

DIN EN 15227

ICS 45.060.01

Entwurf

Einsprüche bis 2017-01-18
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 15227:2011-01 und
DIN 5560:2002-05

**Bahnanwendungen –
Anforderungen an die Kollisionssicherheit von Schienenfahrzeugkästen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 15227:2016**

Railway applications –
Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies;
German and English version prEN 15227:2016

Applications ferroviaires –
Exigences de sécurité contre collision pour caisses des véhicules ferroviaires;
Version allemande et anglaise prEN 15227:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-11-18 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF), Panoramaweg 1, 34131 Kassel.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 117 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15227:2016) wurde unter der Federführung der WG 2 „Festigkeitsanforderungen“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) des SC 2 „Schienenfahrzeuge — Komponenten“ (Sekretariat: NEN, Niederlande) innerhalb des Technischen Komitees CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

Dieses Dokument beruht auf der Grundlage einer englischen Referenzfassung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 15227 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm- Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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 (Abschnitt 5.1);
- c) Definition von zu beurteilenden Triebzügen (Abschnitt 5.2);
- d) Beurteilung von Triebzügen, die lediglich in eine Richtung betrieben werden (Abschnitt 5.2);
- e) neue Anforderungen an Lokomotiven mit Schwerlastkupplungen (Abschnitt 5.4.2 und Anhang C.2);
- f) vorgeschriebene Anforderungen für Lokomotiven mit Mittelführerräumen zur Erfüllung von Auslegungs-Kollisionsszenario 3 (Abschnitt 5.4);
- g) zusätzliches Referenzhindernis für Auslegungs-Kollisionsszenario 3 für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-IV (Abschnitt 5.4.5 und Anhang C.6);
- h) Ausschluss der Wagenübergänge vom Überlebensraum (Abschnitt 6.3.2);
- i) vorgeschriebene Anforderung, dass sich der Überlebensraum für den Fahrzeugführer innerhalb des Führerraums befinden muss (Abschnitt 6.3.3);
- j) modifizierte Überlebensraumanforderungen für den Fahrersitz (Abschnitt 6.3.5);
- k) Eliminierung der Verzögerungsgrenzen für Auslegungs-Kollisionsszenario 3 (Abschnitt 6.4.1);
- l) Modifizierung der Verzögerungsgrenzen für Auslegungs-Kollisionsszenarien 1 und 2 (Abschnitt 6.4.1);
- m) modifizierte Anforderung an Bahnräume in Bezug auf Begrenzungslinien (Abschnitt 6.5.1);
- n) spezifizierte Energieabsorptionswerte für Bahnräume (Abschnitt 6.5.1);
- o) neue Anforderungen an Schienenräume (Abschnitt 6.6);
- p) modifizierte Hindernisgeometrie für Auslegungs-Kollisionsszenario 3 für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-III (Anhang C.3);
- q) modifizierter Referenzzug für individuell einstellbare Reisezugwagen (Anhang D.4).

Bahnanwendungen — Anforderungen an die Kollisionssicherheit von Schienenfahrzeugkästen

Applications ferroviaires — Exigences de sécurité contre collision pour caisses des véhicules ferroviaires

Railway applications — Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokumentstufe: CEN-Umfrage

Dokumentsprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
3.1 Allgemeines	6
3.2 Fahrzeugbegriffe	8
3.3 Begriffe für den Straßenbahnbetrieb	9
4 Kollisionssicherheits-Auslegung von Schienenfahrzeugstrukturen	9
4.1 Allgemeine Grundlagen	9
4.2 Auslegungs-Zielsetzungen zur Kollisionssicherheit	10
4.3 Beurteilungsvorgang der Schienenfahrzeug-Kollisionssicherheit	11
5 Anforderungen an die Kollisionssicherheits-Beurteilung	11
5.1 Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien von Schienenfahrzeugen	11
5.2 Zugbeurteilungsverfahren	12
5.2.1 Verfahren für komplette Triebzüge	12
5.2.2 Referenzzugverfahren	12
5.2.3 Zusammenfassung der Zugbeurteilungsverfahren	12
5.3 Auslegungs-Kollisionsszenarien	13
5.4 Beurteilung von Auslegungs-Kollisionsszenarien	14
5.4.1 Allgemeines	14
5.4.2 Beurteilungsanforderungen für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-I	14
5.4.3 Beurteilungsanforderungen für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-II	15
5.4.4 Beurteilungsanforderungen für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-III	15
5.4.5 Beurteilungsanforderungen für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-IV	16
5.4.6 Anwendung des Auslegungs-Kollisionsszenarios 3 für Kategorie C-IV (informativ)	16
5.4.7 Zusammenfassung der Beurteilungsanforderungen	16
6 Auslegungsanforderungen bezüglich der strukturellen passiven Sicherheit	18
6.1 Beurteilungsanforderungen für Auslegungs-Kollisionsszenarien	18
6.1.1 Allgemeines	18
6.1.2 Erklärungshinweise (informativ)	18
6.2 Aufklettern	19
6.2.1 Anforderungen	19
6.2.2 Erklärungshinweise (informativ)	19
6.3 Überlebensraum, Eindringung und Ausstiegsmöglichkeit	20
6.3.1 Allgemeine Anforderungen	20
6.3.2 Anforderungen an den Überlebensraum in Fahrgastbereichen	20
6.3.3 Anforderungen an den Überlebensraum im Führerraum	21
6.3.4 Erklärungshinweise (informativ)	22
6.3.5 Definition der Überlebensräume für Fahrersitze	22
6.4 Verzögerungsgrenze/Kollisionsimpuls	25
6.4.1 Anforderung	25
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.....	29
7.1	Validierungsprogramm.....	29
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	30
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.....	37
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	Starres Hindernis von 3 t für Eck-Kollisionen im Straßenverkehr	46
C.6	7,5 t-Hindernis im Straßenverkehr	47
Anhang D (normativ) Referenzzug-Definitionen — Definierte Formationen.....		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 individuell einstellbarer Reisezugwagen.....	51
D.5	Auf bestimmte führende Fahrzeuge beschränkte Auslegung des Reisezugwagens	53
Anhang E (informativ) Übergangsbestimmung für diese Europäische Norm.....		54
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.....		55
Literaturhinweise.....		57

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15227:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 15227:2008+A1:2010 ersetzen.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN/CENELEC/ETSI erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EC.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2008/57/EC 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 (Abschnitt 5.1);
- c) Definition von zu beurteilenden Triebzügen (5.2);
- d) Beurteilung von Triebzügen, die lediglich in eine Richtung betrieben werden (5.2);
- e) neue Anforderungen an Lokomotiven mit Schwerlastkupplungen (5.4.2 und C.2);
- f) vorgeschriebene Anforderungen für Lokomotiven mit Mittelführerräumen zur Erfüllung von Auslegungs-Kollisionsszenario 3 (5.4);
- g) zusätzliches Referenzhindernis für Auslegungs-Kollisionsszenario 3 für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-IV (5.4.5 und C.6);
- h) Ausschluss der Wagenübergänge vom Überlebensraum (6.3.2);
- i) vorgeschriebene Anforderung, dass sich der Überlebensraum für den Fahrzeugführer innerhalb des Führerraums befinden muss (6.3.3);
- j) modifizierte Überlebensraumanforderungen für den Fahrersitz (6.3.5);
- k) Eliminierung der Verzögerungsgrenzen für Auslegungs-Kollisionsszenario 3 (6.4.1);
- l) Modifizierung der Verzögerungsgrenzen für Auslegungs-Kollisionsszenarien 1 und 2 (6.4.1);
- m) modifizierte Anforderung an Bahnräume in Bezug auf Begrenzungslinien (6.5.1);
- n) spezifizierte Energieabsorptionswerte für Bahnräume (6.5.1);
- o) neue Anforderungen an Schienenräume (6,6);
- p) modifizierte Hindernisgeometrie für Auslegungs-Kollisionsszenario 3 für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-III (C.3);
- q) modifizierter Referenzzug für individuell einstellbare Reisezugwagen (D.4).

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

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 endgültigen Schutzmaßnahmen, wenn alle anderen Möglichkeiten zur Verhinderung eines Unfalls fehlgeschlagen sind. Auf der Basis der häufigsten Risiken liefert sie einen Rahmen zur Bestimmung von Kollisionsbedingungen, welche bei der Konstruktion von Fahrzeugkästen betrachtet werden können.

Diese in EN 12663-1 festgelegte Basis-Festigkeitsanforderung ergänzt diese Europäische Norm 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 Insassen anderer Schienenfahrzeuge, auf andere Bahnangestellte und Kunden außerhalb der Fahrzeuge oder auf Dritte.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für Neukonstruktionen von Lokomotiven und Schienenfahrzeugen für den Personenverkehr (wie Straßenbahn-, U-Bahn-, Stadt-, Linien- und Hochgeschwindigkeitszüge) unter Berücksichtigung der in Anhang E aufgeführten Empfehlungen für die Anwendung dieser Norm (Übergangsbestimmung) und gibt Anforderungen an die Kollisionssicherheit für neue Personenwagen und Lokomotiven mit Ausnahme der folgenden Typen vor:

- Gleisbaumaschinen (OTMs);
- Fahrzeuge zur Inspektion der Infrastruktur;
- Fahrzeuge, die ausschließlich der historischen oder touristischen Nutzung vorbehalten sind.

Diese Europäische Norm spezifiziert allgemeine Methoden zur Bereitstellung passiver Sicherheit, die angepasst werden dürfen, um individuellen Fahrzeuganforderungen zu entsprechen.

Diese Europäische Norm spezifiziert die Eigenschaften von Referenzhindernismodellen, die in den Auslegungs-Kollisionsszenarien angewendet werden.

Diese Europäische Norm 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 Komponenten, über Prüfung in Originalgröße oder über eine Kombination all dieser Methoden erfolgt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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, *Bahnanwendungen — Festigkeitsanforderungen an Wagenkästen von Schienenfahrzeugen — Teil 1: Lokomotiven und Personenfahrzeuge (und alternatives Verfahren für Güterwagen)*

EN 15663, *Bahnanwendungen — Definition der Fahrzeugreferenzmassen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeines

3.1.1

aktive Sicherheit

Systeme und Maßnahmen mit dem Ziel, eine Kollision zu vermeiden

3.1.2

Kollisionsmasse

tatsächliche Fahrzeugmasse, die zu Kollisionssimulationen herangezogen wird

3.1.3

Kollisionsgeschwindigkeit

v_c

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

3.1.4

Kollisionssicherheit

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

3.1.5

Stauchzone

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

3.1.6

Auslegungs-Kollisionsszenario

Kollisionsszenario, das aus der Unfallanalyse abgeleitet wird und für Auslegung und Beurteilung gilt

3.1.7

Energie absorbierendes Bauteil

Bauteil, das an der Fahrzeugstruktur befestigt und ausgelegt ist, um sich in kontrollierter Weise zu deformieren und Energie zu absorbieren (z. B. Energie absorbierende Kupplung)

3.1.8

Versuch in Originalgröße

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

3.1.9

Schwerlastkupplung

Mittelpufferkupplungen, die dem Willision-Prinzip (z. B. SA3) oder dem Janney-Prinzip (AAR-Norm) entsprechen

3.1.10

Führungsseite

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

3.1.11

Bahnübergangsgeschwindigkeit

V_{LC}

zulässige Fahrgeschwindigkeit an Bahnübergängen

3.1.12

Schienenräumer

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

3.1.13

normale europäische Betriebsbedingungen

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

3.1.14

passive Sicherheit

strukturelle Auslegungseigenschaften, vorgesehen, um die Folgen eines Unfalls zu vermindern

3.1.15

Überlebensraum

Raum, der für den Fall einer Kollision im Inneren eines Schienenfahrzeugs für Fahrgäste und Personal freizuhalten ist

3.1.16

Werkstattumgebung

Ort außerhalb des normalen Betriebsumfeldes, in der Regel eine Wartungseinrichtung

3.2 Fahrzeugbegriffe

3.2.1

Reisezugwagen

Fahrzeug für den allgemeinen Betrieb (3.2.4) ohne Zug, das für den Transport von Fahrgästen geeignet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Reisezugwagen sind daher auch Restaurantwagen, Schlafwagen, Liegewagen, usw.

3.2.2

Steuerwagen

Fahrzeug mit Führerraum, ohne Traktionsausrüstung für den allgemeinen Betrieb (3.2.4)

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein mit einem Führerraum ausgestatteter Wagen kann auch als „Führerwagen“ bezeichnet werden. Ein mit einem Führerhaus ausgestatteter Lastwagen kann auch als „Steuerwagen“ bezeichnet werden.

3.2.3

nicht trennbarer Verband

Zugverband, der ausschließlich in einer Werkstattumgebung neu konfiguriert werden kann

3.2.4

allgemeiner Betrieb

Betriebsmodus unter Verwendung einer Auswahl von Fahrzeugen möglicherweise verschiedener Typen innerhalb eines Zugverbandes, der während der Konstruktionsphase nicht definiert ist

3.2.5

Lokomotive

Fahrzeug mit mindestens einem Führerraum für den allgemeinen Betrieb (3.2.4) (oder eine Kombination aus mehreren Fahrzeugen) zur Bereitstellung von Zugkraft für einen Zug, das nicht zum Tragen einer Nutzlast ausgelegt ist und unabhängig betrieben werden kann

3.2.6

Triebkopf

Fahrzeug für den allgemeinen Betrieb (3.2.4) zur Bereitstellung von Zugkraft, das sich an einem Ende eines Zugs befindet, über einen Führerraum verfügt und während des normalen Betriebs nicht abgekoppelt werden soll

3.2.7

Triebwagen

Fahrzeug, das unabhängig betrieben werden und eine Nutzlast tragen kann (Fahrgäste oder Gepäck/Post oder Fracht)

3.2.8

Referenzzug

Zugzusammensetzung, die verwendet wird zur Beurteilung und zum Nachweis für Lokomotiven (3.2.5), Triebköpfe (3.2.6), Steuerwagen (3.2.2) und Reisezugwagen (3.2.1), die nicht Teil eines festen Triebzuges (3.2.10) sind

3.2.9

Zug

betriebsbereite Zusammenstellung von einem oder mehreren Fahrzeugen oder Triebzügen (3.2.10)

3.2.10

Triebzug

nicht trennbarer Verband von Fahrzeugen, der unabhängig als Zug betrieben und ausschließlich in einer Werkstattumgebung neu konfiguriert werden kann

3.2.11

Straßenbahn

Schienennetz, das ausschließlich oder vorwiegend der Nutzung durch Fahrgäste dient und in für die Öffentlichkeit und den Straßenverkehr zugänglichen Bereichen betrieben wird und dessen Betrieb in der Regel nach Sichtweite läuft

3.3 Begriffe für den Straßenbahnbetrieb

3.3.1

integriertes Straßenbahnnetz

Straßenbahn, deren Gleise in die Straße verlegt werden, wobei der von den Schienen belegte Bereich auch von anderen Fahrzeugen oder Fußgängern benutzt werden kann

3.3.2

getrennt geführtes Straßenbahnnetz

Straßenbahnnetz, deren Gleise innerhalb der Straßenbegrenzungen verlegt werden, wobei der von den Gleisen belegte Bereich von Fußgängern und anderen Fahrzeugen an dafür vorgesehenen Übergängen überquert werden darf, außer für Wartungszwecke, in der Regel aber nicht mit anderen Straßenfahrzeugen geteilt wird

3.3.3

Sichtweitenbetrieb

Betrieb, bei dem die Geschwindigkeit der Fahrzeuge so begrenzt wird, dass der Fahrzeugführer innerhalb des für ihn klar einsehbaren Bereichs anhalten kann

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 Kollisionsrisiken durch Anwendung der in diesem Dokument ausgeführten Auslegungs-Kollisionsszenarien berücksichtigt. Es ist praktisch nicht möglich, die Fahrzeugstruktur so zu konstruieren, dass die Insassen 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 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 Verkehrsarten im gleichen Netz trennen, 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 Norm insgesamt erfüllen.

4.2 Auslegungs-Zielsetzungen zur Kollisionssicherheit

Um für den Schutz der Insassen 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 Insassenschutzes 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 sein:

- Zuweisung einer Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie (siehe 5.1);

ANMERKUNG Für bestimmte Fahrzeugtypen kann mehr als eine Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie in Frage kommen.

- 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;
- Beurteilung der anzuwendenden Auslegungs-Kollisionsszenarien in Bezug auf die anzuwendenden Kollisionssicherheits-Auslegungskriterien (siehe 5.4, Abschnitt 6 und Anhang C);
- Validierung der Kollisionssicherheits-Beurteilung (siehe Abschnitt 7 und Anhang B).

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 der Eisenbahn-Infrastruktur und von der Betriebsweise ab.

Die geeignete Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie muss 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 darunter fallenden 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 Netz 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	Leichttriebwagen, Regio-Stadtbahnen
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 Kollisionsauswirkungen für beide Enden betrachtet werden. In Bezug auf die Auswirkungen zwischen identischen Triebzügen sind ausschließlich identische Triebzugenden zu betrachten.

Bei der Beurteilung eines Triebzuges, der lediglich in eine Richtung betrieben wird und an beiden Enden über wesentlich unterschiedliche Fahrzeugstrukturen verfügt, sind Auswirkungen von Frontalkollisionen an den Führungsseiten und Auffahrkollisionen einer Führungsseite gegen eine Nicht-Führungsseite zu berücksichtigen.

Bei der Beurteilung eines Triebzuges, der in verschiedenen Konfigurationen derselben Bauweise montiert und betrieben werden kann, sind der kürzeste und der längste Triebzug zu betrachten.

ANMERKUNG 1 Wenn sich ein Triebzug zu einem nicht trennbaren Verband von vier bis acht Fahrzeugen konfigurieren lässt, werden der Verband mit vier Fahrzeugen und der Verband mit acht 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.

ANMERKUNG 2 Die Energieabsorptionsfähigkeit jedes Triebzugendes sorgt in Bezug auf die Energieabsorption zwischen den einzelnen Triebzügen im Falle einer Kollision für eine ausreichende Trennung.

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

ANMERKUNG 3 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 sind geeignete Referenzzüge für die Beurteilung heranzuziehen. Anhang D enthält Informationen über geeignete Referenzzüge und Beurteilungsanforderungen für verschiedene Fahrzeugtypen.

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 Anhang D.2 für Referenzzugdefinitionen)
Triebköpfe und Steuerwagen, die mit verschiedenen Verbänden von Reisezugwagen verwendet werden (z. B. Wendezüge)	Referenzzugverfahren (siehe Anhang D.3 für Referenzzugdefinitionen)
(antriebslose) Reisezugwagen, die sich in jede Position eines Zuges eingliedern lassen oder die Teil eines festen Verbandes von Reisezugwagen sind	Referenzzugverfahren (siehe Anhang D.4 und D.5 für Referenzzugdefinitionen)

5.3 Auslegungs-Kollisionsszenarien

Die spezifizierten Auslegungs-Kollisionsszenarien repräsentieren die häufigsten Kollisionen sowie diejenigen, bei denen ohne Minderungsmaßnahmen ein hohes Risiko von Todesfällen besteht. Anhang A befasst sich detaillierter mit der Herleitung und Anwendung der Auslegungs-Kollisionsszenarien.

- Auslegungs-Kollisionsszenario 1: Frontalzusammenstoß von zwei identischen Zugeinheiten.

Der zu beurteilende Zug stößt mit einem identischen Zug zusammen.

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

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

Je nach Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie stößt der zu beurteilende Zug mit einem Regionalzug mit Mittelkuppung oder mit einem Wagen 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.

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

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

Dieses Szenario ist repräsentativ für Kollisionen mit Hindernissen, die zu einem erheblichen Verlust von Überlebensraum im vorderen Teil von Zügen führen können.

- 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 des zu beurteilenden Zuges mit Hindernissen, deren Masseschwerpunkt sich unterhalb des Wagenkastens des Zuges befindet, was die Entgleisungen verursachen kann (z. B. ein Auto an einem Bahnübergang, Tiere oder Schutt).

Wenn Fahrzeuge nicht die in dieser Europäischen Norm für ein bestimmtes Auslegungs-Kollisionsszenario und für die entsprechende Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie angegebenen Kollisionsgeschwindigkeiten erreichen können (z. B. Rangierlokomotiven), braucht dieses Auslegungs-Kollisionsszenario nicht berücksichtigt zu werden.

ANMERKUNG Für eine 50 km/h-Rangierlokomotive der Kategorie C-1 läge die Kollisionsgeschwindigkeit am Bahnübergang bei null, wofür Auslegungs-Kollisionsszenario 3 keine Anwendung findet.

Wenn die normalen europäischen Betriebsbedingungen, von denen diese Europäische Norm ausgeht, nicht greifen, sind geeignete Szenarien und einschränkende Auslegungsfälle in der Fahrzeugspezifikation zu definieren. 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 Leistungsanforderungen 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 sind zu beurteilen anhand einer Kombination von:

- numerischen Simulationen,
- Berechnungen und
- physischen Prüfungen.

Kollidierende Züge, stationäre Züge und Hindernisse befinden sich ungebremst auf geradem und ebenem Gleis. Das betroffene Kollisionshindernis (Zug, Wagen oder Hindernis) ist stationär. 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 stationäre Zug auf einer niedrigeren Ebene als der sich bewegende Zug befinden muss. Bei den zugseitigen Enden jedes Zuges gibt es keinen Ausgangshöhenversatz.

Wenn der vertikale Sammelbereich eines Frontkupplungssystems unter dem vorgegebenen Ausgangshöhenversatz von 40 mm liegt, darf weiterhin von einer stabilen längsseitigen Kraftübertragung der Frontkupplung ausgegangen werden, wenn die Auslegung des Kupplungskopfes eine Kontaktebene mit vertikalen Maßen vorsieht, die über dem doppelten vorgegebenen Ausgangshöhenversatz liegen.

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

Die anwendbaren Auslegungs-Kollisionsszenarien und die Beurteilungsanforderungen für die Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien C-I bis C-IV sind in 5.4.2 bis 5.4.5 ausgeführt und in 5.4.7, Tabelle 3 abschließend zusammengefasst.

5.4.2 Beurteilungsanforderungen für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-I

Alle Fahrzeugtypen der Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-1, mit Ausnahme von Reisezugwagen, sind wie folgt zu beurteilen:

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

Für Lokomotiven, die mit Schwerlastkupplungen ausgestattet sind, ist das Auslegungs-Kollisionsszenario 1 bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 20 km/h zu beurteilen.

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

Für Lokomotiven, die mit Schwerlastkupplungen ausgestattet sind, ist das Auslegungs-Kollisionsszenario 2 für eine Kollision mit einem 80 t-Güterwagen mit Mittelkupplung bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 20 km/h zu beurteilen. 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. 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 Vorderenden von Fahrzeugen müssen die Anforderungen an Bahnräumer und Schienenräumer gemäß Klausel 6.5 und 6.6 erfüllen.

In der Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-I sind Reisezugwagen nach den Anforderungen aus D.4 oder D.5 zu beurteilen.

ANMERKUNG Dies entspricht Auslegungs-Kollisionsszenario 1 für diese Fahrzeuge. Die übrigen Auslegungs-Kollisionsszenarien sind für Reisezugwagen nicht anwendbar.

5.4.3 Beurteilungsanforderungen für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-II

Für Fahrzeuge der Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-II ist das Auslegungs-Kollisionsszenario 1 bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 25 km/h zu beurteilen.

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

5.4.4 Beurteilungsanforderungen für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-III

Fahrzeuge der Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-III müssen folgende Beurteilungsanforderungen erfüllen:

- 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 in Wartungssituationen, in denen das Gleis mit Fahrzeugen geteilt wird, die mit seitlichen Puffern ausgestattet sind. Das Referenzhindernis ist in C.1 definiert.
 - Eine Kollision mit einem 129 t-Regionalzug bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 10 km/h in Wartungssituationen, in denen das Gleis mit Fahrzeugen geteilt wird, die mit einer Mittelkupplung ausgestattet sind. Das Referenzhindernis ist in C.3 definiert.

Die Arten von Schienenfahrzeugen, 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 Vorderenden 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 Vorderenden von Fahrzeugen müssen die in 6.5 und 6.6 angegebenen Leistungsanforderungen an Bahnräumer und Schienenräumer erfüllen.

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

5.4.5 Beurteilungsanforderungen für Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-IV

Fahrzeuge der Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie C-IV müssen folgende Beurteilungsanforderungen erfüllen:

- a) Auslegungs-Kollisionsszenario 1 bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 15 km/h;
- b) Auslegungs-Kollisionsszenario 3 ist an den Vorderenden für die folgenden Fälle zu beurteilen:
 - eine Kollision mit einem 3 t schweren starren Straßenhindernis, 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.
 - eine Kollision mit einem 7,5 t schweren starren Straßenhindernis, das sich in einem Winkel von ± 45 Grad zum Gleis befindet, bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 15 km/h. Das Referenzhindernis und die Auslegungs-Kollisionsszenarien sind in C.6 beschrieben.

Das Auslegungs-Kollisionsszenario 3 bei einer Kollision mit einem 7,5 t schweren Straßenhindernis darf ausgelassen werden, wenn eine Risikoanalyse ergeben hat, dass das Risiko einer Kollision mit einem Lastwagen tolerierbar ist.

5.4.6 Anwendung des Auslegungs-Kollisionsszenarios 3 für Kategorie C-IV (informativ)

Die beiden, für das Auslegungs-Kollisionsszenario 3 definierten Hindernisse betreffen potentielle Kollisionen mit typischen Straßenfahrzeugen, die ein Risiko für den Fahrer und die Fahrgäste eines Straßenbahnfahrzeugs darstellen. Das 3 t schwere starre Straßenhindernis repräsentiert Kollisionen mit Autos, Lieferwagen oder leichten Nutzfahrzeugen. Das 7,5 t schwere Straßenhindernis repräsentiert Kollisionen mit größeren Straßenfahrzeugen, wie Lastwagen.

Insbesondere im Fall von vornehmlich getrennt geführten Straßenbahnen wird das Risiko der Kollision mit großen Hindernissen, wie Lastwagen, geringer eingeschätzt als bei integrierten Straßenbahnen. Zieht man die Ergebnisse der Risikoanalyse heran, ist es daher möglich, dieses Auslegungs-Kollisionsszenario auszulassen, wenn das Gesamtrisiko für die beabsichtigte Betriebsart für tolerierbar gehalten wird.

5.4.7 Zusammenfassung der Beurteilungsanforderungen

Die in 5.4.2 bis 5.4.5 ausgeführten Beurteilungsanforderungen sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3 — Auslegungs-Kollisionsszenarien und Kollisionshindernisse

Kollisionssicherheits-Auslegungskategorien (siehe 5.1)		Auslegungs-Kollisionsszenario (siehe 5.3) und Kollisionsgeschwindigkeiten v_C						
		1	2		3			4
		Frontalzusammenstoß von zwei identischen Zugeinheiten	Frontalzusammenstoß mit einem andersartigen Schienenfahrzeugtyp		Frontalzusammenstoß mit einem großen Straßenfahrzeug			Frontalzusammenstoß mit einem niedrigen Hindernis
Kollisionssicherheits-Auslegungskategorie (siehe Tabelle 1)	Detaillierte Anforderungen	Identischer Zug	80 t-Güterwagen (siehe C.1 und C.2)	129 t-Regionalzug (siehe C.3)	15 t deformierbares Hindernis (siehe C.4)	7,5 t Hindernis (siehe C.6)	3 t starres Hindernis (siehe C.5)	Bahnräumer und Schienenräumer
C-I	5.4.2	36 km/h ^a	36 km/h ^a	n. z.	= ($v_{LC} - 50$ km/h) ≤ 110 km/h	n. z.	n. z.	Siehe 6.5 und 6.6 für Anforderungen
C-II	5.4.3	25 km/h	n. z.	n. z.	n. z.	n. z.	n. z.	n. z.
C-III	5.4.4	25 km/h	25 km/h	10 km/h	25 km/h	n. z.	n. z.	Siehe 6.5 und 6.6 für Anforderungen
C-IV	5.4.5	15 km/h	n. z.	n. z.	n. z.	15 km/h	25 km/h	n. z.
ANMERKUNG n. z. = nicht zutreffend								
a für C-I-Lokomotiven mit Schwerlastkupplung liegt die Kollisionsgeschwindigkeit der Auslegungs-Kollisionsszenarien 1 und 2 bei 20 km/h								

6 Auslegungsanforderungen bezüglich der strukturellen passiven Sicherheit

6.1 Beurteilungsanforderungen für Auslegungs-Kollisionsszenarien

6.1.1 Allgemeines

Für den zu beurteilenden Zug oder das zu beurteilende Fahrzeug ist die Konformität anhand der Kriterien für folgende Punkte nachzuweisen:

- Aufklettern (6.2),
- Überlebensraum (6.3) und
- Verzögerungsniveau (6.4).

Das kontrollierte Absorptionsverhalten der Kollisionsenergie ist nachgewiesen, wenn diese Kriterien erfüllt sind.

Die Kriterien für Aufklettern, Überlebensraum und Verzögerungsniveau sind nicht anwendbar für andere Fahrzeuge, die als Hindernisse oder Teile von Referenzzügen genutzt werden, um die Auslegungs-Kollisionsszenarien zu simulieren.

6.1.2 Erklärungshinweise (informativ)

Elemente der Fahrzeugstruktur (Stauchzonen) und Kupplungssysteme, die dazu vorgesehen sind, sich während der Kollision zu deformieren, sollten:

- die Kollisionsenergie durch festgelegtes Deformations- oder Ausfallverhalten absorbieren und ableiten;
- die verbleibende Kollisionsenergie in die Fahrzeugstruktur verteilen, ohne dass es zu unkontrollierter Deformation oder unkontrolliertem Ausfall kommt;
- die Deformation in festgelegter Sequenz ablaufen lassen, wenn mehrere Deformationselemente verwendet werden.

In praktisch jeder Struktur gibt es wahrscheinlich erhebliche Schwankungen bei der Deformationskraft, aber diese sollte eine allgemein ansteigende Tendenz aufweisen.

Es ist üblicherweise notwendig, die Werkstoffeigenschaften in engeren Grenzen zu regeln als es in Werkstoffangaben normal ist (mit genauer definierten oberen und unteren Toleranzen), um ein beständiges Deformationsverhalten zu erzielen.

Für das Auslegungs-Kollisionsszenario 1 sollte ein stabiler Energieabsorptionsprozess mit einem Ausgangshöhenversatz am Kollisionspunkt nachgewiesen werden. Der Ausgangshöhenversatz am Kollisionspunkt muss 40 mm betragen, wobei sich der stationäre Zug auf einer niedrigeren Ebene als der sich bewegende Zug befinden muss. Dieser Höhenversatz entspricht der Bedingung der Aufkletteranforderung (6.2.1). Folglich sollten dort alle Abnahmekriterien angewendet werden.

Vertikaler Höhenversatz kann durch Radverschleiß, Nickbewegungen, Unterschiede in den vertikalen Lasten usw. verursacht werden. Ein anfänglicher Höhenversatz von 40 mm wird zu dieser Nachweisführung als ausreichend angesehen.

Ein seitlicher Höhenversatz ist weniger kritisch als ein vertikaler Höhenversatz. Wird die kontrollierte Energieabsorption für den vorgegebenen vertikalen Höhenversatz nachgewiesen, so ist die Auslegung im Normalfall auch für typische seitliche Höhenversätze ausreichend stabil.

6.2 Aufklettern

6.2.1 Anforderungen

Dem Aufklettern ist bei der Kollision von Zügen entgegenzuwirken.

ANMERKUNG 1 Bei einer Kollision kann es zum Aufklettern zwischen den Fahrzeugen an den Enden der kollidierenden Züge oder zwischen Fahrzeugen der betroffenen Züge kommen.

Das Entgegenwirken zum Aufklettern muss unter Heranziehung der Ergebnisse einer Simulation von Auslegungs-Kollisionsszenario 1, bei der ein detailliertes Modell der Stauchzonen an den Fahrzeugenden verwendet wird, beurteilt werden.

Für die übrigen Teile des Fahrzeuges darf ein vereinfachtes Modell gleicher Massen und Steifigkeiten verwendet werden, vorausgesetzt es lässt sich nachweisen, dass das Überlebensraumverhalten und die globale Kinematik der Kollision korrekt dargestellt werden (siehe auch 7.2.3).

ANMERKUNG 2 Für das Auslegungs-Kollisionsszenario 1 ist ein Ausgangshöhenversatz von 40 mm vorgegeben, wobei sich der stationäre Zug auf einer niedrigeren Ebene als der sich bewegende Zug befinden muss (siehe 5.4.1).

Ein zufriedenstellendes Entgegenwirken zum Aufklettern ist dadurch nachzuweisen, dass der effektive Kontakt zum Gleis während der gesamten Kollisionssimulation bestehen bleibt.

Dieses gilt als bewiesen, wenn während der gesamten Kollisionssimulation gezeigt wird, dass der Höhenversatz über dem Gleis wenigstens von mindestens zwei, das Fahrzeug stützenden Radsätzen jederzeit nicht mehr als 75 % der Spurkranz-Nennhöhe beträgt. Diese beiden Radsätze dürfen sich nicht auf demselben Drehgestell befinden.

ANMERKUNG 3 Bei Gelenkfahrzeugen oder Fahrzeugen mit unabhängigen Radsätzen dürfen die stützenden Radsätze an angrenzenden Fahrzeugen angebracht werden.

Wenn der effektive Kontakt zum Gleis nicht während der gesamten Kollisionssimulation aufrechterhalten wird, gilt das Entgegenwirken zum Aufklettern als akzeptabel, wenn die folgenden Anforderungen erfüllt sind:

- Aufkletterschutzeinrichtungen an den betroffenen Fahrzeugen bleiben während des relevanten Teils der Kollisionssimulation vollständig im Eingriff;
- wenn sie sich im Eingriff befinden, bieten Aufkletterschutzeinrichtungen eine stabile Vertikalführung zwischen den betroffenen Fahrzeugen, und die maximalen Kontaktkräfte werden in der Vertikalführung sicher übertragen;
- kein Rad hebt sich mehr als 100 mm ab.

6.2.2 Erklärungshinweise (informativ)

Aufklettern entsteht bei einer Kollision, wenn die relative vertikale Verschiebung eines Fahrzeugs so groß ist, dass es über oder durch ein angrenzendes Fahrzeug zu klettern versucht, so dass eine wesentliche Deformation oder ein Bruch der Aufbauten des angrenzenden Fahrzeugs entsteht.

Ein Aufkletterschutz ist daher notwendig, um die an den Fahrzeugenden auftretenden vertikalen Verschiebungen zu begrenzen und um den dort auftretenden vertikalen Kräften zu widerstehen, sodass die Kollisionsbelastung in die Energie absorbierende Struktur eingeleitet wird. Vertikale Verschiebungen und Kräfte entstehen aufgrund des Versatzes zwischen den Kontakt-/Reaktionspunkten an den Fahrzeugenden und aufgrund der Trägheitskräfte in Zusammenhang mit Fahrzeugverzögerungen und -beschleunigungen.

Der Aufkletterschutz kann beispielsweise erreicht werden durch die folgenden Aufkletterschutzeinrichtungen:

- die Bereitstellung von Aufkletterschutzeinrichtungen (in Verbindung mit Abscher- bzw. Deformationselementen der Kupplung);
- Kupplungsstangen zwischen den Fahrzeugen mit Bewegungsbegrenzung.

Aufkletterschutz kann darüber hinaus durch die Zugkonfiguration erreicht werden (z. B. Gelenkfahrzeuge an den Schnittstellen).

6.3 Überlebensraum, Eindringung und Ausstiegsmöglichkeit

6.3.1 Allgemeine Anforderungen

Um Überlebensraum zu wahren, muss die Fahrzeugstruktur während des vollständigen Stauchens der Deformationszonen erhalten bleiben, auch beim Auftreten von signifikanten Spitzenbelastungen. Lokale plastische Deformation und lokales Beulen sind akzeptabel.

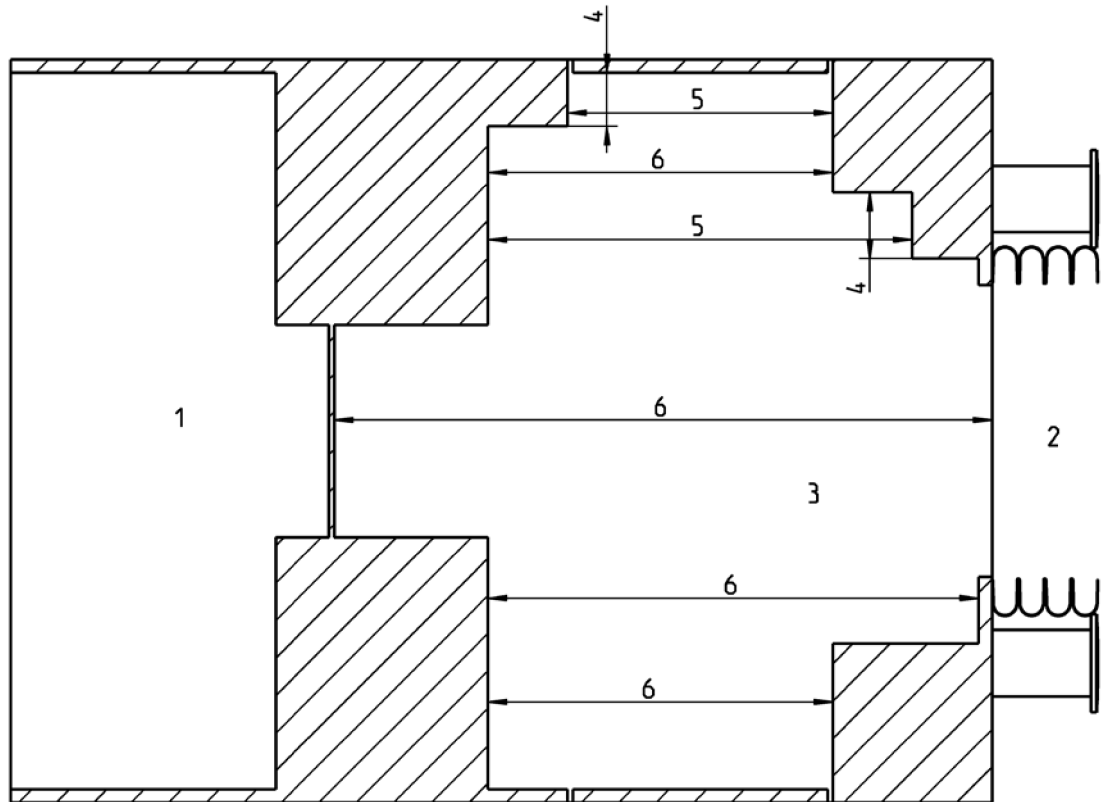
Mindestens ein Fluchtweg (über eine ausgewiesene Ausstiegstür oder ein Notausstiegswindow) muss für jeden Überlebensraum erhalten bleiben. Die Verformung der Struktur darf bei den definierten Auslegungs-Kollisionsszenarien die Benutzung der Fluchtwege nicht behindern.

6.3.2 Anforderungen an den Überlebensraum in Fahrgastbereichen

Für jedes zu beurteilende Auslegungs-Kollisionsszenario gelten die folgenden Kriterien für Fahrgast-Überlebensräume:

- jede Längenminderung für den Überlebensraum des Fahrgastes in Sitzbereichen darf nicht größer als 50 mm je 5 m Länge oder die lokale plastische Dehnung in diesen Bereichen darf nicht größer als 10 % sein;
- an den Enden der Fahrzeugstruktur dürfen die letzten 5 m Länge um höchstens 100 mm vermindert werden;
- in temporär besetzten Bereichen, z. B. Zugangsbereichen oder Stehflächen ohne Sitzplätze, die als Stauchzonen verwendet werden, dürfen Freiräume mit Querabmessungen über 250 mm höchstens um 30 % in Längsrichtung gestaucht werden;
- Wagenübergänge zwischen Fahrzeugen gelten als nicht besetzt und sind daher von den Anforderungen an Überlebensräume ausgenommen.

Bild 1 stellt die Skizze eines Reisezugwagens dar und zeigt ein Beispiel für Bereiche, wo die Deformationsanforderungen in Längsrichtung gelten und wo nicht.



Legende

- | | |
|---|--|
| 1 Sitzbereich (Fahrgast-Überlebensraum) | 4 Querabmessung von höchstens 250 mm |
| 2 Wagenübergangsbereich (nicht besetzt) | 5 Freiraum in Längsrichtung nicht erforderlich |
| 3 temporär besetzter Bereich
(z. B. Vorraum am Fahrzeugende) | 6 Freiraum in Längsrichtung erforderlich |

**Bild 1 — Beispiel für eine Freiraumanforderung an Stauchzonen in zeitweilig besetzten Bereichen
(z. B. Vorraum)**

6.3.3 Anforderungen an den Überlebensraum im Führerraum

In Führerräumen müssen Überlebensräume gewahrt bleiben. Die folgenden Kriterien müssen erfüllt werden:

- um jeden Fahrersitz herum sind Überlebensräume für den kleinsten und den größten Fahrer unter Berücksichtigung der Sitzposition und der Fahrergröße entsprechend den Definitionen aus 6.3.5 aufrechtzuerhalten;

oder

- angrenzend zur Fahrersitzposition ist ein Überlebensraum mit einer Länge und Breite von mindestens 0,75 m sowie zumindest 80 % der ursprünglichen Nominalhöhe vom Fußboden zum Dach aufrechtzuerhalten. Unabhängig von der Anzahl der Sitzplätze reicht ein angrenzender Überlebensraum je Führerraum aus.

Die Innenseiten der Frontscheibe und Seitenscheiben des Führerraums, die im Rahmen der Auslegungskollisionsszenarien zerbrechen, müssen entlang ihrer Kanten durch Überlappung mit der Führerraumstruktur gestützt werden, um ein Eindringen im Kollisionsfall zu begrenzen.

6.3.4 Erklärungshinweise (informativ)

Die Deformation der Struktur sollte nicht dazu führen, dass die Fahrzeugausrüstungen oder deren Teile (z. B. Führerpult, Frontscheibe usw.) während einer Kollision in die vorgesehenen Überlebensräume eindringen. Die Struktur unmittelbar vor dem Überlebensraum des Fahrzeugführers sollte, soweit machbar, nicht in einer Form deformiert werden oder versagen, die zu einer zusätzlichen Gefahr wird (z. B. sollten hervorstehende Bruchflächen und Vorsprünge vermieden werden).

Die Überlebensräume für den Fahrzeugführer sind vorgesehen, um für einen kleinen und einen großen Fahrer die engste Position des Oberkörpers im Verhältnis zum Führerpult und zur Frontscheibe festzulegen, um so einen geeigneten Raum für die Beine unter dem Führerpult zu bestimmen. Es wird davon ausgegangen, dass bei Fahrern innerhalb und außerhalb dieser Begrenzungen der Sitz verstellt wird, so dass der tatsächliche Überlebensraum aufrechterhalten wird.

Die Verfahrensweisen zur Festlegung der Referenzpositionen für das Erkennen von Signalen (wie in EN 16186-1 ausgeführt) sind festgelegt und geben eine eindeutige Definition für die entsprechende Sitzposition vor.

Die Anforderungen an die Fixierung der Frontscheibe erfordern nicht, dass diese während einer Kollision intakt bleiben muss.

6.3.5 Definition der Überlebensräume für Fahrersitze

Bei der Festlegung von Überlebensräumen für Fahrersitze wird davon ausgegangen, dass der Fahrer sitzt.

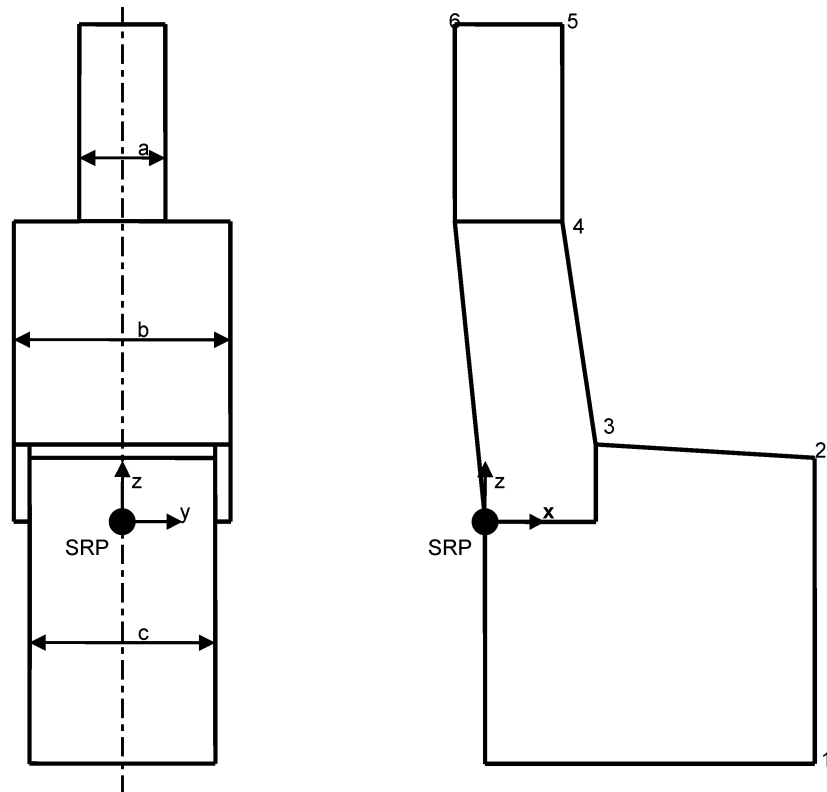
Bezüglich der Sitzposition des Fahrers ist von derselben Position auszugehen wie für die Zwecke des Erkennens von Signalen (z. B. siehe EN 16186-1).

Der Sitzreferenzpunkt (SRP) für das Erkennen von Signalen ist zu bestimmen für:

- eine Frau des 5. Perzentils zur Darstellung eines kleinen Fahrzeugführers und
- einen Mann des 95. Perzentils zur Darstellung eines großen Fahrzeugführers.

Für jeden Fall ist unter Heranziehung des geeigneten SRP als Bezugspunkt ein dreidimensionaler Überlebensraum anhand der Daten aus Tabelle 4 für die Punkte 1 bis 6 und für die Maße a, b und c, wie in Bild 2 dargestellt, zu bestimmen.

Eine isometrische Sicht des Überlebensraums für den Fahrersitz ist in Bild 3 dargestellt.



Legende

- x Längsrichtung
- x Querrichtung
- x vertikale Richtung
- SRP Sitzreferenzpunkt

Bild 2 — Überlebensraum für den Fahrersitz

Tabelle 4 — Angaben zum Überlebensraum für den Fahrersitz

Angaben in Millimeter

Punkt oder Maß		Kleinsten Fahrer (5. Perzentil (weiblich))		Größter Fahrer (95. Perzentil (männlich))	
SRP-Koordinaten		x	z	x	z
1	Beinposition nach vorn	545	Höhe von Boden oder Fußstütze	665	Höhe von Boden oder Fußstütze
2	Knieposition oben	545	105	665	125
3	obere Oberschenkel- und untere Oberkörperposition (nach vorn)	183	127	246	168
4	oberer Oberkörper (nach vorn)	128	495	140	599
5	Kopfposition, nach vorn	128	820	140	985
6	Kopfposition, nach hinten	Rücksitz	820	Rücksitz	985
Abmessungen		Breite		Breite	
a	Kopf	142		155	
b	Schulter	358		404	
c	Hüften	307		475	

ANMERKUNG Die anthropometrischen Daten werden in erster Linie von den Werten aus EN 16186-1 abgeleitet.

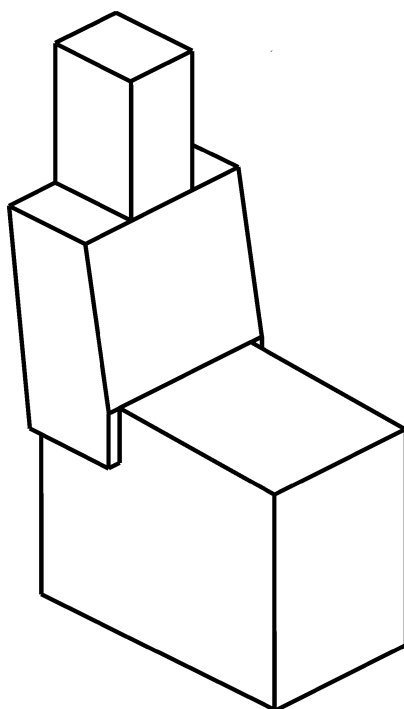


Bild 3 — Isometrische Sicht auf den Überlebensraum für den Fahrersitz

6.4 Verzögerungsgrenze/Kollisionsimpuls

6.4.1 Anforderung

Für die Auslegungs-Kollisionsszenarien 1 und 2 ist für jedes zu beurteilende Fahrzeug die mittlere Verzögerung zu bestimmen.

Die mittlere Verzögerung ist ab dem Beginn bis zum Ende der Kollision zu bestimmen.

Der Beginn der Kollision ist zu definieren als der Punkt, an dem die Differenz zwischen den Längskräften, die an den gegenüberliegenden Enden des Fahrzeugs wirken, erstmals über null liegt.

Das Ende der Kollision ist zu definieren als der Punkt, an dem:

- alle beteiligten Fahrzeuge die gleiche Geschwindigkeit haben (relative Differenz $< 1\%$ der anfänglichen Geschwindigkeit);

oder

- 95 % der Kollisionsenergie absorbiert worden ist.

Die mittlere Verzögerung ist unter Zugrundelegung eines gleitenden Mittelwerts mit einer Dauer von 30 ms und 120 ms zu berechnen und darf die zulässigen Werte aus Tabelle 5 nicht überschreiten.

Tabelle 5 — Zulässige mittlere Verzögerungsniveaus

Gleitender Mittelwert Dauer	Zulässige mittlere Verzögerung
30 ms	10 g
120 ms	5 g

Die Versagenslast (Traglast) der Ausrüstungsbefestigungen muss mit dem höchsten mittleren Verzögerungsniveau, welches das Fahrzeug bei einem gleitenden Mittelwert von 120 ms in den Auslegungs-Kollisionsszenarien 1 und 2 erfährt, vereinbar sein.

Für Ausrüstungsbefestigungen aus dehnbaren Materialien, die nach EN 12663-1 mit einer Längsbeschleunigung von mindestens 3 g (Probebelastung bei Dehngrenze für die Kategorien L und P-I bis P-III) ausgelegt sind, darf davon ausgegangen werden, dass sie die Festigkeitsanforderungen für den zulässigen Verzögerungsimpuls erfüllen.

Für Ausrüstungsbefestigungen aus dehnbaren Materialien, die mit einer Längsbeschleunigung von mindestens 2 g (Probebelastung bei Dehngrenze für die Kategorien P-IV und P-V) ausgelegt sind, darf davon ausgegangen werden, dass sie die Festigkeitsanforderungen für eine mittlere Verzögerung von nicht mehr als 3,3 g für den gleitenden Mittelwert von 120 ms erfüllen.

6.4.2 Erklärungshinweise (informativ)

Die Verzögerungsgrenzen von Auslegungs-Kollisionsszenario 3 gelten nicht, weil dieses Szenario primär zur Bestätigung der Führerraumintegrität dient. Die resultierenden Aufprallkräfte und Kollisionsimpulse für dieses Szenario stellen primär eine Funktion der Eigenschaften des deformierbaren Hindernisses dar.

Die mit den oben angeführten Beschleunigungsgrößen konsistenten Anforderungen an die Versagenslast können größer als die in der EN 12663-1 spezifizierten Festigkeitsanforderungen sein.

6.5 Bahnräumer

6.5.1 Anforderung

Ein separater Bahnräumer ist nicht erforderlich, wenn nachgewiesen werden kann, dass die Fahrzeugendstruktur die Anforderungen eines Bahnräumers erfüllt.

ANMERKUNG Eine Frontkupplung, die in einer Höhe positioniert ist, in der die Kupplung während des normalen Betriebs nicht gefaltet wird und der Kupplungskopf die Position der zentrischen Lastresultierenden abdeckt oder sich unter dieser Position befindet, wie in Bild 4 dargestellt, erfüllt die Anforderungen an einen Bahnräumer auf zufriedenstellende Weise.

Der Bahnräumer muss von ausreichender Größe und Festigkeit sein, um Hindernisse aus dem Weg des Fahrgestells am Vorderende eines Zuges zu räumen.

Die nach vorn gerichtete Fläche des Bahnräumers sollte eine kontinuierliche Barriere darstellen.

Der Bahnräumer sollte in der Draufsicht einem V-Profil mit einem eingeschlossenen Winkel von nicht mehr als 160° ähneln.

Er kann mit einer derart kompatiblen Geometrie konstruiert werden, dass er auch als Schneepflug funktioniert. Eine konkave Vorderseite, symmetrisch zur horizontalen Achse verlaufend, ist daher zulässig.

Die untere Kante des Bahnräumers muss so nahe am Gleis sein, wie es die Fahrzeugbegrenzungslinien erlauben, vorbehaltlich der folgenden Bedingungen:

- Um Herstellungs- und Montagetoleranzen zu erlauben, ist ein Abstand von 20 mm von der Nennposition der unteren Kante des Bahnräumers zur Begrenzungslinie zulässig.
- Wenn eine aerodynamische Abdeckung unterhalb des Bahnräumers verläuft, ist ein zusätzlicher Abstand von 10 mm zwischen der Begrenzungslinie und dem Bahnräumer zulässig.
- Wenn die Begrenzungslinie Ausschnitte für Gleisfunktionen (z. B. Leitschienen, Radlenkerschienen, Signalausstattung) umfasst und die Länge dieser erhöhten Positionen 30 % oder mehr der Spurweite ausmacht, darf die untere Kante des Bahnräumers an die Höhe der erhöhten Positionen angepasst sein.

Ein Bahnräumer ist auf die in Tabelle 6 angegebenen statischen Lasten zu beurteilen.

Statische Lasten müssen unabhängig voneinander in Fahrzeuglängsrichtung wie folgt aufgebracht werden:

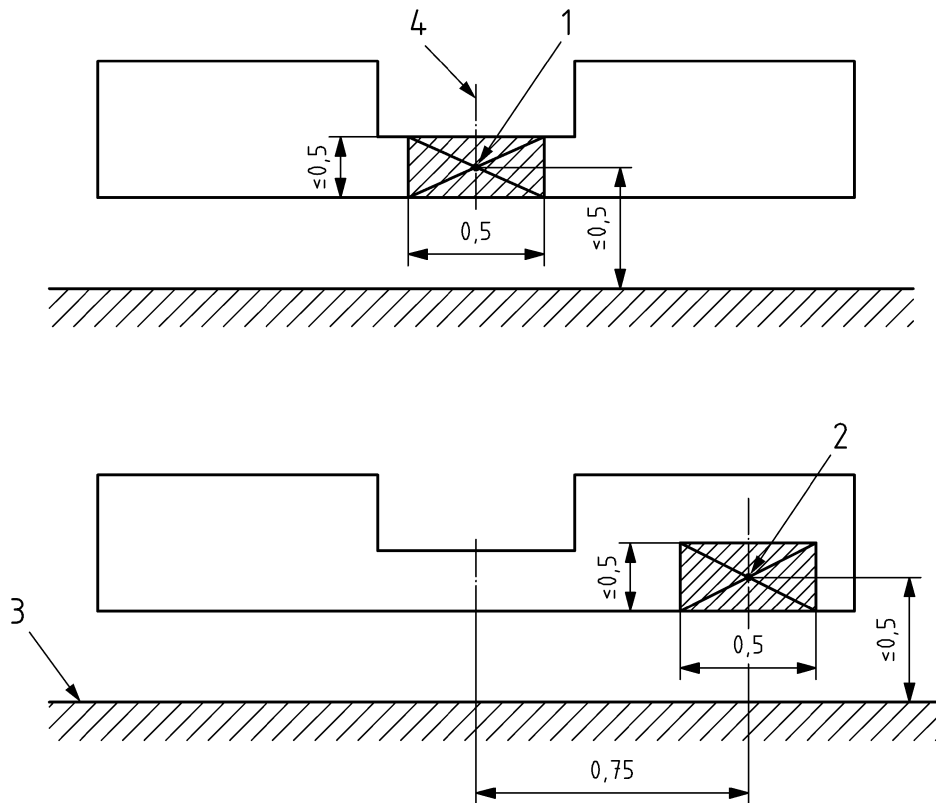
- Die Längskraft muss über einen Bereich von etwa 500 mm Breite und bis zu 500 mm Höhe über der Bahnräumer-Unterkante aufgebracht werden.
- Die Wirkungslinie der aufgetragenen Längskraft muss horizontal und durch die Mitte jedes belasteten Bereichs bis zu einer maximalen Höhe von 500 mm über der Schienenoberkante verlaufen. Bild 3 veranschaulicht diese Anforderungen.
- Es dürfen infolge der jeweils getrennt aufgetragenen statischen Last keine maßgeblichen bleibenden Verformungen (wie in EN 12663-1 definiert) des Bahnräumers und seiner Befestigungen am Fahrzeugkasten auftreten.

Tabelle 6 — Anforderungen an Bahnräumer

Betriebsgeschwindigkeit ^a	≥ 160 km/h	140 km/h	120 km/h	100 km/h	≤ 80 km/h
Anforderungen an die statische Last					
Statische Längslast in der Mittellinie	300 kN	240 kN	180 kN	120 kN	60 kN
Statische Längslast 750 mm seitlich von der Mittellinie ^b	250 kN	200 kN	150 kN	100 kN	50 kN
Anforderungen an die Auflast					
Beispiel: Nachweis mit absorbierte Energie bei zentrischer Last	36,0 kJ	28,8 kJ	21,6 kJ	14,4 kJ	7,2 kJ
^a Für hiervon abweichende Betriebsgeschwindigkeiten dürfen die Kraft- und Energiewerte linear interpoliert werden. ^b Bei Schmalspurfahrzeugen darf der seitliche Abstand an die Hälfte der Entfernung zwischen den Nennkontaktpunkten von Gleis und Rad angepasst werden.					

Wenn der Bahnräumer über die statischen Anforderungen hinaus belastet wird, darf er sich nicht derart verformen, dass er losgerissen oder selbst zur Gefahr wird. Dieses kann z. B. dadurch nachgewiesen werden, dass der Räumer die in Tabelle 6 angegebene Energie aufnehmen kann, die der angegebenen statischen zentrischen Last von Bild 3 entspricht.

Der Bahnräumer muss vom Gleis und bezüglich anderer örtlicher Infrastruktur auf Abstand bleiben, wenn Verformung durch in dieser Europäischen Norm geforderte Lasten auftritt.



Legende



Darstellung der Frontansicht des belasteten Bereichs $\leq 0,25 \text{ m}^2$

- 1 Position der zentralen Lastresultierenden
- 2 Position der seitlichen Lastresultierenden (beide Seiten)
- 3 Schienenoberkante (SOK)
- 4 Kupplungsfreiraum (falls zutreffend)

Bild 4 — Lasteinleitung am Bahnräumer

6.5.2 Erklärungshinweise (informativ)

Der Bahnräumer sollte so nah an der Vorderseite des führenden Fahrzeugs platziert werden, wie es die funktionale Auslegung erlaubt, so dass er Trümmer infolge eines Aufpralls beiseite räumt, und das Risiko verringert, dass diese unter dem Bahnräumer hindurch in den Weg der Räder fallen.

Wenn Ausstattung, die unter der Fahrzeugkastenstruktur zwischen der Führungsschse und dem Bahnräumer montiert ist, durch den Bahnräumer abgeschirmt wird, ist das Risiko der Beschädigung dieser Ausstattung durch unter dem Bahnräumer hindurchgehende Trümmer gemindert.

6.6 Schienenräumer

6.6.1 Anforderung

Wenn Schienenräumer eingebaut sind, müssen sie vor jedem Rad des führenden Radsatzes der führenden Fahrzeuge von Einheiten mit Führerraum positioniert sein.

Wenn die Unterkante eines Bahnräumers in allen Zuständen weniger als 130 mm über der Schienenoberkante liegt, sind keine Schienenräumer erforderlich, weil der Bahnräumer dann die Anforderungen an Schienenräumer erfüllt.

Schienenräumer dürfen am Achslager, am Drehgestell oder am Fahrzeugkasten montiert werden und müssen die folgenden Kriterien erfüllen.

Die Höhe des unteren Endes des Schienenräumers über der Schienenoberkante eines geraden, horizontalen Gleises:

- muss unter allen Bedingungen mindestens 30 mm betragen;
- darf unter allen Bedingungen maximal 130 mm betragen,

jeweils unter Berücksichtigung der Radabnutzung und Federungsbewegung.

Ein Schienenräumer und seine Befestigung am Drehgestell, Achslager oder Fahrzeugkasten müssen so ausgelegt sein, dass einer statischen Mindestlängskraft standgehalten wird, ohne dass es zu einer dauerhaften Verformung kommt, wie in Tabelle 7 vorgegeben.

Tabelle 7 — Anforderungen an Schienenräumer

Betriebsgeschwindigkeit ^a	≥ 160 km/h	120 km/h	80 km/h	40 km/h
statische Längskraft	20 kN	15 kN	10 kN	5 kN
^a Für hiervon abweichende Betriebsgeschwindigkeiten dürfen die Kraftwerte linear interpoliert werden.				

Wenn der Schienenräumer überlastet wird, muss er so konstruiert sein, dass er das Gleis und das Fahrwerk nicht beschädigt, und dass ein Kontakt mit dem Schienenprofil keine Gefahr des Entgleisens verursacht.

6.6.2 Erklärungshinweise (informativ)

Unter manchen Betriebsbedingungen besteht ein erhebliches Entgleisungsrisiko durch signifikante Hindernisse, die unter einen Bahnräumer und zwischen Rad und Schiene gelangen und so zum Abheben des Rades von der Schiene führen können. Um diesem Risiko zu begegnen, dürfen unmittelbar vor den führenden Rädern Schienenräumer angebaut werden. Normalerweise werden diese Schienenräumer am Drehgestellrahmen oder Achslager montiert; eine Montage am Wagenkasten ist aber ebenfalls möglich.

7 Validierung der Kollisionssicherheit

7.1 Validierungsprogramm

Es ist ein Validierungsprogramm anzuwenden, um zu beweisen, dass die numerischen Modelle, die zur Validierung eingesetzt werden, ausreichend genau sind, um nachzuweisen, dass die Anforderungen aus dieser Europäischen Norm erfüllt sind.

Die Auslegungs-Kollisionsszenarien werden für komplette Zugeinheiten oder einen Referenzzug vorgegeben. Es ist praktisch nicht möglich, das Verhalten eines kompletten Zuges oder Referenzzuges durch physische Versuche zu bewerten. Aus diesem Grund kann das Erreichen der Ziele durch dynamische Simulationen, welche den jeweiligen Auslegungs-Kollisionsszenarien entsprechen, überprüft werden.

Die alleinige Anwendung der numerischen Simulation ist ausreichend für eine genaue Voraussage des Strukturverhaltens in Bereichen mit begrenzter Deformation.

Für Bereiche, die maßgeblich dauerhaft verformt werden, sind die numerischen Modelle durch geeignete Prüfungen zu validieren.

Die Übereinstimmung mit den Anforderungen des Auslegungs-Kollisionsszenarios 4 (Bahnräumer) kann direkt durch einen physischen Versuch nachgewiesen werden.

Anhang B gibt die Prüfanforderungen sowie die Anforderungen an die Validierung des numerischen Modells vor.

Das kombinierte Validierungsprogramm ist in 7.2 beschrieben.

Für modifizierte Fahrzeugauslegungen, bei denen die wichtigen Energie absorbierenden Funktionen bereits validiert wurden, darf ein reduziertes Validierungsprogramm verwendet werden (siehe 7.3).

7.2 Kombiniertes Validierungsprogramm

7.2.1 Schritt 1: Versuche mit den Energie absorbierenden Bauteilen und Stauchzonen

Versuche mit Prüflingen in Originalgröße müssen durchgeführt werden, um die Wirkungsweise der Kollisionssicherheitselemente sicherzustellen und die Eingangsdaten zur Kalibrierung der Modelle zu liefern.

Die Prüfungen müssen:

- repräsentativ für eines der Auslegungs-Kollisionsszenarien sein;
- die Kalibrierung ermöglichen;
- die maximale Energieabsorptionskapazität nutzen;
- das Verhalten der Konstruktion nachweisen.

Es ist zulässig, das Verhalten von eigenständigen Bauteilen (z.B. Fahrzeugverbindungen, Energieabsorptionselemente und Aufkletterschutzeinrichtungen) durch individuelle Versuche in Originalgröße zu verifizieren.

Um das Risiko einer fehlgeschlagenen Prüfung zu mindern, wird empfohlen, vor diesen Prüfungen Simulationen durchzuführen.

Für weitere Anforderungen und Anleitungen siehe B.1.1.

7.2.2 Schritt 2: Prüfkalibrierung des numerischen Modells

Nach Durchführung der in Schritt 1 beschriebenen Versuche in Originalgröße muss das numerische Modell durch Vergleich der Versuchsergebnisse mit der entsprechenden numerischen Simulation kalibriert werden. Das numerische Modell darf angepasst werden, um akzeptable Ergebnisse zu erreichen (siehe B.1.2 und B.2.1).

Die Validierung des Modells muss zwei wesentliche Bedingungen beim Vergleich zwischen Versuch und numerischer Simulation verwenden:

- das Verhalten der Energie absorbierenden Bauteile und/oder Stauchzonen und die Abfolge der Vorgänge;
- das Kraftniveau und die Verschiebungen der Energie absorbierenden Bauteile.

Siehe B.1.2 und B.2.1 für weitere Anforderungen und Anleitungen.

7.2.3 Schritt 3: Numerische Simulation der Auslegungs-Kollisionsszenarien

Ein 3D-Modell muss für jede Fahrzeugstruktur, die eine bleibende Deformation erfährt, erstellt werden.

Diese Modelle müssen die wie in Schritt 2 beschriebenen kalibrierten Modelle und ein komplettes 3D-Modell der übrigen Fahrzeugkastenstruktur enthalten.

Der Nachweis muss über eine Berechnung geführt werden, bei der ein detailliertes Modell der Deformationszonen an den Fahrzeugenden verwendet wird. Es wird akzeptiert, vereinfachte Modelle gleicher Massen und Steifigkeiten für die übrigen Fahrzeugteile zu verwenden, soweit das Verhalten des Überlebensraumes und die globale Kinematik richtig dargestellt werden.

In der Regel müssen die Energie absorbierenden Bauteile und die Deformierungsstruktur nur für das erste oder die ersten beiden Fahrzeugmodelle detailliert abgebildet werden. Die verbleibenden Fahrzeuge des Zuges dürfen durch Feder-/Massesysteme usw., die deren Gesamtverhalten abbilden, dargestellt werden.

Es ist zulässig, die Auswirkungen von rotierenden Massen auf Radsätze, Antriebe usw. zu vernachlässigen.

Falls die Fahrzeugkästen und Auslegungs-Kollisionsszenarien über die Längsachse symmetrisch sind, ist es zulässig, ein Halbmodell zu betrachten.

Sofern nicht direkt durch Versuch nachgewiesen, müssen numerische Simulationen aller Auslegungs-Kollisionsszenarien durchgeführt werden, um für die Fahrzeuge den Nachweis entsprechend den Anforderungen dieser Europäischen Norm zu erbringen. Die kompletten Zugmodelle müssen die in 7.2.2 beschriebenen validierten Fahrzeugmodelle enthalten.

Siehe B.2 für weitere Anforderungen und Anleitungen.

7.3 Vereinfachtes Validierungsprogramm

Die Anwendung eines vereinfachten Validierungsprogramms muss technisch begründet sein. Diese Begründung muss zeigen, dass das angewendete vereinfachte Programm zu dem vorstehend geschilderten kompletten Validierungsprogramm gleichwertig ist.

Es ist zulässig, ein vereinfachtes Validierungsprogramm anzuwenden, wenn bereits vorher die wichtigsten Energie absorbierenden Funktionen der Konstruktion validiert worden sind, und nachgewiesen werden kann, dass entweder:

— durchgeführte Modifikationen die Mechanismen der passiven Sicherheit nicht wesentlich ändern

oder

— die Sicherheitsspanne gegenüber den Anforderungen allen möglichen Ungenauigkeiten Rechnung trägt.

Bei einem vereinfachten Validierungsprogramm ist die Kollisionssicherheit zu validieren durch:

— Vergleiche mit einer ähnlichen Lösung (mittels z. B. Konstruktionszeichnungen, Versuchsergebnissen und anderen technischen Daten)

oder

— eine Kombination von Computersimulationen und Berechnungen (z. B. FEM oder Mehrkörpermodellierung) und geeignete Versuche.

Die Ergebnisse aus quasi-statischen Versuchen dürfen nur verwendet werden, um das Verhalten jener Energieabsorptionsmechanismen zu bestimmen, für die das Ergebnis nicht geschwindigkeitsabhängig ist, oder wo eine geeignete Anpassung oder Validierung erfolgen kann, um die korrekten dynamischen Eigenschaften sicherzustellen.

7.4 Konformitätsprüfung

Für alle Simulationen der Szenarien muss ein Berechnungsbericht, der eine Beschreibung der Szenarien und detaillierte Beschreibungen sowohl des Hindernismodells als auch des Fahrzeugmodells enthält, erstellt werden. Die Methodik der Modellvalidierung muss darin enthalten sein (entweder direkt oder durch Verweis auf andere Dokumentationen).

Der Nachweis der Erfüllung der Anforderungen für jedes Szenario mittels Simulation muss in Form von messbaren Parametern dokumentiert werden, ebenso auch für das Gesamtverhalten des Schienenfahrzeugs entsprechend den Spezifikationen.

Anhang A (informativ)

Parameter der Auslegungs-Kollisionsszenarien

A.1 Einleitung

Um die Kollisionssicherheits-Anforderungen an ein Fahrzeug definieren und bewerten zu können, ist es notwendig, die Auslegungs-Kollisionsszenarien hinsichtlich Kollisionsgeschwindigkeit sowie Typ und Masse der potentiellen Hindernisse zu bestimmen.

Unter normalen europäischen Betriebsbedingungen, vergleichbar mit denen der Kollisionsunfallanalysen, siehe [1], [2], [4] und [5], sind die in Abschnitt 5 aufgeführten Parameter der Auslegungs-Kollisionsszenarien und ihre zugehörigen Kollisionssicherheitsanforderungen anwendbar. Die Parameter sind für jede der in Abschnitt 4 angegebenen Fahrzeugkategorien spezifiziert.

Auslegungs-Kollisionsszenario 1 wurde ausgewählt, da Zusammenstöße von zwei Zugeinheiten die größte Anzahl von schwer Verletzten verursachen. Die zu betrachtende Kollision findet zwischen identischen Zügen statt.

Auslegungs-Kollisionsszenario 2 repräsentiert einen Zusammenstoß mit konventionellen Schienenfahrzeugen mit Seitenpuffern im Mischverkehr (oder mit Prellböcken).

Auslegungs-Kollisionsszenario 3 ist ein Unfalltyp, der durch aktive Sicherheitsmaßnahmen schwierig zu verhindern ist. Die Bedeutung dieser Kollisionsart hängt von dem Vorhandensein von Bahnübergängen, der Betriebsgeschwindigkeit und der Notbremsverzögerung des Zuges sowie von der Sichtweite ab.

Auslegungs-Kollisionsszenario 4 trifft zu, wenn ein Zug mit einem Hindernis kollidiert, dessen Schwerpunkt unterhalb des Kopfstücks des Zuges liegt. Das Entgleisungsrisiko kann durch das Anbringen von Bahnräumern und/oder Schienenräumern am Zug verringert werden.

Der Auslegungs-Grenzfall für jedes Szenario hängt sowohl von der Zugüberwachung, den aktiven Sicherheitssystemen und den Infrastrukturmerkmalen als auch von den Massen und Betriebsgeschwindigkeiten der Schienenfahrzeuge selbst ab.

Es sind keine spezifischen Anforderungen vorgegeben, die den Seitenaufprall, das Herausschleudern oder das Eindringen von Gegenständen durch die Seitenstruktur umfassen.

In einigen Fällen können die Auslegungs-Kollisionsszenarien und ihre Parameter für einige Betriebsarten in Vorschriften enthalten sein. In solchen Fällen sind die Vorschriften maßgebend. Sie dürfen als geeignete Grenzfälle verwendet werden.

Wenn es keine Vorschriften für die Grenzfall-Kollisionsszenarien gibt, und wenn die Parameter der Auslegungs-Kollisionsszenarien aus Tabelle 2 nicht anwendbar sind, sollte nachgewiesen werden, dass geeignete und ausreichende Vorkehrungen für den Schutz von Personal und Fahrgästen vor den Risiken, auf die diese Europäische Norm gerichtet ist, getroffen wurden und es sollten geeignete Techniken angewendet werden, um Folgendes zu bewerten:

- die Wahrscheinlichkeit für jedes Kollisionsszenario;
- die Schwere jedes Kollisionsszenarios und
- die Minderung des Risikos, das durch jedes aktive oder passive Element des vorgeschlagenen Kollisionsschutzsystems erreichbar ist.

A.2 Bestimmung der Auslegungs-Kollisionsszenarien bei von normalen europäischen Betriebsbedingungen abweichenden Kollisionsrisiken

A.2.1 Auslegungs-Kollisionsszenarien

Dieser Unterabschnitt gibt Empfehlungen zur Herleitung von Auslegungs-Kollisionsszenarien, falls die Parameter in Abschnitt 5 nicht anwendbar sind und falls andere Vorschriften fehlen.

Abschnitt 5 erfordert, dass Referenz-Kollisionsszenarien berücksichtigt werden.

Um den Grenzfall für jedes Auslegungs-Kollisionsszenario festzulegen, ist es nötig, die Risiken auf der Basis der Eigenschaften der Zugeinheit und des Kollisionshindernisses am Kollisionspunkt sowie die Wahrscheinlichkeit einer Kollision im Kontext mit dem jeweiligen Eisenbahnsystem zu analysieren.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmtes Kollisionsszenario auftritt, wird abgeleitet unter Berücksichtigung des Eisenbahntyps, seiner Betriebseigenschaften und der Mitwirkung aktiver Systeme zum Schutz vor Kollisionen.

Die Eigenschaften für jedes Szenario werden durch die folgenden Parameter definiert:

- Konfiguration des Zuges;
- Massen des Zuges;
- mechanische Eigenschaften der Fahrzeuge, aus denen der Zug gebildet wird, einschließlich Steifigkeit, Kupplungssystem, Energieabsorptionsvermögen usw.;
- Kollisionsgeschwindigkeit;
- Eigenschaften eines Kollisionshindernisses.

A.2.2 Risikoanalyse

Eine Analyse der Risiken, die sich für jedes der möglichen Kollisionsszenarien ergeben, sollte in Übereinstimmung mit den Anforderungen anwendbarer Vorschriften durchgeführt werden.

Die Risikobewertung sollte die Kollisionsrisiken des gesamten Eisenbahnsystems berücksichtigen, in dem das auszulegende Fahrzeug betrieben werden soll, einschließlich des Beitrags der Sicherungs- und Signalsysteme (aktive Sicherheit).

Hauptanforderung an die Risikoanalyse ist sicherzustellen, dass die bei Kollisionen mit neuen Zugtypen entstehenden Risiken vollständig erfasst sind, und dass sie nicht größer sind als bei bestehenden Zügen. Es sollten alle sinnvollen Maßnahmen zur Minimierung der aus Kollisionen hervorgehenden Risiken getroffen werden.

Beim Fehlen von Vorschriften sollte eine geeignete Risikoanalyse durchgeführt werden, um die Auslegungs-Kollisionsszenarien festzulegen. Diese Analyse sollte auf den Eigenschaften der Eisenbahn und der Hindernisse basieren und auch Unfallstatistiken, Sichtverhältnisse und Betriebsgeschwindigkeiten berücksichtigen.

Basierend auf den in EN 50126-1 definierten Methoden und unter Berücksichtigung einer statistischen Analyse relevanten Datenmaterials über Kollisionen (siehe A.2.5) wird empfohlen, dass sowohl Ursachen- als auch Folge-Risikoanalysen angewendet werden.