

DIN EN 15273-2



ICS 45.020; 45.060.01

Einsprüche bis 2018-11-28
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 15273-2:2017-10

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Begrenzungslinien –
Teil 2: Fahrzeuge;
Deutsche und Englische Fassung prEN 15273-2:2018**

Railway applications –
Gauges –
Part 2: Rolling stock;
German and English version prEN 15273-2:2018

Applications ferroviaires –
Gabarits –
Partie 2: Gabarit du matériel roulant;
Version allemande et anglaise prEN 15273-2:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-09-28 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), Rolandstr. 4, 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 391 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15273-2:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Unterausschuss NA 087-00-06 AA „Begrenzungslinien“ im DIN-Normenausschuss „Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)“.

Bild J.2 in der Referenzfassung ist falsch. Nachstehend das korrekte Bild J.2:

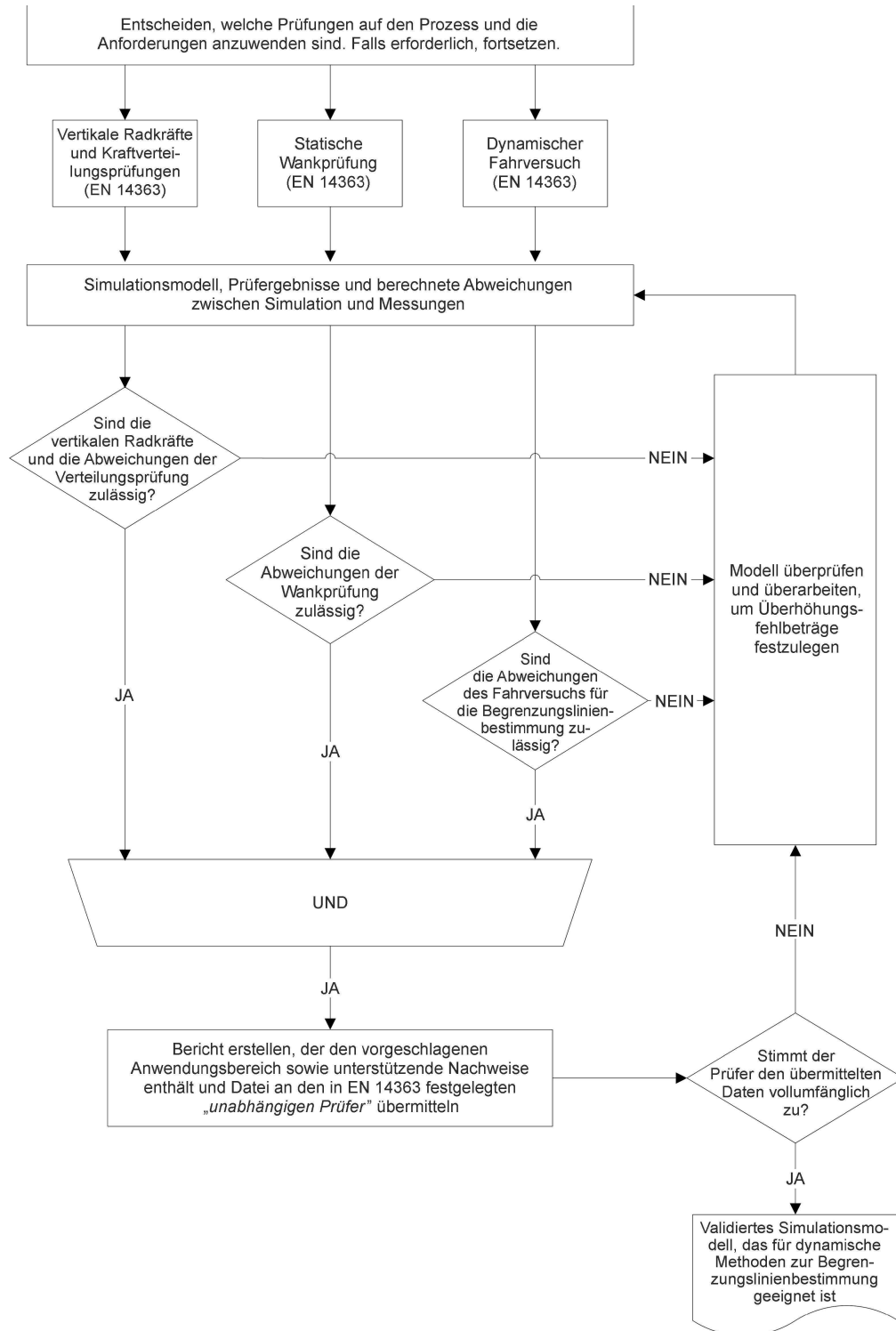


Bild J.2 — Diagramm für die Validierung eines Simulationsmodells für dynamische Methoden

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15273-2:2017-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Anforderungen an Begrenzungslinien überarbeitet;
- c) Anhang ZA aktualisiert

Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 2: Fahrzeuge

Applications ferroviaires — Gabarits — Partie 2 : Gabarit du matériel roulant

Railway applications — Gauges — Part 2: Rolling stock

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9d

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	8
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	11
4 Symbole und Abkürzungen	11
5 Begrenzungslinien und Rechenmethoden	11
5.1 Alle definierten Begrenzungslinien	11
5.2 Statische und kinematische Begrenzungslinien	11
5.3 Dynamische Methoden	12
5.3.1 Allgemeine Grundsätze	12
5.3.2 Dynamische Methode anhand definierter Begrenzungslinien	13
5.3.3 Absolute Rechenmethode	13
5.3.4 Vergleichende Rechenmethode	13
Anhang A (normativ) Definierte kinematische Begrenzungslinien — gemeinsame Regeln	14
A.1 Allgemeine Regeln	14
A.1.1 Anwendungsvoraussetzungen für definierte kinematische Begrenzungslinien	14
A.1.2 Toleranzen im Hinblick auf die Abmessungen der Fahrzeuge	15
A.1.3 Anwendbarkeitsgrenze dieses Anhangs in Abhängigkeit von der Fahrzeugkonfiguration	16
A.1.4 Fahrzeuge, bei denen Führungsquerschnitt und Drehpunkt nicht übereinstimmen	17
A.1.5 Einteilung der Drehgestelle	17
A.1.6 Bezeichnung von Laufwerkskomponenten	17
A.2 Festlegung der Fahrzeughöhen	18
A.2.1 Allgemeines	18
A.2.2 Bestimmung der Mindesthöhen über der Laufebene	18
A.2.3 Ermittlung der größten Höhen über Laufebene	28
A.3 Bestimmung der halben Fahrzeugbreiten	31
A.3.1 Allgemeines	31
A.3.2 Quasistatische Verschiebungen	32
A.3.3 Seitliche Einschränkungen — allgemeine Gleichungen	33
A.3.4 Regeln für untere Linien der Begrenzungslinie — Rangiereinrichtungen und Krokodile	37
A.4 Überprüfung der Begrenzungslinie des Stromabnehmer und nicht isolierter Einrichtungen auf dem Fahrzeugdach	41
A.4.1 Überprüfung der Begrenzungslinie des Stromabnehmers	41
A.4.2 Gesenkte Stromabnehmer und nicht isolierte Spannung führende Bauteile auf dem Fahrzeugdach	43
A.5 Bereich der Räder	45
A.6 Spezifische Regeln für geöffnete Einstiegstüren und Stufen in ausgefahrener Stellung	47
A.6.1 Allgemeines	47
A.6.2 Einstiegstüren	47
A.6.3 Bewegliche Trittstufen	48
Anhang B (normativ) Definierte kinematische Begrenzungslinien — Fahrzeuge mit passiver Neigetechnik und Fahrzeuge ohne Neigetechnik, die mit	49
B.1 Einleitung	49

B.2	Mit Anhang A gemeinsame Regeln	49
B.3	Quasistatische Verschiebungen z_{cin} bei Fahrzeugen mit passiver Neigetechnik	50
B.4	Quasistatische Verschiebungen z_{cin} bei Fahrzeugen ohne Neigetechnik, die mit $I = I_p > I_c$ betrieben werden	52
B.5	Stromabnehmer, die vom Neigesystems des Wagenkastens unabhängig oder an einem Fahrzeug ohne Neigetechnik angebracht sind, dass mit $I_p > I_c$ betrieben wird	52
B.5.1	Allgemeines	52
B.5.2	Stromabnehmer zwischen den Endradsätzen oder den Führungsquerschnitte	53
B.5.3	Stromabnehmer jenseits der Endradsätze oder der Führungsquerschnitte	53
B.6	Regeln für Einrichtungen auf dem Fahrzeugdach und gesenkte Stromabnehmer innerhalb der Bezugslinie des Stromabnehmers	54
Anhang C (informativ) Definierte kinematische Begrenzungslinien — Fahrzeuge mit aktiver Neigetechnik und Stromabnehmer in Verbindung mit einem Nachtzentrierungssystem		55
C.1	Einführung	55
C.2	Risikoanalysen	55
C.3	Methode für aktive Wagenkastenneigung	56
C.4	Seitliche Einschränkungen	56
C.4.1	Grundlegende Gleichungen	56
C.4.2	Anpassung der Gleichungen zum Zweck der Berechnung von Fahrzeugen mit aktiver Neigetechnik	57
C.4.3	Ausdruck für die Seitenspiele bei geneigtem Wagenkasten	57
C.4.4	Quasistatische Verschiebungen z_p	58
C.4.5	Sonstige zugehörige Regeln	59
C.5	Stromabnehmer, die vom Neigesystem des Wagenkastens und/oder einem System zur Nachzentrierung der Stromabnehmer abhängig sind	60
C.5.1	Allgemeines	60
C.5.2	Stromabnehmer mit am Neigesystem angebrachtem Gegensteuerungssystem	60
C.5.3	Stromabnehmer, die von einem eigenen Nachzentriersystem abhängen (Fahrzeuge ohne Neigetechnik — aktive oder passive Neigesysteme)	63
Anhang D (normativ) Definierte kinematische Begrenzungslinie — Graphische Methode		67
D.1	Allgemeines	67
D.2	Seitliche Einschränkungen	67
D.2.1	Allgemeines	67
D.2.2	Bestimmung der seitlichen Verschiebung $Dpl_{l_i}(R)$	68
D.2.3	Bestimmung der seitlichen Verschiebung $Dpl_{a_i}(R)$	76
D.2.4	Quasistatische Verschiebung z_{cin}	78
D.2.5	Bestimmung der seitlichen Einschränkungen	78
Anhang E (normativ) Die definierten kinematischen Begrenzungslinien G1, GI1, GI2, G2, GA, GB, GC, GB1, GB2, GI3, FR 3.3, BE1, BE2, BE3, BE4, PTb, PTb+, PTc, DE1, DE2, DE3, NL1, NL2, GHE16, GEA16, GEB16, GEC16, GEC14, GEE10, GED10, EBVO1, EBVO2, EBVO3, DK1, GCZ3		80
E.1	Definierte kinematische Begrenzungslinien, für die dieselben Regeln gelten	80
E.2	Begrenzungslinien für den unteren Bereich	81
E.2.1	Gemeinsame Teile	81
E.2.2	Besondere Regeln für die unteren Linien der unteren Bereiche	82
E.3	Begrenzungslinien für den oberen Bereich	84
E.4	Besondere Regeln	85
E.4.1	Oberer Bereich für deutsche Begrenzungslinien (DE1 oder DE2)	85
E.4.2	Belgische Begrenzungslinien (BE1, BE2, BE3 und BE4)	85
Anhang F (normativ) Definierte statische Begrenzungslinien - gemeinsame Regeln		86
F.1	Allgemeine Regeln	86
F.1.1	Allgemeines	86
F.1.2	Anwendungsbereich für definierte statische Begrenzungslinien	86

F.1.3	Anwendbarkeitsgrenze dieses Anhangs in Abhängigkeit vom Fahrwerk des Fahrzeugs	86	
F.2	Festlegung der Fahrzeughöhen	87	
F.2.1	Bestimmung der Mindesthöhen über der Lauffebene.....	87	
F.2.2	Bestimmung der maximalen Höhen über der Lauffebene.....	87	
F.3	Bestimmung der halben Fahrzeugbreiten	87	
F.3.1	Allgemeines	87	
F.3.2	Querschnitte zwischen den Endradsätzen oder den Führungsquerschnitten.....	88	
F.3.3	Querschnitte außerhalb der Endradsätze oder der Führungsquerschnitte.....	88	
F.3.4	Regeln für untere Linien der Begrenzungslinie — Verwendung von Rangiereinrichtungen auf Gleisbögen	88	
Anhang G (normativ) Definierte statische Begrenzungslinien G1, GI1, GI2, G2, GA, GB, GC, GB1, GB2, GHE16, GEA16, GEB16, GEC16, GEE10, GED 10			89
G.1	Definierte statische Begrenzungslinien, für die dieselben Regeln gelten	89	
G.2	Begrenzungslinien für den unteren Bereich	89	
G.2.1	Gemeinsame Teile.....	89	
G.2.2	Besondere Regeln für die unteren Linien der unteren Bereiche.....	89	
G.3	Begrenzungslinien für den oberen Bereich.....	90	
Anhang H (normativ) Definierte statische Begrenzungslinien, die andere Regeln anwenden — UK, FIN1.....			91
H.1	Definierte statische Begrenzungslinien, die andere Regeln anwenden.....	91	
H.2	Definierte statische Begrenzungslinie UK.....	91	
H.3	Definierte statische Begrenzungslinie FIN1	91	
H.3.1	Allgemeines	91	
H.3.2	Zugehörige Regeln.....	91	
H.3.3	Einschränkungsgleichungen	93	
H.3.4	Anhebung der Mindesthöhe der Unterkante von Fahrzeugen, die zum Befahren von Ablaufbergen und Gleisbremsen geeignet sind.....	94	
H.3.5	Anhebung der Mindesthöhe der Unterkante von Fahrzeugen, die zum Befahren von Ablaufbergen und Gleisbremsen nicht geeignet sind	94	
H.3.6	Befahren von Neigungswechseln und Ablaufbergen.....	95	
H.3.7	Begrenzungslinie der untersten Trittstufe der Fahrzeuge	95	
H.3.8	Begrenzungslinie für nach außen öffnende Türen und heruntergeklappte Trittstufen bei Reisezugwagen oder Triebwagen.....	96	
H.3.9	Stromabnehmer und nicht isolierte Bauteile.....	98	
Anhang I (informativ) Definierte kinematische Begrenzungslinien und definierte statische Begrenzungslinien mittels Anwendung gemeinsamer Regeln – Gemeinsamer Prozess			99
I.1	Aufstellung der Gleichungen zur Festlegung einer maximalen Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau	99	
I.2	Prozess für die definierte kinematische Begrenzungslinie mit Anwendung gemeinsamer Regeln	99	
I.2.1	Nützliche Elemente	99	
I.2.2	Bestimmung der Höhen der maximalen Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau	100	
I.2.3	Bestimmung der halben Breiten der maximalen Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau....	101	
I.2.4	Maximale Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau.....	103	
I.3	Prozess für die definierte statische Begrenzungslinie mit Anwendung gemeinsamer Regeln	103	
I.3.1	Nützliche Elemente	103	
I.3.2	Bestimmung der Höhen der maximalen Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau	104	
I.3.3	Bestimmung der halben Breiten der maximalen Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau....	105	
I.3.4	Maximale Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau.....	106	
Anhang J (normativ) Vorgehensweise zur Berechnung der dynamischen Begrenzungslinie mittels Simulation			107
J.1	Hintergrund.....	107	
J.2	Grundlagen.....	107	

J.2.1	Allgemeines	107
J.2.2	Verantwortlichkeiten	108
J.2.3	Computersimulation	109
J.2.4	Geometrische Ausragung.....	109
J.3	Fahrzeugsimulationsmodell.....	109
J.4	Validierung des Modells.....	110
J.4.1	Allgemeines	110
J.4.2	Allgemeine Anmerkungen zu den Validierungsversuchen.....	111
J.4.3	Verteilung der statischen Radkräfte	112
J.4.4	Beurteilung der Verlagerungseigenschaften (Wankversuch)	113
J.4.5	Beurteilung der dynamischen Leistung.....	116
J.5	Oberbaudaten.....	117
J.6	Dynamische Simulation	118
J.7	Ergebnisverarbeitung.....	118
J.8	Erstellung der Hüllkurvengrenzlinie.....	118
Anhang K (normativ) Definierte dynamische Begrenzungslinien — Gemeinsame Regeln		119
K.1	Allgemeines	119
K.1.1	Anwendungsvoraussetzungen für definierte dynamische Begrenzungslinien.....	119
K.1.2	Toleranzen im Hinblick auf die Abmessungen der Fahrzeuge	119
K.1.3	Anwendbarkeitsgrenze in Abhängigkeit von den Fahrzeugkonfigurationen.....	119
K.1.4	Klassifizierung von Laufwerkskomponenten	120
K.1.5	Bezeichnung von Laufwerkskomponenten	120
K.2	Berechnung der Bewegungen anhand geometrischer Gleichungen.....	121
K.2.1	Allgemeines	121
K.2.2	Berechnung der Wankbewegungen.....	121
K.2.3	Berechnung der Bewegungen nach unten.....	122
K.2.4	Berechnung der Bewegung nach oben	127
K.2.5	Berechnung der seitlichen Bewegungen	128
K.2.6	Berechnung der Bewegungen des Stromabnehmers.....	131
K.2.7	Bereich der Räder	132
K.2.8	Spezifische Regeln für geöffnete Einstiegstüren und Stufen in ausgefahrener Stellung.....	132
K.2.9	Hüllkurvengrenzlinie.....	132
K.3	Berechnung der Bewegungen anhand von Simulationen.....	132
K.3.1	Allgemeines	132
K.3.2	Zu berücksichtigen.....	133
K.3.3	Simulierte Bewegungen am charakteristischen Punkt	136
K.3.4	Berechnete Bewegungen an Querschnitten	136
K.3.5	Statistische Verarbeitung.....	136
K.3.6	Einfluss der nicht in das Modell einbezogenen Parameter.....	137
K.3.7	Bereich der Räder	139
K.3.8	Spezifische Regeln für geöffnete Einstiegstüren und Stufen in ausgefahrener Stellung.....	139
K.3.9	Hüllkurvengrenzlinien des Fahrzeugs	139
K.4	Vergleich mit dem zulässigen Raum.....	140
K.5	Liste der Eingabedaten (informativ).....	140
K.5.1	Allgemeines	140
K.5.2	Fahrzeugdaten.....	140
K.5.3	Gleis und Betriebsdaten:.....	141
K.5.4	Umgebungsdaten:.....	142
Anhang L (normativ) Definierte dynamische Begrenzungslinien SEa, SEc, NO1		143
L.1	Definierte dynamische Begrenzungslinien - gemeinsame Regeln	143
L.2	Begrenzungslinien	143
L.3	Besondere Regeln für die unteren Linien.....	143

Anhang M (normativ) Anwendung der dynamischen Methode mittels Simulation und Berechnung der Hüllkurvengrenzlinien zur Verwendung bei der absoluten und vergleichenden Rechenmethode	146
M.1 Grundlagen.....	146
M.2 Bereitstellung von Daten zur Kompatibilitätsbeurteilung	146
M.3 Erstellung eines Simulationsmodells.....	147
M.3.1 Beschreibung von Maßen und Form des Fahrzeugs	147
M.3.2 Erstellung des Simulationsmodells.....	150
M.4 Validierung des Modells.....	154
M.5 Auswahl der Oberbaudaten.....	154
M.5.1 Allgemeines	154
M.5.2 Unregelmäßigkeiten des Oberbaus.....	154
M.5.3 Gleislageunregelmäßigkeiten.....	154
M.5.4 Gleislagequalität	155
M.5.5 Gleislänge	155
M.5.6 Einlaufstrecke	155
M.5.7 Signal in der Anfangsphase.....	155
M.6 Simulationsmethodik.....	155
M.6.1 Allgemeines	155
M.6.2 Überhöhung, Geschwindigkeit und Gleisbogenradius: Allgemeine Fälle	156
M.6.3 Überhöhung, Geschwindigkeit und Gleisbogenradius: Sonderfälle	156
M.6.4 Anwendungen mit Überhöhung und Gleisbogenradius	156
M.6.5 Seitenwindkräfte	157
M.6.6 Positionen der charakteristischen Punkte	157
M.7 Ergebnisverarbeitung.....	158
M.8 Analyse der seitlichen Radsatzbewegungen im Gleisbogen	159
M.9 Berechnung der Hüllkurvengrenzlinien.....	160
M.9.1 Allgemeines	160
M.9.2 Eingabedaten.....	161
M.9.3 Berechnung der Bewegungen aufgrund der Federungselastizität.....	162
M.9.4 Berechnung der seitlichen Radsatzbewegungen.....	167
M.9.5 Zusammenfassung der Berechnung der seitlichen Hüllkurvengrenzlinie.....	168
M.9.6 Zusammenfassung der Berechnung der vertikalen Hüllkurvengrenzlinie	168
M.9.7 Erstellung der Hüllkurvengrenzlinie	169
M.10 Datenformat für Schienenfahrzeug-Modelle, die für die absolute Rechenmethode verwendet werden — RIS-2773-RST.....	170
M.10.1 Allgemeines	170
M.10.2 Allgemeines — Darstellung der fahrzeugspezifischen Informationen.....	171
M.10.3 Querschnitte — Darstellung der Fahrzeug-Profilaten	171
M.10.4 Darstellung der geometrischen Ausragungsdaten.....	171
M.10.5 Dynamische Bedingungen — Darstellung von dynamischen Simulationsergebnissen	173
M.10.6 Darstellung der seitlichen Radsatzbewegungen.....	173
M.10.7 Instandhaltungs- und Fertigungstoleranzen des Fahrzeugs.....	174
M.11 Festlegung von Profilen für untersuchte Fahrzeuge, die auf der absoluten und vergleichenden Rechenmethode basierende Hüllkurvengrenzlinien verwenden (informativ)	174
M.11.1 Verfügbare Methoden	174
M.11.2 Erforderliche Daten des untersuchten Fahrzeugs.....	175
M.11.3 Festlegung von Profilen für untersuchte Fahrzeuge mittels der vergleichenden Methodik..	175
M.11.4 Festlegung von Profilen für untersuchte Fahrzeuge mittels der Streckenmuster-Methodik.....	178
M.11.5 Festlegung von Profilen für untersuchte Fahrzeuge mittels der Basisfahrzeug-Profil-Methodik.....	182
M.12 Einrichtungen, die Kontakt oder große Nähe zur Infrastruktur benötigen	185
M.13 Absolute Methodik für Stromabnehmer	186

M.13.1 Hintergrund.....	186
M.13.2 Begrenzungslinien für Stromabnehmer	186
M.13.3 Vergleich der Stromabnehmer-Wankrichtwerte	186
M.13.4 Berechnung der Hüllkurvengrenzlinien des Stromabnehmers.....	188
Anhang N (normativ) Liste von Dokumenten zur Fahrzeugbeurteilung in Bezug auf Begrenzungslinien Anwendbar auf kinematische, statische und dynamische Begrenzungslinien	191
N.1 Neues Fahrzeug	191
N.2 Bereits existierendes Fahrzeug.....	191
Anhang O (informativ) A-Abweichungen	192
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie 2008/57/EU	194
Literaturhinweise.....	197

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15273-2:2018) 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 15273-2:2013+A1:2016 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2008/57/EG siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Dieses Dokument ist ein Teil der Reihe prEN 15273, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien* wie nachstehend aufgeführt:

- prEN 15273-1: *Grundprinzipien und Methoden der Lichtraumbestimmung* enthält die allgemeinen Erläuterungen zur Bestimmung von Begrenzungslinien und legt die Aufteilung des Zwischenraums von Fahrzeug und Infrastruktur fest;
- prEN 15273-2: *Fahrzeuge* gibt die Regeln für die Berechnung der Fahrzeugbegrenzungslinien an;
- prEN 15273-3, *Infrastrukturbegrenzungslinien* enthält Regeln für die Anordnung der Infrastruktur;
- prEN 15273-4: *Katalog der Begrenzungslinien und zugehörige Regeln* enthält eine nicht erschöpfende Liste von Begrenzungslinien und Parametern, die infrastrukturseitig und fahrzeugseitig zu verwenden sind;
- prCEN/TR 15273-5: *Hintergrund, Erläuterung und praktizierte Beispiele*.

Einleitung

Die Zielsetzung dieses Dokuments besteht darin, die Regeln zur Berechnung und Überprüfung der Abmessungen von Fahrzeugen und Infrastruktur aus Perspektive der Lichtraumbestimmung zu definieren.

Dieses Dokument beschreibt Prozesse zur Bestimmung von Begrenzungslinien unter Berücksichtigung der relativen Bewegungen zwischen Schienenfahrzeug und Infrastruktur sowie der erforderlichen Zuschläge oder Spiele.

Dieser Teil der Reihe EN 15273 befasst sich mit Fahrzeugbegrenzungslinien und wird zusammen mit den folgenden Teilen verwendet:

- Teil 1: Grundprinzipien und Methoden der Lichtraumbestimmung;
- Teil 4: Katalog der Begrenzungslinien und zugehörige Regeln;
- Teil 5: Hintergrund, Erläuterung und praktizierte Beispiele.

1 Anwendungsbereich

Die Begrenzungslinien und Prozesse in diesem Dokument wurden für die Anwendung in Hauptstrecken-Eisenbahnnetzen mit unterschiedlichen Spurweiten entwickelt. Andere Bahnsysteme wie städtische oder Vorortbahnen können die in diesem Dokument aufgeführten Regeln für Begrenzungslinien ebenfalls anwenden, gehören aber nicht zu dessen Anwendungsbereich.

Bei einer gegebenen Begrenzungslinie ermöglicht es die Anwendung der in EN 15273-2 enthaltenen Regeln zusammen mit den entsprechenden Parametern und Bezugslinien in EN 15273-4, die maximalen Außenmaße eines Fahrzeugs (maximale Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau) zu bestimmen, die mit den in EN 15273-3 festgelegten Lichtraumprofilen kompatibel sind.

Bei der absoluten und der vergleichenden Rechenmethode ermöglicht es die Anwendung der in EN 15273-2 enthaltenen Regeln zusammen mit den in EN 15273-3 festgelegten Infrastrukturdaten in Übereinstimmung mit EN 15273-1, die Abmessungen eines Fahrzeugs zu bestimmen.

EN 15273-2 gilt für die Planung neuer und modernisierter Fahrzeuge sowie für die Überprüfung von existierenden Fahrzeugen, die auf einer anderen Strecke oder einem anderen Netz zum Einsatz kommen sollen.

Dieses Dokument enthält

- die Fahrzeuge betreffenden Regeln zu allen definierten Begrenzungslinien,
- den Berechnungsprozess für die Hüllkurvengrenzlinie, der für definierte dynamische Begrenzungslinien und die absolute und vergleichende Rechenmethode verwendet wird,
- die Liste der Dokumente, die für die Beurteilung der Fahrzeugkonformität nach dieser Norm erforderlich sind.

ANMERKUNG Die Regeln, die in dieser Norm angegeben werden, gelten nicht für die in 4.2.3.1 in Bezug genommenen Spurweiten „S“ und „T“. (7) und (8) für die Spurweite 1 520 mm der zusammengeführten TSI Loc & Pas (Richtlinie der Kommission Nr. 1302/2014 vom 18. November 2014).

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 14363, *Bahnanwendungen — Versuche und Simulationen für die Zulassung der fahrtechnischen Eigenschaften von Eisenbahnfahrzeugen — Fahrverhalten und stationäre Versuche*

prEN 15273-1, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 1: Grundprinzipien und Methoden der Lichtraumbestimmung*

prEN 15273-3, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 3: Infrastrukturbegrenzungslinien*

prEN 15273-4, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 4: Katalog von Begrenzungslinien und zugehörige Vorschriften*

prCEN/TR 15273-5, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 5: Hintergrund, Erläuterung und praktizierte Beispiele*

EN 15663:2017, *Bahnanwendungen — Fahrzeugreferenzmassen*

EN 50119, *Bahnanwendungen — Ortsfeste Anlagen — Oberleitungen für den elektrischen Zugbetrieb*

EN 50215, *Bahnanwendungen — Bahnfahrzeuge — Prüfung von Bahnfahrzeugen nach Fertigstellung und vor Indienststellung*

EN 50367, *Bahnanwendungen — Zusammenwirken der Systeme — Technische Kriterien für das Zusammenwirken zwischen Stromabnehmer und Oberleitung für einen freien Zugang*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach prEN 15273-1.

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole und Abkürzungen nach prEN 15273-1.

5 Begrenzungslinien und Rechenmethoden

5.1 Alle definierten Begrenzungslinien

- a) Bei jeder Begrenzungslinie ist das Zusammenwirken von Bezugslinie und zugehörigen Regeln zu beachten.
- b) Wenn das untersuchte Fahrzeug die Anforderungen der definierten Begrenzungslinie nicht vollständig erfüllt, kann es in besonderen Fällen dennoch im Rahmen einer Ausnahmeregelung für den Betrieb zugelassen werden. In diesem Fall ist es jedoch nicht mit allen Infrastrukturen kompatibel, die nach dieser Begrenzungslinie freigehalten werden.
- c) Soll das Fahrzeug als Einzelfahrzeug oder im Zugverband eingesetzt werden, hat es die Vorschriften dieser Norm sowohl als Einzelfahrzeug als auch als Teil des Zuges zu erfüllen. Kann das Fahrzeug dauerhaft in einem Zugverband gekuppelt werden, hat dieser Verband ebenfalls die Anforderungen dieser Norm zu erfüllen.
- d) Fahrzeugmerkmale, die sich auf die Begrenzungslinie auswirken und während der gesamten betrieblichen Lebensdauer des Fahrzeugs aufrechterhalten werden müssen, sind in den Instandhaltungsdokumenten aufzulisten; hierzu gehören auch Bauteile, welche die Verschiebungen des Fahrzeugs beeinflussen, mit ihren Grenz oder Höchstwerten (z. B. Verschleißgrenzen der Federungskomponenten).
- e) Die Verschleißgrenzen für alle Bauteile, Einrichtungen und Systeme, die sich auf die Fahrzeugbewegungen auswirken, sind in den Herstellerdokumenten für die Betriebszulassung des Fahrzeugs anzugeben.
- f) Aus Konsistenzgründen wird die maximale Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau mit dem Fahrzeug im Beladungszustand „Leermasse“ entsprechend der Definition in EN 15663 angezeichnet; jedoch werden die Berechnungen unter Berücksichtigung sämtlicher Beladungszustände durchgeführt.

5.2 Statische und kinematische Begrenzungslinien

Die zugrunde liegenden Prinzipien sind in prEN 15273-1 angegeben.

Diese Norm prEN 15273-2 enthält:

- a) in Anhang A (normativ) gemeinsame Regeln für definierte kinematische Begrenzungslinien;

- b) in Anhang B (normativ) allgemeine Grundsätze für Fahrzeuge mit passiver Neigetechnik und Fahrzeuge ohne Neigetechnik, die mit $I = I_p > I_c$ betrieben werden und für die eine definierte kinematische Begrenzungslinie zu verwenden ist;
- c) in Anhang C (informativ) allgemeine Grundsätze für Fahrzeuge mit aktiver Neigetechnik und Stromabnehmer in Verbindung mit einem Nachtzentrierungssystem, für die eine definierte kinematische Begrenzungslinie zu verwenden ist;
- d) in Anhang D (normativ) eine Darstellung der graphischen Methode;
- e) in Anhang E (normativ) eine Darstellung zur Anwendung von definierten kinematischen Begrenzungslinien bei Schienenfahrzeugen;
- f) in Anhang F (normativ) gemeinsame Regeln für definierte statische Begrenzungslinien;
- g) in Anhang G (normativ) eine Darstellung zur Anwendung von definierten statischen Begrenzungslinien bei Schienenfahrzeugen mit Hilfe gemeinsamer Regeln;
- h) in Anhang H (normativ) eine Darstellung zur Anwendung von definierten statischen Begrenzungslinien bei Schienenfahrzeugen mit Hilfe sonstiger Regeln;
- i) in Anhang I (informativ) eine Darstellung der gemeinsamen Vorgehensweise bei definierten kinematischen Begrenzungslinien und definierten statischen Begrenzungslinien mit Hilfe gemeinsamer Regeln;
- j) in Anhang N (normativ) eine Liste der Dokumente zur Fahrzeugbeurteilung in Bezug auf definierte Begrenzungslinien.

5.3 Dynamische Methoden

5.3.1 Allgemeine Grundsätze

- a) Anhang J (normativ) beschreibt die praktische Durchführung der dynamischen Methode mittels Simulation;
- b) Anhang K (normativ) gibt gemeinsame Regeln für dynamische Begrenzungslinien mit Bezugslinien an;
- c) Anhang L (normativ) beschreibt die Anwendung dynamischer Begrenzungslinien mit Bezugslinien für Fahrzeuge;
- d) Anhang M (normativ) beschreibt die Anwendung der dynamischen Methode mittels Simulation und Berechnung der Hüllkurvengrenzlinien zur Verwendung bei der absoluten und vergleichenden Rechenmethode:
 - 1) Berechnung der Bewegungen anhand geometrischer Gleichungen;
 - 2) Berechnung der Bewegungen anhand von Simulationen:
 - Erstellung eines Fahrzeugsimulationsmodells;
 - Validierung des Modells;
 - Auswahl von Streckendaten;
 - Durchführung von Simulationen;

- Verarbeitung der Ergebnisse;
- Erstellung der Hüllkurvengrenzlinien.
- Nennmaße des Fahrzeugs;
- geometrische Ausragung im Gleisbogen und vertikale Verschiebungen in Ausrundungsbögen;
- Fahrzeug- und Instandhaltungstoleranzen;
- Unsymmetrie der Fahrzeugneigung;
- Durchbiegung des beladenen Fahrzeugs;
- Absenkung und Verschleiß der Federung;
- Differenz der Radradien der verschiedenen Drehgestelle oder Radsätze;
- Regeleinrichtungen zum Ausgleich unterschiedlicher Raddurchmesser;
- Nachgiebigkeit des Stromabnehmers.

Das Fahrzeugsimulationsmodell muss durch Berechnungen, Vergleiche mit anderen Fahrzeugen, durch Prüfung oder mittels anderer geeigneter Maßnahmen validiert werden, die dem Risikoniveau, der Komplexität und der Neuartigkeit der Fahrzeugkonstruktion angemessen sind. Die Validierungsmethode ist vom durchgeführten Prozess abhängig.

5.3.2 Dynamische Methode anhand definierter Begrenzungslinien

Das Fahrzeug darf eine bestimmte Bezugslinie, einschließlich der vom Gleisbogenradius abhängigen und unter spezifischen Bedingungen zu addierenden Überstände, nicht überschreiten. Es müssen mehrere Hüllkurvengrenzlinien des Fahrzeugs berechnet werden, für jeden Gleisbogenradius, die dem maximalen Raumbedarf des Fahrzeugs im Normalbetrieb und im Fall bestimmter Störungen entsprechen. Die dynamische Bewegung kann entweder mittels geometrischer Gleichungen oder mittels Simulationen berechnet werden. Die Hüllkurvengrenzlinie muss innerhalb der dynamischen Bezugslinie liegen, unter Berücksichtigung der vom Gleisbogenradius abhängigen Überstände auf Strecken, auf denen das Fahrzeug verkehren soll.

5.3.3 Absolute Rechenmethode

Die absolute Rechenmethode erfordert die Berechnung von Spielen zwischen der Hüllkurvengrenzlinie des Fahrzeugs und der Infrastruktur an jedem Ort entlang der Strecke. Die lokalen Bedingungen (z. B. Gleiskrümmung, eingebaute Überhöhung, Streckengeschwindigkeit, Steifigkeit des Gleises usw.) werden verwendet, um die Hüllkurvengrenzlinie des Fahrzeugs und das zulässige Mindestspiel an jeder Stelle zu ermitteln. Die dynamischen Bewegungen werden mit Hilfe von Simulationen berechnet.

5.3.4 Vergleichende Rechenmethode

Die vergleichende Rechenmethode stützt sich auf existierende Fahrzeuge (Vergleichsfahrzeuge), die bereits sicher auf einer Strecke verkehren. Wenn alle Hüllkurvengrenzlinien des untersuchten Fahrzeugs innerhalb der Hüllkurvengrenzlinien eines Vergleichsfahrzeugs liegen, oder bei Fahrzeugen, deren Begrenzungslinien als kompatibel mit dem betreffenden Gleisabschnitt befunden wurden, gilt die Kompatibilität der Begrenzungslinien als hergestellt. Die Hüllkurvengrenzlinien des untersuchten und des Vergleichsfahrzeugs werden auf einer virtuellen Strecke mit Hilfe von Simulationen berechnet.

Anhang A (normativ)

Definierte kinematische Begrenzungslinien — gemeinsame Regeln

A.1 Allgemeine Regeln

A.1.1 Anwendungsvoraussetzungen für definierte kinematische Begrenzungslinien

- a) Bei der Anwendung der zugehörigen Gleichungen der jeweiligen definierten kinematischen Begrenzungslinien sind für alle Parameter die Werte für den „ungünstigsten Fall“, d. h. die Höchstwerte, einzusetzen (z. B. Spiele, seitliche und vertikale Verschiebungen usw.), wobei man stets realistische Kombinationen der Parameter berücksichtigt.
- b) Wird abweichend davon hingegen bei der Fahrzeugkonzeption für einen oder mehrere Parameter der optimierte Wert zugrunde gelegt (berechneter oder aus dem Betrieb ermittelter Wert), sind die Dokumente zur Begrenzungslinie der für die Konformitätskontrolle zuständigen Behörde in Form von schriftlichen Simulationsauswertungen, Versuchsberichten, Risikoanalysen usw. zur Genehmigung vorzulegen. Zu berücksichtigen sind dann sämtliche simulierten Betriebsbedingungen (z. B. Höchstgeschwindigkeit, größter Überhöhungsfehlbetrag, dynamische Verschiebungen, Beladungszustand usw.). Hierbei sollte bedacht werden, dass ein derartiges Verfahren zu einem Fahrzeug führen könnte, das nicht mit allen Infrastrukturen kompatibel ist, die den gleichnamigen Lichtraum freihalten.
- c) Die definierten kinematischen Begrenzungslinien gelten auch für alle offenen Güterwagen und ihre Ladung. In diesem Fall ist der zum Einfluss der Federungselastizität des Wagens hinzukommende Neigungskoeffizient der Ladung zu berücksichtigen.

Unter dieser Voraussetzung kann die aus „Wagen + Ladung“ bestehende Einheit als Regelgüterwagen angesehen werden. Zur vorstehenden Kategorie gehören Güterwagen, die Container und Wechselbehälter (auf Tragwagen mit Zapfen) oder Sattelschlepper (auf Taschenwagen) transportieren.

- d) Bevor neue Fahrzeuge in Betrieb genommen werden, muss der Neigungskoeffizient mittels Messung entsprechend EN 14363 (Verfahren 1 oder Verfahren 2) überprüft werden.
- e) Definierte kinematische Begrenzungslinien können zur Dimensionierung von Fahrzeugen mit Neigetechnik verwendet werden.

Anhang B wird als normativ betrachtet, da passive Neigetechnik auf dem Grundprinzip basiert, dass unabhängig von der im Fahrzeug verwendeten Technologie der Drehpol über dem Schwerpunkt liegt. Daher wird nicht davon ausgegangen, dass die in Anhang B entwickelte Gleichung von den unterschiedlichen Technologien beeinflusst wird, die in den verschiedenen Fahrzeugen mit Neigetechnik zum Einsatz kommen.

Dagegen ist die aktive Neigetechnik von der zur Herbeiführung der Drehung verwendeten Technologie abhängig, weshalb die in Anhang C entwickelte Gleichung möglicherweise anzupassen ist. Daher können die allgemeinen Gleichungen in Anhang C, die auf dem allgemeinen, in der Branche für diese Art von Fahrzeugen angewendeten Prinzip (Aktoren zwischen Drehgestellrahmen und Wagenkasten) basieren, nur als informativ betrachtet werden.

Die Kompatibilität von Zügen mit aktiver und passiver Neigetechnik mit den Infrastrukturen muss zum Gegenstand eines spezifischen Verfahrens zur Erlangung der Betriebsgenehmigung durch die betroffenen Infrastrukturbetreiber gemacht werden.

- f) Bezüglich der Überprüfung der an Fahrzeugen mit Neigetechnik angebrachten Stromabnehmer oder wenn $I = I_p > I_c$, werden drei Fälle in dieser Norm behandelt:

— Stromabnehmer, die nicht Teil des Neigemechanismus sind.

Zu diesen können gehören Stromabnehmer gehören, die an sich nicht neigenden Elementen des sich neigenden Wagenkastens angebracht sind (z. B. Drehgestelle) oder Stromabnehmer, die sich Wagenkästen befinden, die sich nicht neigen, für die jedoch $I = I_p > I_c$ gilt. Diese werden in Anhang B behandelt, da sie im Zusammenhang mit einem nicht aktiven System stehen.

— Am Wagenkasten mit Neigetechnik angebrachte Stromabnehmer mit einem Gegensteuersystem.

Dabei handelt es sich um Stromabnehmer an Neigetechnik-Fahrzeugen, die mit einer Gegensteuerungseinrichtung ausgestattet sind. Dies wird in Anhang C beschrieben.

— Stromabnehmer mit einem eingebauten Nachzentrierungssystem.

Es gibt mit einem Nachzentrierungssystem ausgestattete Stromabnehmer, die an Fahrzeugen ohne Neigetechnik angebracht sind, für die jedoch $I = I_p > I_c$ gilt. Dies wird in Anhang C beschrieben.

- g) Anstelle der Verwendung der in diesem Anhang angegebenen algebraischen Berechnungen zur Festlegung einer maximalen Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau ist es möglich, die in Anhang D beschriebene graphische Methode zu verwenden.

A.1.2 Toleranzen im Hinblick auf die Abmessungen der Fahrzeuge

A.1.2.1 Allgemeine Grundsätze

Die Abmessungen eines fertigen Fahrzeugs im Beladungszustand „Leermasse“ entsprechend der Definition in EN 15663 müssen innerhalb der maximalen Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau liegen, wobei jedoch die folgenden Zuschläge zulässig sind:

- a) 0,002 5 m für jede separat ermittelte halbe Breite b_{veh} des Wagenkastens, des Drehgestells oder der Laufwerkskomponenten;
- b) für jede Höhe h_{veh} des fertigen Fahrzeugs:
- 0,010 m bei den Höhen der oberen Bereiche der Begrenzungslinie für das Fahrzeugprofil (siehe Bild A.10);
 - 0,005 m je Federungsstufe an den Höhen der unteren Bereiche der Begrenzungslinie (siehe Bild A.3), wenn die vertikalen Einfederungen einer Absenkung bis zum Anschlag entsprechen.
- c) eine Unsymmetrie, die weniger als $\eta_{0,r}$ beträgt.

A.1.2.2 Maßprüfung an einem fertigen Fahrzeug

— Seitliche Abmessungen:

Es wird davon ausgegangen, dass die halben Breiten b_{veh} hinsichtlich der Gleisachse am fertigen Fahrzeug nicht exakt gemessen werden können. Dies ist auf die verbleibende seitliche Verschiebung im Spiel zwischen Federung und Gleis (Hysterese) oder zwischen Rad und Gleis zurückzuführen. Daher muss das Profil eines fertigen Fahrzeugs beim Aufsetzen auf die Laufwerkskomponenten nur die den Unsymmetriewinkel betreffende Anforderung in A.1.2.1, Punkt c) erfüllen.

A.1.2.1, Punkt a) bezieht sich auf die halbe Breite b_{veh} der einzelnen Fahrzeugbauteile, d.h. Wagenkasten, Drehgestell oder Laufwerkskomponenten, die separat nach Fertigung und Fertigstellung, aber vor dem Aufsetzen des Wagenkastens auf die Laufwerkskomponenten, gemessen wird.

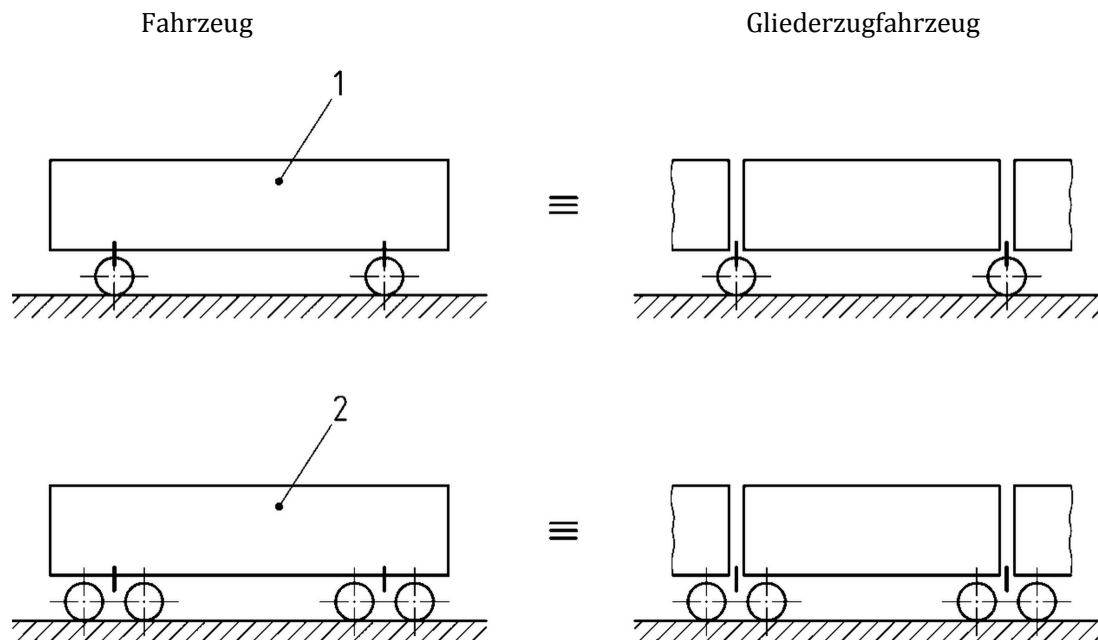
— Vertikale Abmessungen:

A.1.2.1, Punkt b) bezieht sich auf das fertige Fahrzeug, nachdem der Wagenkasten auf die Laufwerkskomponenten gesetzt wurde und das Fahrzeug unbewegt auf einem perfekt horizontalen Gleis steht.

A.1.3 Anwendbarkeitsgrenze dieses Anhangs in Abhängigkeit von der Fahrzeugkonfiguration

Die in diesem Anhang angegebenen Gleichungen sind allgemein anwendbar auf die nachfolgenden Fahrzeugkonfigurationen (siehe Bild A.1).

- a) Fahrzeuge mit Einzelsätzen, deren Wagenkasten auf zwei Radsätzen gelagert ist. Bei Fahrzeugen, deren Wagenkasten auf einer anderen Anzahl von Radsätzen ruht, sind die Gleichungen den tatsächlichen geometrischen Gegebenheiten anzupassen.
- b) Drehgestellfahrzeuge, deren Wagenkasten auf zwei zweiachsigen Drehgestellen gelagert ist. Bei Fahrzeugen mit mehr als zwei Drehgestellen, bei Fahrzeugen, deren Drehgestelle über mehr als zwei Radsätze verfügen, oder bei solchen, die ein Drehgestell und einen Radsatz haben, sind die Gleichungen den tatsächlichen geometrischen Gegebenheiten anzupassen.
- c) Gliederzugfahrzeuge: Bild A.1 zeigt, dass die Berechnungen für Fahrzeuge mit Einzelsätzen und mit Drehgestellen denen für symmetrische Gliederzugfahrzeuge entsprechen.



Legende

- 1 mit 2 Einzelsätzen
- 2 mit 2 Drehgestellen

Bild A.1 — Gegenüberstellung von Einzelfahrzeugen und Gliederzugfahrzeugen

- d) Bei nicht herkömmlichen Fahrzeugen muss ein neuer, den geometrischen Konfigurationen entsprechender Prozess bestimmt werden um nachzuweisen, dass das betreffende Fahrzeug die Begrenzungslinie einhält. Außerdem ist es möglich, die in Anhang D beschriebene graphische Methode zu verwenden.

A.1.4 Fahrzeuge, bei denen Führungsquerschnitt und Drehpunkt nicht übereinstimmen

Im Fall von Drehgestellfahrzeugen, deren Drehachse sich nicht in der Drehgestellmitte befindet, wird zur Bestimmung der Werte a und n der Schnittpunkt zwischen den Längsachsen des Drehgestells und des Fahrzeug-Wagenkastens als ein fiktiver, graphisch bestimmter Querschnitt angenommen, wenn sich das Fahrzeug auf einem Gleisbogen mit einem Radius $R_{\min}$ befindet, wobei davon ausgegangen wird, dass sich die Radsätze ohne seitliche Einfederungen mittig auf dem Gleis befinden. Wenn y der Abstand dieses fiktiven Querschnitts zum geometrischen Mittelpunkt des Drehgestells ist (in einem äquivalenten Abstand von den beiden äußeren Radsätzen), muss in den Gleichungen $\frac{p_A^2}{4}$ durch $\left(\frac{p_A^2}{4} - y^2\right)$ ersetzt werden, sowie $\frac{p_B^2}{4}$ durch $\left(\frac{p_B^2}{4} - y^2\right)$.

A.1.5 Einteilung der Drehgestelle

Drehgestelle werden wie folgt unterschieden:

- Triebdrehgestell: Drehgestell, dessen Radsätze als Treibradsätze angesehen werden, wenn der Haftreibungsbeiwert $\mu \geq 0,19$ ist;
- Laufdrehgestell: Drehgestell, dessen Radsätze nicht als Treibradsätze angesehen werden, wenn der Haftreibungsbeiwert $\mu < 0,19$ ist;
- Mischdrehgestell: Drehgestell mit einem Treib- und einem Laufradsatz. Wird als Triebdrehgestell betrachtet, wenn der Haftreibungsbeiwert größer oder gleich 0,19 ist.

Der Haftreibungsbeiwert wird festgelegt zu:

$$\mu = \frac{F_w}{g \cdot M_e} \quad (\text{A.1})$$

Der größere Wert von μ muss in Verhältnis zur ungünstigsten Kombination aus Zugkraft (ausgenommen Ausfallarten) und Radsatzlast gesetzt werden.

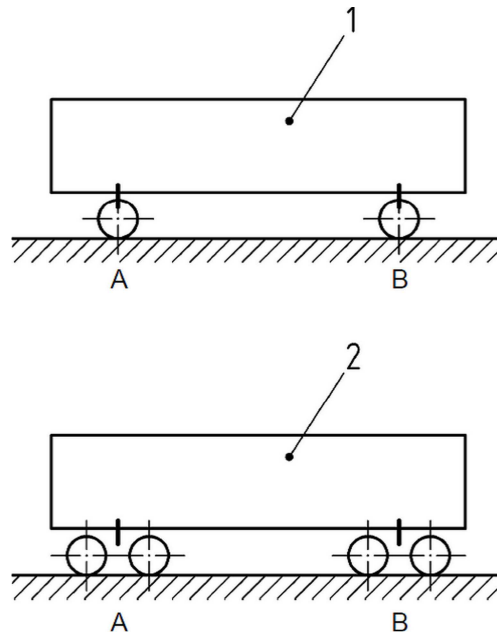
A.1.6 Bezeichnung von Laufwerkskomponenten

In dieser Norm werden beide Einzelradsätze und beide Drehgestelle eines Fahrzeugs als „A“ oder „B“ bezeichnet.

Bei Fahrzeugen mit einem Triebdrehgestell und einem Laufdrehgestell entspricht „A“ dem Triebdrehgestell und „B“ dem Laufdrehgestell.

In allen Fällen wird „A“ beliebig ausgewählt.

Bei den Querschnitten zwischen den Endradsätzen oder den Führungsquerschnitten ist $n_{i,A}$ immer an demselben Radsatz oder Drehgestellzapfen angebracht – A.



Legende

- 1 Fahrzeug mit Einzelradsätzen
- 2 Fahrzeug mit Drehgestellen

Bild A.2 — Bezeichnung von Laufwerkskomponenten

A.2 Festlegung der Fahrzeughöhen

A.2.1 Allgemeines

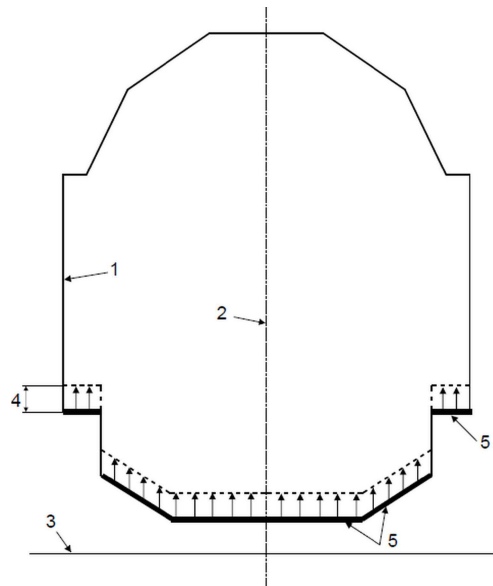
Die Mindesthöhen werden für den unteren Bereich des Fahrzeugs (untere Bereiche der Begrenzungslinie) und nicht-vertikale Zwischenlinien auf der Bezugslinie bestimmt.

Die maximalen Höhen werden für den oberen Bereich der Fahrzeuge (obere Bereiche der Begrenzungslinie) bestimmt.

A.2.2 Bestimmung der Mindesthöhen über der Lauffebene

A.2.2.1 Allgemeines

Die Mindesthöhen über der Lauffebene eines Fahrzeugs im Beladungszustand „Leermasse“ entsprechend der Definition in EN 15663 und dessen Komponenten in der Nähe des unteren Bereichs einer Begrenzungslinie entsprechend der Darstellung in Bild A.3 werden unter Berücksichtigung der in den folgenden Unterabschnitten beschriebenen vertikalen Verschiebungen und vertikalen Einschränkungen bestimmt.



Legende

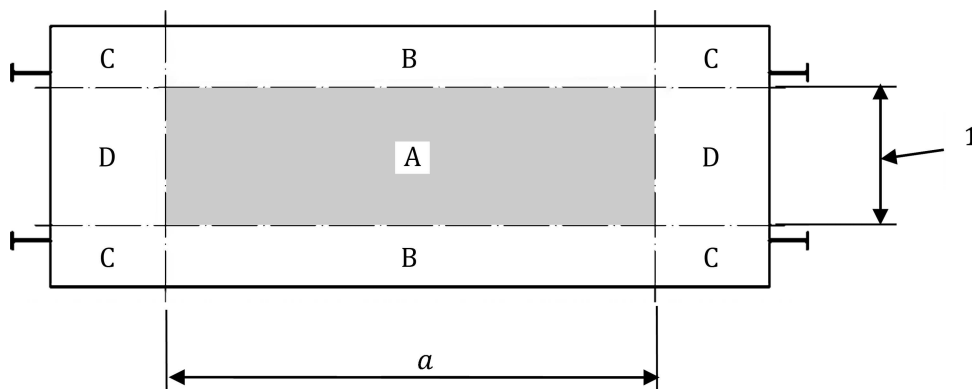
- | | | | |
|---|-----------------------|---|---|
| 1 | Bezugslinie | 4 | vertikale Einschränkungen $E_{v,u,p}$, $E_{v,u,a}$ |
| 2 | Achse der Bezugslinie | 5 | betroffene Bereiche |
| 3 | Laufebene | | |

Bild A.3 — Bestimmung der Mindesthöhen

A.2.2.2 Gesamteinschränkungen, die bei der Bestimmung der Mindesthöhen über der Laufebene zu berücksichtigen sind

A.2.2.2.1 Allgemeine Grundsätze

Zur Untersuchung des Absenkungszustands des Wagenkastens ist der schraffierte Bereich A in Bild A.4 (Abstützungsvieleck) heranzuziehen.



Legende

- 1 $2 \cdot b_2$ oder $2 \cdot b_1$

Bild A.1 — Abstützungsvieleck

Für jeden in Bild A.4 dargestellten Bereich A, B, C, D sind die bei den Berechnungen zu berücksichtigenden Absenkungs- und Einschränkungswerte in Tabelle A.1 angegeben und müssen entsprechend der untersuchten Struktur angepasst werden.

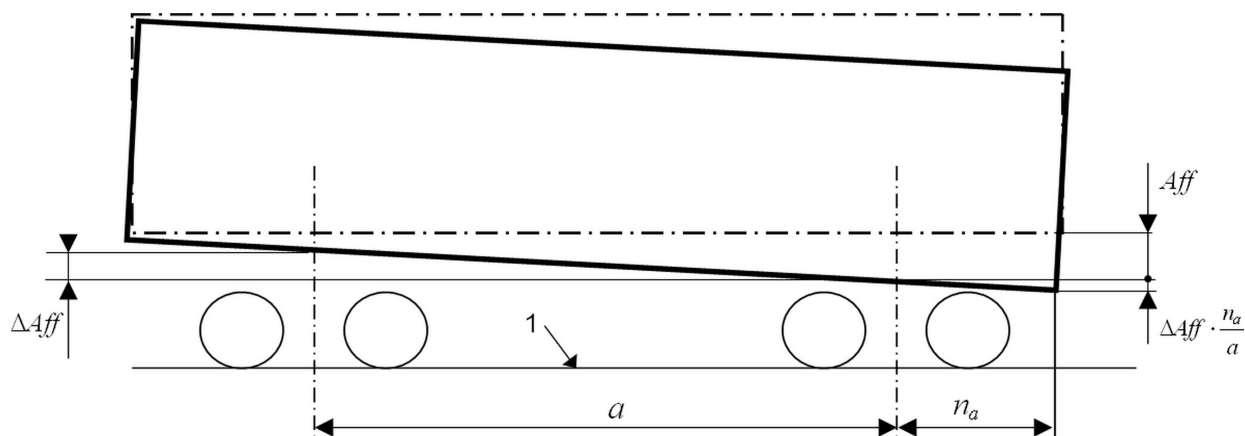
Tabelle A.1 — Vertikale Einschränkungswerte

			Lokomotiven, Reisezugwagen, Triebwagen	Güterwagen mit einstufiger Federung
Bereich A	Einfederung	a	Aff	Aff
	Gleitstückspiel		$J \frac{b}{b_G}$	$J \frac{b}{b_G}$
	Radverschleiß		U_{sr}	U_{sr}
	Durchhang des Wagenkastens		0	Flc
	Vertikaler Gleisbogen		$e_{u,i}$	$e_{u,i}$
	Regeln für untere Linien der Begrenzungslinie	b	$e_{i,mh}, e_{i,l}, e_{i,2}, e_{i,3}, e_{i,4}$ oder $e_{i,fb}$	$e_{i,mh}, e_{i,l}, e_{i,2}, e_{i,3}, e_{i,4}$ oder $e_{i,fb}$
Bereich B	Einfederung	a	$Aff + 0,1 \text{ s } (b - b_2)$ Siehe ANMERKUNG 1	$Aff + \Delta Aff \frac{(b - b_1)}{2 \cdot b_1}$ Siehe Bild A.6 und ANMERKUNG 2
	Gleitstückspiel		$J \frac{b}{b_G}$	$J \frac{b}{b_G}$
	Radverschleiß		U_{sr}	U_{sr}
	Durchhang des Wagenkastens		0	Flc
	Vertikaler Gleisbogen		$e_{u,i}$	$e_{u,i}$
	Regeln für untere Linien der Begrenzungslinie	b	$e_{i,mh}, e_{i,l}, e_{i,2}, e_{i,3}, e_{i,4}$ oder $e_{i,fb}$	$e_{i,mh}, e_{i,l}, e_{i,2}, e_{i,3}, e_{i,4}$ oder $e_{i,fb}$
Bereich C	Einfederung	a	$Max \left(\begin{array}{l} Aff + \Delta Aff \cdot \frac{n_a}{a} \\ Aff + 0,1 \cdot s \cdot (b - b_2) \end{array} \right)$	$Aff + \Delta Aff \frac{\sqrt{n_a^2 + (b - b_1)^2}}{\sqrt{a^2 + 4 \cdot b_1^2}}$ Siehe ANMERKUNG 2
	Gleitstückspiel		$J \frac{b}{b_G}$	$J \frac{b}{b_G}$
	Radverschleiß		$U_{sr} + \Delta U_{sr} \cdot \frac{n_a}{a}$	$U_{sr} + \Delta U_{sr} \cdot \frac{n_a}{a}$
	Durchhang des Wagenkastens		0	Flc
	Vertikaler Gleisbogen		$e_{u,a}$	$e_{u,a}$
	Regeln für untere Linien der Begrenzungslinie	b	$e_{a,mh}$ oder $e_{a,fb}$	$e_{a,mh}$ oder $e_{a,fb}$
Bereich D	Einfederung	a	$Aff + \Delta Aff \cdot \frac{n_a}{a}$ Siehe Bild A.5	$Aff + \Delta Aff \cdot \frac{n_a}{a}$ Siehe Bild A.5
	Gleitstückspiel		$J \frac{b}{b_G}$	$J \frac{b}{b_G}$

			Lokomotiven, Reisezugwagen, Triebwagen	Güterwagen mit einstufiger Federung
	Radverschleiß		$Usr + \Delta Usr \cdot \frac{n_a}{a}$	$Usr + \Delta Usr \cdot \frac{n_a}{a}$
	Durchhang des Wagenkastens		0	Flc
	Vertikaler Gleisbogen		$e_{u,a}$	$e_{u,a}$
	Regeln für untere Linien der Begrenzungslinie	b	$e_{a,mh}$ oder $e_{a,fb}$	$e_{a,mh}$ oder $e_{a,fb}$
ANMERKUNG 1 Der für den Neigungskoeffizienten s berücksichtigte Wert ist abhängig von der möglichen Resteinfederung. Der Wert s für vertikale Verschiebungen kann sich vom Wert s unterscheiden, der für die seitlichen quasistatischen Neigungen z_{cin} verwendet wird. Beispiel: Wenn Aff gleich der Absenkung bis zum Anschlag für Bereich A ist, kann davon ausgegangen werden, dass s für die Bereiche B und C Null ist. ANMERKUNG 2 Je nach Bauweise der Federung kann in den obigen Ausdrücken die Größe b_1 durch b_2 ersetzt werden. ANMERKUNG 3 Existierende Gleitstückspiele werden verwendet. ANMERKUNG 4 Es ist möglich, b durch b_{CR} zu ersetzen.				
a	Diese Elemente sind für alle Fahrzeuge zusammenzurechnen, um $E_{v,u,i}$, $E_{v,u,a}$ zu erhalten.			
b	Dieses Element ist zu erweitern, wenn dies für den betrachteten Fahrzeugtyp relevant ist. Für die unteren Linien der Begrenzungslinie ist die Auswirkung des vertikalen Gleisbogens nach A.2.2.2.5 durch A.2.2.2.6 zu ersetzen.			
Aff	Einfederungswert, einschließlich der Federtoleranzen nach A.2.2.2.4.			
ΔAff	Einfederungsdifferenz in Längsrichtung (Bereiche C und D) oder in seitlicher Richtung (Bereiche B und C).			

Federungen mit Stahl- oder Gummifedern: In Längsrichtung ist eine Einfederungsdifferenz zwischen zwei Drehgestellen zu berücksichtigen, unter Berücksichtigung einer Einfederung Aff in einem Drehgestell und der Einfederung aufgrund der statischen Höchstlast im anderen.

Federungen mit Luftfedern: Wenn keine Druckluftverbindung zwischen den Federungen der beiden Drehgestelle existiert, muss in Längsrichtung eine Differenz bei den Verschiebungen nach unten berücksichtigt werden. In diesem Fall wird ein Einfederungswert Aff für eines der Drehgestelle berücksichtigt, und die Einfederung aufgrund der statischen Höchstlast mit Luftfeder im befüllten Zustand wird für das zweite Drehgestell berücksichtigt. Wenn eine Druckluftverbindung zwischen den Federungen der beiden Drehgestelle existiert, wird die Luftfeder des zweiten Drehgestells als entlüftet betrachtet.

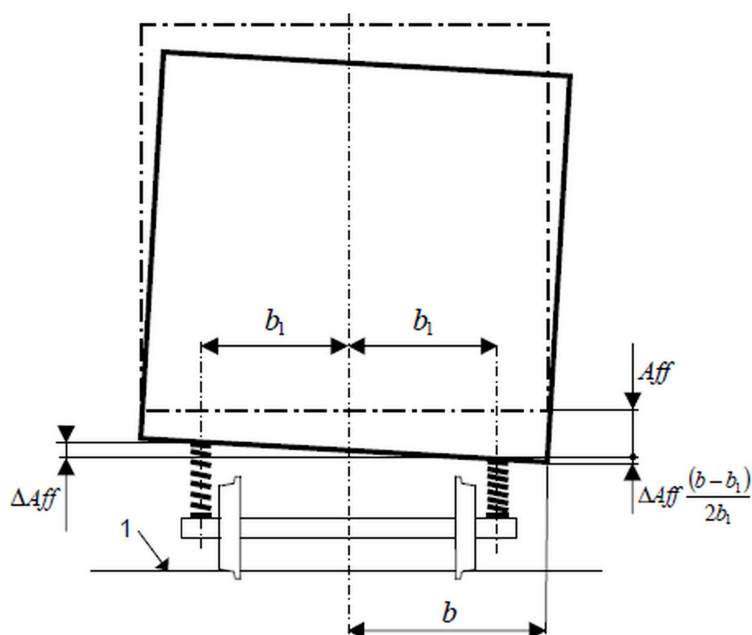


Legende

1 Laufebene

Bild A.2 — Stampfen aufgrund unterschiedlicher vertikaler Einfederungen

In seitlicher Richtung die Einfederungsdifferenz zwischen den beiden Federungsstufen, bei der ersten unter statischer Höchstlast und A_{ff} bei der zweiten.



Legende

1 Laufebene

Bild A.3 — Wanken aufgrund unterschiedlicher vertikaler Einfederungen (Güterwagen)

A.2.2.2.2 Verschleißbedingte Absenkungen

Diese Absenkungen betreffen folgende Bauteile:

- Räder: Größte Abnutzung für alle Fahrzeugarten oder, wenn eine Nachstellung im Rahmen der Instandhaltung vorgesehen ist: Abnutzung zwischen zwei Nachregelungen zulässig;
- verschiedene Bauteile: Größte Abnutzungen — Beispiele: Gleitstücke, Bremsgestänge usw. bei allen Fahrzeugarten;
- Radsatzlager: Abnutzung vernachlässigt.

A.2.2.2.3 Absenkungen durch Strukturverformungen — Flc

- a) Radsätze: Durchbiegungen vernachlässigt;
- b) Drehgestellrahmen: Durchbiegungen vernachlässigt;
- c) Wagenkasten:
 - 1) Torsion: vernachlässigt;
 - 2) seitliche Durchbiegungen: vernachlässigt;
 - 3) Längsdurchbiegungen: Vernachlässigt bei allen Fahrzeugen mit Ausnahme der Güterwagen, bei denen die Längsdurchbiegungen unter der Wirkung der um 30 % erhöhten außergewöhnlichen Last nach EN 15663 berücksichtigt werden müssen, um den dynamischen Durchbiegungen Rechnung zu tragen.

A.2.2.2.4 Absenkungen aus Einfederungen — Aff

Die Absenkungen der folgenden Primär- und Sekundärfederungen sind zu betrachten:

- a) Stahlfeder und Gummifeder:

Tabelle A.2

Fahrzeugtyp	Einfederung
Lokomotiven	Einfederung unter statischer Last bei einer Überlast von 30 % der abgefederten Masse im Beladungszustand „Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeug“ entsprechend der Definition in EN 15663 oder Durchfedern bis zum Aufsetzen
Güterwagen	Vollständige Einfederung (Durchfedern bis zum Aufsetzen)
Reisezugwagen und Gepäckwagen, Spezialgüterwagen und Triebwagen	Einfederung unter statischer Last bei einer Überlast von 30 % der abgefederten Masse im Beladungszustand „Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung“ entsprechend der Definition in EN 15663 oder Durchfedern bis zum Aufsetzen

Für den Fall, dass die Einfederungen nicht beim Durchfedern bis zum Aufsetzen berechnet werden, muss die Auswirkung von Elastizitätstoleranzen der Federn berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Spezialgüterwagen: Güterwagen mit verringerter Ladehöhe über der Laufebene, um maximale Höhen der Ladungen zu ermöglichen, so zum Beispiel Niederflurwagen, Taschenwagen, Wagen für die „Rollende Landstraße“ und ähnliche Güterwagen;

b) Luftfeder:

Vollständige Einfederung — Luftfederbalg entleert. Bei Notfederungen mit Stahl- oder Gummifedern sind die in a) beschriebenen Regeln anzuwenden.

A.2.2.2.5 Gleichungen zur Berechnung der vertikalen Einschränkungen für vertikale Gleisbögen

Alle Fahrzeuge müssen in der Lage sein, einen konkaven oder konvexen Ausrundungsradius $R_{v,min}$ zu befahren. Die Höhen der Fahrzeugbegrenzungslinie relativ zur Lafebene sind um den Wert $e_{u,i}$ oder $e_{u,a}$ zu vergrößern:

— für die Querschnitte zwischen den Endradsätzen oder den Führungsquerschnitten gilt:

$$e_{u,i} = \left[\frac{a \cdot n_{i,A} - n_{i,A}^2 + \frac{a - n_{i,A}}{a} \cdot \frac{p_A^2}{4} + \frac{n_{i,A}}{a} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{v,min}} - S_{v,u} \right]_{>0} \quad (A.2)$$

— für die Querschnitte außerhalb der Endradsätze oder der Führungsquerschnitte gilt:

außerhalb von Drehgestell A

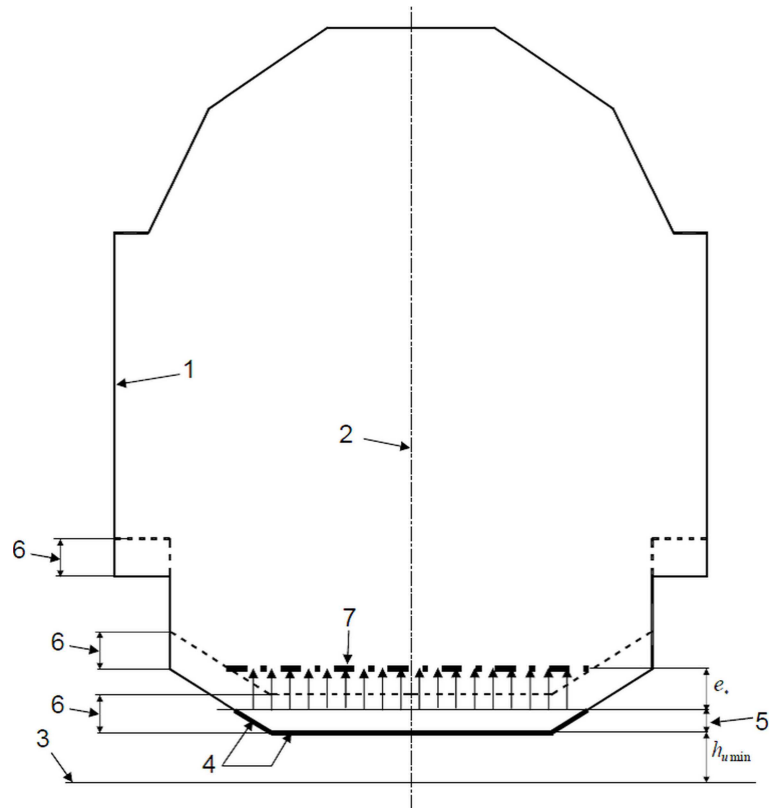
$$e_{u,a} = \left[\frac{a \cdot n_a + n_a^2 + \frac{n_a + a}{a} \cdot \frac{p_A^2}{4} + \frac{n_a}{a} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{v,min}} - S_{v,u} \right]_{>0} \quad (A.3)$$

außerhalb von Drehgestell B

$$e_{u,a} = \left[\frac{a \cdot n_a + n_a^2 + \frac{n_a}{a} \cdot \frac{p_A^2}{4} - \frac{n_a + a}{a} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{v,min}} - S_{v,u} \right]_{>0} \quad (A.4)$$

Zur Bezeichnung der Drehgestelle A und B siehe A.1.6.

A.2.2.2.6 Regeln für untere Linien der Begrenzungslinie – Ablaufberge und das Auffahren auf Fährschiffe

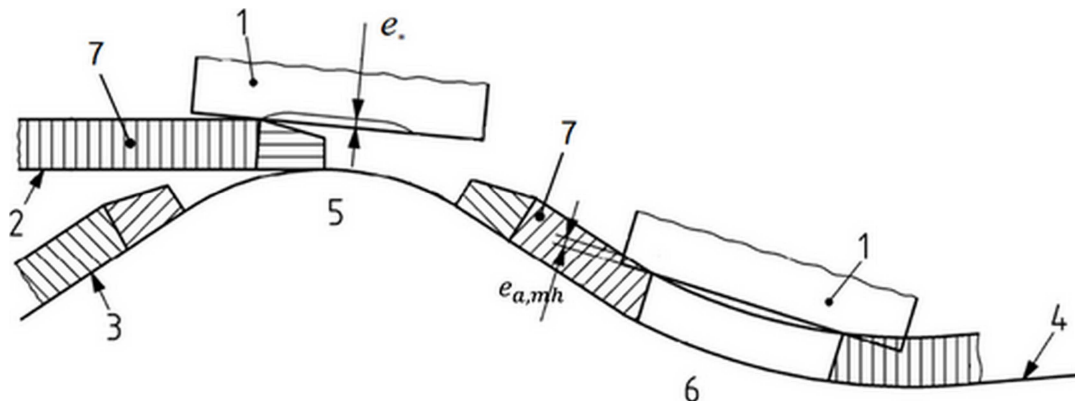


Legende

- 1 Bezugslinie
- 2 Achse der Bezugslinie
- 3 Lafebene
- 4 untere Linien
- 5 Auswirkung der Einfederungen, Gleitstückspiele, Radverschleiß und Durchbiegung des Wagenkastens
- 6 $E_{v,u,i}$, $E_{v,u,a}$ — siehe Tabelle A.1, ANMERKUNG a
- 7 maximale Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau
- $e = e_{i,mh}$, $e_{i,l}$, $e_{i,2}$, $e_{i,3}$, $e_{i,4}$, $e_{i,fb}$, $e_{a,mh}$ oder $e_{a,fb}$ — siehe Tabelle A.1, ANMERKUNG b

Bild A.4 — Untere Linien der Begrenzungslinie

A.2.2.2.6.1 Gleichungen zur Berechnung der vertikalen Einschränkungen zum Befahren von Ablaufbergen



Legende

- 1 Fahrzeug
- 2 Ablauframpe
- 3 herkömmlicher Ablaufberg
- 4 Laufebene
- 5 Kuppe
- 6 Wanne
- 7 Gleisbremse
- $e = \max(e_{i,mh}, e_{i,l}, e_{i,2}, e_{i,3}, e_{i,4})$

Bild A.5 — Befahren von Ablaufbergen

ANMERKUNG Die zugehörigen Regeln für die seitlichen Einschränkungen sind in A.3.3.1 angegeben.

a — Querschnitte zwischen den Endradsätzen oder den Führungsquerschnitten

Die Mindesthöhe der Fahrzeuge muss unter Berücksichtigung der in Tabelle A.1 festgelegten vertikalen Verschiebung mit Ausnahme von $e_{u,i}$ (siehe Tabelle A.1, Anmerkung b) mindestens $h_{u \min}$ betragen, erhöht um den maximalen Wert von $e_{i,mh}$, $e_{i,l}$, $e_{i,2}$, $e_{i,3}$ und $e_{i,4}$, berechnet mittels der folgenden Gleichungen:

a1 — Kuppe

Die Fahrzeuge müssen in der Lage sein, Kuppen mit $R_{v,cnv}$ zu befahren, ohne dass irgendein Teil mit Ausnahme der Spurkränze unter die Laufebene ragt.

$$e_{i,mh} = \left[\frac{a \cdot n_{i,A} - n_{i,A}^2 + \frac{a - n_{i,A}}{a} \cdot \frac{p_A^2}{4} + \frac{n_{i,A}}{a} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{v,cnv}} - h_{u \min} \right]_{>0} \quad (A.5)$$

a2 — Gleisbremsen

Die Fahrzeuge müssen in der Lage sein, Gleisbremsen in Brems- oder Lösestellung zu befahren, die sich auf einem vertikal nicht gekrümmten Gleis befinden und $h_{u \min}$ über die Lauffläche ragen.

$$e_{i,1} = \frac{n_i}{a} \cdot \frac{(a - n_i - X)^2}{2 \cdot R_{v,cnv}} \quad (\text{A.6})$$

$$e_{i,2} = \frac{2 \cdot (a - X)^3}{27 \cdot a \cdot R_{v,cnv}} \quad (\text{A.7})$$

$$e_{i,3} = \left(\frac{27}{4} \cdot \frac{n_i}{a - X} \right) \cdot \left(1 - \frac{n_i}{a - X} \right)^2 \cdot \left(\frac{2 \cdot a^2}{27 \cdot R_{v,cnv}} - e_v \right) \quad (\text{A.8})$$

$$e_{i,4} = \frac{2 \cdot a^2}{27 \cdot R_{v,cnv}} - e_v \quad (\text{A.9})$$

b — Querschnitte außerhalb der Endradsätze oder der Führungsquerschnitte

Die Fahrzeuge müssen in der Lage sein, Gleisbremsen in Brems- oder Lösestellung zu befahren, die sich auf einem vertikal gekrümmten Gleis mit $R_{v,cnv}$ und $h_{u \min}$ über die Lauffläche ragen.

Die Mindesthöhe der Fahrzeuge muss unter Berücksichtigung der in Tabelle A1 festgelegten vertikalen Verschiebungen mit Ausnahme von $e_{u,a}$ (siehe Anmerkung 2, Tabelle A.1) mindestens $h_{u \min}$ betragen, erhöht um $e_{a,mh}$.

außerhalb von Drehgestell A:

$$e_{a,mh} = \frac{a \cdot n_a + n_a^2 - \frac{n_a + a}{a} \cdot \frac{p_A^2}{4} + \frac{n_a}{a} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{v,cnv}} \quad (\text{A.10})$$

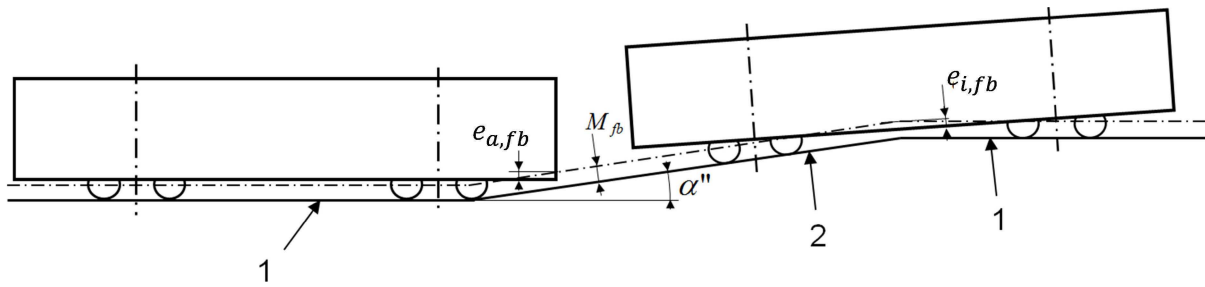
außerhalb von Drehgestell B

$$e_{a,mh} = \frac{a \cdot n_a + n_a^2 + \frac{n_a}{a} \cdot \frac{p_A^2}{4} - \frac{n_a + a}{a} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{v,cnv}} \quad (\text{A.11})$$

Zur Bezeichnung der Drehgestelle A und B siehe A.1.6.

A.2.2.2.6.2 Bedingungen für das Auffahren auf Fährschiffe

Die Fahrzeuge müssen in der Lage sein, vertikale Ausrundungen zu befahren, die durch eine Laderampe zwischen Fähre und Bahnsteig entstehen.



Legende

- 1 Laufebene von Fähre oder Bahnsteig
- 2 Laufebene der Laderampe

Bild A.6 — Auffahren auf Fährschiffe

Die Mindesthöhe der Fahrzeuge muss unter Berücksichtigung der nachfolgend festgelegten vertikalen statischen Verschiebungen mindestens M_{fb} betragen, erhöht um den Wert $e_{i,fb}$ oder $e_{a,fb}$, berechnet mit den folgenden Gleichungen:

- für die Querschnitte zwischen den Endradsätzen oder den Führungsquerschnitten gilt:

$$e_{i,fb} = \frac{n_i \cdot (a - n_i)}{a} \cdot \tan(\alpha'') \quad (\text{A.12})$$

- für die Querschnitte außerhalb der Endradsätze oder der Führungsquerschnitte gilt:

$$e_{a,fb} = n_a \cdot \tan(\alpha'') \quad (\text{A.13})$$

Zum pauschalen Zuschlag M_{fb} und dem von der Zufahrtsrampe gebildeten Winkel α'' — siehe EN 15273-4.

Zu berücksichtigende vertikale statische Verschiebung:

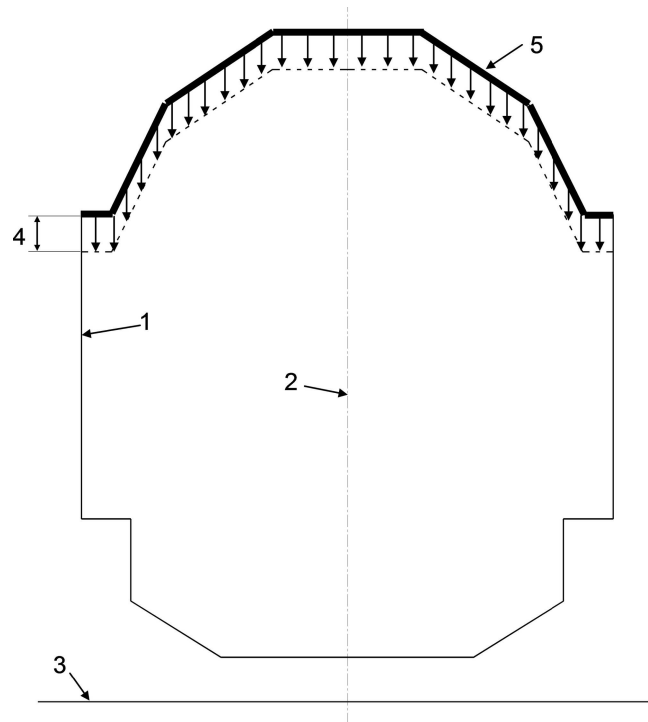
- verschleißbedingte Absenkungen U_{sr} , siehe A.2.2.2.2;
- Absenkungen durch Strukturverformungen F_{lc} , siehe A.2.2.2.3;
- statische vertikale Einfederung unter maximaler oder außergewöhnlicher Last entsprechend der Definition in EN 15663 Aff_{stl} (statisch).

Die vertikalen Einfederungen Aff_{stl} werden entsprechend A.2.2.2.4 berücksichtigt, mit der folgenden Ausnahme: bei Stahl- und Gummifedern (A.2.2.2.4, a)) und bei jedem Fahrzeugtyp darf nur die statische Einfederung berücksichtigt werden. Die dynamische Einfederung und das Stampfen aufgrund von Federbewegungen werden durch den Zuschlag M_{fb} abgedeckt.

A.2.3 Ermittlung der größten Höhen über Laufebene

A.2.3.1 Allgemeines

Die maximalen Höhen über der Laufebene eines Fahrzeugs im Beladungszustand „Leermasse“ entsprechend der Definition in EN 15663 und dessen Komponenten in der Nähe des unteren Bereichs der Begrenzungslinie entsprechend der Darstellung in Bild A.10 werden unter Berücksichtigung der Summe der vertikalen Verschiebungen (siehe A.2.3.1 und A.2.3.2) und vertikalen Einschränkungen (siehe A.2.3.3) entsprechend $E_{v,o,i}$ oder $E_{v,o,a}$ bestimmt.



Legende

- 1 Bezugslinie
- 2 Achse der Bezugslinie
- 3 Laufebene
- 4 vertikale Einschränkungen $E_{v,o,i}$ $E_{v,o,a}$
- 5 betroffene Bereiche

Bild A.7 — Bestimmung der maximalen Höhen

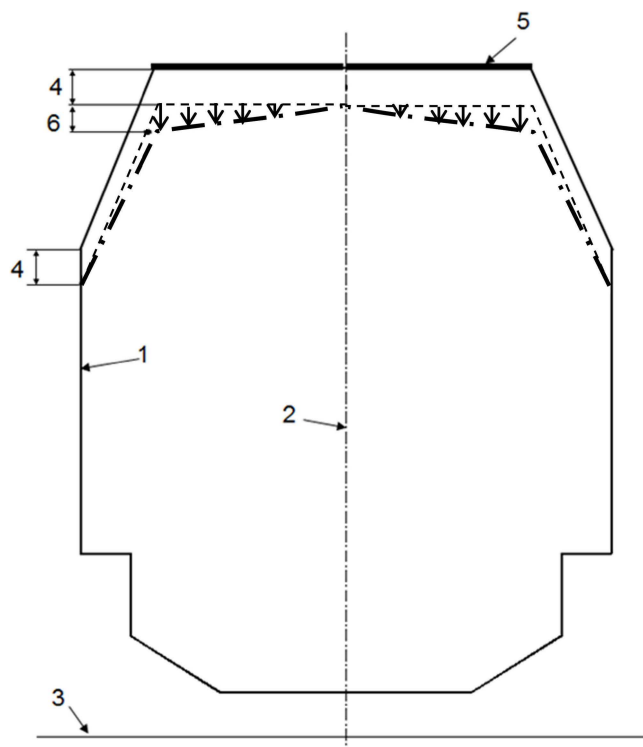
A.2.3.2 Einfluss der Verformungen der Strukturen

Wagenkasten: Längsdurchbiegungen werden vernachlässigt, ausgenommen bei Güterwagen.

A.2.3.3 Ausdehnung der Federn/dynamisches Hochfedern

Bewegungen in den Federungen nach oben werden in Form einer pauschalen Verschiebung von 0,010 m je Federstufe berücksichtigt.

Das Wanken aufgrund der Unsymmetrie und das Stampfen aufgrund von Federungsbewegungen werden vernachlässigt. Die vertikale Komponente der Wankbewegungen $z_{cin,v}$ muss $E_{v,o,i}$ oder $E_{v,o,a}$ hinzugerechnet werden.



Legende

- 1 Bezugslinie
- 2 Achse der Bezugslinie
- 3 Lafebene
- 4 vertikale Einschränkungen $E_{v,o,i}$, $E_{v,o,a}$
- 5 betroffene Bereiche
- 6 vertikale quasistatische Verschiebungen $z_{cin,v}$

Bild A.8 — Obere Linie der Begrenzungslinie

$$z_{cin,v} = s \cdot b \cdot \frac{D_o}{L} + (s - s_o)_{>0} \cdot b \cdot \frac{(D_{max} - D_o)}{L} \quad (A.14)$$

oder

$$z_{cin,v} = s \cdot b \cdot \frac{I_o}{L} + (s - s_o)_{>0} \cdot b \cdot \frac{(I_{max} - I_o)}{L} \quad (A.15)$$

ANMERKUNG Diese vertikale Einschränkung wird nur auf der horizontalen oberen Linie der Bezugslinie angewendet.

A.2.3.4 Vertikale Gleisbögen

Die Höhen des Fahrzeugs relativ zur Laufebene unter Berücksichtigung der in A.2.3.1 und A.2.3.2 definierten vertikalen Verschiebungen sind einzuschränken:

- für die Querschnitte zwischen den Endradsätzen oder den Führungsquerschnitten gilt:

$$e_{o,i} = \left[\frac{a \cdot n_{i,A} - n_{i,A}^2 + \frac{a - n_{i,A}}{a} \cdot \frac{p_A^2}{4} + \frac{n_{i,A}}{a} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{v,min}} - S_{v,o} \right]_{>0} \quad (\text{A.16})$$

- für die Querschnitte außerhalb der Endradsätze oder der Führungsquerschnitte gilt:

außerhalb von Drehgestell A

$$e_{o,a} = \left[\frac{a \cdot n_a + n_a^2 - \frac{n_a + a}{a} \cdot \frac{p_A^2}{4} + \frac{n_a}{a} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{v,min}} - S_{v,o} \right]_{>0} \quad (\text{A.17})$$

außerhalb von Drehgestell B

$$e_{o,a} = \left[\frac{a \cdot n_a + n_a^2 + \frac{n_a}{a} \cdot \frac{p_A^2}{4} - \frac{n_a + a}{a} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{v,min}} - S_{v,o} \right]_{>0} \quad (\text{A.18})$$

Zur Bezeichnung der Drehgestelle A und B siehe A.1.6.

A.3 Bestimmung der halben Fahrzeugbreiten

A.3.1 Allgemeines

Aufgrund der seitlichen Verschiebungen der Fahrzeuge (in den zugehörigen Regeln der jeweiligen Begrenzungslinie genauer beschrieben) dürfen die halben Breiten der betrachteten Fahrzeuge höchstens so groß sein, wie die halben Breiten der entsprechenden Bezugslinie, von welchen die Maximalwerte E_i oder E_a abzuziehen sind.

Für jeden Querschnitt entlang des Fahrzeugs werden die Einschränkungen E_i für $n_{i,A}$ oder E_a für n_a berechnet, und zwar unter Anwendung der in den folgenden Punkten angegebenen Gleichungen mit Ausgangsdaten für jede Begrenzungslinie aus EN 15273-4. Der zu berücksichtigende Wert von R mit $\infty \geq R \geq R_{min}$ ergibt den höchsten Wert für E_i oder E_a .

Diese Verschiebungen sind die Summe folgender Verschiebungen:

- quasistatische Verschiebungen aufgrund der Wankbewegung des Fahrzeugs auf seiner Federung und dessen Unsymmetrie (wenn diese größer als $\eta_{0,r}$ ist);
- seitliche Verschiebungen aufgrund der Einstellung des Fahrzeugs im Gleisbogen und im geraden Gleis (Ausragungen, Spiele usw.), wobei davon ausgegangen wird, dass die Fahrzeugachse senkrecht zur Laufebene steht;
- seitliche Durchbiegung des Wagenkastens bei schwer beladenen Spezial-Güterwagen, bei denen diese Durchbiegungen hohe Werte annehmen. Anderenfalls wird dies im Allgemeinen vernachlässigt.

A.3.2 Quasistatische Verschiebungen

A.3.2.1 Allgemeines

Der Neigungskoeffizient s kann je nach Beladung, Überhöhungsbetrag oder Überhöhungsfehlbetrag variieren.

Die Beladungszustände „Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs“ oder „Leermasse“ (wenn bei der Berechnung der Begrenzungslinie das leere Fahrzeug berücksichtigt wird) und „Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung“ entsprechend der Definition in EN 15663 sollte bei der Bestimmung des Neigungskoeffizienten berücksichtigt werden.

Der Wert s wird durch den Fahrzeughersteller entsprechend der Technologie und den Eigenschaften des Fahrzeugs berechnet.

Der Wert s wird am fertigen Fahrzeug mittels der Prüfung nach EN 14363 (Verfahren 1 oder Verfahren 2) geprüft.

A.3.2.2 Allgemeine Fälle

Bei gefederten Bauteilen in einer Höhe h ergibt sich aus den oben stehenden Formelgliedern folgende Gleichung:

$$Z_{cin} = \frac{s \cdot D_0}{L} \cdot (h - h_c)_{>0} + \left\{ \tan[\eta_0 - \eta_{0,r}]_{>0} \right\} \cdot |h - h_c| + \left[\frac{s \cdot (D_{max} - D_0)}{L} \cdot (h - h_c)_{>0} - \frac{s_0 \cdot (D_{max} - D_0)}{L} \cdot (h - h_{c0})_{>0} \right]_{>0} \quad (A.19a)$$

oder

$$Z_{cin} = \frac{s \cdot I_0}{L} \cdot (h - h_c)_{>0} + \left\{ \tan[\eta_0 - \eta_{0,r}]_{>0} \right\} \cdot |h - h_c| + \left[\frac{s \cdot (I_{max} - I_0)}{L} \cdot (h - h_c)_{>0} - \frac{s_0 \cdot (I_{max} - I_0)}{L} \cdot (h - h_{c0})_{>0} \right]_{>0} \quad (A.19b)$$

Diese Gleichungen gelten, wenn der Wankpol unter dem Schwerpunkt liegt. Anderenfalls gelten die Gleichungen für Fahrzeuge mit passiver Neigetechnik — siehe B.3.

ANMERKUNG Es ist möglich, h durch h_{CR} zu ersetzen.

A.3.2.3 Auswirkung von Gleitstückspielen

$$Z_{cin} = \frac{s \cdot D_0}{L} \cdot (h - h_c)_{>0} + \left\{ \tan \left[\eta'_0 + \left(\arctan \frac{(J - 0,005)_{>0}}{b_G} \right) \cdot (1 + s) - \eta_{0,r} \right]_{>0} \right\} \cdot |h - h_c| + \left[\frac{s \cdot (D_{max} - D_0)}{L} \cdot (h - h_c)_{>0} - \frac{s_0 \cdot (D_{max} - D_0)}{L} \cdot (h - h_{c0})_{>0} \right]_{>0} \quad (A.20a)$$

oder

$$Z_{cin} = \frac{s \cdot I_0}{L} \cdot (h - h_c)_{>0} + \left\{ \tan \left[\eta'_0 + \left(\arctan \frac{(J - 0,005)_{>0}}{b_G} \right) \cdot (1 + s) - \eta_{0,r} \right]_{>0} \right\} \cdot |h - h_c| + \left[\frac{s \cdot (I_{max} - I_0)}{L} \cdot (h - h_c)_{>0} - \frac{s_0 \cdot (I_{max} - I_0)}{L} \cdot (h - h_{c0})_{>0} \right]_{>0} \quad (A.20b)$$

Dabei ist

η'_o die Unsymmetrie im Fall eines Gleitstückspiels von 5 mm.

ANMERKUNG Es ist möglich, h durch h_{CR} zu ersetzen.

A.3.2.4 Sonderfall für die unteren Bereiche

In den Gleichungen (A.19) und (A.20) berücksichtigen die Teile von z_{cin} , die im Verhältnis zur Überhöhung und zum Überhöhungsfehlbetrag stehen, die oberen Bereiche nur mit $(h - h_c)_{>0}$, da im Allgemeinen davon ausgegangen wird, dass $q + w$ höher ist als z_{cin} im unteren Bereich der Bezugslinie.

Im Sonderfall, dass $s > s_o$ ist, muss jedoch geprüft werden, ob der untere Bereich innerhalb der Bezugslinie unter Einschluss des seitlichen Überstands auf der gegenüberliegenden Seite der Verschiebung $q + w$ für D_{max} und I_{max} bleibt.

Diese Überprüfung kann mittels Gleichungen, der graphischen Methode oder Simulation erfolgen.

A.3.3 Seitliche Einschränkungen — allgemeine Gleichungen

A.3.3.1 Allgemeines

Die verschiedenen Möglichkeiten der Einstellung eines Fahrzeugs im Gleis hängen von den Seitenspielen der verschiedenen Komponenten, die die Schnittstelle zwischen Wagenkasten und Gleis ausmachen, sowie von der Bauart der Laufwerke ab (Einzelradsätze, Triebdrehgestelle, Laufdrehgestelle usw.).

Die verschiedenen möglichen Einstellungen des Fahrzeugs im Gleis sollten daher im Hinblick auf den Schrägungskoeffizienten A_n untersucht werden, der auf bestimmte Formelglieder der grundlegenden Gleichungen zur Berechnung der inneren und äußeren Einschränkungen E_i und E_a möglicherweise anzuwenden ist:

- Bei in den Tabelle A.3 bis Tabelle A.6 nicht genannten Radsatzkonfigurationen ist von der jeweils ungünstigsten Einstellung auszugehen.
- Bei Gelenkfahrzeugen empfiehlt es sich, die angegebene Einstellung für herkömmliche Fahrzeuge mit zwei Drehgestellen zu verwenden.
- Die Einstellung der Fahrzeuge im Gleis ist nachstehend für Fahrzeuge angegeben, die mit nicht lenkbaren Radsätzen ausgestattet sind. Bei Fahrzeugen mit anderen Radsatztypen (z. B. Einzelräder) kann mit einer angemessenen Erläuterung und einem entsprechenden Nachweis ein angepasster Verschiebungsfaktor verwendet werden. Bei fehlendem Nachweis ist der ungünstigste Verschiebungsfaktor in den Tabellen A3 bis A.6 zu berücksichtigen.
- Wenn der Wert von A_2 Null ist, wird bei der Definition der Werte des Spiels $w_{(R)}$ zwischen Drehgestell und Wagenkasten davon ausgegangen, dass sich das Drehgestell tangential zur Gleisachse befindet.

Die definierten kinematischen Begrenzungslinien berücksichtigen einen Mindestgleisbogenradius von R_{min} — siehe den Wert in EN 15273-4 —, auch wenn das untersuchte Fahrzeug auf engeren Gleisbögen fahren kann.

In den folgenden Gleichungen gilt:

- $A_{n,A}$ gehört zum Drehgestell A, $A_{n,B}$ zum Drehgestell B;

— $S_l = \frac{l_{max} - l_{nom}}{2}$ ($l = l_{max}$ für das Fahrzeug siehe EN 15273-4).

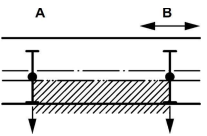
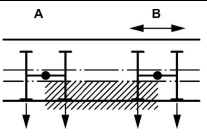
A.3.3.2 Querschnitte zwischen den Endradsätzen oder den Führungsquerschnitten

A.3.3.2.1 Allgemeines

$$E_i = \frac{a \cdot n_{i,A} - n_{i,A}^2 + A_{1,A} \cdot \frac{p_A^2}{4} + A_{1,B} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R} + A_{2,A} \cdot \frac{l_{max} - d_A}{2} + A_{2,B} \cdot \frac{l_{max} - d_B}{2} + A_{3,A} \cdot w_{i,(R),A} + A_{3,B} \cdot w_{i,(R),B} + A_{5,A} \cdot q_A + A_{5,B} \cdot q_B + z_{cin} - S_{R,i} - A_6 \cdot S_l \quad (A.21)$$

A.3.3.2.2 Gerades Gleis

Tabelle A.3 — Verschiebungsfaktoren im geraden Gleis

Fahrzeuge	Position von Fahrzeugen im Gleis	Fallnummer	$A_{1,A}$	$A_{1,B}$	$A_{2,A}$	$A_{2,B}$	$A_{3,A}$	$A_{3,B}$	$A_{5,A}$	$A_{5,B}$	A_6
Fahrzeuge mit Einzelradsätzen sowie Drehgestelle selbst		(1)	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	1
Fahrzeuge mit Drehgestellen		(2)	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	1

A.3.3.2.3 Gleisbogen

Tabelle A.4 — Verschiebungsfaktoren in Gleisbögen

Fahrzeuge	Position von Fahrzeugen im Gleis	Nr. des Falls	$A_{1,A}$	$A_{1,B}$	$A_{2,A}$	$A_{2,B}$	$A_{3,A}$	$A_{3,B}$	$A_{5,A}$	$A_{5,B}$	A_6
Fahrzeuge mit Einzelsatz sowie Drehgestelle selbst		(3)			$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$			$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	1
Fahrzeuge mit 2 Triebdrehgestellen oder derart bezeichnetem Drehgestell		(4)	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	1
Fahrzeuge mit 1 so bezeichneten „Trieb“-Drehgestell und 1 Laufdrehgestell oder als derart betrachtetes Drehgestell		(5)	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	0	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$
Fahrzeuge mit 2 Laufdrehgestellen oder als derart betrachteten Drehgestellen		(6)	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	0	0	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	$\frac{a - n_{i,A}}{a}$	$\frac{n_{i,A}}{a}$	0

A.3.3.3 Querschnitte außerhalb der Endradsätze oder der Führungsquerschnitte

A.3.3.3.1 Allgemeines

$$E_a = \frac{a \cdot n_a + n_a^2 - A_{1,A} \cdot \frac{p_A^2}{4} + A_{1,B} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R} + A_{2,A} \cdot \frac{l_{max} - d_A}{2} + A_{2,B} \cdot \frac{l_{max} - d_B}{2} + A_{3,A} \cdot w_{i,(R),A} + A_{3,B} \cdot w_{i,(R),B} + A_{4,A} \cdot w_{a,(R),A} + A_{4,B} \cdot w_{a,(R),B} + A_{5,A} \cdot q_A + A_{5,B} \cdot q_B + z_{cin} - S_{R,a} - S_l \quad (A.22)$$

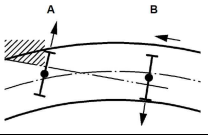
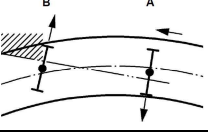
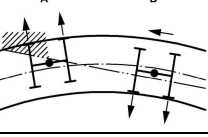
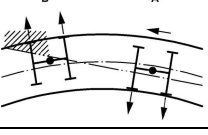
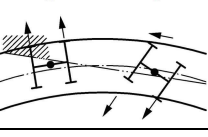
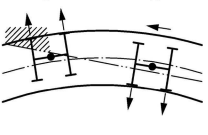
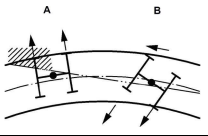
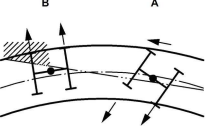
A.3.3.3.2 Gerades Gleis

Tabelle A.5 — Verschiebungsfaktoren im geraden Gleis

Fahrzeuge	Position von Fahrzeugen im Gleis	Nr. des Falls	$A_{1,A}$	$A_{1,B}$	$A_{2,A}$	$A_{2,B}$	$A_{3,A}$	$A_{3,B}$	$A_{4,A}$	$A_{4,B}$	$A_{5,A}$	$A_{5,B}$
Fahrzeuge mit Einzelradsätzen sowie Drehgestelle selbst		(7)			$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$					$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$
		(8)			$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$					$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$
Fahrzeuge mit Drehgestellen		(9)	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	0	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$	0	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$
		(10)	$-\frac{n_a}{a}$	$-\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	0	0	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$

A.3.3.3 Gleisbogen

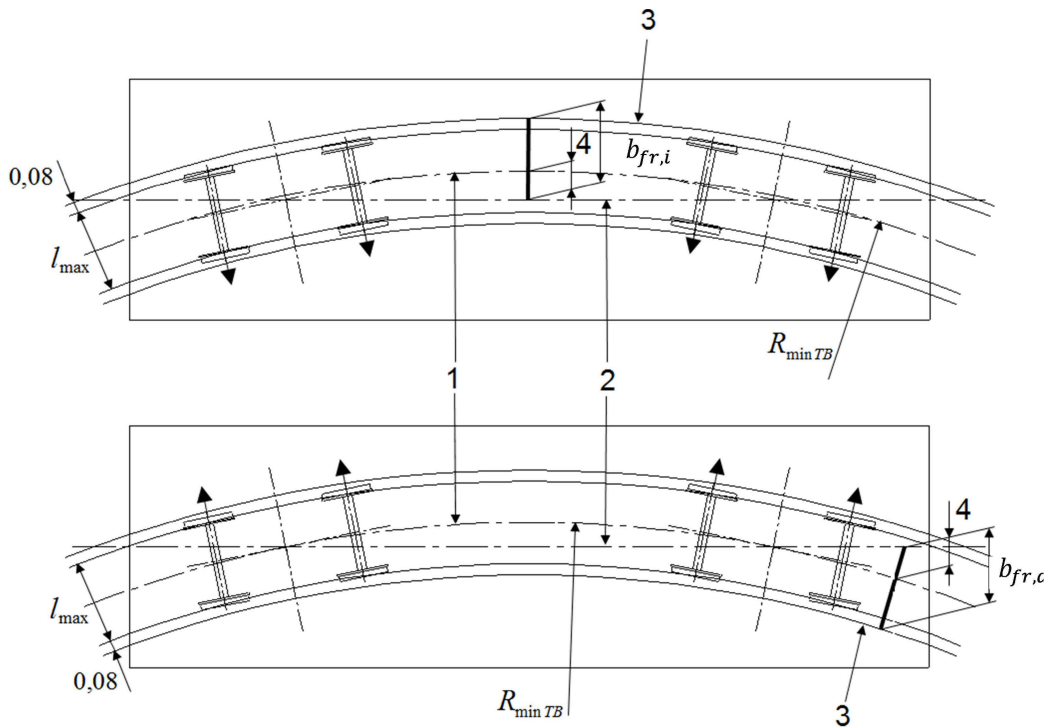
Tabelle A.6 — Verschiebungsfaktoren in Gleisbögen

Fahrzeuge	Position von Fahrzeugen im Gleis	Nr. des Falls	$A_{1,A}$	$A_{1,B}$	$A_{2,A}$	$A_{2,B}$	$A_{3,A}$	$A_{3,B}$	$A_{4,A}$	$A_{4,B}$	$A_{5,A}$	$A_{5,B}$
Fahrzeuge mit Einzelradsätzen sowie Drehgestelle selbst		(11)			$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$					$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$
		(12)			$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$					$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$
Fahrzeuge mit 2 Triebdrehgestellen oder derart bezeichnetem Drehgestell		(13)	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	0	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$	0	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$
		(14)	$-\frac{n_a}{a}$	$-\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	0	0	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$
Fahrzeuge mit 1 so bezeichneten „Trieb“-Drehgestell und 1 Laufdrehgestell oder als derart betrachtete s Drehgestell		(15)	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$	0	0	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$	0	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$
		(16)	$-\frac{n_a}{a}$	$-\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	0	0	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$
Fahrzeuge mit 2 Laufdrehgestellen oder als derart betrachtete n Drehgestellen		(17)	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$	0	0	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$	0	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$
		(18)	$-\frac{n_a}{a}$	$-\frac{n_a + a}{a}$	0	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	0	0	$\frac{n_a + a}{a}$	$\frac{n_a}{a}$	$\frac{n_a + a}{a}$

A.3.4 Regeln für untere Linien der Begrenzungslinie — Rangiereinrichtungen und Krokodile

A.3.4.1 Einsatz von Rangiereinrichtungen in Gleisbögen

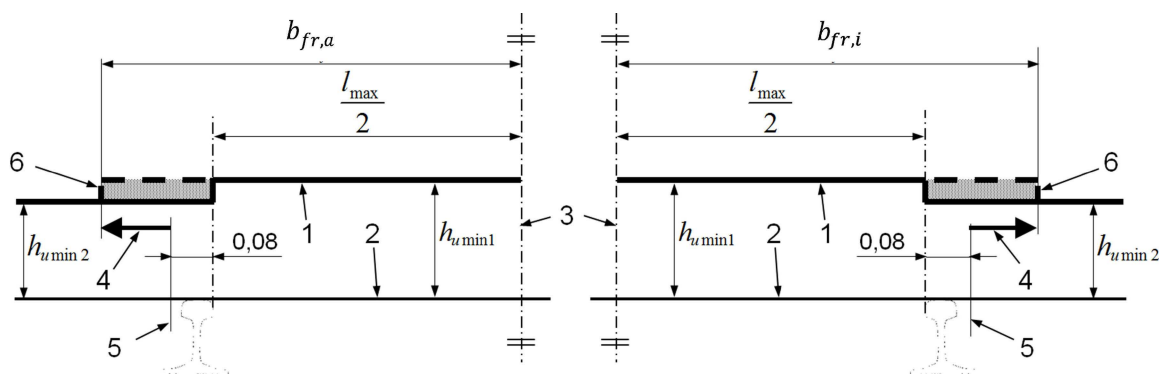
Gleisbremsen und andere Rangier- oder Hemmeinrichtungen, die in Arbeitsstellung die Höhe $h_{u \min 1}$ oder $h_{u \min 2}$ erreichen können, insbesondere Hemmschuhe von $h_{u \min 1}$ Höhe, dürfen in Gleisbögen mit einem Halbmesser $R_{\min TB}$ angebracht werden (siehe Bild A.11).



Legende

- 1 Gleisachse
- 2 Fahrzeugachse
- 3 Grenze für Hemmschuhe
- 4 Erhöhung (geometrische Ausragung + seitliche Verschiebung aufgrund des Spiels zwischen Radsätzen und Gleis)

Bild A.9 — Abstände $b_{fr,i}$ und $b_{fr,a}$ — Aufriss



Legende

- 1 Bezugslinie
- 2 Lauffebene
- 3 Achse der Bezugslinie
- 4 Erhöhung (geometrische Ausragung + seitliche Verschiebung aufgrund des Spiels zwischen Radsätzen und Gleis)
- 5 Grenze für Hemmschuhe
- 6 maximale Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau

Bild A.13 — Abstände $b_{fr,i}$ und $b_{fr,a}$ — Querschnitt

Hieraus folgt, dass die Grenze für die Anwendung der Höhenmaße $h_{u \min 1}$ oder $h_{u \min 2}$, die sich in einem gleich bleibenden Abstand (0,080 m) von der Schieneninnenkante befindet, in einer veränderlichen Entfernung $b_{fr,i}$ oder $b_{fr,a}$ von der Wagenlängsachse liegt, siehe obiges Bild.

Die Gleichungen lauten folgendermaßen:

- für die Querschnitte zwischen den Endradsätzen oder den Führungsquerschnitten gilt:

$$b_{fr,i} = \frac{a \cdot n_{i,A} + n_{i,A}^2 - A_{1,A} \cdot \frac{p_A^2}{4} + A_{1,B} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{minTB}} + A_{2,A} \cdot \frac{l_{max} - d_A}{2} + A_{2,B} \cdot \frac{l_{max} - d_B}{2} + 0,080 \quad (A.23)$$

- für die Querschnitte außerhalb der Endradsätze oder der Führungsquerschnitte gilt:

$$b_{fr,a} = \frac{a \cdot n_a + n_a^2 - A_{1,A} \cdot \frac{p_A^2}{4} + A_{1,B} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{minTB}} + A_{2,A} \cdot \frac{l_{max} - d_A}{2} + A_{2,B} \cdot \frac{l_{max} - d_B}{2} + 0,080 \quad (A.24)$$

ANMERKUNG 1 Im Sonderfall von Rangiereinrichtungen kann der Einfluss der Spiele $q + w$ vernachlässigt werden.

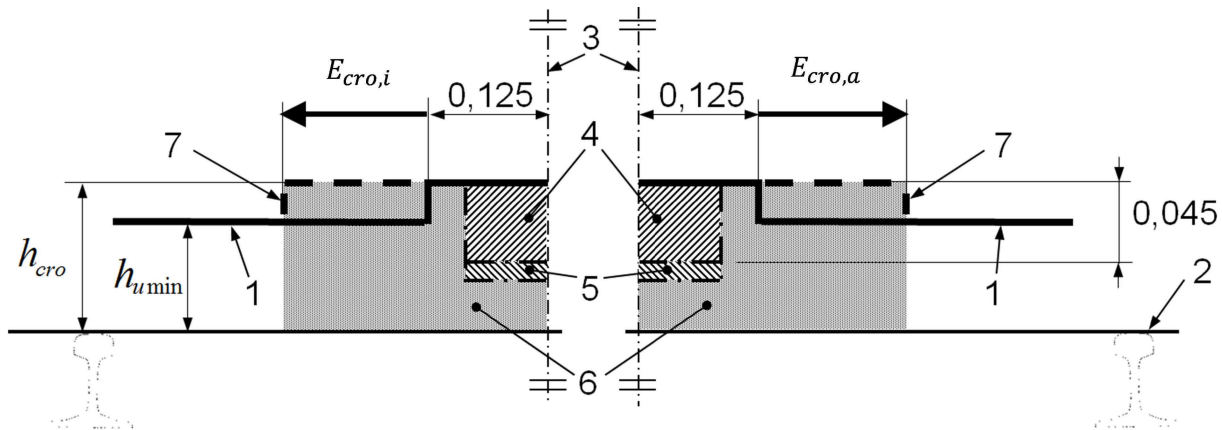
ANMERKUNG 2 Die zugehörigen Regeln für den vertikalen Bereich sind in A.2.2.2.6.1 angegeben.

ANMERKUNG 3 Die Werte der Koeffizienten „ A_n “ sind in den Tabellen in A.3.2 angegeben.

A.3.4.2 Krokodile

Für Fahrzeuge, die auf Gleisen mit Krokodilen eingesetzt werden sollen, ist im unteren Bereich der Horizontalen der Bezugslinie in einer Höhe h_{cro} eine bogenförmige Aussparung vorzusehen.

Innerhalb dieser Aussparung dürfen sich nur die Kontaktbürsten für die Krokodile befinden.



Legende

- 1 Bezugslinie
- 2 Laufebene
- 3 Achse der Bezugslinie
- 4 Bereich für Kontaktbürsten, wenn das Fahrzeug unbewegt steht
- 5 Bereich für Kontaktbürsten, wenn das Fahrzeug in Bewegung ist
- 6 für Kontaktbürsten reservierter Bereich
- 7 maximale Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau

Bild A.104 — Bereich der Krokodile

Wenn das Fahrzeug unbewegt im Beladungszustand „Auslegungsmasse des betriebsbereiten Fahrzeugs“ (bei Lokomotiven) oder im Beladungszustand „Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung“ (bei anderen Fahrzeugen) entsprechend der Definition in EN 15663 steht, darf die Kontaktbürste bis zu 0,045 m in den für die Anordnung der Krokodile vorgesehenen Bereich hinabreichen. Unter Berücksichtigung ihrer flexiblen und verformbaren Beschaffenheit darf die Kontaktbürste diese Höhe nur für die zusätzliche dynamische Verschiebung der Primärfederung unterschreiten.

Die Längsposition der Kontaktbürste muss den folgenden Regeln entsprechen:

— am Drehgestellrahmen angebrachte Bürste:

- a) Querschnitte zwischen den Radsätzen: keine spezifische Regel;
- b) Querschnitte außerhalb der Radsätze:

$$\frac{p \cdot n_a + n_a^2}{2 \cdot R_{cro}} + \frac{2 \cdot n_a + p}{p} \cdot \left(\frac{l_{max} - d}{2} + q \right) \leq 0,065 \quad (A.25)$$

— unter dem Wagenkastenrahmen eines Fahrzeugs mit Einzelradsätzen angebrachte Bürste:

- c) Querschnitte zwischen den Radsätzen:

$$\frac{a \cdot n_i + n_i^2}{2 \cdot R_{cro}} + \frac{l_{max} - d}{2} + q \leq 0,065 \quad (A.26)$$

- d) Querschnitte außerhalb der Radsätze: Anordnung der Bürste ist verboten.

ANMERKUNG Erläuterungen zum Maß 0,065 m werden in prCEN/TR 15273-5 gegeben.

Fahrzeugkomponenten, die tiefer als h_{cro} von der Lauffebene auf ein Gleis ohne vertikalen Gleisbogen mit vertikalen Verschiebungen entsprechend der Definition in A.2.2 hinabreichen können, dürfen sich nicht in einem geringeren Abstand als 0,125 m von der Gleisachse befinden, wenn sich das Fahrzeug in einem Gleisbogen mit dem Radius R_{cro} und einer Spurweite l_{max} befindet.

Die halbe Breite des Bereichs, der innerhalb des Krokodilbereichs frei bleiben muss für Teile, die am Drehgestell angebracht sind, beträgt pauschal 0,150 m.

Die halbe Breite des Raumes für Krokodile unter den betrachteten Fahrzeugen muss die entsprechende halbe Breite dieses Raumes auf der entsprechenden Bezugslinie, erhöht um die Werte $E_{cro,i}$ oder $E_{cro,a}$.

Die Gleichungen lauten folgendermaßen:

- für die Querschnitte zwischen den Endradsätzen oder den Führungsquerschnitten gilt:

$$E_{cro,i} = \frac{a \cdot n_{i,A} - n_{i,A}^2 - A_{1,A} \cdot \frac{p_A^2}{4} + A_{1,B} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{cro}} + A_{2,A} \cdot \frac{l_{max} - d_A}{2} + A_{2,B} \cdot \frac{l_{max} - d_B}{2} + A_{3,A} \cdot w_{i,(R_{cro}),A} + A_{3,B} \cdot w_{i,(R_{cro}),B} + A_{5,A} \cdot q_A + A_{5,B} \cdot q_B \quad (A.27)$$

- für die Querschnitte außerhalb der Endradsätze oder der Führungsquerschnitte gilt:

$$E_{cro,a} = \frac{a \cdot n_a - n_a^2 - A_{1,A} \cdot \frac{p_A^2}{4} + A_{1,B} \cdot \frac{p_B^2}{4}}{2 \cdot R_{cro}} + A_{2,A} \cdot \frac{l_{max} - d_A}{2} + A_{2,B} \cdot \frac{l_{max} - d_B}{2} + A_{3,A} \cdot w_{i,(R_{cro}),A} + A_{3,B} \cdot w_{i,(R_{cro}),B} + A_{4,A} \cdot w_{a,(R_{cro}),A} + A_{4,B} \cdot w_{a,(R_{cro}),B} + A_{5,A} \cdot q_A + A_{5,B} \cdot q_B \quad (A.28)$$

ANMERKUNG Die Werte der Koeffizienten „ A_n “ sind in den Tabellen in A.3.2 angegeben.

A.4 Überprüfung der Begrenzungslinie des Stromabnehmer und nicht isolierter Einrichtungen auf dem Fahrzeugdach

A.4.1 Überprüfung der Begrenzungslinie des Stromabnehmers

A.4.1.1 Allgemeine Grundsätze

Zur Bezugslinie des Stromabnehmers, Ausgangsdaten und horizontalen Überständen siehe EN 15273-4, Abschnitt 8.

Es ist rechnerisch nachzuweisen, dass die Bewegungen der zu überprüfenden Stromabnehmer nicht größer sind als die pauschal für die Fahrzeuge zugelassenen, woraus sich ergibt, dass die Werte $P'_{o,i}$ und $P'_{o,a}$ (Stromabnehmer in h'_o Höhe über Lauffebene) und $P'_{u,i}$ und $P'_{u,a}$ (Stromabnehmer in h'_u Höhe über Lauffebene) unter Anwendung der in A.4.1.2 und A.4.1.3 angegebenen Gleichungen negativ oder Null sein müssen.

- a) Fahrzeuge, deren Seitenspiele sich linear mit $1/R$ verändern.

Zwei Bedingungen für den Raumbedarf müssen überprüft werden: eine für die Stellung im Gleisbogen mit Mindestradius R_{min} und eine für das gerade Gleis, $R = \infty$.

- b) Fahrzeuge, deren Seitenspiele sich nicht linear mit $1/R$ verändern.

Neben der Stellung im geraden Gleis und im Gleisbogen mit $R_{\min}$ erfolgt die Überprüfung für den oder die Gleisbogenradien R , bei dem oder bei denen die Änderung des Spiels w in Abhängigkeit von $1/R$ eine oder mehrere Unstetigkeiten aufweist, z. B. dem Wert R , ab dem die veränderlichen Anschläge zum Tragen kommen.

Wenn sich die Seitenspiele in Abhängigkeit vom Einstellungsradius ändern, wird in den nachfolgenden Gleichungen für $P'_{o,i}$ und $P'_{u,i}$ der größte Wert $w_{i,(R)}$ am Drehzapfenquerschnitt (real oder fiktiv) eingesetzt, für $P'_{o,a}$ und $P'_{u,a}$ der Wert $w_{a,(R)}$ und der entsprechende Wert von $w_{i,(R)}$.

Stromabnehmer befinden sich üblicherweise in unmittelbarer Nähe des Führungsquerschnitts; die folgenden Gleichungen berücksichtigen nur die Parameter p , q , d des dem Stromabnehmer nächstgelegenen Drehgestells. Die Werte der Koeffizienten „A“ sind in den Tabellen in A.3.2 angegeben.

A.4.1.2 Gleichungen für einen Stromabnehmer zwischen den Endradsätzen oder den Führungsquerschnitten (Nachweis für unbewegtes Fahrzeug auf überhöhtem Gleis)

$$P'_{o,i} = \frac{a \cdot n_{i,A} - n_{i,A}^2 + \frac{p^2}{4}}{2 \cdot R} + \frac{l_{\max} - d}{2} + q + A_{3,A} \cdot w_{i,(R),A} + A_{3,B} \cdot w_{i,(R),B} + \frac{s \cdot D_0}{L} \cdot (h'_o - h_c) + \sqrt{t^2 + \tau^2 + [\theta \cdot (h'_o - h_c)]^2} + \left[\frac{s \cdot (D'_{\max} - D'_0)}{L} \cdot (h'_o - h_c) - \frac{s'_0 \cdot (D'_{\max} - D'_0)}{L} \cdot (h'_o - h'_{c0}) \right]_{>0} - (e_{p,o} + Abt_o) - S'_R - S'_l \quad (A.29)$$

Wenn $P'_{o,i} \leq 0$, hält der Stromabnehmer die Begrenzungslinie im oberen Punkt ein.

$$P'_{u,i} = \frac{a \cdot n_{i,A} - n_{i,A}^2 + \frac{p^2}{4}}{2 \cdot R} + \frac{l_{\max} - d}{2} + q + A_{3,A} \cdot w_{i,(R),A} + A_{3,B} \cdot w_{i,(R),B} + \frac{s \cdot D'_0}{L} \cdot (h'_u - h_c) + \sqrt{\left(t \cdot \frac{h'_u - h'_t}{h'_o - h'_t} \right)^2 + \tau^2 + [\theta \cdot (h'_u - h_c)]^2} + \left[\frac{s \cdot (D'_{\max} - D'_0)}{L} \cdot (h'_u - h_c) - \frac{s'_0 \cdot (D'_{\max} - D'_0)}{L} \cdot (h'_u - h'_{c0}) \right]_{>0} - (e_{p,u} + Abt_u) - S'_R - S'_l \quad (A.30)$$

Wenn $P'_{u,i} \leq 0$, hält der Stromabnehmer die Begrenzungslinie im unteren Punkt ein.

A.4.1.3 Gleichungen für einen Stromabnehmer außerhalb der Endradsätze oder Führungsquerschnitte (Nachweis für Fahrt mit Überhöhungsfehlbetrag)

$$P'_{o,a} = \frac{a \cdot n_a + n_a^2 + \frac{p^2}{4}}{2 \cdot R} + \frac{l_{\max} - d}{2} \cdot \frac{2n_a + a}{a} + q \cdot \frac{2n_a + a}{a} + A_{3,A} \cdot w_{i,(R),A} + A_{3,B} \cdot w_{i,(R),B} + A_{4,A} \cdot w_{a,(R),A} + A_{4,B} \cdot w_{a,(R),B} + \frac{s \cdot I'_0}{L} \cdot (h'_o - h_c) + \sqrt{t^2 + \tau^2 + [\theta \cdot (h'_o - h_c)]^2} + \left[\frac{s \cdot (I'_{\max} - I'_0)}{L} \cdot (h'_o - h_c) - \frac{s_0 \cdot (I'_{\max} - I'_0)}{L} \cdot (h'_o - h'_{c0}) \right]_{>0} - (e_{p,o} + Abt_o) - S'_R - S'_l \quad (A.31)$$

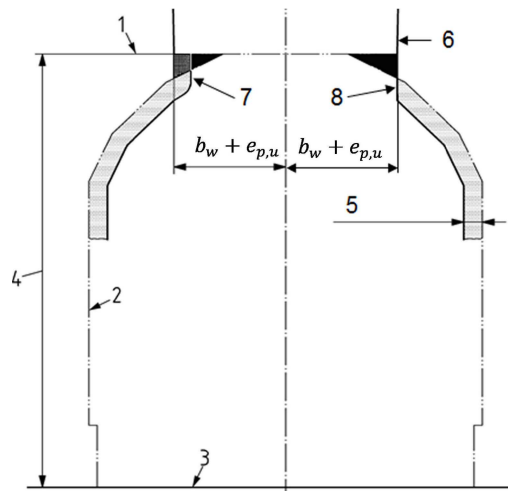
Wenn $P'_{o,a} \leq 0$, hält der Stromabnehmer die Begrenzungslinie im oberen Punkt ein.

$$\begin{aligned}
 P'_{u,a} = & \frac{a \cdot n_a + n_a^2 + \frac{p^2}{4}}{2 \cdot R} + \frac{l_{max} - d}{2} \cdot \frac{2n_a + a}{a} + q \cdot \frac{2n_a + a}{L} + A_{3,A} \cdot w_{i,(R),A} + A_{3,B} \cdot w_{i,(R),B} \\
 & + A_{4,A} \cdot w_{a,(R),A} + A_{4,B} \cdot w_{a,(R),B} + \frac{s \cdot I_0}{L} \cdot (h'_u - h_c) \\
 & + \sqrt{\left(t \cdot \frac{h'_u - h_t}{h'_o - h_t}\right)^2 + \tau^2 + [\theta \cdot (h'_u - h_c)]^2} \\
 & + \left[\frac{s \cdot (I'_{max} - I'_0)}{L} \cdot (h'_u - h_c) - \frac{s'_0 \cdot (I'_{max} - I'_0)}{L} \cdot (h'_u - h'_{c0}) \right]_{>0} \\
 & - (e_{p,u} + Abt_u) - S'_R - S'_l
 \end{aligned}
 \tag{A.32}$$

Wenn $P'_{u,a} \leq 0$, hält der Stromabnehmer die Begrenzungslinie im unteren Punkt ein.

A.4.2 Gesenkte Stromabnehmer und nicht isolierte Spannung führende Bauteile auf dem Fahrzeugdach

A.4.2.1 Bezugslinie für gesenkte Stromabnehmer und nicht isolierte Spannung führende Bauteile auf dem Fahrzeugdach



Legende

- 1 größte Höhe des gesenkten Stromabnehmers
- 2 kinematische Bezugslinie
- 3 Lafebene
- 4 Höhe der kinematischen Bezugslinie
- 5 Schutzabstand entsprechend der Spannung der Stromversorgung c_{elec} — siehe Tabelle A.7
- 6 Bezugslinie des Stromabnehmers
- 7 bei Stromabnehmern mit isolierten Auflaufhörnern — Infrastrukturbetreiber berücksichtigt nicht den Schutzabstand entsprechend der Breite der isolierten Auflaufhörner c_w ; somit vom Fahrzeugbau zu berücksichtigen
- 8 bei Stromabnehmern ohne isolierte Auflaufhörner — In diesem Fall berücksichtigt der Infrastrukturbetreiber den Schutzabstand
-  Raum, in den keine Bauteile hineinragen dürfen, die noch unter Spannung stehen können
-  „Besondere Räume“ — siehe A.4.2.3

Bild A.115 — Bezugslinie für Stromabnehmer und nicht isolierte Spannung führende Bauteile auf dem Fahrzeugdach

Zu Werten für den Schutzabstand siehe Tabelle A.7.

Tabelle A.7 — Werte für den Schutzabstand c_{elec}

Spannungssystem	Schutzabstand m
25 kV AC	0,170
15 kV AC	0,150
3 kV DC	0,100
1,5 kV DC	0,100
750 V	0,100

A.4.2.2 Regeln für nicht isolierte Einrichtungen auf dem Fahrzeugdach außerhalb der Bezugslinie des Stromabnehmers

Bei allen nicht isolierten Einrichtungen auf dem Fahrzeugdach, die sich außerhalb der Bezugslinie des Stromabnehmers befinden, muss die maximale Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau dem Schutzabstand entsprechend reduziert werden.

A.4.2.3 Regeln für Einrichtungen auf dem Fahrzeugdach und gesenkte Stromabnehmer innerhalb der Bezugslinie des Stromabnehmers

Sofern die Höhe der definierten kinematischen Begrenzungslinie nicht überschritten wird, dürfen auf elektrifizierten Strecken entsprechend Bild A.14 „besondere Räume“ verwendet werden, um die Breite der Bezugslinie des Stromabnehmers zu definieren.

Um die Interoperabilität sicherzustellen, muss die Breite dieser Räume die geringste Wippenbreite berücksichtigen: Ihre halbe Breite ist daher auf den Wert b_w der kleinsten Wippe beschränkt — siehe EN 50367.

Es können größere Werte verwendet werden, aber es besteht die Gefahr, dass das Fahrzeug dann nicht mit allen nach der erforderlichen Begrenzungslinie gebauten Infrastrukturen kompatibel ist.

Auf nicht elektrifizierten Strecken müssen spezifische Studien in den Bahnnetz durchgeführt werden, um „besondere Räume“ zu verwenden.

Alle Einrichtungen auf dem Fahrzeugdach und der Stromabnehmer in eingefahrener Position müssen so angeordnet sein, dass sie die maximale Begrenzungslinie für den Fahrzeugbau und die Bezugslinie des Stromabnehmers einhalten, abzüglich der Werte E_i oder E_a entsprechend der Definition in A.3 mit spezifischem seitlichem Überstand s'_R und Ausgangsdaten $(I'_0, D'_0, I'_{max}, D'_{max}, s'_0, h_{c0})$, die zur Überprüfung der Begrenzungslinie des Stromabnehmers verwendet werden, mit Ausnahme des Wertes von z_{cin} , der mit der nachfolgenden Gleichung berechnet wird.

$$z_{cin} = \left[\frac{s \cdot D'_0}{L} + \theta \right] (h - h_c) + \left[\frac{s \cdot (D'_{max} - D'_0)}{L} \cdot (h - h_c) - \frac{s'_0 \cdot (D'_{max} - D'_0)}{L} \cdot (h - h'_{c0}) \right]_{>0} \quad (A.33)$$

oder

$$z_{cin} = \left[\frac{s \cdot I'_0}{L} + \theta \right] (h - h_c) + \left[\frac{s \cdot (I'_{max} - I'_0)}{L} \cdot (h - h_c) - \frac{s'_0 \cdot (I'_{max} - I'_0)}{L} \cdot (h - h'_{c0}) \right]_{>0} \quad (A.34)$$

Wenn der Stromabnehmer in Arbeitsstellung über Auflaufhörner verfügt, sind auch für nicht isolierte Bauteile, die möglicherweise noch unter Spannung stehen, darunter unter Umständen einen anderen,

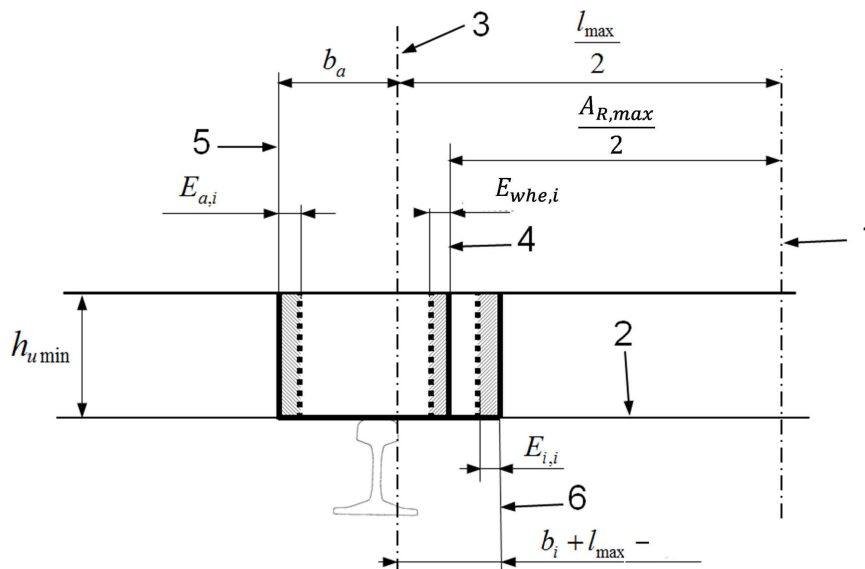
gesenkten Stromabnehmer, Zuschläge zu berücksichtigen. Anderenfalls werden keine Zuschläge für Schutzabstände berücksichtigt — siehe Bild A.14.

A.5 Bereich der Räder

Dieser Unterabschnitt berücksichtigt an Drehgestellen angebrachte Bauteile, die möglicherweise eine Höhe von $h'_{u\min}$ unterschreiten und bei denen das Risiko eines Kontakts mit der Infrastruktur nicht hingenommen werden darf.

Unter Berücksichtigung der seitlichen Verschiebungen der folgenden Teile dürfen die Abmessungen dieser Bauteile die folgenden Werte nicht überschreiten:

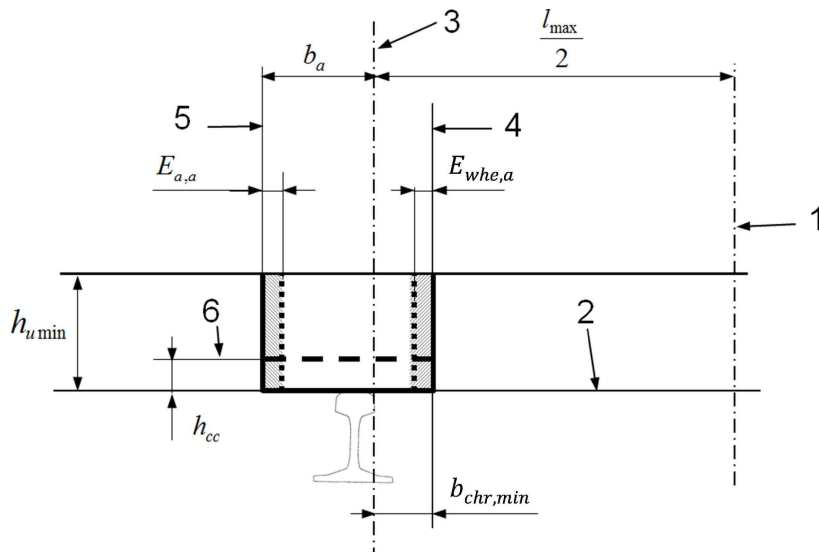
- auf der Innenseite der Räder die Hälfte des maximalen Abstands zwischen den Innenflächen der Räder $\frac{A_{R,max}}{2}$ zuzüglich $E_{whe,i}$ oder die Grenzlage des Rades (siehe Bild A.16 und Bild A.17) zuzüglich $E_{i,i}$ oder $E_{whe,a'}$
- auf der Außenseite der Räder die Grenzlage des Rades (siehe Bild A.16 und Bild A.17), verringert um $E_{a,i}$ oder $E_{a,a'}$



Legende

- 1 Achse der Bezugslinie
- 2 Lafebene
- 3 innere Stirnfläche des Gleises
- 4 innere Stirnfläche des Rades
- 5 Grenzlage der äußeren Stirnfläche der Räder und von Bauteilen, die mit den Rädern verbunden sind
- 6 Grenzlage der inneren Stirnfläche der Räder, wenn der Radsatz an der gegenüberliegenden Schiene anliegt

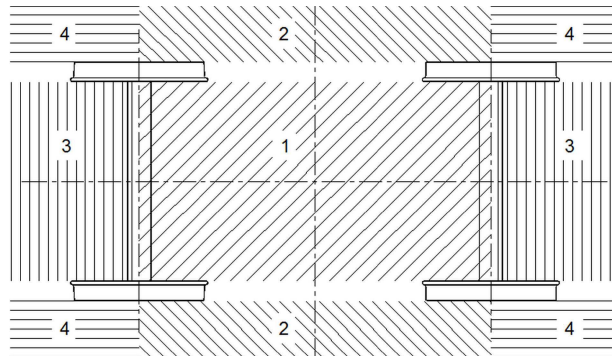
Bild A.126 — Bereich der Räder – Querschnitte zwischen den Radsätzen



Legende

- 1 Achse der Bezugslinie
- 2 Lauffläche
- 3 innere Stirnfläche des Gleises
- 4 Grenzlage der inneren Stirnfläche der Räder im Fall der Führung durch Radlenker
- 5 Grenzlage der äußeren Stirnfläche der Räder und von Bauteilen, die mit den Rädern verbunden sind
- 6 Grenzlinie für die außerhalb der Endradsätze liegenden Bauteile (Schienenräumer, Sandstreuer usw.), die das Überfahren von Knallkapseln ermöglicht

Bild A.137 — Bereich der Räder — Querschnitte außerhalb des Radsatzes



Legende

- 1 Bereich für $E_{whe,i}$, $E_{i,i}$
- 2 Bereich für $E_{a,i}$
- 3 Bereich für $E_{whe,a}$
- 4 Bereich für $E_{a,a}$

Bild A.18 — Bereiche der Räder