

DIN EN 15227

ICS 45.060.01

Ersatz für
DIN EN 15227:2011-01 und
DIN 5560:2002-05

**Bahnanwendungen –
Anforderungen an die Kollisionssicherheit von Schienenfahrzeugen;
Deutsche Fassung EN 15227:2020**

Railway applications –
Crashworthiness requirements for rail vehicles;
German version EN 15227:2020

Applications ferroviaires –
Exigences de sécurité contre collision pour véhicules ferroviaires;
Version allemande EN 15227:2020

Gesamtumfang 61 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 15227:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 087-00-04 AA „Festigkeit/Kollisionssicherheit“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15227:2011-01 und DIN 5560:2002-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) anwendbare Fahrzeugtypen (Abschnitt 1);
- b) modifizierte Definitionen und Beispiele für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien (5.1);
- c) Definition von zu beurteilenden Triebzügen (5.2);
- d) Beurteilung von Triebzügen, die lediglich in eine Richtung betrieben werden (5.2);
- e) verbindliche Anforderung eines anfänglichen Höhenversatzes im Auslegungs-Kollisionsszenario 1 für alle Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien (5.4.1);
- f) neue Definition der Kollisionsmasse in Übereinstimmung mit den Massendefinitionen von EN 15663 (5.4.1);
- g) neue Anforderungen an Lokomotiven mit Schwerlastkupplungen (5.4.2 und C.2);
- h) vorgeschriebene Anforderungen für Lokomotiven mit Mittelführerräumen zur Erfüllung von Auslegungs-Kollisionsszenario 3 (5.4);
- i) zusätzliches Referenzhindernis für Auslegungs-Kollisionsszenario 3 für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-IV (5.4.5 und C.6);
- j) neue Anforderung an die Befestigungsbedingungen von Seitenfenstern an Fahrzeugenden (6.3.1);
- k) Ausschluss der Wagenübergänge vom Überlebensraum (6.3.2);
- l) vorgeschriebene Anforderung, dass sich der Überlebensraum für den Fahrzeugführer innerhalb des Führerraums befinden muss (6.3.1);
- m) modifizierte Überlebensraumanforderungen für den Fahrersitz (6.3.5);
- n) Eliminierung der Verzögerungsgrenzen für Auslegungs-Kollisionsszenario 3 (6.4.1);
- o) Modifizierung der Verzögerungsgrenzen für Auslegungs-Kollisionsszenarien 1 und 2 (6.4.1);
- p) modifizierte Anforderung an Bahnräume in Bezug auf Begrenzungslinien (6.5.1);
- q) neue Anforderungen an Schienenräume (6.6);
- r) neue Anforderung für Versuche an Strukturen oder Bauteilen an Zugzwischenenden (B.1.1);
- s) modifizierte Hindernisgeometrie für Auslegungs-Kollisionsszenario 3 für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-III (C.3);

- t) modifizierter Referenzzug für individuell einstellbare Reisezugwagen (D.4).
- u) neue Zugdefinition für die Auslegung von Reisezugwagen beschränkt auf bestimmte führende Fahrzeuge (D.5);
- v) Angleichung von Begriffen und Definitionen an prEN 17343:2019.

Frühere Ausgaben

DIN 5560: 2002-05

DIN EN 15227: 2008-07, 2011-01

— Leerseite —

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen —
Anforderungen an die Kollisionssicherheit von
Schienenfahrzeugen**

Railway applications —
Crashworthiness requirements for rail vehicles

Applications ferroviaires —
Exigences de sécurité contre collision pour
véhicules ferroviaires

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. Februar 2020 angenommen.

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

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

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



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

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

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Kollisionssicherheits-Auslegung von Schienenfahrzeugstrukturen	9
4.1 Allgemeine Grundlagen	9
4.2 Auslegungs-Zielsetzungen zur Kollisionssicherheit	10
4.3 Beurteilungsvorgang der Schienenfahrzeug-Kollisionssicherheit	10
5 Anforderungen an die Kollisionssicherheits-Beurteilung	11
5.1 Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien von Schienenfahrzeugen	11
5.2 Zugbeurteilungsverfahren	11
5.2.1 Verfahren für komplette Triebzüge	11
5.2.2 Referenzzugverfahren	12
5.2.3 Zusammenfassung der Zugbeurteilungsverfahren	12
5.3 Auslegungs-Kollisionsszenarien	12
5.4 Beurteilung von Auslegungs-Kollisionsszenarien	13
5.4.1 Allgemeines	13
5.4.2 Auslegungs-Kollisionsszenario für Kategorie C-I	14
5.4.3 Auslegungs-Kollisionsszenario für Kategorie C-II	14
5.4.4 Auslegungs-Kollisionsszenario für Kategorie C-III	15
5.4.5 Auslegungs-Kollisionsszenario für Kategorie C-IV	15
5.4.6 Zusammenfassung der Auslegungs-Kollisionsszenarien	15
6 Auslegungsanforderungen bezüglich der strukturellen passiven Sicherheit	17
6.1 Beurteilungsanforderungen für Auslegungs-Kollisionsszenarien	17
6.1.1 Allgemeines	17
6.1.2 Erklärungshinweise (informativ)	17
6.2 Aufklettern	18
6.2.1 Anforderungen	18
6.2.2 Erklärungshinweise (informativ)	18
6.3 Überlebensraum, Eindringung und Ausstiegsmöglichkeit	19
6.3.1 Allgemeine Anforderungen	19
6.3.2 Anforderungen an den Überlebensraum in Fahrgastbereichen	19
6.3.3 Anforderungen an den Überlebensraum in der Fahrerkabine	20
6.3.4 Erklärungshinweise (informativ)	20
6.3.5 Definition der Überlebensräume für Fahrersitze	21
6.4 Verzögerungsgrenze/Kollisionsimpuls	24
6.4.1 Anforderung	24
6.4.2 Erklärungshinweise (informativ)	25
6.5 Bahnräumer	26
6.5.1 Anforderung	26
6.5.2 Erklärungshinweise (informativ)	28
6.6 Schienenräumer	29
6.6.1 Anforderung	29
6.6.2 Erklärungshinweise (informativ)	29

7	Validierung der Kollisionssicherheit	30
7.1	Validierungsprogramm	30
7.2	Kombiniertes Validierungsprogramm	30
7.2.1	Schritt 1: Versuche mit den Energie absorbierenden Bauteilen und Stauchzonen	30
7.2.2	Schritt 2: Prüfkalibrierung des numerischen Modells	31
7.2.3	Schritt 3: Numerische Simulation der Auslegungs-Kollisionsszenarien	31
7.3	Vereinfachtes Validierungsprogramm	31
7.4	Konformitätsprüfung	32
Anhang A (informativ) Parameter der Auslegungs-Kollisionsszenarien		33
A.1	Einleitung	33
A.2	Bestimmung der Auslegungs-Kollisionsszenarien bei von normalen europäischen Betriebsbedingungen abweichenden Kollisionsrisiken	34
A.2.1	Auslegungs-Kollisionsszenarien	34
A.2.2	Risikoanalyse	34
A.2.3	Faktoren, die in der Risikobewertung zu berücksichtigen sind	35
A.2.4	Kollisionen infolge von Entgleisungen	36
A.2.5	Literaturhinweise zu relevanten Unfallinformationen	36
Anhang B (normativ) Anforderungen an ein Validierungsprogramm		37
B.1	Versuchsspezifikationen	37
B.1.1	Versuchsprogramm	37
B.1.2	Akzeptanzkriterien für Kalibrierungs-/Validierungsversuche	38
B.2	Numerische Simulationen	38
B.2.1	Validierung numerischer Modelle	38
B.2.2	Simulationsmodell	39
Anhang C (normativ) Referenzhindernis-Definitionen		40
C.1	80-t-Güterwagen mit Seitenpuffern	40
C.2	80-t-Güterwagen mit Schwerlastkupplung	41
C.3	129-t-Regionalzug	43
C.4	Deformierbares 15-t-Hindernis am Bahnübergang	44
C.5	Festes, unverformbares Hindernis von 3 t für Eck-Kollisionen im Straßenverkehr	46
C.6	Bewegliches 7,5-t-Hindernis im Straßenverkehr	47
Anhang D (normativ) Referenzzug-Definitionen		50
D.1	Referenzzüge für die Auslegung von Lokomotiven, Triebköpfen, Steuerwagen und Reisezugwagen	50
D.2	Auslegung von Lokomotiven	50
D.3	Auslegung von Triebköpfen und Steuerwagen	51
D.4	Auslegung von Reisezugwagen	51
D.5	Auslegung von Reisezugwagen bei bestimmten Arten von führenden Fahrzeugen	53
Anhang E (informativ) Übergangsbestimmung für diese Europäische Norm		54
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie 2016/797/EU		55
Literaturhinweise		57

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 15227:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2020, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2020 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 15227:2008+A1:2010.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN/CENELEC/ETSI erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2016/797/EU.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2016/797/EU siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Neben einer allgemeinen redaktionellen Neuordnung von Abschnitten und Text werden die technischen Änderungen in Bezug auf die vorherige Ausgabe nachfolgend aufgeführt:

- a) anwendbare Fahrzeugtypen (Abschnitt 1);
- b) modifizierte Definitionen und Beispiele für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien (5.1);
- c) Definition von zu beurteilenden Triebzügen (5.2);
- d) Beurteilung von Triebzügen, die lediglich in eine Richtung betrieben werden (5.2);
- e) verbindliche Anforderung eines anfänglichen Höhenversatzes im Auslegungs-Kollisionsszenario 1 für alle Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien (5.4.1);
- f) neue Definition der Kollisionsmasse in Übereinstimmung mit den Massendefinitionen von EN 15663 (5.4.1);
- g) neue Anforderungen an Lokomotiven mit Schwerlastkupplungen (5.4.2 und C.2);
- h) verbindliche Anforderungen für Lokomotiven mit Mittelführerräumen, um das Auslegungs-Kollisionsszenario 3 zu erfüllen (5.4);
- i) zusätzliches Auslegungs-Kollisionsszenario für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-IV (5.4.5 und C.6);
- j) neue Anforderung an die Befestigungsbedingungen von Seitenfenstern an Fahrzeugenden (6.3.1);
- k) Ausschluss der Wagenübergänge vom Überlebensraum (6.3.2);
- l) verbindliche Anforderung, dass sich der Überlebensraum für den Fahrzeugführer innerhalb des Führerraums befinden muss (6.3.1);

- m) modifizierte Definition für Überlebensräume für Fahrersitze (6.3.5);
- n) Ausschluss der Anwendung der Verzögerungsgrenzwerte für Auslegungs-Kollisionsszenario 3 (6.4.1);
- o) Modifizierung der Verzögerungsgrenzwerte und des Verfahrens zur Bewertung der Verzögerung für Auslegungs-Kollisionsszenarien 1 und 2 (6.4.1);
- p) modifizierte Anforderung an Bahnräume in Bezug auf Begrenzungslinien (6.5.1);
- q) neue Anforderungen an Schienenräume (6.6);
- r) neue Anforderung für Versuche an Strukturen oder Bauteilen an Zugzwischenenden (B.1.1);
- s) modifizierte Hindernisgeometrie für Auslegungs-Kollisionsszenario 3 für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-III (C.3);
- t) modifizierter Referenzzug für die Auslegung von Reisezugwagen (D.4);
- u) neue Zugdefinition für die Auslegung von Reisezugwagen beschränkt auf bestimmte führende Fahrzeuge (D.5);
- v) Angleichung von Begriffen und Definitionen an prEN 17343:2019.

Falls ein Fahrzeug unter Anwendung der vorherigen Ausgabe dieser Norm erfolgreich beurteilt wurde und die technischen Änderungen dieser neuen Ausgabe von EN 15227 sich nicht auf diese Beurteilung auswirken, kann davon ausgegangen werden, dass das Fahrzeug der neuen Norm entspricht. Andernfalls, wenn das Fahrzeug erneut beurteilt werden muss, reicht es aus, lediglich die modifizierten technischen Anforderungen und die neuen Anforderungen zu beurteilen.

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

Ziel der in dieser Europäischen Norm beschriebenen Anforderungen an die passive Sicherheit ist es, die Folgen von Kollisionsunfällen zu vermindern. Die in dieser Europäischen Norm betrachteten Maßnahmen sind die Schutzmaßnahmen, wenn alle anderen Möglichkeiten zur Verhinderung eines Unfalls fehlgeschlagen sind. Auf der Basis der häufigsten Kollisionen und verbundener Risiken liefert sie einen Rahmen zur Bestimmung von Kollisionsbedingungen, welche bei der Konstruktion von Schienenfahrzeugkästen betrachtet werden können.

Diese Europäische Norm ergänzt die in EN 12663-1:2010+A1:2014 festgelegte Basis-Festigkeitsanforderung mit zusätzlichen Anforderungen an die strukturelle passive Sicherheit, um die Sicherheit der Fahrzeuginsassen im Fall von Kollisionen zu erhöhen.

Im Fall einer Kollision sorgt die Anwendung dieser Europäischen Norm für den Schutz der Fahrzeuginsassen von neuen Auslegungen von kollisionssicheren Fahrzeugen durch Wahrung der strukturellen Integrität, Verminderung des Aufkletterrisikos und Begrenzen von Verzögerungen. Dieser Schutz erstreckt sich nicht auf die Interaktion zwischen den Fahrzeuginsassen und dem Fahrzeuginneren oder auf Fahrzeuginsassen anderer Schienenfahrzeuge, auf andere Bahnangestellte und Kunden außerhalb der Fahrzeuge oder auf Dritte.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen fest an die Kollisionssicherheit für Neukonstruktionen von

- Lokomotiven,
- Wagen mit Steuerkopf, die in Personen- und Güterzügen eingesetzt werden,
- Personenschienenfahrzeugen in Personenzügen (wie Straßenbahnen, U-Bahnen, Vollbahnzügen).

Dieses Dokument spezifiziert allgemeine Methoden zur Bereitstellung passiver Sicherheit, die angepasst werden können, um individuellen Fahrzeuganforderungen zu entsprechen.

Dieses Dokument spezifiziert die Eigenschaften von Referenzhindernismodellen, die in den Auslegungs-Kollisionsszenarien angewendet werden.

Dieses Dokument spezifiziert auch die Anforderungen und Verfahren, wenn der Nachweis der Erfüllung der passiven Sicherheitsziele über einen Vergleich mit bestehenden erprobten Konstruktionen, über numerische Simulation, über Versuche mit Bauteilen, über Prüfung in Originalgröße oder über eine Kombination all dieser Methoden erfolgt.

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 12663-1:2010+A1:2014, *Bahnanwendungen — Festigkeitsanforderungen an Wagenkästen von Schienenfahrzeugen — Teil 1: Lokomotiven und Personenzüge (und alternatives Verfahren für Güterwagen)*

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

prEN 17343:2019, *Bahnanwendungen — Allgemeine Begriffe*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach prEN 17343:2019 und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1

aktive Sicherheit

Systeme und Maßnahmen mit dem Ziel, eine Kollision zu vermeiden

3.2

Kollisionsmasse

effektive Fahrzeugmasse, die zu Kollisionssimulationen herangezogen wird

3.3

Kollisionsgeschwindigkeit

v_c

Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Zügen oder zwischen Zug und Hindernis zu Beginn der Kollision

3.4

Kollisionssicherheit

Fähigkeit, die Folgen einer Kollision in kontrollierter Weise abzuschwächen und das Verletzungsrisiko der Fahrzeuginsassen zu vermindern

3.5

Stauchzone

Teil des Fahrzeugkastens (normalerweise an den Fahrzeugenden), welcher dazu ausgelegt ist, sich in kontrollierter Weise zu deformieren und Energie zu absorbieren

3.6

Auslegungs-Kollisionsszenario

Kollisionsszenario, das für Auslegung und Beurteilung gilt

3.7

Energie absorbierendes Bauteil

Bauteil, das an der Fahrzeugstruktur befestigt und dazu ausgelegt ist, sich in kontrollierter Weise zu deformieren und Energie zu absorbieren

BEISPIEL Energie absorbierende Kupplung.

3.8

Versuch in Originalgröße

Prüfung, bei der der Prüfkörper unter Verwendung von Bauteilen in Originalgröße aus dem zu beurteilenden Fahrzeug hergestellt wird

3.9

Schwerlastkupplung

Mittelpufferkupplungen, die dem Willison-Prinzip oder dem Janney-Prinzip entsprechen

BEISPIELE SA3-Kupplung (Willison), AAR-Kupplung (Janney).

Anmerkung 1 zum Begriff: AAR: Association of American Railroads (Industrievereinigung großer Gütereisenbahnen von Nordamerika).

3.10

führendes Ende

Fahrzeugende, bei dem es sich im Normalbetrieb um das vordere Ende des Zugs handeln kann

3.11

Bahnübergangsgeschwindigkeit

v_{LC}

anzuwendende Fahrgeschwindigkeit an Bahnübergängen

3.12

Schienenräumer

vor einem Rad angebautes Strukturelement mit der Zielsetzung, zu verhindern, dass kleine Hindernisse zwischen Rad und Schiene geraten

3.13

normale europäische Betriebsbedingungen

Betriebsbedingungen, die mit den in den Literaturhinweisen beschriebenen Bedingungen vergleichbar sind

3.14

Bahnräumer

an den führenden Fahrzeugenden angebrachtes Bauteil zur Begrenzung der Folgen eines Aufpralls auf ein Hindernis im Gleis

3.15

passive Sicherheit

strukturelle Auslegungseigenschaften, vorgesehen, um die Folgen einer Kollision zu vermindern

3.16

Überlebensraum

Raum, der für die Auslegungs-Kollisionsszenarien im Inneren eines Schienenfahrzeugs für Fahrgäste und Personal zu erhalten ist

3.17

Referenzzug

Zugzusammensetzung, die verwendet wird zur Beurteilung und zum Nachweis für Lokomotiven, Triebköpfe, Steuerwagen und Reisezugwagen, die nicht Teil eines festen Triebzuges sind

4 Kollisionssicherheits-Auslegung von Schienenfahrzeugstrukturen

4.1 Allgemeine Grundlagen

Das Kollisionsrisiko von Zügen wird primär durch aktive Sicherheitssysteme und/oder betriebliche Vorgehensweisen kontrolliert. Wenn diese Systeme aufgrund besonderer Umstände oder äußerer Ereignisse unzureichend sind, gibt die strukturelle Kollisionssicherheit eine Reihe von passiven Sicherheitsmaßnahmen vor, die zur Verminderung der Folgen eines Unfalls führen.

Das Ziel ist die Bereitstellung eines Schutzniveaus, das die häufigsten Kollisionen und verbundene Risiken durch Anwendung der in diesem Dokument ausgeführten Auslegungs-Kollisionsszenarien berücksichtigt. Es ist praktisch nicht möglich, die Fahrzeugstruktur so zu konstruieren, dass die Fahrzeuginsassen in allen möglichen Unfallsituationen geschützt sind oder alle möglichen Fahrzeugkombinationen zu betrachten.

Es wird von den normalen europäischen Betriebsbedingungen ausgegangen. Die Konstruktion neuer Fahrzeuge für den Personenverkehr geht von einem Betrieb mit vergleichbaren Fahrzeugen aus, die auch die Anforderungen dieser Europäischen Norm erfüllen. Es ist anerkannt, dass die betrieblichen Bedingungen den Einsatz von neuen kollisionssicheren mit bereits bestehenden, nicht kollisionssicheren Fahrzeugen im selben Zug erfordern können. Die Einhaltung dieser Europäischen Norm wird aber für solche Fahrzeugkombinationen nicht gefordert.

Die anzuwendenden Auslegungs-Kollisionsszenarien und geeignete Parameter für normale europäische Betriebsbedingungen sind in 5.3 aufgeführt.

Anhang A enthält zusätzliche Informationen zur Herleitung der Auslegungs-Kollisionsszenarien und beschreibt Situationen, bei denen diese gegebenenfalls verändert werden müssen sowie die Verfahren, die dann folgen sollten.

Wenn die Betriebsbedingungen ein Auslegungs-Kollisionsszenario ausschließen, oder wenn nachgewiesen werden kann, dass die Wahrscheinlichkeit des Auftretens oder das damit verbundene Risiko so gering ist, dass es allgemein akzeptabel ist, muss dieses Auslegungs-Kollisionsszenario bei der Fahrzeuggestaltung nicht betrachtet werden. Diese Bedingungen sollten in der Fahrzeugspezifikation ausgeführt werden.

ANMERKUNG Zugsicherungssysteme, welche verschiedene Verkehrstypen im gleichen Netz trennen, oder baulich getrennte Verkehrsarten (z. B. ohne Bahnübergänge) können diese Anforderung erfüllen.

Wenn das Betriebsnetz Eigenschaften aufweist, welche wesentliche, nicht durch die in dieser Europäischen Norm berücksichtigten Auslegungs-Kollisionsszenarien bereits abgedeckte Kollisionsrisiken beinhalten, sollten diese in Form von zusätzlichen Auslegungs-Kollisionsszenarien berücksichtigt werden, die Teil der Fahrzeugspezifikation sein sollten.

Die Anforderungen betreffen den Fahrzeugkasten und jene direkt dazugehörigen mechanischen Elemente, welche eingesetzt werden können, um bei einer Kollision Energie aufzunehmen, wie Kupplungen, Zug- und Stoßeinrichtungen. Die Anforderungen beziehen sich nicht auf die Sicherheitssysteme für Türen, Fenster, Systemkomponenten oder Inneneinrichtungen, außer bei speziellen Vorgaben zur Erhaltung des Überlebensraumes.

Nicht alle Fahrzeuge eines Zuges müssen zur Energieabsorption beitragen, sofern jene Personenzugkonfigurationen, die ausschließlich aus neuen Fahrzeugkonstruktionen gebildet werden, diese Europäische Norm insgesamt erfüllen.

4.2 Auslegungs-Zielsetzungen zur Kollisionssicherheit

Um für den Schutz der Fahrzeuginsassen von Schienenfahrzeugen im Fall einer Kollision zu sorgen, berücksichtigen die Anforderungen die folgenden Zielsetzungen:

- kontrollierte Absorption der Kollisionsenergie;
- Vermindern des Aufkletterrisikos;
- Aufrechterhalten des Überlebensraums und der strukturellen Integrität von Bereichen, die von Personen besetzt sind;
- Begrenzen von Verzögerungen;
- Vermindern von Entgleisungsrisiko und von Folgen einer Kollision mit Hindernissen im Gleis.

Spezifische Anforderungen und Beurteilungskriterien zum Nachweis der Erfüllung dieser Zielsetzungen sind in den Abschnitten 5, 6 und 7 (siehe 4.3) ausgeführt.

Als Nebenprodukt zur Erreichung des Fahrzeuginsassenschutzes wird das Ausmaß der Beschädigung des Fahrzeugkastens bei Unfällen wahrscheinlich verringert. Wenn restriktivere Schadensbegrenzungen für eines der Auslegungs-Kollisionsszenarien aus Abschnitt 5 spezifiziert werden sollen, sollte dies Teil der Fahrzeugspezifikation sein — eine derartige Forderung ist nicht Bestandteil der Sicherheitsanforderungen dieser Europäischen Norm.

4.3 Beurteilungsvorgang der Schienenfahrzeug-Kollisionssicherheit

Für ein neues Schienenfahrzeug müssen die Phasen des Beurteilungsvorgangs der Kollisionssicherheit folgende sein:

- Zuweisung einer Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie (siehe 5.1);
- Festlegung der relevanten Zugbeurteilungsverfahren (siehe 5.2 und Anhang D) sowie Festlegung der anwendbaren Auslegungs-Kollisionsszenarien (siehe 5.3 und 5.4). Falls nicht standardmäßige Auslegungs-Kollisionsszenarien erforderlich sind, siehe in Anhang A die Anleitung der Methoden, die übernommen werden sollten;
- Validierung der Kollisionssicherheits-Beurteilung (siehe Abschnitt 7 und Anhang B);
- Beurteilung der anzuwendenden Auslegungs-Kollisionsszenarien in Bezug auf die anzuwendenden Kollisionssicherheits-Auslegungskriterien (siehe 5.4, Abschnitt 6 und Anhang C).

5 Anforderungen an die Kollisionssicherheits-Beurteilung

5.1 Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien von Schienenfahrzeugen

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm werden die Schienenfahrzeuge in Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien eingestuft. Diese Kategorien hängen von den Hauptmerkmalen des Bahnnetzes und von der Betriebsweise ab.

Die geeignete Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie oder -kategorien müssen in der Fahrzeugspezifikation definiert sein.

Schienenfahrzeuge werden in vier Kategorien unterteilt, wie in Tabelle 1 aufgeführt, mit einem Hinweis auf die Betriebsweise und auf Beispiele mit darunterfallenden Fahrzeugtypen.

Tabelle 1 — Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien von Schienenfahrzeugen

Kategorie	Definition	Beispiele der Fahrzeugtypen
C-I	Fahrzeuge, mit Ausnahme von städtischen Fahrzeugen und Straßenbahnen, die für den Betrieb auf internationalen, nationalen und regionalen Strecken ausgelegt sind	Lokomotiven, Reisezugwagen und Züge
C-II	Städtische Fahrzeuge, die ausschließlich für ein geschlossenes Bahnnetz ohne Bahnübergänge und ohne Schnittstellen mit dem Straßenverkehr ausgelegt sind	U-Bahn-Fahrzeuge
C-III	Fahrzeuge, die für städtische und/oder regionale Netze ausgelegt sind, mit gemeinsamer Gleisbenutzung von Vollbahnstrecken und mit Schnittstellen zum Straßenverkehr	Tram-Trains, Überland-Straßenbahnen
C-IV	Straßenbahnen	

5.2 Zugbeurteilungsverfahren

5.2.1 Verfahren für komplette Triebzüge

Dieses Verfahren ist für Triebzüge und Triebwagen anzuwenden.

Bei der Beurteilung eines Triebzuges mit wesentlich unterschiedlichen Fahrzeugstrukturen an jedem Ende müssen Kollisionen für beide Enden betrachtet werden. In Bezug auf die Auswirkungen zwischen identischen Triebzügen müssen ausschließlich identische Triebzugenden betrachtet werden.

Bei der Beurteilung eines Triebzuges, der lediglich in eine Richtung betrieben wird und an beiden Enden über wesentlich unterschiedliche Fahrzeugstrukturen verfügt, müssen Auswirkungen von Frontalkollisionen an den führenden Enden und Auffahrkollisionen eines führenden Endes gegen ein nicht-führendes Ende berücksichtigt werden.

Bei der Beurteilung eines Triebzuges, der in verschiedenen Konfigurationen derselben Bauweise montiert und betrieben werden kann, müssen der kürzeste und der längste Triebzug betrachtet werden, z. B. wenn sich ein Triebzug zu einem nicht trennbaren Verband von 4 bis 8 Fahrzeugen konfigurieren lässt, werden der Verband mit 4 Fahrzeugen und der Verband mit 8 Fahrzeugen beurteilt.

Bei der Beurteilung eines Triebzuges, der auch in einem Zug mit zwei oder mehr Triebzügen betrieben werden kann, reicht die Beurteilung eines einzelnen Triebzuges aus, aber bei der Beurteilung eines Triebzuges mit einziehbaren oder wegklappbaren Kupplungssystemen, der ebenfalls in einem Zug mit zwei oder mehr Triebzügen betrieben werden kann, ist die Beurteilung von zwei Triebzügen notwendig.

ANMERKUNG Die energieabsorbierenden Bauteile eines gekoppelten Triebzugendes sorgen in Bezug auf die zu absorbierenden Energien im Falle einer Kollision für eine ausreichende Trennung. Am führenden Ende des Zuges mit einziehbaren oder wegklappbaren Kupplungssystemen ist die Kupplung normalerweise eingezogen oder weggeklappt. Das Verhalten dieser Kupplungen an den Zugzwischenenden während einer Kollision von Zügen mit einem oder mehreren Triebzügen wird durch die Beurteilung von zwei Triebzügen nachgewiesen.

Bei der Beurteilung eines Triebzuges, der aufgrund seiner Auslegung immer als ein Zug mit mindestens zwei Triebzügen betrieben wird, muss die Mindestanzahl an Triebzügen, die zur Bildung eines Zuges benötigt werden, beurteilt werden.

Manche Triebzüge haben keine Steuerkabine zur Führung eines Zuges an beiden Enden (z. B. lediglich eine Steuerkonsole zum Rangieren), sind jedoch darauf ausgelegt, immer als Züge in beide Richtungen betrieben zu werden. Daher sieht die Mindestanforderung an einen betriebsfähigen Zug einen Stellerraum an jedem Ende vor.

5.2.2 Referenzzugverfahren

Dieses Verfahren ist für Lokomotiven, Triebköpfe, Steuerwagen und Reisezugwagen anwendbar, die in verschiedenen Fahrzeugverbänden zum Einsatz kommen. Für solche Fahrzeuge müssen geeignete Referenzzüge für die Beurteilung herangezogen werden. Zu geeigneten Referenzzügen und Beurteilungsanforderungen für verschiedene Fahrzeugtypen siehe Anhang D.

5.2.3 Zusammenfassung der Zugbeurteilungsverfahren

Die geeigneten Beurteilungsverfahren und Referenzen zu Anhang D sind in Tabelle 2 ausgewiesen.

Tabelle 2 — Fahrzeugtypen und Beurteilungsverfahren

Fahrzeugtypen	Beurteilungsverfahren
Triebzüge und Triebwagen	Verfahren für komplette Triebzüge
Lokomotiven	Referenzzugverfahren (siehe D.2 für Referenzzugdefinitionen)
Triebköpfe und Steuerwagen	Referenzzugverfahren (siehe D.3 für Referenzzugdefinitionen)
Reisezugwagen	Referenzzugverfahren (siehe D.4 und D.5 für Referenzzugdefinitionen)

5.3 Auslegungs-Kollisionsszenarien

Im Folgenden sind vier Auslegungs-Kollisionsszenarien festgelegt. Anhang A befasst sich detaillierter mit der Herleitung und Anwendung der Auslegungs-Kollisionsszenarien.

1) Auslegungs-Kollisionsszenario 1: Frontalzusammenstoß von zwei identischen Zügen.

Der fahrende Zug stößt mit einem identischen stehenden Zug zusammen. Es müssen sowohl der fahrende als auch der stehende Zug bewertet werden.

Dieses Szenario ist auch repräsentativ für Kollisionen mit ähnlichen Zügen, die mit kompatiblen Kuppelvorrichtungen ausgestattet sind.

- 2) Auslegungs-Kollisionsszenario 2: Frontalzusammenstoß mit einem unterschiedlichen Schienenfahrzeugtyp.

Je nach Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie stößt der zu beurteilende Zug mit einem Regionalzug mit Mittelpufferkupplung oder mit einem Güterwagen zusammen.

Dieses Szenario ist repräsentativ für Kollisionen mit anderen Eisenbahnfahrzeugen oder mit Prellböcken.

Wenn der typischerweise angetroffene Typ von Eisenbahnfahrzeugen von den definierten Referenzhindernissen abweicht, sollte Anhang A zur Festlegung von geeigneteren Hindernissen herangezogen werden.

- 3) Auslegungs-Kollisionsszenario 3: Frontalzusammenstoß mit einem Straßenfahrzeug.

Der zu beurteilende Zug kollidiert mit einem großen Hindernis an Bahnübergängen oder, wo zutreffend, mit üblichen Hindernissen im städtischen Straßenverkehr.

Dieses Szenario ist repräsentativ für Kollisionen mit großen Straßenfahrzeugen.

- 4) Auslegungs-Kollisionsszenario 4: Frontalzusammenstoß mit einem niedrigen Hindernis.

Bahnräumer und Schienenräumer des zu beurteilenden Zuges müssen bestimmte Festigkeits- und Leistungskriterien erfüllen.

Dieses Szenario ist repräsentativ für Kollisionen mit Hindernissen, deren Masseschwerpunkt sich unterhalb des Wagenkastens des Zuges befindet (z. B. ein Auto an einem Bahnübergang, Tiere oder Schutt).

Wenn Fahrzeuge nicht die in dieser Europäischen Norm angegebenen Kollisionsgeschwindigkeiten erreichen können (z. B. Rangierlokomotiven), brauchen die Anforderungen an die Kollisionssicherheit nicht angewendet werden.

Wenn die normalen europäischen Betriebsbedingungen, von denen diese Europäische Norm ausgeht, nicht greifen, müssen geeignete Szenarien und einschränkende Auslegungsfälle in der Fahrzeugspezifikation definiert werden. Siehe Anhang A für eine Anleitung zur Definition von geeigneten Anforderungen.

Tabelle 3 fasst diese Auslegungs-Kollisionsszenarien im Hinblick auf die verschiedenen Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien zusammen. Die relevanten Hindernisse, relevanten betrieblichen Eigenschaften und die Kollisionsgeschwindigkeiten sind angegeben.

Die Tabellen 6 und 7 führen die Anforderungen für Bahnräumer und Schienenräumer auf.

5.4 Beurteilung von Auslegungs-Kollisionsszenarien

5.4.1 Allgemeines

Für alle Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien und alle Fahrzeugtypen gelten die folgenden Anforderungen.

Die Auslegungs-Kollisionsszenarien müssen beurteilt werden anhand einer Kombination von

- numerischen Simulationen,
- Berechnungen und
- physischen Prüfungen.

Kollidierende Züge, stehende Züge und Hindernisse befinden sich ungebremst auf geradem und ebenem Gleis. Das betroffene Kollisionshindernis (Zug, Wagen oder Hindernis) steht still. Randbedingungen für betroffene Wagen und Hindernisse sind in deren Definitionen enthalten (siehe Anhang C).

Für das Auslegungs-Kollisionsszenario 1 muss der Ausgangshöhenversatz am Kollisionspunkt für alle Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien 40 mm betragen, wobei sich der stehende Zug auf einer niedrigeren Ebene als der sich bewegende Zug befinden muss. An den Zugzwischenenden innerhalb jedes Zuges ist kein Ausgangshöhenversatz vorzusehen.

Frontkupplungen können im Auslegungs-Kollisionsszenario 1 unabhängig von ihrem vertikalen Fangbereich als gekuppelt angenommen werden.

Die Kollisionsmasse ist die Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs in Übereinstimmung mit EN 15663:2017+A1:2018 zuzüglich 50 % der Masse für sitzende Fahrgäste. Die Massen für Personal und sitzende Fahrgäste brauchen nicht am jeweiligen Schwerpunkt abgebildet werden, sondern dürfen direkt in die Fahrzeugstrukturmasse integriert werden.

Die anwendbaren Auslegungs-Kollisionsszenarien und die entsprechenden Anforderungen an die Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien C-I bis C-IV sind in 5.4.2 bis 5.4.5 ausgeführt und in 5.4.6, Tabelle 3 abschließend zusammengefasst.

5.4.2 Auslegungs-Kollisionsszenario für Kategorie C-I

Alle Fahrzeugtypen der Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-I, mit Ausnahme von Reisezugwagen, müssen wie folgt beurteilt werden:

- a) Auslegungs-Kollisionsszenario 1 bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 36 km/h.

Für Lokomotiven, die mit Schwerlastkupplungen ausgestattet sind, muss das Auslegungs-Kollisionsszenario 1 bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 20 km/h beurteilt werden.

- b) Auslegungs-Kollisionsszenario 2: eine Kollision mit einem 80-t-Güterwagen mit Seitenpuffern bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 36 km/h. Das Referenzhindernis ist in C.1 definiert.

Für Lokomotiven, die mit Schwerlastkupplungen ausgestattet sind, muss das Auslegungs-Kollisionsszenario 2 für eine Kollision mit einem 80-t-Güterwagen mit Mittelpufferkupplung bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 20 km/h beurteilt werden. Das Referenzhindernis ist in C.2 definiert.

- c) Auslegungs-Kollisionsszenario 3: Frontalzusammenstoß mit einem 15 t schweren, deformierbaren Hindernis an einem Bahnübergang. Das Referenzhindernis ist in C.4 definiert. Die Kollisionsgeschwindigkeit am Bahnübergang muss bei ($v_{LC} - 50$ km/h) oder 110 km/h liegen, je nachdem, welcher Wert niedriger ist. Die Bahnübergangsgeschwindigkeit v_{LC} ist der niedrigere der beiden folgenden Werte:

- die maximale Zuggeschwindigkeit und
- die vorgegebene Fahrgeschwindigkeit an Bahnübergängen.

Wenn keine anderen Anforderungen vorliegen, ist eine Beurteilung nach Auslegungs-Kollisionsszenario 3 nur dann erforderlich, wenn es auf den zu befahrenden Strecken Bahnübergänge gibt.

- d) Auslegungs-Kollisionsszenario 4: Frontalzusammenstoß mit einem niedrigen Hindernis. Die führenden Fahrzeugenden müssen die Anforderungen an Bahnräumer und Schienenräumer nach 6.5 und 6.6 erfüllen.

In der Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-I müssen Reisezugwagen nach den Anforderungen aus D.4 oder D.5 beurteilt werden. Dies entspricht Auslegungs-Kollisionsszenario 1 für diese Fahrzeuge. Die übrigen Auslegungs-Kollisionsszenarien sind für Reisezugwagen nicht anwendbar.

5.4.3 Auslegungs-Kollisionsszenario für Kategorie C-II

Für Fahrzeuge der Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-II muss das Auslegungs-Kollisionsszenario 1 bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 25 km/h beurteilt werden.

ANMERKUNG Die übrigen Auslegungs-Kollisionsszenarien sind für die Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-II nicht anwendbar.

5.4.4 Auslegungs-Kollisionsszenario für Kategorie C-III

Fahrzeuge der Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-III müssen im Hinblick auf Folgendes beurteilt werden:

- a) Auslegungs-Kollisionsszenario 1 bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 25 km/h;
- b) Auslegungs-Kollisionsszenario 2 für Kollisionen mit einem unterschiedlichen Schienenfahrzeugtyp:
 - Eine Kollision mit einem 80-t-Güterwagen bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 25 km/h unter Betriebsbedingungen, in denen das Gleis mit Fahrzeugen geteilt wird, die mit Seitenpuffern ausgestattet sind. Das Referenzhindernis ist in C.1 definiert.
 - Eine Kollision mit einem 129-t-Regionalzug bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 10 km/h unter Betriebsbedingungen, in denen das Gleis mit Fahrzeugen geteilt wird, die mit einer Mittelpufferkupplung ausgestattet sind. Das Referenzhindernis ist in C.3 definiert.

Die Schienenfahrzeugtypen, die als Referenzhindernisse genutzt werden, sind für die normalen europäischen Betriebsbedingungen geeignet. Wenn der typischerweise angetroffene Typ von Eisenbahnfahrzeugen von den definierten Referenzhindernissen abweicht, sollte Anhang A zur Festlegung von geeigneteren Hindernissen herangezogen werden.

- c) Auslegungs-Kollisionsszenario 3: Eine Kollision an den führenden Enden bei Bahnübergängen mit einem 15 t schweren, deformierbaren Hindernis bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 25 km/h. Das Referenzhindernis ist in C.4 definiert.
- d) Auslegungs-Kollisionsszenario 4: Die führenden Fahrzeugenden müssen die in 6.5 und 6.6 angegebenen Anforderungen an Bahnräumer und Schienenräumer erfüllen.

Die Anforderungen für die Kategorie C-III bieten ausreichende Sicherheit für den Straßenbahnnetzbetrieb, d. h. die Anforderungen aus Kategorie C-IV brauchen nicht separat nachgewiesen werden.

5.4.5 Auslegungs-Kollisionsszenario für Kategorie C-IV

Fahrzeuge der Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-IV müssen im Hinblick auf Folgendes beurteilt werden:

- a) Auslegungs-Kollisionsszenario 1 bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 15 km/h;
- b) Auslegungs-Kollisionsszenario 3, das an den führenden Enden für die folgenden Fälle beurteilt werden muss:
 - eine Kollision mit einem 3 t schweren, festen, unverformbaren Hindernis, das sich in einem Winkel von 45 Grad zum Gleis befindet, bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 25 km/h. Das Referenzhindernis und das Auslegungs-Kollisionsszenario sind in C.5 beschrieben.
 - Kollisionen mit einem 7,5 t schweren Hindernis, das sich in einem Winkel von 90 Grad zum Gleis befindet und einen seitlichen Versatz des Hindernisschwerpunkts im Verhältnis zur x-Achse des Zuges von $\pm 1\,000$ mm aufweist, bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 15 km/h. Das Referenzhindernis und die Auslegungs-Kollisionsszenarien sind in C.6 beschrieben.

5.4.6 Zusammenfassung der Auslegungs-Kollisionsszenarien

Die in 5.4.2 bis 5.4.5 ausgeführten Auslegungs-Kollisionsszenarien sind in Tabelle 3 zusammengefasst.