 «Technischer Netzzugang: Regelung Streckenklassen»
- Fahrdienstvorschriften FDV

- Leerseite / page blanche / blank page -

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

© 2021 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 15528:2021 D

## 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 m<sup>2</sup> 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 Vollbahnsystems<sup>1</sup> 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 Vollbahnschienenetzes 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,  $m_{\text{nom}}$ , 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 <sup>2</sup>
$L$	Wagenlänge über Puffer	m
$L_{\text{Coa}}$	Länge des Reisezugwagens	m
$m$	Masse	t
$m_{\text{nom}}$	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 Triebzuggarnitur 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 Klassifizierungsprozess 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 Mischverkehrsstrecken 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 Lasteinwirkungen.

Ein Fahrzeug gilt für eine Streckenklasse als geeignet, wenn die statischen vertikalen Lasteinwirkungen, die vom zu untersuchenden Zug mit unbegrenzter Fahrzeuganzahl hervorgerufen werden, gleich den statischen Lasteinwirkungen 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 Lasteinwirkungen 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,  $m_{\text{nom}}$  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  $m_{\text{nom}}$  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
<b>Fahrzeugtyp</b>	<b>Lastfall für die Bestimmung der Nominalwerte zur Einstufung der Fahrzeuge</b>	<b>Akzeptierte Toleranzen und Abweichungen bei der Verwendung von Nominalwerten zur Einstufung von Fahrzeugen</b>		
		<b>Masse</b> $m$	<b>Radsatzlast</b> $P_i$	<b>Radlast</b> $Q_{ir}$ oder $Q_{il}$
<b>Güterwagen</b>	Auslegungsmasse bei normaler Zuladung (maximale Nutzlasten sind im Lastgrenzraster des Fahrzeugs festgelegt) nach EN 15663	a	$\leq 100$ kg auf jeder einzelnen Radsatzlast <sup>a</sup>	b
<b>Lokomotiven<sup>c</sup></b>	Auslegungsmasse, betriebsbereites Fahrzeug, nach EN 15663	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$	$\leq 5\%$ der mittleren Radlast jedes einzelnen Radsatzes
<b>Reisezugwagen Triebzüge</b>	Auslegungsmasse mit außergewöhnlicher Zuladung nach 6.4.1	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$	$\leq 5\%$ <sup>d</sup>
<b>Sonderfahrzeuge</b>	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.			
<p><sup>a</sup> 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.</p> <p><sup>b</sup> Das Verhältnis der beiden Radlasten an jedem Radsatz darf <math>10/8 = 1,25</math> 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]).</p> <p><sup>c</sup> Siehe Anhang N für ein Beispiel eines Wiegeprotokolls, das zur Unterstützung der Bestimmung der Radsatzlasten bei der Einstufung von Lokomotiven verwendet wird.</p> <p><sup>d</sup> 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.</p>				

### 6.1.3 Ergebnisse der Fahrzeugeinstufung

Das Ergebnis des Einstufungsprozesses ist in Tabelle 3 angegeben.

**Tabelle 3 — Einstufungsergebnisse**

<b>Fahrzeugtyp</b>	<b>Ergebnis</b>
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 L6<sub>19</sub>, L6<sub>20</sub>, L6<sub>21</sub> und L6<sub>22</sub> 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/m<sup>2</sup> nach EN 15663**

Zugtyp	Standardwert	spezieller Wert
<b>M-I</b> <b>Hochgeschwindigkeits- und Fernverkehrseinheiten</b> EN 15663:2017+A1:2018, Tabelle 7	320	p160 bis p320
<b>M-II</b> <b>Andere Personenfahrzeuge als Hochgeschwindigkeits- und Fernverkehrseinheiten</b> 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 m<sup>2</sup> in Tabelle 4, Spalte 2 dokumentiert werden. Die verwendete Zuladung muss durch einen tiefergestellten Zuladungsindex (z. B. D2<sub>500</sub> oder D2<sub>320</sub>) 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<sub>p160</sub> oder D2<sub>p420</sub>) 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)	$u \geq 3,0 \text{ m}$

**Tabelle 6 — Entsprechende Streckenklasse (in Verbindung mit Tabelle 5)**

Maximale Radsatzlast	Streckenklasse
≤ 10,0 t	a10
≤ 12,0 t	a12
≤ 14,0 t	a14
≤ 16,0 t	A
≤ 18,0 t	B1
≤ 20,0 t	C2
≤ 22,5 t	D2

## 6.5 Sonderfahrzeuge

Sonderfahrzeuge müssen in Streckenklassen eingestuft werden. Bei der Bestimmung der Streckenklasse müssen zwei verschiedene Fälle berücksichtigt werden:

Fall 1: ein Zug mit unbegrenzter Anzahl von festen Formationen (oder Einzelfahrzeugen);

Fall 2: ein einzelner festgelegter Zugverband oder ein einzelnes Fahrzeug, das in einen Zug aus Referenzwagen nach Anhang A (ausgenommen die Referenzwagen xL-a und xL-b) eingereiht wird, welcher der Streckenklasse aus Fall 1 entspricht.

Für die Einstufung muss der ungünstigere der beiden Fälle 1 und 2 angenommen werden.

Die Streckenklasse für Instandhaltungs-, Überwachungs- und Inspektionsfahrzeuge (siehe 3.1.21) unter Berücksichtigung der Konfiguration im Transportmodus muss in die technische Dokumentation aufgenommen werden.

## 7 Statische Kompatibilität der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Infrastruktur

Die Streckenklassen von Tabelle A.2, welche die grundlegenden Streckenklassen für alle Fahrzeuge darstellen, werden mithilfe der Großbuchstaben A, B, C, D und der Ziffern 1, 2, 3, 4 benannt (Ausnahme: Streckenklasse A hat keine Ziffer).

Die statische Kompatibilität zwischen einem Zug und einer Strecke ist dann nachgewiesen, wenn sowohl der Großbuchstabe und die Ziffer der Streckenklasse aller Fahrzeuge im Zug mit den Bezeichnungen für die Streckenklasse der Strecke übereinstimmen oder niedriger als diese sind.

Bei der Betrachtung eines Zugs muss das Fahrzeug mit der ungünstigsten Einstufung ausschlaggebend für den Zug sein.

Die maximal zulässige Fahrgeschwindigkeit eines Zugs ist das Minimum von:

- der für die Infrastruktur spezifizierten zulässigen Geschwindigkeit (siehe 5.3);
- der zulässigen Fahrgeschwindigkeit aller Fahrzeuge im Zug.

Güterverkehr ist mit der Strecke kompatibel, wenn die zur Nutzlast aller Güterwagen zugehörige Streckenklasse und die Streckenklasse der Lokomotive(n) die Streckenklasse der Strecke unter Beachtung der maximalen Güterzuggeschwindigkeit nicht überschreiten (siehe 4.3.2).

Personenverkehr ist mit der Strecke kompatibel, wenn die Streckenklassen der Lokomotiven und Reisezugwagen die Streckenklasse der Strecke unter Beachtung der zugehörigen maximalen Geschwindigkeit nicht überschreiten. Wenn erforderlich, müssen ergänzende Anforderungen (z. B. Lokklassen, Bedingungen für die Kompatibilität bei Einzelgenehmigungen durch individuelle Streckenüberprüfungen) berücksichtigt werden.

Wenn durch Verwendung der Streckenklassen keine Kompatibilität nachgewiesen werden kann, ist eine individuelle Streckenüberprüfung und/oder eine dynamische Kompatibilitätsprüfung durchzuführen.

ANMERKUNG 1 Die Verfahren individueller Streckenüberprüfungen und dynamischer Kompatibilitätsprüfungen sowie spezielle Vereinbarungen zwischen RU (en: Railway Undertaker/Undertaking) und IM (Infrastructure Manager) werden von dieser Norm nicht abgedeckt.

Eine individuelle Streckenüberprüfung ist notwendig:

- für einzelne Fahrzeuge außerhalb des Anwendungsbereichs von Streckenklassen (siehe 5.1 und 6.1.3);
- wenn die Streckenklasse eines Fahrzeugs oder die Nutzlastgrenze eines Güterwagens die Streckenklasse der Strecke überschreitet;
- bei außergewöhnlichen Sendungen<sup>2</sup> (z. B. beladene Wagen mit mehr als 8 Radsätzen);
- bei Güterverkehr, der die Anforderungen dieser Europäischen Norm nicht erfüllt;
- wenn die Betriebsgeschwindigkeit die zugehörige maximale Geschwindigkeit der Streckenklasse überschreitet;
- wenn der statische Ansatz, auf dem die Streckenklassen basieren, um die Wechselwirkung zwischen dem Zugverband und der Infrastruktur zu charakterisieren, nicht ausreicht.

In den meisten Fällen erfordern individuelle Streckenüberprüfungen ergänzende spezifische Untersuchungen oder Berechnungen.

ANMERKUNG 2 Informationen darüber, welche Streckenklasse und/oder welcher Typ von Fahrzeug oder Zug kompatibel mit welcher Höchstgeschwindigkeit ist, können für das Streckenkompatibilitätsverfahren verfügbar gemacht werden.

Wo der Einsatz eines neuen Fahrzeugs oder einer veränderten Nutzlast beabsichtigt ist, der eine individuelle Streckenüberprüfung erfordert, wird empfohlen, die Methode zum Kompatibilitätsnachweis während der ersten Phasen der Fahrzeugkonstruktion und/oder der Einsatzplanung zu klären.

Mögliche Ergebnisse individueller Streckenüberprüfungen sind:

- Kompatibilität nachgewiesen;
- Kompatibilität nachgewiesen unter Vorbehalt zusätzlicher Beschränkungen von Betriebsgeschwindigkeiten oder Beladung, Einschränkungen hinsichtlich des Zugverbandes, Verwendung von z. B. Schutzwagen;
- Kompatibilität nicht nachgewiesen, Betrieb des Fahrzeugs oder Zugs verweigert.

---

2 Außergewöhnliche Beförderungen sind in UIC 502-1 definiert.

## Anhang A (normativ)

### Referenzwagen und Lastmodelle zur Darstellung der Streckenklassen

In Tabelle A.1 werden die Referenzwagen beschrieben, die Teil der Lastmodelle sind, welche die Streckenklassen repräsentieren. Diese sind für alle Fahrzeuge in Tabelle A.2, für leichte Vollbahnfahrzeuge in Tabelle A.3 und für spezielle Fahrzeugarten in Tabelle A.4 festgelegt. Die in 3.2 festgelegten geometrischen Merkmale  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $L$  (Radsatzabstände, Abstände zwischen dem außenliegenden Radsatz und dem Ende der nächstgelegenen Kupplungsebene und zwischen zwei innenliegenden Radsätzen und der Länge über Puffer) werden in Tabelle A.1 grafisch dargestellt.

Tabelle A.1 — Eigenschaften der Referenzwagen

Referenzwagen	Radsatzlast $P$ (t)	Geometrische Merkmale	Masse je Längeneinheit $p$ (t/m) <sup>a</sup>
a10	10,0		2,0
a12	12,0		2,4
a14	14,0		2,8
A	16,0		5,0
B1	18,0		5,0



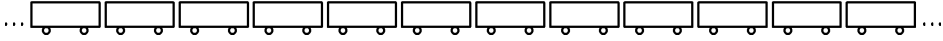
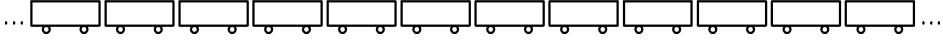


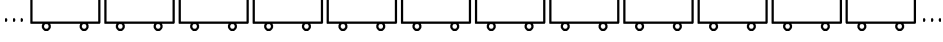


Referenz- wagen	Radsatz- last $P$ (t)	Geometrische Merkmale	Masse je Längen- einheit $p$ (t/m) <sup>a</sup>
B2	18,0		6,4
C2	20,0		6,4
C3	20,0		7,2
C4	20,0		8,0
D2	22,5		6,4
D3	22,5		7,2
D4	22,5		8,0
D5	22,5		8,8

Referenzwagen	Radsatzlast $P$ (t)	Geometrische Merkmale	Masse je Längeneinheit $p$ (t/m) <sup>a</sup>
xL-a	20,0		8,0
xL-b	22,5		7,4
E4	25,0		8,0
E5	25,0		8,8
E6	25,0		10,0

ANMERKUNG Zur Behandlung von Spezialverkehren auf bestimmten Strecken ist es möglich, zusätzliche Referenzwagen zu verwenden (z. B. Referenzwagen F mit Radsatzlast  $P$  gleich 27,5 t, G mit Radsatzlast  $P$  gleich 30,0 t oder H mit Radsatzlast  $P$  gleich 32,2 t).

<sup>a</sup> Es ist nicht korrekt, die Masse je Längeneinheit „ $p$ “ zur Kategorisierung eines realen Fahrzeugs in Streckenklassen zu verwenden. Die Werte für Masse je Längeneinheit „ $p$ “ wurden für die Spezifikation der Referenzwagenlänge verwendet. Für die Einstufung dürfen nur die Radsatzlast „ $P$ “ und die geometrischen Eigenschaften des Referenzfahrzeugs sowie die des einzustufenden Fahrzeugs verwendet werden. Zur Einstufung muss der Referenzwagen verwendet werden.

Tabelle A.2 — Lastmodelle, die die Streckenklassen für alle Fahrzeuge repräsentieren

Strecken- klasse	Anordnung der Referenzwagen <i>n</i> ... unbegrenzte Anzahl
A	$n \times A$ 
B1	$n \times B1$ 
B2	$n \times B2$ 
C2	$n \times C2$ 
C3	$n \times C3$ 
C4	$n \times C4$ 
D2	$n \times D2$ 
D3	$n \times D3$ 
D4	$n \times D4$ 

Das erste Zeichen, ein Buchstabe, charakterisiert die Grenze für die Radsatzlast, das zweite Zeichen, eine Ziffer, charakterisiert die Grenze für die Masse je Längeneinheit des zugehörigen Referenzwagens des Lastmodells. Die Streckenklassen sind durch Buchstaben  $A < B < C < D$  und Ziffern  $1 < 2 < 3 < 4$  gestuft.  $D2 < D3$  und  $C2 < D3$ , wobei  $D2$  für manche Stützweiten größer als  $C3$  und für andere kleiner als  $C3$  ist ( $D2 \neq C3$ ).

Tabelle A.3 — Lastmodelle zur Darstellung der Streckenklassen für leichte Vollbahnfahrzeuge


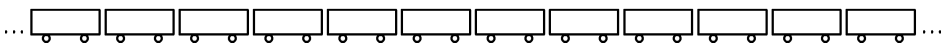
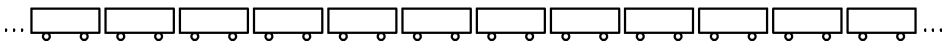





Strecken- klasse	Anordnung der Referenzwagen $n \dots$ unbegrenzte Anzahl
a10	$n \times a10$ 
a12	$n \times a12$ 
a14	$n \times a14$ 
Rangordnung: $a10 < a12 < a14$ ; A von Tabelle A.2 $> a10, a12$ und $a14$ .	

Tabelle A.4 — Lastmodelle zur Bestimmung der Streckenklassen für spezielle Fahrzeugarten

Strecken- klasse	Anordnung der Referenzwagen $n \dots$ unbegrenzte Anzahl
D4xL <sup>a</sup>	$n \times D4$ $xL - a$ $xL - b$ $xL - a$ $n \times D4$ 
D5 <sup>b</sup>	$n \times D5$ 
E4 <sup>b</sup>	$n \times E4$ 
E5 <sup>b</sup>	$n \times E5$ 
E6 <sup>b</sup>	$n \times E6$ 
Rangordnung: $E4 < E5 < E6$ ; $D5 < E5 < E6$ ; aber nicht vergleichbar $E4 \neq D5$ ; D4xL ist mit allen anderen nicht vergleichbar; alle Elemente von Tabelle A.4 $> D4$ von Tabelle A.2.	
ANMERKUNG Es ist möglich, Spezialverkehre nach abweichenden Vorschriften oder in andere Streckenklassen einzustufen, die in dieser Europäischen Norm nicht spezifiziert werden (z. B. Streckenklasse F - 27,5 t, G - 30,0 t oder H - 32,5 t).	
<sup>a</sup> D4xL wurde für Lokomotiven entwickelt. Es ist erlaubt, D4xL für andere Fahrzeugtypen zu verwenden.	
<sup>b</sup> D5, E4, E5 und E6 gelten nur für Güterwagen.	

## Anhang B (informativ)

### Ablaufplan: Klasseneinteilung der Infrastruktur und Einstufung der Fahrzeuge

Der Ablaufplan in Bild B.1 zeigt das Verfahren zur Klasseneinteilung der Infrastruktur und Einstufung der Fahrzeuge.

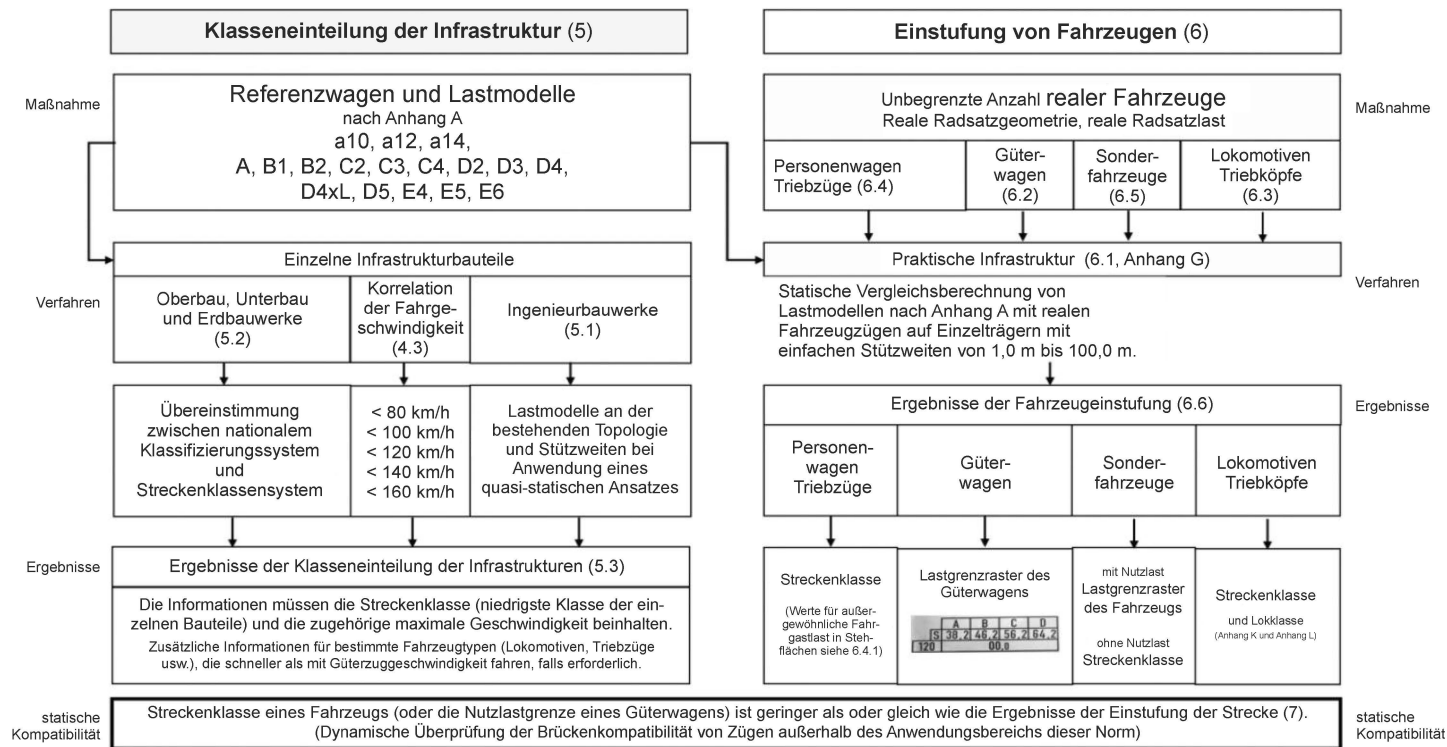


Bild B.1 — Ablaufplan für die Klasseneinteilung der Infrastruktur und Einstufung der Fahrzeuge

## **Anhang C** (informativ)

### **Geschwindigkeiten, bei denen keine dynamischen Kompatibilitätsüberprüfungen erforderlich sind**

Tabelle C.1 und Tabelle C.2 geben Hinweise zum Zusammenhang zwischen Streckenklasse/Lokklasse, Fahrzeugtyp und Höchstgeschwindigkeit, bei denen keine zusätzlichen dynamischen Überprüfungen für den Nachweis der Kompatibilität erforderlich sind.

Die Werte in Tabelle C.1 bieten grobe Anhaltspunkte. Es ist möglich, in jedem Schienennetz verschiedene Grenzwerte und Vorschriften anzugeben. Alle in Tabelle C.1 angegebenen Geschwindigkeitswerte über 120 km/h beziehen sich auf Strecken, die mindestens in Kategorie D2 klassifiziert sind.

**Tabelle C.1 — Geschwindigkeitsgrenze (in km/h) in Abhängigkeit von der Streckenklasse/Lokklasse und dem Fahrzeugtyp**

Streckenklasse/ Lokklasse des Fahrzeugs	Güter- wagen	Lokomotive	Reisezug- wagen	Triebzug	Sonder- fahrzeug
<b>a10<sup>a</sup></b>	—	—	—	—	—
<b>a12<sup>a</sup></b>	—	—	—	—	—
<b>a14<sup>a</sup></b>	—	—	—	—	—
<b>A</b>	120	120 <sup>b</sup> /160	160 <sup>c</sup>	160 <sup>c</sup>	120
<b>B1</b>	120	120 <sup>b</sup> /160	160 <sup>c</sup>	160 <sup>c</sup>	120
<b>B2</b>	120	120 <sup>b</sup> /160	—	—	120
<b>C2</b>	120	120 <sup>b</sup> /160	140 <sup>c</sup>	140 <sup>c</sup>	120
<b>C3</b>	120	120	—	—	120
<b>C4</b>	120	120	—	—	120
<b>D2</b>	120	120 <sup>b</sup> /160	120 <sup>c</sup>	120 <sup>c</sup>	120
<b>D3</b>	120	120	—	—	120
<b>D4</b>	120	120	—	—	120
<b>D4xL</b>	120 <sup>d</sup>	120	—	—	120
<b>D5</b>	100	—	—	—	100
<b>E4</b>	100	—	—	—	100
<b>E5</b>	100	—	—	—	100
<b>E6</b>	80	—	—	—	80
<b>L4</b>	—	120 <sup>b</sup> /160	—	—	—
<b>L6</b>	—	120	—	—	—

<sup>a</sup> Leichte Vollbahnfahrzeuge — die üblichen Betriebsgeschwindigkeiten fallen in der Regel niedriger aus als die Geschwindigkeiten, bei denen zusätzliche dynamische Überprüfungen durchgeführt werden müssten.

<sup>b</sup> Die Geschwindigkeitsbegrenzung gilt für drei oder mehr aneinander gekoppelte Lokomotiven. Ansonsten gilt der andere angegebene Geschwindigkeitswert.

<sup>c</sup> Weitere Grenzwerte von max „p“ siehe Tabelle C.2.

**Tabelle C.2 — Höchstwerte von  $p$  (t/m) für Reisezugwagen und Triebzüge**

Streckenklasse	A	B1	C2	D2
<b>max <math>p</math></b>	2,45	2,75	3,10	3,50

## **Anhang D** (informativ)

### **Verwendete Verfahren zur Bestimmung der Tragfähigkeit von Bestandstragwerken**

Verfahren, die üblicherweise für die Bestimmung der Tragfähigkeit von Tragwerken verwendet werden, beinhalten:

- Nachrechnung der Tragfähigkeit der Struktur unter Berücksichtigung der konstruktiven Beschaffenheit und Details, des Erhaltungszustands, der Verteilung der Lasteinwirkungen, der Materialeigenschaften, der Tragfähigkeit von Konstruktionselementen, andere sicherheitsrelevante Kriterien und bautechnische Leistungskriterien;
- Vergleich der originalen Lastbemessungsunterlagen mit den durch die Lastmodelle erzeugten Lasteinwirkungen unter Berücksichtigung der dynamischen Einwirkungen, falls notwendig, zusammen mit der Bewertung des Erhaltungszustandes und der prognostizierten Entwicklung der Tragwerkskapazität;
- Bei fehlenden Brückennachrechnungen oder Lastbemessungsunterlagen kann eine ingenieurmäßige Beurteilung erfolgen, um dem Tragwerk eine Streckenklasse zuzuordnen. Dies kann auf der Grundlage des aktuellen Tragwerkszustands und des Tragwerksverhaltens unter dem Einfluss der Streckenklasse von Fahrzeugen, die die Brücke regelmäßig bis zu derselben Geschwindigkeit in einem signifikanten Zeitraum benutzen, erfolgen.

Die verwendeten Verfahren sollten in Übereinstimmung mit nationalen Anforderungen sein.

## Anhang E (informativ)

### Anwendung der Ergebnisse der Einstufung der Strecke

#### E.1 Allgemeines

Das Ergebnis der Einstufung der Infrastruktur nach Abschnitt 5 ist immer mit einer bestimmten Geschwindigkeitsbegrenzung verbunden.

Diese mit einer Streckeneinstufung verbundene Geschwindigkeitsbegrenzung kann unter der veröffentlichten Streckenhöchstgeschwindigkeit liegen.

Eine einzelne Kombination von Streckenklasse – Geschwindigkeit wird in einigen Fällen nicht ausreichen, um alle möglichen Kombinationen (z. B. maximale Streckenklasse – zugehörige Geschwindigkeit, Höchstfahrgeschwindigkeit – zugehörige Streckenklasse) abzudecken.

**ANMERKUNG** Um den Bedarf an individuellen Streckenüberprüfungen zu verringern, kann die Veröffentlichung einer höheren Streckenklasse bei verringerter Fahrgeschwindigkeit oder einer geringeren Streckenklasse bei höherer Fahrgeschwindigkeit in Erwägung gezogen werden.

Die Umsetzung sollte in Übereinstimmung mit betrieblichen und technischen Anforderungen erfolgen. Typische mit der Geschwindigkeit verbundene Anforderungen könnten die Berücksichtigung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten der verschiedenen Fahrzeuge im Zugverband, Geschwindigkeitsbegrenzungen eines Zuges durch betriebliche Anforderungen und veröffentlichte Anforderungen zum Zusammenhang von Streckenklasse und zugehöriger maximaler Geschwindigkeit für die Infrastruktur beinhalten.

Die veröffentlichten Kombinationen Streckenklasse/zugehörige Fahrgeschwindigkeit sollten auch die gesetzlichen, technischen und betrieblichen Anforderungen im Hinblick auf Fahrgeschwindigkeit (z. B. ETCS- und zulässige Fahrgeschwindigkeitsstufen) erfüllen.

Klasseneinteilungen, die sich auf Lokomotiven beziehen, können in Übereinstimmung mit den in Anhang A festgelegten Lastmodellen oder den in Anhang K und Anhang L festgelegten Lokklassen angegeben werden.

Die folgenden Beispiele zeigen einige Möglichkeiten für die Angabe von Informationen über die Eignung der Infrastruktur, um die Überprüfung der Kompatibilität zwischen Fahrzeugbestand und Infrastruktur einer Route zu unterstützen:

#### E.2 Beispiel 1

Verkehrsart:	Mischverkehr
Streckengeschwindigkeit:	90 km/h
Veröffentlichte Informationen:	D4 –90
Zusätzliche Angaben:	-
Optional:	E4-60 D4xL-90

### E.3 Beispiel 2

Verkehrsart:	Mischverkehr
Streckengeschwindigkeit:	120 km/h
Höchstgeschwindigkeit im Güterverkehr:	100 km/h
Veröffentlichte Informationen:	C4 –100
Zusätzliche Informationen:	z. B. D2 oder L4 <sub>22,5</sub> (abgeleitet aus nationalen Bestimmungen)
Optional:	D4-80 D4xL-60

### E.4 Beispiel 3

Verkehrsart:	Mischverkehr
Lokale Streckengeschwindigkeit:	160 km/h
Höchstgeschwindigkeit im Güterverkehr:	120 km/h  (veröffentlicht und dokumentiert in den Nutzungsbedingungen, im Infrastrukturregister oder anderen Branchendokumenten)
Veröffentlichte Informationen:	D4 –120
Zusätzliche Informationen:	Informationen über Lokomotiven, Reisezugwagen und Triebzüge für Geschwindigkeiten von mehr als 120 km/h  z. B. Lok: D2-160 oder L4 <sub>22,5</sub>
Optional:	E4-100 D4xL-120

## Anhang F (informativ)

### Vergleich der RA-Klasseneinteilung mit Streckenklassen

In Großbritannien werden alle Strecken und Fahrzeuge anhand einer Route-Availability-Nummer nach einem RA (Route Availability) genannten Klassifizierungssystem eingestuft. Als Bestandteil der Fahrzeugzulassung ist die Einstufung der Fahrzeuge nach dem RA-System erforderlich. Das RA-System (umfasst die Berechnungsverfahren für die RA-Nummer eines Fahrzeugs) ist in der Railway-Group-Norm GE/RT8006 (Schnittstelle zwischen Fahrzeugmassen und Eisenbahnbrücken) festgelegt. Tabelle F.1 zeigt die Streckenklassen nach dieser Europäischen Norm, die dem RA-System entsprechen.

**Tabelle F.1 — Streckenklassen nach dem RA-System**

Streckenklasse	Richtung <sup>c</sup>	RA-Nummer <sup>a</sup>
a10, a12	⇔	RA 1
a14	⇔	RA 2
A	⇔	RA 3
B1	⇔	RA 5
B2	⇔	RA 6
C2	⇔	RA 7 <sup>b</sup>
C3	⇔	RA 8 <sup>b</sup>
C4	⇔	RA 10 <sup>b</sup>
D2	⇔	RA 8
D3	⇔	RA 8
D4	⇔	RA 10
ANMERKUNG D5, E4, E5 und E6 überschreiten RA 10.		
<p><sup>a</sup> Die Übereinstimmung gilt für Stützweiten bis zu 50 m. Zusätzliche Anforderungen gelten für Stützweiten über 50 m — siehe GE/RT8006. Außerdem ändert sich die Streckenklasse (z. B. D3, D4) eines Fahrzeugs mit einer bestimmten RA-Nummer je nach Stützweite und diese Tabelle sollte nicht verwendet werden, um die Streckenklasse (D3, D4 usw.) anhand der RA-Nummer zu bestimmen.</p> <p><sup>b</sup> Bei Streckenklasse C berücksichtigt die RA-Nummer die Ausnahme, dass Radsatzlasten von 20 t um bis zu 0,5 t überschritten werden können.</p> <p><sup>c</sup> Tabelle F.1 enthält ausschließlich die Zuordnung der Streckenklassen zu einer RA-Nummer und nicht den umgekehrten Fall. Der Zusammenhang zwischen den RA-Nummern und der Streckenklasse, der Geschwindigkeit und den unterschiedlichen Verkehrsarten nach EN 15528 ist komplex und es ist nicht sachgerecht, diese Tabelle mit Anhang F der TSI, welcher die Streckenverfügbarkeit in Großbritannien abdeckt, zu vergleichen.</p>		

## Anhang G (informativ)

### Beispiel der Berechnungsmethodik

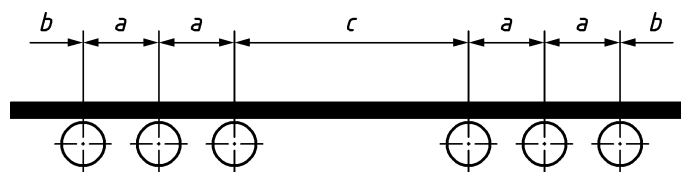
#### G.1 Allgemeines

Dieser Anhang beschreibt, wie Fahrzeuge in Streckenklassen einzustufen sind und wie das Lastgrenzraster eines Güterwagens berechnet wird.

##### Schritt 1: Angaben für Güterwagen

Der Fahrzeughersteller muss die relevanten Informationen zum einzustufenden Fahrzeug oder den einzustufenden Güterwagen bereitstellen (geometrische Merkmale, Eigengewicht, einzelne Radsatzlasten unter Eigengewicht, einzelne maximale Radsatzlasten des Fahrzeugs nach dieser Norm, in diesem Beispiel des voll beladenen Güterwagens).

Das Beispiel in diesem Anhang betrachtet einen Güterwagen mit zwei Drehgestellen zu je 3 Radsätzen (siehe Bild G.1).



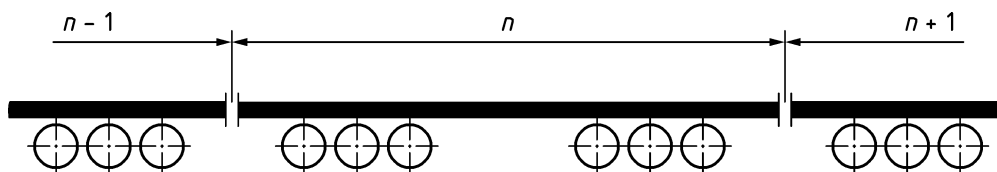
##### Legende

<i>a</i>	Radsatzabstand (1,8 m)
<i>b</i>	Abstand zwischen dem außenliegenden Radsatz und dem Ende der nächstgelegenen Kupplungsebene (1,5 m)
<i>c</i>	Abstand zwischen den beiden innenliegenden Radsätzen (6,7 m)
Eigengewicht	39 t (alle Radsatzlasten 6,5 t beim Güterwagen unter Eigengewicht)
Lastgrenze	99 t
Voll beladener Güterwagen	(bei diesem Beispiel 99 t + 39 t = 138 t, alle Radsatzlasten 23 t)

**Bild G.1 — Güterwagen mit 2 Drehgestellen zu je 3 Radsätzen**

##### Schritt 2: Berechnung

Wie in Bild G.2 dargestellt, ist ein Zug mit unbegrenzter Anzahl von 6-achsigen Wagen zusammenzustellen.



**Bild G.2 — Typische Zugformation mit einer unbegrenzten Anzahl von Wagen (voll beladen — 23,0 t Radsatzlast)**

Anhand dieses zusammengestellten Zugs aus Güterwagen werden die maximalen Biegemomente und maximalen Querkräfte an einfach gelagerten Balken mit Stützweiten im Bereich von 1 m bis 100 m berechnet und mit den Werten der maximalen Biegemomente und maximalen Querkräfte der Lastmodelle jeder Streckenklasse nach 6.1 verglichen.

Tabelle G.2 und Tabelle G.3 zeigen die berechneten Werte der maximalen Biegemomente und der maximalen Querkräfte für jede Stützweite, verglichen mit den entsprechenden Werten aus dem Lastmodell von E4. In der Spalte „voll/E4“ sind die resultierenden Werte, d. h. die „E4-Faktoren“, angegeben und der maximale Wert ist kenntlich gemacht: „E4-Faktor“ 1,159 aus Tabelle G.2 bei 16,0 m Stützweite und „E4-Faktor“ 1,110 aus Tabelle G.3 bei 13,0 m Stützweite.

Damit das beladene Fahrzeug beispielsweise mit der Streckenklasse E4 kompatibel ist, müssen die Lasteinwirkungen des Wagenzuges für jede Stützweite kleiner oder gleich sein als die Werte, die durch das Lastmodell E4 erzeugt werden.

Bild G.3 und Bild G.5 zeigen die Daten in graphischer Form, welche den Wagenzug mit dem Lastmodell E4 vergleicht.

### Schritt 3: Lastgrenzraster

In diesem Beispiel überschreiten die Werte des Wagenzuges die E4-Werte mit einem maximalen „E4-Faktor“ von 1,159 bei einer Stützweite von 16,0 m.

Um mit der Streckenklasse E4 kompatibel zu sein, wird die maximale Gesamtmasse des Wagens von 138 t auf 119 t reduziert (um  $1/1,159$ ). Die Nutzlastgrenze für E4 beträgt, wie in Tabelle G.1 gezeigt, 80,0 t (119 t minus 39 t Eigengewicht).

**Tabelle G.1 — Lastgrenzraster**

	A	B1	B2	C2	C3	C4	D2	D3	D4	D4xL	E4	E5
											80,0 t	

Als Hilfswerkzeug zur Ermittlung angenäherter Ergebnisse können die Werte in Tabelle H.1 und Tabelle I.1 verwendet werden. Genauere Werte können mit dem in Abschnitt 6 festgelegten und in diesem Anhang veranschaulichten Verfahren bestimmt werden.

**ANMERKUNG** Der resultierende Nutzlastwert für E4 unter Verwendung von Tabelle I.1 ist 78 t (19,5 t multipliziert mit 6, minus 39 t Eigengewicht).

Es könnte sein, dass weitere existierende Restriktionen für Güterwagen, bezogen auf die Höchstgeschwindigkeit des Güterwagens und die UIC-Verladerichtlinien (konzentrierte Ladung, exzentrische Ladung), zu einer weiteren Reduktionen der höchstzulässigen Nutzlasten führen.

## G.2 Berechnungsergebnisse

Die Ergebnisse des Beispielwagens von G.1 sind in den Tabellen G.2 und G.3 dargestellt.

**Tabelle G.2 — Maximale Biegemomente**

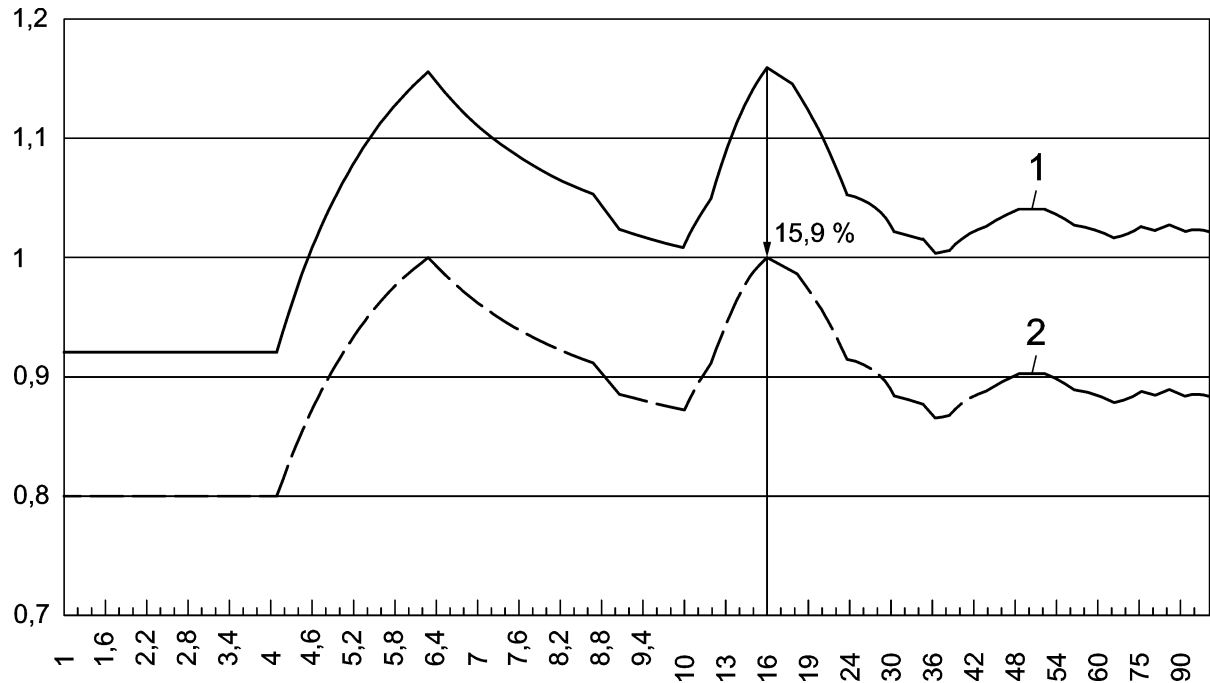
<b>Stütz- weite</b> [m]	<b>E4</b> [tm × 10]	<b>leer</b> [tm × 10]	<b>voll</b> [tm × 10]	<b>voll/E4</b>
5,6	493	156	552	1,119
5,8	517	166	587	1,133
6,0	542	176	621	1,146
6,2	567	185	656	1,155
6,4	605	195	690	1,141
6,6	642	205	725	1,128
6,8	679	214	759	1,117
13,0	2 093	641	2 268	1,083
14,0	2 340	737	2 608	1,115
15,0	2 588	834	2 950	1,140
16,0	2 840	930	3 292	<b>1,159</b>
17,0	3 152	1 027	3 634	1,153
18,0	3 473	1 124	3 976	1,145
19,0	3 844	1 221	4 319	1,123

Tabelle G.3 — Maximale Querkräfte

Stütz- weite [m]	E4 [t × 10]	leer [t × 10]	voll [t × 10]	voll/E4
4,2	393	111	394	1,004
4,4	398	115	408	1,025
4,6	402	119	420	1,044
4,8	406	122	431	1,062
5,0	420	125	442	1,051
5,2	433	128	451	1,043
5,4	444	130	460	1,035
11,0	700	209	740	1,067
12,0	725	224	794	1,094
13,0	756	237	839	<b>1,110</b>
14,0	791	248	877	1,109
15,0	833	257	911	1,093
16,0	875	266	940	1,074
17,0	912	273	969	1,061

### G.3 Diagramm der Berechnungsergebnisse

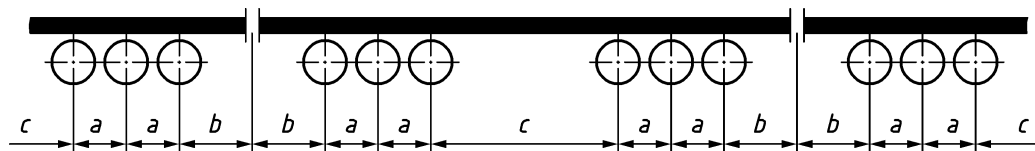
Die in Tabelle G.2 und Tabelle G.3 gezeigten Ergebnisse des Beispielwagens von G.1 sind in Bild G.3 und Bild G.5 als Diagramme dargestellt. Bild G.4 zeigt den untersuchten Wagen.



#### Legende

- 1 voll/E4
- 2 mit E4 entsprechender Nutzlast beladener Güterwagen

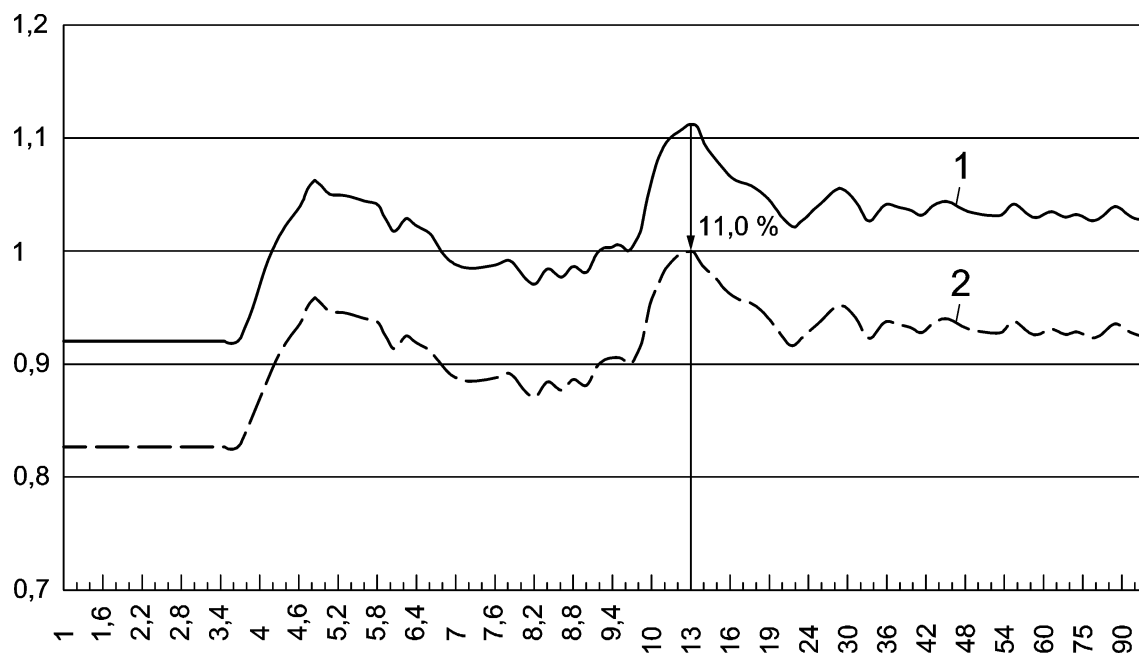
**Bild G.3 — Verhältnis der Biegemomente von Einfeldträgern mit Stützweiten von 1 m bis 100 m; maximales Biegemoment von beladenen Güterwagen/maximales Biegemoment von E4**



#### Legende

- $a$  Radsatzabstand
- $b$  Abstand zwischen dem außenliegenden Radsatz und dem Ende der nächstgelegenen Kupplungsebene
- $c$  Abstand zwischen den beiden innenliegenden Radsätzen

**Bild G.4 — Güterwagen mit 2 Drehgestellen zu je 3 Radsätzen, wobei  $a = 1,8$  m,  $b = 1,5$  m,  $c = 6,7$  m, Eigengewicht = 39 t, Nutzlastgrenze des Wagens = 99 t, voll beladener Güterwagen = 138 t und Radsatzlast = 23 t**



**Legende**

- 1 voll/E4
- 2 mit E4 entsprechender Nutzlast beladener Güterwagen

**Bild G.5 — Verhältnis der Querkräfte von Einfeldträgern mit Stützweiten von 1 m bis 100 m; maximale Querkraft von beladenen Güterwagen/maximale Querkraft von E4**

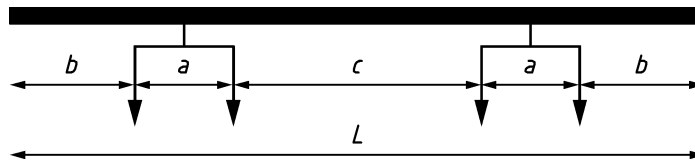
## Anhang H (informativ)

### Höchstzulässige Radsatzlast $P$ — Wagen mit zwei Drehgestellen mit je 2 Radsätzen

In Tabelle H.1 sind die höchstzulässigen Radsatzlasten  $P$  für Güterwagen mit zwei Drehgestellen mit je 2 Radsätzen auf den Streckenklassen in Abhängigkeit von den Abmessungen  $a$  und  $b$  angegeben. Die Abmessungen sind in Bild H.1 dargestellt. Mit Hilfe von Tabelle H.1 können Berechnungen nach 6.1 ersetzt werden.

Die in Tabelle H.1 angeführten Radsatzlasten gelten nur, wenn:

- der Abstand zwischen den beiden innenliegenden Radsätzen größer ist als das Doppelte des Abstandes zwischen dem außenliegenden Radsatz und der nächstgelegenen Kupplungsebene ( $c > 2 \cdot b$ ). Wenn das nicht der Fall ist, dann ist für das Maß  $b$  der Wert  $c/2$  oder der nächst kleinere Wert nach Tabelle H.1 zu nehmen. Wenn  $c/2 < 1,20$  m ist, dann ist eine Berechnung erforderlich (siehe 6.1) und
- die Wagenlänge über Puffer  $L$  derart ist, dass die Masse je Längeneinheit in die Masse je Längeneinheit des Referenzwagens der beabsichtigten Streckenklasse passt. Ansonsten ist die zulässige Radsatzlast  $P$  niedriger oder gleich  $pL/4$  bei zulässiger Masse je Längeneinheit des Referenzwagens der Streckenklasse.
- Bei Streckenklasse E6 beträgt die Mindestwagenlänge über Puffer 11 m.



#### Legende

- $a$  Radsatzabstand
- $b$  Abstand zwischen dem außenliegenden Radsatz und dem Ende der nächstgelegenen Kupplungsebene
- $c$  Abstand zwischen den beiden innenliegenden Radsätzen
- $L$  Wagenlänge über Puffer

**Bild H.1 — Geometrie von Wagen mit Drehgestellen zu 2 Radsätzen**

**Tabelle H.1 — Höchstzulässige Radsatzlast  $P$  für Güterwagen mit zwei Drehgestellen mit je 2 Radsätzen für verschiedene Streckenklassen im Verhältnis zu den Maßen  $a$  und  $b$**

Werte der Maße		Streckenklassen						
$a$ [m]	$b$ [m]	A [t]	B2 B1 [t]	C4 C3 C2 [t]	D5 D4 D3 D2 [t]	D4xL [t]	E4 E5 [t]	E6 [t]
1,80	1,50	16,0	18,0	20,0	22,5	22,5	25,0	25,0
	1,40	15,0	17,0	19,0	21,5	22,5	24,0	24,5
	1,30	14,5	16,5	18,5	20,5	22,0	23,0	24,0
	1,20	14,0	16,0	17,5	20,0	21,5	22,0	24,0
1,70	1,50	15,0	17,0	19,0	21,5	22,5	23,5	25,0
	1,40	15,0	17,0	19,0	21,0	22,0	23,5	24,5
	1,30	14,0	16,0	18,0	20,0	21,5	22,5	24,0
	1,20	14,0	15,5	17,5	19,5	21,0	21,5	23,5
1,60	1,50	14,5	16,0	18,0	20,5	21,0	22,5	23,5
	1,40	14,5	16,0	18,0	20,0	21,0	22,5	23,5
	1,30	14,0	15,5	17,5	20,0	21,0	22,0	23,5
	1,20	13,5	15,0	17,0	18,5	20,5	21,0	23,0
1,50	1,50	13,5	15,5	17,0	19,5	20,0	21,0	22,5
	1,40	13,5	15,5	17,0	19,5	20,0	21,0	22,5
	1,30	13,5	15,5	17,0	19,0	20,0	21,0	22,5
	1,20	13,0	14,5	17,0	18,0	20,0	20,5	22,5
1,40	1,50	13,0	14,5	16,5	18,5	19,0	20,0	21,5
	1,40	13,0	14,5	16,5	18,5	19,0	20,0	21,5
	1,30	13,0	14,5	16,5	18,5	19,0	20,0	21,5
	1,20	13,0	14,5	16,5	18,5	19,0	20,0	21,5
1,30	1,50	12,5	14,0	15,5	17,5	18,5	18,5	20,0
	1,40	12,5	14,0	15,5	17,5	18,5	18,5	20,0
	1,30	12,5	14,0	15,5	17,5	18,5	18,5	20,0
	1,20	12,5	14,0	15,5	17,5	18,5	18,5	20,0

### BEISPIEL 1

Wagen mit zwei Drehgestellen mit je 2 Radsätzen ( $a = 1,62$  m,  $b = 1,43$  m,  $c = 7,30$  m, Eigengewicht = 28,22 t)

Die Lastgrenze wird nach Streckenklasse C3 bestimmt:

- a) es ist zu überprüfen, ob  $c > 2b$  ( $7,3$  m  $>$   $2 \cdot 1,43$  m) und ob  $c/2 > 1,2$  ( $7,3$  m/2  $>$  1,2 m);
- b) die Werte  $a$  und  $b$  werden auf die erste Dezimalstelle abgerundet (1,62 m auf 1,60 m, 1,43 m auf 1,40 m);
- c) der Tabellenwert  $P$  für  $a = 1,60$  m und  $b = 1,40$  m und C3 ist 18,0 t;
- d) es ist zu überprüfen, ob die Masse je Längeneinheit  
 $4P / (2 \cdot (a + b) + c) \leq 7,2$  t/m ( $4 \cdot 18,0$  t / ( $2 \cdot (1,62$  m +  $1,43$  m) +  $7,3$  m) =  $5,37$  t/m  $<$   $7,20$  t/m);
- e) die zugehörige Nutzlastgrenze für C3 ist  $4P - \text{Eigengewicht}$  (auf ein Zehntel einer Tonne aufgerundet)  $4 \cdot 18$  t -  $28,3$  t =  $43,7$  t.

Aufgrund der Tatsache, dass die Tabelle ein Hilfswerkzeug ist, ist das Ergebnis von 43,7 t ein Näherungswert. Das Ergebnis der Berechnung nach 6.1 ist 44,4 t.

### BEISPIEL 2

Wagen mit zwei Drehgestellen mit je 2 Radsätzen ( $a = 1,45$  m,  $b = 1,23$  m,  $c = 2,93$  m, Eigengewicht = 20,30 t)

Die Lastgrenze wird nach Streckenklasse D5 bestimmt:

- a) Prüfen, ob  $c > 2b$  ( $2,93$  m  $>$   $2 \cdot 1,45$  m) und ob  $c/2 > 1,2$  ( $2,93$  m / 2  $>$  1,2 m); **OK**
- b) die Werte  $a$  und  $b$  werden auf die erste Dezimalstelle abgerundet (1,45 m auf 1,40 m, 1,23 m auf 1,20 m);
- c) der Tabellenwert  $P$  für  $a = 1,40$  m und  $b = 1,20$  m und D5 ist 18,5 t;
- d) Prüfen, ob die Masse je Längeneinheit  
 $4 \cdot P / (2 \cdot (a + b) + c) \leq 8,8$  t/m ( $4 \cdot 18,5$  t / ( $2 \cdot (1,45$  m +  $1,23$  m) +  $2,93$  m) =  $8,93$  t/m  $>$   $8,80$  t/m); **nicht OK**;  
 → der in der Tabelle dargestellte Wert  $P$  muss reduziert werden:
- e)  $P_{\text{red}} = 8,8$  t/m /  $8,93$  t/m  $\cdot 18,5$  t =  $18,2$  t (auf die erste Dezimalstelle abgerundet)
- f) die zugehörige Nutzlastgrenze für D5 ist  
 $4P_{\text{red}} - \text{Eigengewicht}$  (auf ein Zehntel einer Tonne aufgerundet) =  $4 \cdot 18,2$  t -  $20,3$  t =  $52,5$  t.

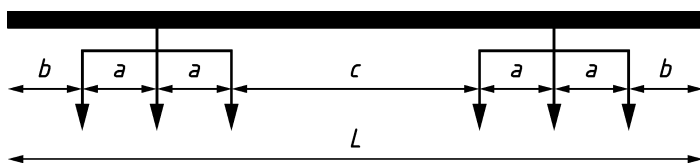
## Anhang I (informativ)

### Höchstzulässige Radsatzlast $P$ — Wagen mit zwei Drehgestellen mit je 3 Radsätzen

In Tabelle I.1 sind die höchstzulässigen Radsatzlasten  $P$  für Güterwagen mit zwei Drehgestellen mit je 3 Radsätzen auf den Streckenklassen in Abhängigkeit von den Abmessungen  $a$  und  $b$  angegeben. Die Abmessungen sind in Bild I.1 dargestellt. Mit Hilfe von Tabelle I.1 können Berechnungen nach 6.1 ersetzt werden.

Die in Tabelle I.1 angeführten Radsatzlasten gelten nur, wenn:

- der Abstand zwischen den beiden innenliegenden Radsätzen größer ist als das Doppelte des Abstandes zwischen dem außenliegenden Radsatz und der nächstgelegenen Kupplungsebene ( $c > 2 \cdot b$ ). Wenn das nicht der Fall ist, dann ist für das Maß  $b$  der Wert  $c/2$  oder der in der Tabelle angegebene nächste kleinere Wert zu nehmen. Wenn  $c/2 < 1,20$  m ist, dann ist eine Berechnung erforderlich (siehe 6.1); und
- die Wagenlänge über Puffer  $L$  derart ist, sodass die Masse je Längeneinheit  $p$  in die Masse je Längeneinheit des Referenzwagens der beabsichtigten Streckenklasse passt. Ansonsten ist die zulässige Radsatzlast  $P$  niedriger oder gleich  $p \cdot L/6$ , bei zulässiger Masse je Längeneinheit des Referenzwagens der Streckenklasse.



#### Legende

- $a$  Radsatzabstand
- $b$  Abstand zwischen dem außenliegenden Radsatz und dem Ende der nächstgelegenen Kupplungsebene
- $c$  Abstand zwischen den beiden innenliegenden Radsätzen
- $L$  Wagenlänge über Puffer

Bild I.1 — Wagen mit zwei Drehgestellen mit je 3 Radsätzen

**Tabelle I.1 — Höchstzulässige Radsatzlast  $P$  für Wagen mit zwei Drehgestellen mit je 3 Radsätzen, für verschiedene Streckenklassen im Verhältnis zu den Maßen  $a$  und  $b$**

Werte der Maße		Streckenklassen													
$a$ [m]	$b$ [m]	A [t]	B1 [t]	B2 [t]	C2 [t]	C3 [t]	C4 [t]	D2 [t]	D3 [t]	D4 [t]	D4xL [t]	D5 [t]	E4 [t]	E5 [t]	E6 [t]
1,80	1,50	12,5	13,5	14,0	16,0	16,0	16,0	17,0	18,0	18,0	21,0	18,0	19,5	20,0	25,0
	1,40	12,5	13,5	14,0	15,5	16,0	16,0	17,0	17,5	18,0	20,5	18,0	19,0	20,0	25,0
	1,30	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	16,0	16,5	17,0	18,0	20,0	18,0	19,0	19,5	24,0
	1,20	12,0	13,0	14,0	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	20,0	17,5	18,5	19,0	23,5
1,70	1,50	12,5	13,5	13,5	15,5	15,5	15,5	17,0	17,5	17,5	20,5	17,5	19,0	19,5	25,0
	1,40	12,0	13,0	13,5	15,0	15,5	15,5	16,5	17,0	17,5	20,0	17,5	19,0	19,5	24,0
	1,30	12,0	13,0	13,5	15,0	15,5	15,5	16,0	17,0	17,5	20,0	17,5	18,5	19,0	23,5
	1,20	12,0	13,0	13,5	14,5	15,5	15,5	16,0	16,5	17,0	19,5	17,0	18,0	18,5	22,5
1,60	1,50	12,0	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	16,5	16,5	16,5	20,0	17,0	19,0	19,0	23,0
	1,40	12,0	13,0	13,5	15,0	15,0	15,0	16,0	16,5	16,5	20,0	17,0	18,5	19,0	22,5
	1,30	11,5	13,0	13,5	14,5	15,0	15,0	16,0	16,5	16,5	19,5	16,5	18,0	18,5	22,5
	1,20	11,5	12,5	13,5	14,0	15,0	15,0	15,5	16,0	16,5	18,5	16,5	18,0	18,0	21,5
1,50	1,50	11,5	13,0	13,0	14,5	14,5	14,5	16,0	16,0	16,0	20,0	16,5	18,0	18,0	21,0
	1,40	11,5	13,0	13,0	14,5	14,5	14,5	16,0	16,0	16,0	19,0	16,5	18,0	18,0	21,0
	1,30	11,5	12,5	13,0	14,5	14,5	14,5	15,5	16,0	16,0	18,5	16,0	17,5	18,0	21,0
	1,20	11,5	12,5	13,0	14,0	14,5	14,5	15,5	16,0	16,0	18,0	16,0	17,5	18,0	20,5
1,40	1,50	11,0	12,5	12,5	14,0	14,0	14,0	15,5	15,5	15,5	18,0	16,0	17,5	17,5	19,5
	1,40	11,0	12,5	12,5	14,0	14,0	14,0	15,5	15,5	15,5	18,0	16,0	17,5	17,5	19,5
	1,30	11,0	12,5	12,5	14,0	14,0	14,0	15,5	15,5	15,5	18,0	15,5	17,5	17,5	19,5
	1,20	11,0	12,5	12,5	14,0	14,0	14,0	15,5	15,5	15,5	17,5	15,5	17,0	17,5	19,5
1,30	1,50	10,5	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	17,0	15,5	17,0	17,0	18,5
	1,40	10,5	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	17,0	15,5	17,0	17,0	18,5
	1,30	10,5	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	17,0	15,5	17,0	17,0	18,5
	1,20	10,5	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	17,0	15,5	17,0	17,0	18,5

BEISPIEL

Wagen mit 2 Drehgestellen zu je 3 Radsätzen ( $a = 1,80$  m,  $b = 1,50$  m,  $c = 6,70$  m, Eigengewicht 39,00 t)

Die Nutzlastgrenze wird nach Streckenklasse E4 bestimmt:

- 1) es ist zu überprüfen, ob  $c > 2b$  ( $6,70$  m  $>$   $2 \cdot 1,50$  m) und ob  $c/2 > 1,2$  m ( $6,70$  m /  $2 >$   $1,2$  m);
- 2) die Werte  $a$  und  $b$  werden auf die erste Dezimalstelle abgerundet ( $1,80$  m auf  $1,80$  m,  $1,50$  m auf  $1,50$  m);
- 3) der Tabellenwert  $P$  für  $a = 1,80$  m und  $b = 1,50$  m und E4 ist  $19,5$  t;
- 4) es ist zu überprüfen, ob die Masse je Längeneinheit  $6P / (2 \cdot (b + 2a) + c) \leq 8,0$  t/m;  
( $6 \cdot 19,5$  t / ( $2 \cdot (1,50$  m +  $2 \cdot 1,80$  m)) +  $6,70$  m) =  $6,90$  m  $<$   $8,0$  t/m);
- 5) die zugehörige Nutzlastgrenze für E4 ist  
 $6P - \text{Eigengewicht} = 6 \cdot 19,5$  t -  $39,0$  t =  $78,0$  t (auf ein Zehntel einer Tonne aufgerundet)

Aufgrund der Tatsache, dass die Tabelle ein Hilfswerkzeug ist, ist das Ergebnis von  $78,0$  t ein Näherungswert. Das Berechnungsergebnis nach 6.1 ist  $80,0$  t.

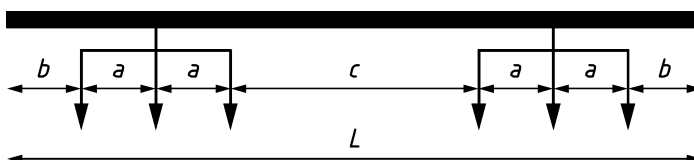
## Anhang J (informativ)

### Streckenklassen für Lokomotiven mit 6 Radsätzen

Um die Berechnung nach 6.1 zu umgehen, enthält Tabelle J.1 die entsprechenden Streckenklassen für Lokomotiven mit 6 Radsätzen. Die Maße sind in Bild J.1 dargestellt.

Tabelle J.1 gilt nur, falls die Parameter der zu überprüfenden Lokomotive innerhalb folgender Grenzen liegen:

- $b \geq 2,1$  m und
- $c \geq 2b$  und
- $c \geq 6P / 6,4 \text{ t/m} - (4a + 2b)$ .



#### Legende

- $a$  Radsatzabstand
- $b$  Abstand zwischen dem außenliegenden Radsatz und dem Ende der nächstgelegenen Kupplungsebene
- $c$  Abstand zwischen den beiden innenliegenden Radsätzen
- $L$  Wagenlänge über Puffer

**Bild J.1 — Lokomotive mit 6 Radsätzen**

Für Zwischenwerte oder andere Werte sind der höhere Wert für „ $P$ “ und der niedrigere Wert für „ $a$ “ gemeinsam mit Tabelle J.1 zu verwenden.

**Tabelle J.1 — Streckenklasse für Lokomotiven mit 6 Radsätzen**

Abstand $a$	Radsatzlast $P$					
	18 t	19 t	20 t	21 t	22 t	22,5 t
1,50 m	D4xL	D4xL	D4xL	—	—	—
1,60 m	D4xL	D4xL	D4xL	—	—	—
1,70 m	D4xL	D4xL	D4xL	D4xL	—	—
1,80 m	D4xL	D4xL	D4xL	D4xL	D4xL	—
1,90 m	D3	D4xL	D4xL	D4xL	D4xL	D4xL
2,00 m	D3	D3	D4xL	D4xL	D4xL	D4xL
2,10 m	D2	D3	D3	D4xL	D4xL	D4xL
2,20 m	C2	D3	D3	D4xL	D4xL	D4xL

## Anhang K (informativ)

### L4-Lokklassen (Lokomotiven mit 4 Radsätzen)

Lokomotiven mit 4 Radsätzen mit gleich großen geplanten Radsatzlasten können ohne Berechnungsverfahren in L4-Lokklassen eingestuft werden, wenn die Werte  $L$ ,  $a$  und  $b$  von realen Lokomotiven größer oder gleich den Werten von Tabelle K.1 sind. Wenn der Wert  $c < 2b$  ist, dann muss für das Maß  $b$  der Wert  $c/2$  genommen werden. In diesem Fall muss  $c$  größer sein oder gleich 3,8 m.

Die für die Einstufung relevante Radsatzlast  $P$ , auf eine halbe Tonne aufgerundet (xx,x), komplettiert die exakte Bezeichnung der L4-Klasse.

Tabelle K.1 — L4-Lokklassen

Lokklasse	Radsatzlast $P$	Geometrische Merkmale
L4xx,x <sup>a</sup>	≤ 22,5 t	
$a$ = Radsatzabstand (in m) $b$ = Abstand zwischen dem außenliegenden Radsatz und dem Ende der nächstgelegenen Kupplungsebene (in m) $c$ = Abstand zwischen den beiden innenliegenden Radsätzen (in m) $L$ = Wagenlänge über Puffer (in m)		
<sup>a</sup> xx,x = Radsatzlast $P$ (t), maßgeblich für die Einstufung, auf eine halbe Tonne aufgerundet.		

L4-Klassen sind für die Optimierung der Personenzuggeschwindigkeit nützlich. Es ist möglich, zusätzliche Streckeninformationen einschließlich L4-Lokklassen für bestimmte Schienennetze oder Teile davon anzugeben (siehe Beispiel in Anhang E).

Der Zusammenhang zwischen L4-Lokklassen und Streckenklassen ist:

- L4<sub>22,5</sub> bis L4<sub>20,5</sub> entsprechen den Streckenklassen D2, D3, D4, D4xL;
- L4<sub>20,0</sub> bis L4<sub>18,5</sub> entsprechen den Streckenklassen C2, C3, C4;
- L4<sub>18,0</sub> und unter 18 t entsprechen den Streckenklassen B1 und B2.

BEISPIEL Lokomotive:  $P = 21,3$  t,  $L = 16,06$  m,  $a = 2,90$  m,  $b = 2,58$  m,  $c = 5,10$  m

Überprüfung:  $L > 14,5$  m,  $a > 2,4$  m,  $b > 1,9$  m,  $c < 2b$ ,  $c > 3,8$  m  $\Rightarrow$  L4<sub>21,5</sub>

Diese Lokomotive wird in D2 eingestuft und kann auch L4<sub>21,5</sub> aufweisen. Wenn als Streckeninformation „D2 — 120 km/h“ und „L4<sub>21,5</sub> — 140 km/h“ angegeben werden, könnte mit Hilfe der Lokklasse die Personenzug-Geschwindigkeit optimiert werden.

## Anhang L (informativ)

### L6-Lokklassen (Lokomotiven mit 6 Radsätzen)

Lokomotiven mit 6 Radsätzen mit gleich großen geplanten Radsatzlasten können ohne Berechnungsprozess in L6-Lokklassen eingestuft werden, wenn die Werte  $L$ ,  $a$  und  $b$  von realen Lokomotiven größer als die Werte der maßgeblichen Lokklasse von Tabelle L.1 sind oder gleich. Wenn der Wert  $c < 2 \cdot b$  ist, dann muss für das Maß  $b$  der Wert  $c/2$  genommen werden. In diesem Fall muss  $c$  größer oder gleich  $2 \cdot b$  sein.

Die für die Einstufung relevante Radsatzlast  $P$ , auf eine Tonne aufgerundet (xx), fixiert und bestimmt die L6-Klasse.

Im Vergleich zu L4-Klassen gibt es eine bestimmte Anzahl von L6-Klassen, wie in Tabelle L.1 dargestellt.

Tabelle L.1 — L6-Lokklassen

Lokklasse	Radsatzlast $P$	Masse je Längenein- heit $p$	Geometrische Merkmale
L6 <sub>19</sub>	19,0 t	6,2 t/m	
L6 <sub>20</sub>	20,0 t	6,4 t/m	
L6 <sub>21</sub>	21,0 t	6,4 t/m	
L6 <sub>22</sub>	22,0 t	6,4 t/m	
			$a$ Radsatzabstand (in m) $b$ Abstand zwischen dem außenliegenden Radsatz und dem Ende der nächstgelegenen Kupplungsebene (in m) $c$ Abstand zwischen den beiden innenliegenden Radsätzen (in m) $L$ Wagenlänge über Puffer (in m)

L6-Klassen sind für die Optimierung der Lokgeschwindigkeiten nützlich. Es ist möglich, zusätzliche Streckeninformationen einschließlich L6-Lokklassen für bestimmte Schienennetze oder Teile davon anzugeben.

BEISPIEL Lokomotive:  $P = 19,8 \text{ t}$ ,  $L = 18,8 \text{ m}$ ,  $a = 2,45 \text{ m}$ ,  $b = 2,15 \text{ m}$ ,  $c = 4,7 \text{ m}$

Überprüfung:  $L > 18,75 \text{ m}$ ,  $a > 2,0 \text{ m}$ ,  $b > 2,1$ ,  $c > 2 b \Leftrightarrow L6_{20}$

Diese Lokomotive wird in D2 eingestuft und kann auch  $L6_{20}$  aufweisen. Wenn als Streckeninformation für die Personenbeförderung „C2 – 120 km/h“ und „L4<sub>20</sub> – 120 km/h“ angegeben werden, kann mit Hilfe der Lokklasse die Streckenakzeptanz von Lokomotiven mit 6 Radsätzen optimiert werden.

## Anhang M (informativ)

### Wiegezettel für Lokomotiven

#### M.1 Allgemeines

In Tabelle M.1 ist ein Beispiel für ein Messdatenblatt enthalten.

**Tabelle M.1 — Messdatenblatt für eine Lokomotive mit 4 Radsätzen**

Radsätze		1	2	3	4	Toleranz- abwei- chung
----------	--	---	---	---	---	------------------------------

Nominalwert der Radsatzlast	$P_{i,nom}$	kg				
-----------------------------	-------------	----	--	--	--	--

Nominale Masse aufgrund der Masse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	
Höchstmasse mit Toleranzen aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	
Maximale Radsatzlast innerhalb der Toleranzen aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	
Maximale Radlast innerhalb der Toleranzen aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	

Gewogene oder berechnete Radlasten des einzelnen Fahrzeugs aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663

Radlast, rechts	$Q_{ir}$	kg				
Radlast, links	$Q_{il}$	kg				
Radsatzlast	$P_i = Q_{il} + Q_{ir}$	kg				
Radsatzlasttoleranz	$\Delta P_i = (P_i/P_{i,nom} - 1) \times 100$	%				$\leq 3 \%$
Radlastabweichung	$(Q_i/P_i/2 - 1) \times 100$	%				$\leq 5 \%$

Masse des einzelnen Fahrzeugs	kg	
-------------------------------	----	--

Massetoleranz	$(\Sigma P_i/\Sigma P_{i,nom} - 1) \times 100$	%				$\leq 3 \%$
---------------	--	---	--	--	--	-------------

Radsatzlast für die Einstufung aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	
Auslegungsmasse, betriebsbereites Fahrzeug, nach EN 15663	kg	
Kennzeichnung der Fahrzeugmasse auf dem Fahrzeug nach EN 15877-2 (Betriebsmasse, betriebsbereites Fahrzeug, nach EN 15663)	kg	
Unterschied zwischen der Auslegungsmasse und der Betriebsmasse nach EN 15663	kg	

Masseab- weichung	
Radsatzlast- abweichung	
Radlast- abweichung	

## M.2 Beispiel eines Wiegezettels für eine Lokomotive der Bauart A

In Tabelle M.2 ist ein Beispiel eines Wiegezettels für eine Lokomotive der Bauart A dargestellt.

**Tabelle M.2 — Beispiel eines Wiegezettels für eine Lokomotive der Bauart A**

Radsätze		1	2	3	4	Toleranz- abwei- chung
----------	--	---	---	---	---	------------------------------

Nominalwert der Radsatzlast	$P_{i,nom}$	kg	22 500	22 500	22 500	22 500
-----------------------------	-------------	----	--------	--------	--------	--------

Nominale Masse aufgrund der Masse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	90 000
Höchstmasse mit Toleranzen aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	92 700
Maximale Radsatzlast innerhalb der Toleranzen aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	23 175
Maximale Radlast innerhalb der Toleranzen aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	12 167

Gewogene oder berechnete Radlasten des einzelnen Fahrzeugs aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663

Radlast, rechts	$Q_{ir}$	kg	11 850	11 450	11 950	11 550	
Radlast, links	$Q_{il}$	kg	11 150	10 950	11 150	11 150	
Radsatzlast	$P_i = Q_{il} + Q_{ir}$	kg	23 000	22 400	23 100	22 700	
Radsatzlasttoleranz	$\Delta P_i = (P_i/P_{i,nom} - 1) \times 100$	%	2,2	-0,4	2,7	0,9	$\leq 3 \%$
Radlastabweichung	$(Q_i/P_i/2 - 1) \times 100$	%	3,0	2,2	3,5	1,8	$\leq 5 \%$

Masse des einzelnen Fahrzeugs	kg	91 200
-------------------------------	----	--------

Massetoleranz	$(\Sigma P_i / \Sigma P_{i,nom} - 1) \times 100$	%	1,3			$\leq 3 \%$
---------------	--	---	-----	--	--	-------------

Radsatzlast für die Einstufung aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	22 500
Auslegungsmasse, betriebsbereites Fahrzeug, nach EN 15663	kg	90 000
Kennzeichnung der Fahrzeugmasse auf dem Fahrzeug nach EN 15877-2 (Betriebsmasse, betriebsbereites Fahrzeug, nach EN 15663)	kg	88 000
Unterschied zwischen der Auslegungsmasse und der Betriebsmasse nach EN 15663	kg	2 000

Masseabweichung	OK
Radsatzlast- abweichung	OK
Radlastabweichung	OK

Wenn die Ergebnisse der Wiegezettel für alle, in Tabelle M.2 gezeigten, Lokomotiven der Bauart A innerhalb der in 6.1 (Tabelle 2) festgelegten Toleranzen liegen, wird  $\max P_{i,nom}$  (Höchstwert der „vorgesehenen Radsatzlast“) für die Einstufung aller Lokomotiven der Bauart A nach 6.1 verwendet.

### M.3 Beispiel eines Wiegezettels für eine Lokomotive der Bauart B

In Tabelle M.3 ist ein Beispiel eines Wiegezettels für eine Lokomotive der Bauart B dargestellt.

**Tabelle M.3 — Beispiel eines Wiegezettels für eine Lokomotive der Bauart B**

Radsätze		1	2	3	4	Toleranzabweichung
----------	--	---	---	---	---	--------------------

Nominalwert der Radsatzlast	$P_{i,nom}$	kg	22 500	22 500	22 500	22 500
-----------------------------	-------------	----	--------	--------	--------	--------

Nominale Masse aufgrund der Masse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	90 000
Höchstmasse mit Toleranzen aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	92 700
Maximale Radsatzlast innerhalb der Toleranzen aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	23 175
Maximale Radlast innerhalb der Toleranzen aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	12 167

Gewogene oder berechnete Radlasten des einzelnen Fahrzeugs aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663

Radlast, rechts	$Q_{ir}$	kg	11 600			11 300	
Radlast, links	$Q_{il}$	kg	11 900			11 900	
Radsatzlast	$P_i = Q_{il} + Q_{ir}$	kg	23 500			23 200	
Radsatzlasttoleranz	$\Delta P_i = (P_i/P_{i,nom} - 1) \times 100$	%	4,4			3,1	$\leq 3 \%$
Radlastabweichung	$(Q_i/P_i/2 - 1) \times 100$	%	1,3			2,6	$\leq 5 \%$

Masse des einzelnen Fahrzeugs	kg	93 200
-------------------------------	----	--------

Massetoleranz	$(\Sigma P_i/\Sigma P_{i,nom} - 1) \times 100$	%			3,6	$\leq 3 \%$
---------------	--	---	--	--	-----	-------------

Radsatzlast für die Einstufung aufgrund der Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs nach EN 15663	kg	Sonderbetrachtung
Auslegungsmasse, betriebsbereites Fahrzeug, nach EN 15663	kg	93 200
Kennzeichnung der Fahrzeugmasse auf dem Fahrzeug nach EN 15877-2 (Betriebsmasse, betriebsbereites Fahrzeug, nach EN 15663)	kg	91 200
Unterschied zwischen der Auslegungsmasse und der Betriebsmasse nach EN 15663	kg	2 000

Masseabweichung	nicht OK
Radsatzlastabweichung	nicht OK
Radlastabweichung	OK

Die Radsatzlasten  $P_1$  und  $P_3$  sowie die Masse  $m$  der, in Tabelle M.3 gezeigten, Lokomotive der Bauart B überschreiten die in 6.1 (Tabelle 2) festgelegten Toleranzen. Um die Streckenklasse zu bestimmen, wird der Überschuss (siehe 6.1) zu den Nominalwerten  $m_{nom}$  und  $P_{i,nom}$  hinzugefügt.

Die zusätzliche Masse beträgt 0,5 t (93,2 – 92,7) und die zusätzliche Radsatzlast beträgt 0,425 t (23,600 – 23,175).

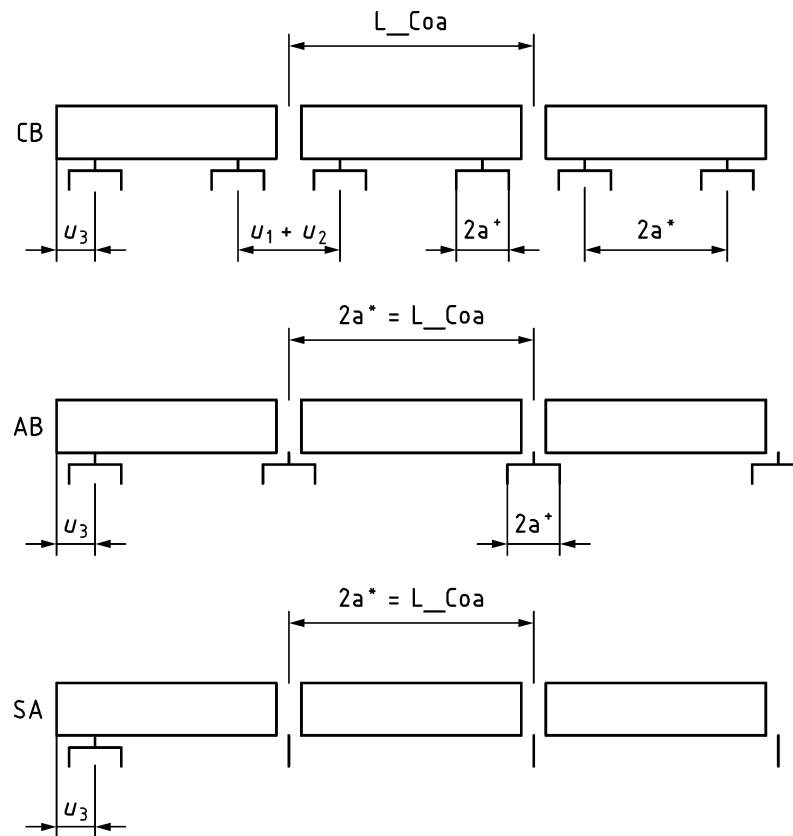
$P_{\text{nom;excess}} = 22,925 \text{ t}$  (22,5 + 0,425) und  $m_{\text{nom;excess}} = 90,5 \text{ t}$  werden für die Einstufung dieser einzelnen Lokomotive der Bauart B verwendet.

In diesem Beispiel wird diese einzelne Lokomotive als einzelnes Fahrzeug behandelt (siehe 6.1.3 und Abschnitt 7).

## Anhang N (informativ)

### Geometrische Zugparameter

Bild N.1 und Tabelle N.1 enthalten die Festlegung der maßgeblichen Zugparameter, wie sie für die Anwendung von Anhang O und Anhang P erforderlich sind.



#### Legende

- CB konventionelles Drehgestell
- AB Jakobsdrehgestell
- SA Einzelradsatz

Bild N.1 — Zugparameter

**Tabelle N.1 — Erläuterung der Zugparameter**

<b>Name</b>	<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>
$2a^*$	Drehzapfenabstand innerhalb eines Fahrzeugs	m
$2a^+$	Radsatzabstand im Drehgestell	m
$u_1+u_2$	Drehzapfenabstand angrenzender Fahrzeuge	m
$u_3$	Überhang des Endwagens	m
L_Coa	Länge des Wagens	m

## Anhang O (informativ)

### Einstufung der Triebwagen durch Parameterprüfung Ermitteln der Streckenklasse anhand der Radsatzlast

#### 0.1 Allgemeines

Das in 6.1 beschriebene Einstufungsverfahren kann durch einfaches Ermitteln der Radsatzlast ersetzt werden. Falls alle Parameter eines realen einzustufenden Triebzugs die Anforderungen der zutreffenden Tabellen in den folgenden Abschnitten erfüllen, kann Tabelle 0.1 angewendet werden, um die Streckenklasse zu ermitteln.

**Tabelle 0.1 — Geeignete Streckenklasse**

Maximale Radsatzlast	Streckenklasse
≤ 16,0 t	A
≤ 18,0 t	B2
≤ 20,0 t	C2
≤ 22,5 t	D2

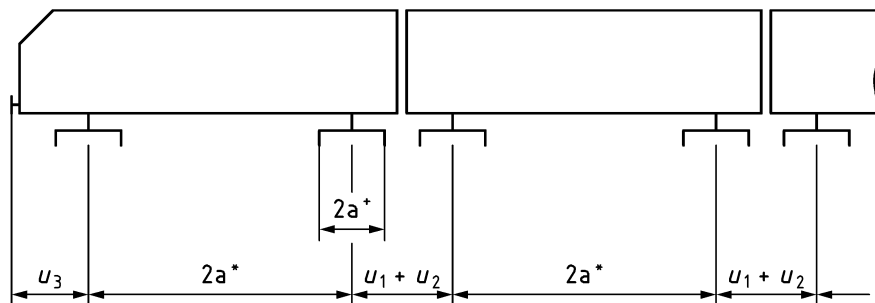
Die Tabelle 0.2 bietet einen Überblick über die relevanten Tabellen für jede Triebzug-Gruppe.

**Tabelle 0.2 — Relevante Tabellen für jede Triebzug-Gruppe**

Gestelltyp	Tabelle
CB	0.3
AB	0.4 oder 0.5
SA	0.6 oder 0.7 oder 0.8 oder 0.9 oder 0.10

## 0.2 Triebzug mit konventionellen Drehgestellen (CB) zu 2 Radsätzen

Tabelle 0.3 legt Bereiche für die in Bild 0.1 gezeigten Parameter fest, die eine Einstufung von Triebzügen mit konventionellen Drehgestellen (CB) allein anhand der Radsatzlast ermöglichen (siehe Tabelle 0.1)



### Legende

- $u_3$  Überhang (Abstand zwischen Drehzapfen und Kupplungsebene) des Endwagens (in m)
- $u_1 + u_2$  Drehzapfenabstand angrenzender Fahrzeuge (in m)
- $2a^*$  Abstand des Drehgestells zwischen Drehzapfen (in m)
- $2a^+$  Radsatzabstand im Drehgestell (in m)

**Bild 0.1 — Parameter eines Triebzugs mit konventionellen Drehgestellen**

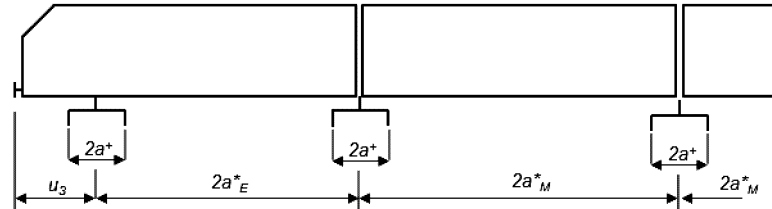
**Tabelle 0.3 — Anforderungen für die Anwendung von Tabelle 0.1 für Triebzüge mit konventionellen Drehgestellen (CB)**

$1,8 \text{ m} \leq 2a^+ \leq 3,0 \text{ m}$
$2a^* \geq 10,0 \text{ m}$
$(u_3 - 2a^+/2) \geq 1,5 \text{ m}$
$((u_1 + u_2) - 2a^+) \geq 3,0 \text{ m}$

### 0.3 Triebzug mit Jakobsdrehgestellen (AB) und 2 Radsätzen

Tabelle 0.4 und Tabelle 0.5 legen Bereiche für die in Bild 0.2 und Bild 0.3 gezeigten Parameter fest, die eine Einstufung von Triebzügen mit Jakobsdrehgestellen (AB) allein anhand der Radsatzlast ermöglichen (siehe Tabelle 0.1). Es wird zwischen zwei Fällen unterschieden:

Fall 1:



#### Legende

$2a^*_E$  Abstand zwischen den Drehzapfen am Ende oder an beiden Enden der Einheit (in m)

$2a^*_M$  Drehzapfenabstand zwischen den Jakobsdrehgestellen der Mittelwagen (in m)

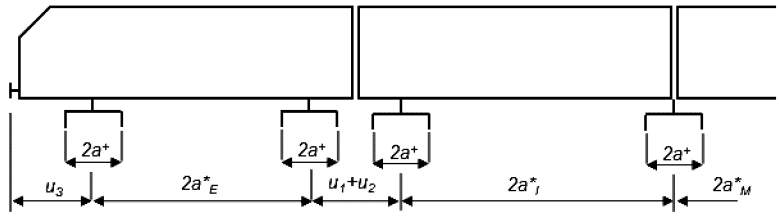
**Bild 0.2 — Parameter eines Triebzugs mit Jakobsdrehgestellen**

**Tabelle 0.4 — Anforderungen für die Anwendung von Tabelle 0.1 für Triebzüge mit Jakobsdrehgestellen (AB)**

$1,8 \text{ m} \leq 2a^+ \leq 3,0 \text{ m}$
$2a^*_E \geq 9,4 \text{ m}$
$2a^*_M \geq 8,0 \text{ m}$
$(u_3 - 2a^+/2) \geq 1,5 \text{ m}$

Fall 2

Wenn das erste Fahrzeug der AB-Einheit ein angetriebener Wagen oder ein Triebkopf mit zwei konventionellen Drehgestellen (siehe Bild 0.3) ist, muss die Überprüfung mit den Werten von Tabelle 0.5 verglichen werden.



**Legende**

- $2a^*_E$  Abstand zwischen den Drehzapfen des Reisezugwagens mit konventionellem Drehgestell am Ende oder an beiden Enden der Einheit (in m)
- $2a^*_I$  Abstand zwischen den Drehzapfen des Zwischenwagens (in m)
- $2a^*_M$  Drehzapfenabstand zwischen den Jakobsdrehgestellen der Mittelwagen (in m)

**Bild 0.3 — Parameter eines Triebzugs mit Jakobsdrehgestellen sowie Lokomotive/Triebkopf oder Wagen mit zwei konventionellen Drehgestellen an beiden Enden**

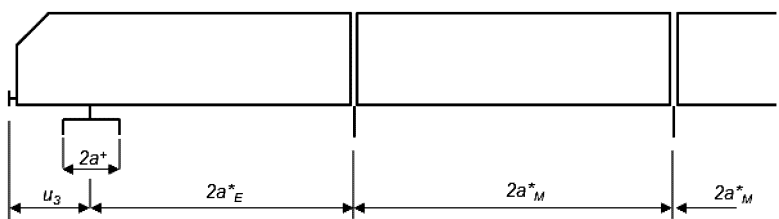
**Tabelle 0.5 — Anforderungen für die Anwendung von Tabelle 0.1 für Triebzüge mit Jakobsdrehgestell (AB) und Reisezugwagen mit konventionellem Drehgestell (CB) am Ende**

$1,8 \text{ m} \leq 2a^+ \leq 3,0 \text{ m}$
$2a^*_E \geq 10,0 \text{ m}$
$2a^*_I \geq 9,4 \text{ m}$
$2a^*_M \geq 8,0 \text{ m}$
$((u_1 + u_2) - 2a^+) \geq 3,0 \text{ m}$
$(u_3 - 2a^+/2) \geq 1,5 \text{ m}$

**0.4 Triebzug mit Einzelradsatz-Fahrgestell (SA)**

Tabelle 0.6, Tabelle 0.7, Tabelle 0.8, Tabelle 0.9 und Tabelle 0.10 legen Bereiche für die in Bild 0.4, Bild 0.5, Bild 0.6, Bild 0.7 und Bild 0.8 gezeigten Parameter fest, die eine Einstufung von Triebzügen mit Jakobsdrehgestellen (AB) allein anhand der Radsatzlast ermöglichen (siehe Tabelle 0.1). Es wird zwischen fünf Fällen unterschieden:

Fall 1



**Legende**

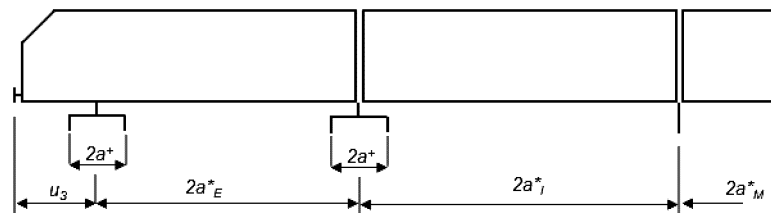
- $2a^*_E$  Abstand zwischen den Drehzapfen und dem Einzelradsatz des Endwagens (in m)
- $2a^*_M$  Abstand zwischen den Einzelradsätzen des Mittelwagens (in m)

**Bild 0.4 — Parameter eines Triebzugs mit Einzelradsätzen und einem Drehgestell am Ende**

**Tabelle 0.6 — Anforderungen für die Anwendung von Tabelle 0.1 für Triebzüge mit einem Drehgestell an beiden Enden**

$2a^*_M \geq 5,0 \text{ m}$
$2a^*_E \geq 8,4 \text{ m}$
$1,8 \text{ m} \leq 2a^+ \leq 3,0 \text{ m}$
$(u_3 - 2a^+/2) \geq 1,5 \text{ m}$

Fall 2:



**Legende**

$2a^*_E$  Abstand zwischen den Drehzapfen des Reisezugwagens am Ende oder an beiden Enden der Einheit (in m)

$2a^*_I$  Abstand zwischen dem Drehzapfen und dem Einzelradsatz des Zwischenwagens (in m)

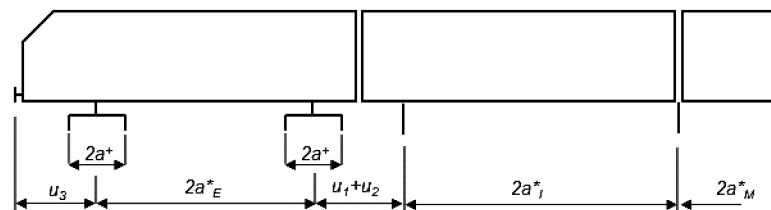
$2a^*_M$  Abstand zwischen den Einzelradsätzen der Mittelwagen (in m)

**Bild 0.5 — Parameter eines Triebzugs mit Einzelradsätzen und zwei Drehgestellen am Ende**

**Tabelle 0.7 — Anforderungen für die Anwendung von Tabelle 0.1 für Triebzüge mit einem Drehgestell an beiden Enden**

$1,8 \text{ m} \leq 2a^+ \leq 3,0 \text{ m}$
$2a^*_E \geq 9,4 \text{ m}$
$2a^*_I \geq 7,5 \text{ m}$
$2a^* \geq 5,0 \text{ m}$
$(u_3 - 2a^+/2) \geq 1,5 \text{ m}$

Fall 3:

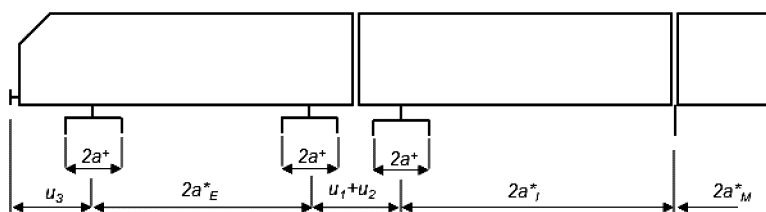


**Bild 0.6 — Parameter eines Triebzugs mit Einzelradsätzen und Endwagen mit 2 konventionellen Drehgestellen**

**Tabelle 0.8 — Anforderungen für die Anwendung von Tabelle 0.1 für Triebzüge mit Einzelradsätzen (SA)**

$1,8 \text{ m} \leq 2a^+ \leq 3,0 \text{ m}$
$2a^*_E \geq 10,0 \text{ m}$
$2a^*_I \geq 8,4 \text{ m}$
$2a^*_M \geq 5,0 \text{ m}$
$((u_1 + u_2) - 2a^+) \geq 3,0 \text{ m}$
$(u_3 - 2a^+/2) \geq 1,5 \text{ m}$

Fall 4:



**Legende**

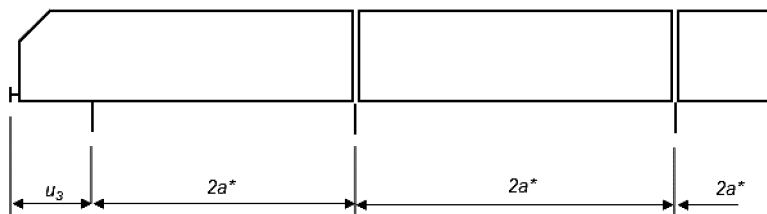
- $2a^*_E$  Abstand zwischen den Drehzapfen des Reisezugwagens am Ende oder an beiden Enden der Einheit (in m)
- $2a^*_I$  Abstand zwischen dem Drehzapfen und dem Einzelradsatz des Zwischenwagens (in m)
- $2a^*_M$  Abstand zwischen den Einzelradsätzen der Mittelwagen (in m)

**Bild 0.7 — Parameter eines Triebzugs mit Einzelradsätzen und Endwagen mit 2 konventionellen Drehgestellen**

**Tabelle 0.9 — Anforderungen für die Anwendung von Tabelle 0.1 für Triebzüge mit Einzelradsätzen (SA)**

$1,8 \text{ m} \leq 2a^+ \leq 3,0 \text{ m}$
$2a^*_E \geq 10,0 \text{ m}$
$2a^*_I \geq 8,4 \text{ m}$
$2a^*_M \geq 5,0 \text{ m}$
$((u_1 + u_2) - 2a^+) \geq 3,0 \text{ m}$
$(u_3 - 2a^+/2) \geq 1,5 \text{ m}$

Fall 5:



**Bild 0.8 — Parameter eines Triebzugs mit Einzelradsätzen**

**Tabelle 0.10 — Anforderungen für die Anwendung von Tabelle 0.1 für Triebzüge mit Einzelradsätzen (SA)**

$2a^* \geq 5,0 \text{ m}$
$u_3 \geq 1,5 \text{ m}$

## Anhang P (informativ)

### Leitlinien für die Einbringung von leichten Vollbahntriebzügen in Streckenklasse a10, a12 oder a14

#### P.1 Allgemeines

Die folgenden Bilder (Bild P.1, Bild P.2, Bild P.3, Bild P.4 und Bild P.5) liefern einen Überblick über die gebräuchlichsten Arten von leichten Vollbahntriebzügen und typische Anordnungen von Radsatzabständen.

Als Alternative zum Berechnungsverfahren nach 6.1 ist die Anwendung des folgenden Verfahrens zulässig, um die Streckenklassen a10, a12 oder a14 anhand der Radsatzlast zu bestimmen, vorausgesetzt die Radsatzabstände und -konfigurationen erfüllen die Anforderungen dieses Anhangs.

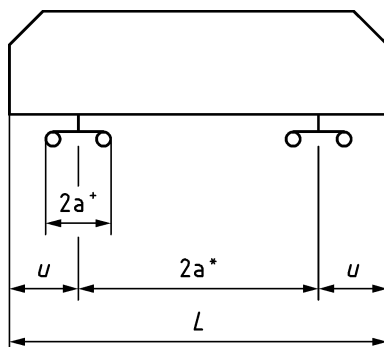
Falls die Radsatzabstandsparameter realer Triebzüge größer sind als die in den maßgeblichen Tabellen angegebenen Werte, kann die dazugehörige Streckenklasse a10, a12 oder a14 mithilfe von Tabelle P.1, Tabelle P.4 oder Tabelle P.8 bestimmt werden.

**Tabelle P.1 — Geeignete Streckenklasse**

Streckenklasse	Maximale Radsatzlast
a10	$\leq 10,0$ t
a12	$\leq 12,0$ t
a14	$\leq 14,0$ t

Die maximale Radsatzlast der Einheit muss in Übereinstimmung mit der Massedefinition von 6.4.1 bestimmt werden. Für die Anwendung des vorliegenden Anhangs ist die maximale Radsatzlast der Einheit maßgeblich.

#### P.2 Leichter Vollbahntriebzug mit 4 Radsätzen mit 2 Drehgestellen



**Bild P.1 — Radsatzabstand eines Triebzugs mit 2 Drehgestellen mit je 2 Radsätzen**

Anwendung von Tabelle P.2:

Schritt 1: Ermitteln der maximalen Radsatzlast  $P_{\text{unit}}$  innerhalb der Einheit (nach 6.4.1).

Schritt 2: Ermitteln des Mindestwerts  $2a^+_{\text{unit}}$  des realen einzustufenden Triebzugs.

Schritt 3: Nachschauen in Tabelle P.2 und Abrunden von  $2a^+_{\text{unit}}$  auf den nächsten passenden Wert für  $2a^+_{\text{table}}$ .

Schritt 4: Überprüfen der Werte  $u$  und  $2a^*$  in Tabelle P.2 des realen Triebzugs mithilfe der Zeile des am besten passenden Werts von  $2a^+$ .

Falls die Werte der spezifischen Zeile, die durch den Wert von  $2a^+$  bestimmt wurden, nicht die Werte der realen zu überprüfenden Triebzug-Einheit überschreiten, kann  $\max P_{\text{unit}}$  in Tabelle P.1 zur Ermittlung der Streckenklasse verwendet werden.

Falls die Werte von  $2a^*$  der Einheit kleiner sind als die in Tabelle P.2 angegebenen Werte, ist Tabelle P.4 anzuwenden. Der Wert  $u$  der Einheit muss stets größer sein als der von Tabelle P.2 oder gleich ( $u_{\text{unit}} \geq u_{\text{table}}$ ).

**Tabelle P.2 — Mindestwerte der Fahrzeugparameter  $u$  und  $2a^*$  in Abhängigkeit von  $2a^+$**

$2a^+$ [m]	$u$ [m]	$2a^*$ [m]
1,7	2,85	14,3
1,8	2,90	14,4
1,9	2,95	14,5
2,0	3,00	14,6
2,1	3,05	14,7
2,2	3,10	14,8

Anwendung von Tabelle P.4:

Schritt 1: Um Tabelle P.4 anzuwenden, den Mindestwert  $2a^*$  der Einheit nehmen und wie unten angegeben anpassen:

$$2a^*_{\text{adopted}} = 2a^*_{\text{unit}} - (\max 2a^+_{\text{unit}} - 1,8 \text{ m}) \geq 0$$

Schritt 2: Ermitteln der maximalen Radsatzlast  $P$  innerhalb der Einheit (nach 6.4.1).

Schritt 3: Die Werte  $2a^*_{\text{adopted}} (\geq 2a^*_{\text{table}})$  und  $\max P_{\text{unit}} (\leq P_{\text{table}})$  in Tabelle P.4 verwenden, um die maßgebliche Streckenklasse zu ermitteln; Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

Ein Beispiel, wie Tabelle P.2 und Tabelle P.4 anzuwenden sind, ist in P.4 angegeben.

### P.3 4-achsiger leichter Vollbahntriebzug mit 4 Einzelradsätzen

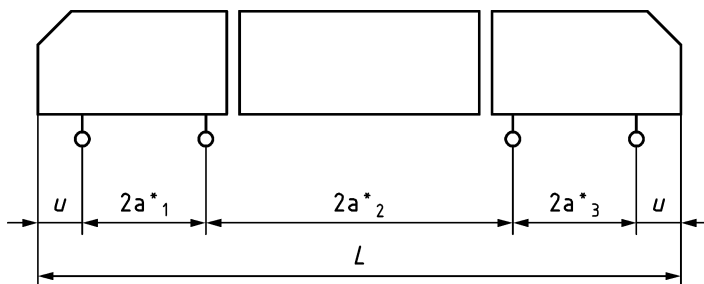


Bild P.2 — Radsatzabstand eines Triebzugs mit 4 Einzelradsätzen

Anwendung von Tabelle P.3:

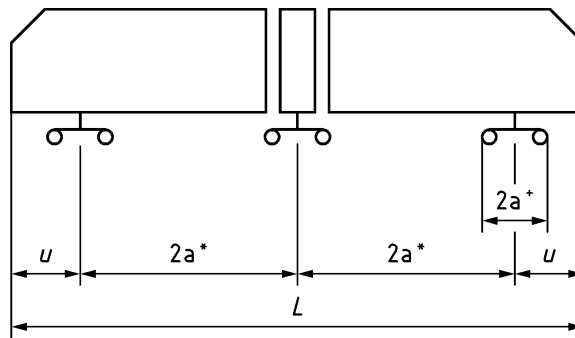
Schritt 1: Ermitteln der maximalen Radsatzlast  $P$  innerhalb der Einheit (nach 6.4.1).

Schritt 2: Vergleichen der Werte der realen Triebzug-Einheit mit den 6 Fällen. Wenn ein Fall ermittelt werden kann, bei dem alle Werte der spezifischen Zeile der Tabelle nicht die Werte der realen zu überprüfenden Triebzug-Einheit überschreiten, kann  $\max P_{\text{unit}}$  in Tabelle P.1 zur Ermittlung der Streckenklasse verwendet werden.

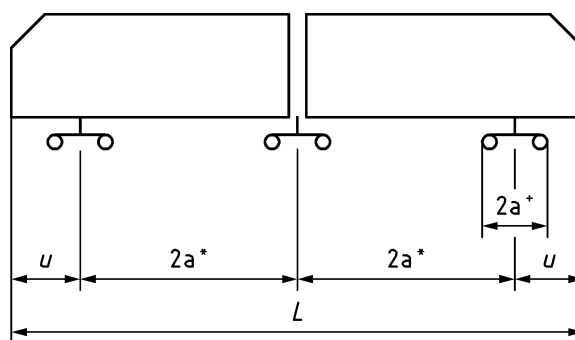
Tabelle P.3 — Mindestwerte der Fahrzeugparameter von 4-achsigen leichten Vollbahntriebzügen mit 4 Einzelradsätzen

Fall	$u$ [m]	$2a^*_1 = 2a^*_3$ [m]	$2a^*_2$ [m]
1	2,0	1,8	12,6
2	2,0	3,0	10,0
3	2,0	4,5	7,0
4	2,0	5,5	5,5
5	2,0	6,0	4,0
6	2,0	7,5	1,8

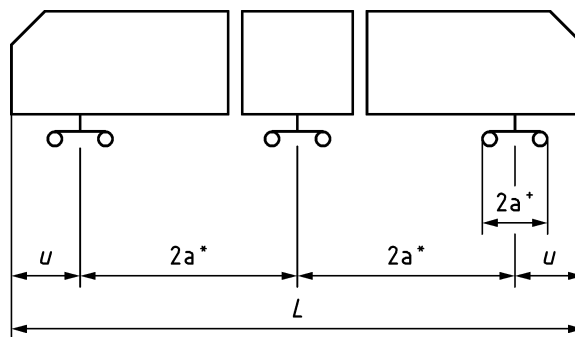
**P.4 6-achsiger leichter Vollbahntriebzug mit 3 Drehgestellen zu je 2 Radsätzen**



**a) Beispiel 1**



**b) Beispiel 2**



**c) Beispiel 3**

**Bild P.3 — Radsatzabstand eines Triebzugs mit 3 Drehgestellen zu je 2 Radsätzen**

Anwendung von Tabelle P.2:

- Schritt 1: Ermitteln der maximalen Radsatzlast  $P$  innerhalb der Einheit (nach 6.4.1).
- Schritt 2: Ermitteln des Mindestwerts  $2a^+$  des realen einzustufenden Triebzugs.
- Schritt 3: Nachschauen in Tabelle P.2 und Abrunden von  $2a^+_{\text{unit}}$  auf den nächsten passenden Wert für  $2a^+_{\text{table}}$ .
- Schritt 4: Überprüfen der Werte  $u$  und  $2a^*$  in Tabelle P.2 des realen Triebzugs mithilfe der Zeile des am Besten passenden Werts von  $2a^+$ .

Falls die Werte der spezifischen Zeile, die durch den Wert von  $2a^+$  bestimmt wurden, nicht die Werte der realen zu überprüfenden Triebzug-Einheit überschreiten, kann  $\max P_{\text{unit}}$  in Tabelle P.1 zur Ermittlung der Streckenklasse verwendet werden.

Falls die Werte von  $2a^*$  der Einheit kleiner sind als die in Tabelle P.2 angegebenen Werte, ist Tabelle P.4 anzuwenden. Der Wert  $u$  der Einheit muss stets größer sein als der von Tabelle P.2 oder gleich ( $u_{\text{unit}} \geq u_{\text{table}}$ ).

Für die Werte  $2a^+ > 1,8$  m müssen die Werte von  $2a^*$  der zu überprüfenden Einheit angepasst werden ( $2a^*_{\text{adopted}} = 2a^*_{\text{unit}} - (2a^+ - 1,8)$ ), bevor Tabelle P.4 angewendet wird.

Anwendung von Tabelle P.4:

Schritt 1: Um Tabelle P.4 anzuwenden, den Mindestwert  $2a^*$  der Einheit nehmen und wie unten angegeben anpassen:

$$2a^*_{\text{adopted}} = 2a^*_{\text{unit}} - (\max 2a^+_{\text{unit}} - 1,8) \geq 0$$

Um Tabelle P.4 anzuwenden, den Mindestwert  $2a^*$  der Einheit nehmen und wie unten angegeben anpassen:

$$2a^*_{\text{adopted}} = 2a^*_{\text{unit}} - (\max 2a^+_{\text{unit}} - 1,8) \geq 0$$

Schritt 2: Ermitteln der maximalen Radsatzlast  $P$  innerhalb der Einheit (nach 6.4.1).

Schritt 3: Die Werte  $2a^*_{\text{adopted}} (\geq 2a^*_{\text{table}})$  und  $\max P_{\text{unit}} (\leq P_{\text{table}})$  in Tabelle P.4 verwenden, um die maßgebliche Streckenklasse zu ermitteln; Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

BEISPIEL reale Triebzug-Einheit:  $\max P_{\text{unit}} = 11,2$  t,  $\max 2a^+_{\text{unit}} = 1,9$  m,  $u_{\text{unit}} = 3,05$  m,  $\min 2a^*_{\text{unit}} = 8,6$  m

Tabelle P.2: siehe Reihe „ $(2a^+ 1,9)$ “:

Überprüfung: 1.  $u_{\text{unit}} \geq u_{\text{table}}$  ( $3,05 \geq 2,95$ ) → O.K.

2.  $2a^*_{\text{unit}} \geq 2a^*_{\text{table}}$  ( $8,6 < 14,5$ ) → nicht O.K.

Tabelle P.2 kann nicht angewendet werden → weiter mit Tabelle P.4.

Tabelle P.4:  $2a^*_{\text{adopted}} = 2a^*_{\text{unit}} - (\max 2a^+_{\text{unit}} - 1,8) = 8,6 - (1,9 - 1,8) = 8,5$  m.

$2a^*_{\text{adopted}} = 8,5$  m,  $\max P_{\text{unit}} = 11,2$  t → Streckenklasse a14.

Tabelle P.4 — Maximale Radsatzlast  $P$  in t für kleinere Werte von  $2a^*$ , gültig für  $1,7 \leq 2a^+ \leq 1,8$  m

$2a^*$ [m]	$\max P$ a10 [t]	$\max P$ a12 [t]	$\max P$ a14 [t]
14,4	$\leq 10,0$	$\leq 12,0$	$\leq 14,0$
14,0	$\leq 10,0$	$\leq 12,0$	$\leq 14,0$
13,0	$\leq 10,0$	$\leq 12,0$	$\leq 14,0$
12,0	$\leq 9,8$	$\leq 11,7$	$\leq 13,7$
11,0	$\leq 9,4$	$\leq 11,3$	$\leq 13,2$
10,0	$\leq 9,1$	$\leq 11,0$	$\leq 12,8$
9,0	$\leq 8,6$	$\leq 10,4$	$\leq 12,1$
8,0	$\leq 8,1$	$\leq 9,8$	$\leq 11,4$
7,0	$\leq 7,6$	$\leq 9,2$	$\leq 10,7$
6,0	$\leq 7,0$	$\leq 8,5$	$\leq 9,9$

## P.5 6-achsige leichte Vollbahntriebzüge mit sechs Einzelradsätzen

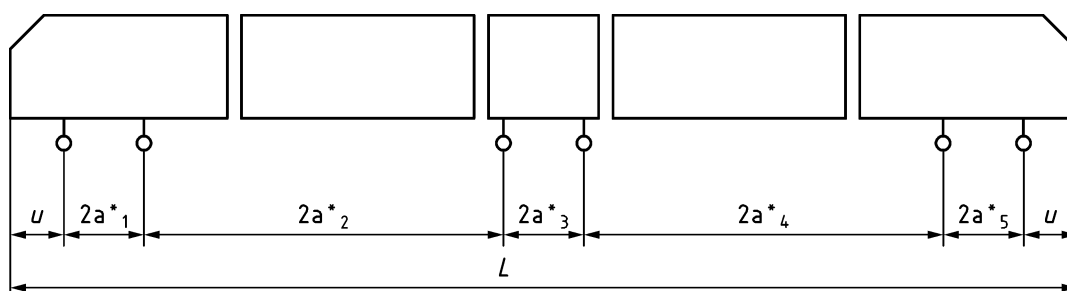


Bild P.4 — Radsatzabstand eines Triebzugs mit 6 Einzelradsätzen

Anwendung von Tabelle P.5:

Schritt 1: Ermitteln der maximalen Radsatzlast  $P$  innerhalb der Einheit (nach 6.4.1).

Schritt 2: Vergleichen der Werte der realen Triebzug-Einheit mit den 7 Fällen. Wenn ein Fall ermittelt werden kann, bei dem alle Werte der spezifischen Zeile der Tabelle nicht die Werte der realen zu überprüfenden Triebzug-Einheit überschreiten, kann  $\max P_{\text{unit}}$  in Tabelle P.1 zur Ermittlung der Streckenklasse verwendet werden.

Tabelle P.5 — Mindestwerte der Fahrzeugparameter von 6-achsigen leichten Vollbahntriebzügen mit 6 Einzelradsätzen

Fall	$u$ [m]	$2a^*_1 = 2a^*_3 = 2a^*_5$ [m]	$2a^*_2 = 2a^*_4$ [m]
1	2,0	3,0	9,5
2	2,0	4,0	7,5
3	2,0	5,0	5,5
4	2,0	5,3	5,3
5	2,0	5,5	5,0
6	2,0	6,0	4,0
7	2,0	7,0	3,0

### P.6 6-achsige leichte Vollbahntriebzüge mit 2 Drehgestellen und zwei Einzelradsätzen

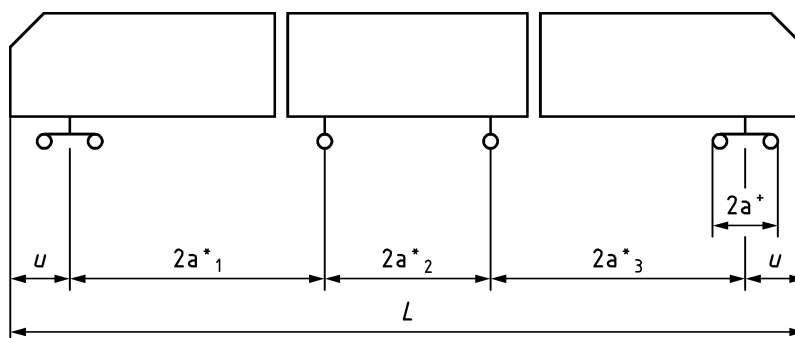


Bild P.5 — Radsatzabstand eines Triebzuges mit 2 Drehgestellen und 2 Einzelradsätzen

Anwendung von Tabelle P.6:

Schritt 1: Ermitteln der maximalen Radsatzlast  $P$  innerhalb der Einheit (nach 6.4.1).

Schritt 2: Überprüfen des Werts  $u$  mithilfe von  $2a^+_{\text{unit}}$  in Tabelle P.2 ( $u_{\text{unit}} \geq u_{\text{Table P.2}}$ ).

Schritt 3: Überprüfen der Werte  $2a^*_1 = 2a^*_3$  und  $2a^*_2$ :

$$(2a^*_{1 \text{ unit}} \geq 2a^*_{1 \text{ Table P.6}}; 2a^*_{2 \text{ unit}} \geq 2a^*_{2 \text{ Table P.6}}; 2a^*_{3 \text{ unit}} \geq 2a^*_{3 \text{ Table P.6}});$$

Falls  $2a^+_{\text{unit}} > 1,8$  m, müssen die Werte  $2a^*_{1 \text{ Table P.6}}$  und  $2a^*_{3 \text{ Table P.6}}$  erweitert werden (siehe Tabelle P.7).

Falls alle Werte von  $2a^*$  der Einheit die Werte von Tabelle P.6 überschreiten, können  $\max P_{\text{unit}}$  und Tabelle P.1 zur Ermittlung der Streckenklasse verwendet werden.

Falls einer der Werte von  $2a^*$  kleiner ist als in Tabelle P.6, dann ist Tabelle P.8 anzuwenden.

**Tabelle P.6 — Mindestwerte der Fahrzeugparameter von 6-achsigen leichten Vollbahntriebzügen mit 2 Drehgestellen und 2 Einzelradsätzen (gültig bei  $1,70 \text{ m} \leq 2a^+ \leq 1,80 \text{ m}$ )**

$2a^*_{1} = 2a^*_{3}$	$2a^*_{2}$
12,6 m	1,8 m

**Tabelle P.7 — Werte von  $\Delta 2a^*$  in Abhängigkeit von  $2a^+$  Werten**

$2a^+$ [m]	$\Delta 2a^*$ [m]
1,7	0,00
1,8	0,00
1,9	0,05
2,0	0,10
2,1	0,15
2,2	0,20

Anwendung von Tabelle P.8:

Schritt 1: Anpassung des Werts  $2a^*$  (der kleinere ist zu verwenden, falls unterschiedlich):

$$2a^*_{1,3 \text{ adopted}} = 2a^*_{1,3 \text{ unit}} - \Delta 2a^* \text{ (nach Tabelle P.7) für } 2a^+_{\text{unit}} > 1,8 \text{ m.}$$

Ermitteln der maximalen Radsatzlast  $P$  innerhalb der Einheit (nach 6.4.1).

Schritt 2: Verwendung der Werte  $\max P_{\text{unit}}$  und  $2a^*_{1,3 \text{ adopted}}$  in Tabelle P.8 zur Ermittlung der maßgeblichen Streckenklasse; Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

**Tabelle P.8 — Maximale Radsatzlast  $P$  in t für kleinere Werte von  $2a^*_{1}$  und  $2a^*_{3}$  für  $2a^*_{2} \geq 1,8 \text{ m}$  und für  $1,70 \text{ m} \leq 2a^+ \leq 1,80 \text{ m}$**

$2a^*_{1} = 2a^*_{3}$ [m]	<b>max <math>P</math></b> <b>a10</b> [t]	<b>max <math>P</math></b> <b>a12</b> [t]	<b>max <math>P</math></b> <b>a14</b> [t]
12,6	10,0	12,0	14,0
12,0	9,8	11,7	13,7
11,0	9,4	11,3	13,2
10,0	9,1	11,0	12,8
9,0	8,7	10,4	12,1
8,0	8,2	9,8	11,5
7,0	7,7	9,2	10,8

BEISPIEL reale Triebzug-Einheit:  $\max P_{\text{unit}} = 10,4 \text{ t}$ ,  $\max 2a^+_{\text{unit}} = 2,0 \text{ m}$ ,  $u_{\text{unit}} = 3,10 \text{ m}$ ,

$$2a^*_{1 \text{ unit}} = 2a^*_{3 \text{ unit}} = 10,0 \text{ m}, 2a^*_{2 \text{ unit}} = 4,0 \text{ m},$$

Tabelle P.2: siehe Reihe „ $(2a^+ = 2,0)$ “:

$$\text{Überprüfung: } u_{\text{unit}} \geq u_{\text{table}} (3,10 \geq 3,00) \rightarrow \text{OK.}$$

Tabelle P.7: siehe Reihe „ $(2a^+ = 2,0)$ “:  $\Delta 2a^* = 0,10 \text{ m}$

Tabelle P.6: Überprüfung:

$$1) 2a^*_{1,3 \text{ unit}} \geq 2a^*_{1,3 \text{ Table P.6}} + \Delta 2a^*_{\text{Table P.7}}; 10,0 \geq 12,6 + 0,10 \rightarrow \text{nicht O.K.}$$

$$2) 2a^*_{2 \text{ unit}} \geq 2a^*_{2 \text{ Table P.6}}; 4,0 \geq 1,8 \rightarrow \text{O.K.}$$

Tabelle P.6 kann nicht angewendet werden  $\rightarrow$  weiter mit Tabelle P.8

Tabelle P.8  $2a^*_{1,3 \text{ adopted}} = 10,0 - 0,10 = 9,90 \text{ m}$ ,  $\max P_{\text{unit}} = 10,4 \text{ t} \rightarrow$  Streckenklasse a12

## P.7 Leichte Vollbahntriebzüge mit 8 Radsätzen oder mehr

Die Mindestwerte für maßgebliche Fahrzeugparameter von Triebzügen mit 8 Radsätzen oder mehr können aus den vorstehenden Tabellen abgeleitet und verwendet werden.

Für Triebzüge mit Personenwagen mit konventionellen Drehgestellen oder Jakobsdrehgestellen ist Tabelle P.2, Tabelle P.1 oder Tabelle P.4 anzuwenden. Die Werte von  $(u_1 + u_2)$  (Drehzapfenabstand zwischen angrenzenden Personenwagen mit konventionellen Drehgestellen) müssen mit  $2u$  von Tabelle P.2 überprüft werden.  $((u_1 + u_2)_{\text{unit}} \geq 2 \cdot u_{\text{Table P.2}})$ .

## Literaturhinweise

- [1] EN 13803, *Bahnanwendungen — Oberbau — Linienführung in Gleisen — Spurweiten 1435 mm und größer*
- [2] EN 14363, *Bahnanwendungen — Versuche und Simulationen für die Zulassung der fahrtechnischen Eigenschaften von Eisenbahnfahrzeugen — Fahrverhalten und stationäre Versuche*
- [3] UIC 502-1, *Exceptional consignments — Regulations concerning the preparation and management of exceptional consignments*
- [4] UIC 700:2004, *Classification of lines — Resulting load limits for wagons*
- [5] UIC 702:2003, *Static loading diagrams to be taken into consideration for the design of rail carrying structures on lines used by international services*
- [6] UIC 719, *Earthworks and track bed for railway lines*
- [7] UIC 776-1, *Loads to be considered in railway bridge design*
- [8] COTIF Agreement 1999, *Convention concerning International Carriage by Rail (COTIF) of 9th May 1980 modified by the Protocol of Modification of 3rd June 1999*
- [9] GCU, *General contract of use for wagons*
- [10] UIC Loading Guidelines
- [11] Railway Group standard GE/RT8006 *Interface between Vehicle Weights and Underline Bridges*
- [12] *Parametric dynamic analysis of railway bridges under traffic loads*, Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento, 2013 (<http://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web>)
- [13] EN 13977, *Bahnanwendungen — Oberbau — Sicherheitsanforderungen an tragbare Maschinen und Rollwagen für Bau und Instandhaltung*
- [14] EN 15877-2, *Bahnanwendungen — Kennzeichnungen von Schienenfahrzeugen — Teil 2: Außenanschriften an Personenzugfahrzeugen, Triebfahrzeugeinheiten, Lokomotiven und Gleisbaumaschinen*
- [15] EN 14033 (alle Teile), *Bahnanwendungen — Oberbau — Schienengebundene Bau- und Instandhaltungsmaschinen*
- [16] EN 15746 (alle Teile), *Bahnanwendungen — Oberbau — Zwei-Wege-Maschinen und zugehörige Ausstattung*
- [17] EN 15954 (alle Teile), *Bahnanwendungen — Oberbau — Anhänger und zugehörige Ausstattung*
- [18] EN 1990:2002, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*
- [19] EN 1991-1, (alle Unterteile), *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke*
- [20] EN 15955 (alle Teile), *Bahnanwendungen — Oberbau — Ausgleisbare Maschinen und zugehörige Ausstattung*

- [21] EN 17343:2020, *Bahnanwendungen — Allgemeine Begriffe*
- [22] CEN/TR 17498:2020, *Bahnanwendungen — Infrastruktur — Schienengebundene Instandhaltungs- und Inspektionsmaschinen — Erläuterung des Maschinentyps und der Konformität, einschließlich der Zulassungsverfahren*