

DIN EN 13749

ICS 45.040

Entwurf

Einsprüche bis 2020-01-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13749:2011-06

**Bahnanwendungen –
Radsätze und Drehgestelle –
Festlegungsverfahren für Festigkeitsanforderungen an
Drehgestellrahmen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13749:2019**

Railway applications –
Wheelsets and bogies –
Method of specifying the structural requirements of bogie frames;
German and English version prEN 13749:2019

Applications ferroviaires –
Essieux montés et bogies –
Méthode pour spécifier les exigences en matière de résistance des structures de châssis de bogie;
Version allemande et anglaise prEN 13749:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-11-08 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 116 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13749:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

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 13749:2011-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Formelzeichen (Symbole) und Einheiten im Einklang mit den CEN-Regularien vom normativen Text in den informativen Anhang A verschoben, da diese lediglich für die anderen informativen Anhänge verwendet werden;
- b) vorherigen informativen Anhang C gestrichen und dafür auf EN 15663 verwiesen, welche nunmehr Angaben für Fahrzeugmassen abdeckt;
- c) informativen Anhang E neu bearbeitet, um rechnerische Festigkeitsnachweise und Freigabeverfahren nach EN 15827 darzustellen;
- d) einige Fehler in Gleichungen der Lastfall-Beispiele im informativen Anhang C berichtigt;
- e) Anleitung für Bauteillasten im informativen Anhang D überarbeitet, um die heutige Praxis besser zu spiegeln;
- f) höhere Gewichtung der Einschränkungen zu Angaben der Beispiellastfälle in den informativen Anhängen C, D, F und G und Hervorhebung, dass die Lasten nur verwendet werden sollten, wenn gezeigt werden kann, dass sie für die spezielle Konstruktion gültig sind;
- g) Norm redaktionell überarbeitet.

Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Festlegungsverfahren für Festigkeitsanforderungen an Drehgestellrahmen

Applications ferroviaires — Essieux montés et bogies — Méthode pour spécifier les exigences en matière de résistance des structures de châssis de bogie

Railway applications — Wheelsets and bogies — Method of specifying the structural requirements of bogie frames

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Technische Spezifikation	8
4.1 Anwendungsbereich	8
4.2 Allgemeine Anforderungen	8
4.3 Auslegungslastfälle	8
4.4 Fahrzeugzustände und Schnittstellen	9
4.5 Spezielle Anforderungen	9
5 Verifikation der Auslegungsdaten	9
6 Validierung und Konstruktionsfreigabe	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Validierungsprogramm	10
6.2.1 Inhalt	10
6.2.2 Rechnerische Festigkeitsnachweise	12
6.2.3 Statische Versuche	12
6.2.4 Ermüdungsversuche	13
6.2.5 Streckenversuche	13
7 Qualitätsanforderungen	14
Anhang A (informativ) Verwendete Formelzeichen und Einheiten in den informativen Anhängen	15
A.1 Kräfte	15
A.2 Beschleunigungen	15
A.3 Massen	16
A.4 Weitere Formelzeichen und Einheiten	16
A.5 Koordinatensystem	17
A.6 Drehgestell-Klassifizierung	18
Anhang B (informativ) Lastfälle	19
Anhang C (informativ) Lasten beim Fahren des Drehgestells	21
C.1 Allgemeines	21
C.2 Beispiele von Lasten für Drehgestelle von Reisezugwagen und S-Bahnfahrzeugen – Kategorien B-I und B-II	22
C.2.1 Außergewöhnliche Lasten	22
C.2.2 Lasten im Normalbetrieb	23
C.3 Beispiele von Lasten für Güterwagen-Drehgestelle mit einem Drehzapfen und zwei Gleitstücken – Kategorie B-V	23
C.3.1 Drehgestellarten	23
C.3.2 Verhältnis von Vertikalkräften	24
C.3.3 Außergewöhnliche Lasten	24
C.3.4 Lasten im Normalbetrieb	25
C.4 Beispiele von Lasten für Drehgestelle von Lokomotiven (mit zwei Drehgestellen) – Kategorie B-VII	25

C.4.1	Außergewöhnliche Lasten	25
C.4.2	Lasten im Normalbetrieb.....	26
C.5	Beispiele von Lasten für Drehgestelle von S-, U-, Stadt- und Straßenbahnen – Kategorien B-III und B-IV	27
C.5.1	Anwendung.....	27
C.5.2	Lastfälle.....	27
C.5.3	Allgemeine Begriffe für die Hauptlastfälle.....	28
Anhang D (informativ) Lasten durch Anbauteile an Drehgestellrahmen		29
D.1	Allgemeines	29
D.2	Trägheitslasten für Anbauteile	29
D.2.1	Ableitung	29
D.2.2	Auslegung der Beschleunigungen für am Drehgestellrahmen angebrachte Ausrüstungsgegenstände	30
D.2.3	Auslegung der Beschleunigungen für am Radsatzlager angebrachte Ausrüstungsgegenstände	30
D.3	Lasten durch viskose Dämpfer	31
D.4	Lasten durch Bremsen.....	31
D.5	Lasten durch Antriebsmotoren.....	31
D.6	Auf Wankstützen wirkende Kräfte	31
Anhang E (informativ) Nachweisverfahren und Abnahmekriterien.....		32
E.1	Allgemeines	32
E.2	Lasten.....	32
E.3	Analyse und Freigabe.....	32
E.4	Bauliche Abnahmekriterien.....	33
E.4.1	Kurzbeschreibung.....	33
E.4.2	Ausnutzung.....	33
E.4.3	Sicherheitsfaktor	34
E.4.4	Werkstofffestigkeitseigenschaften.....	35
Anhang F (informativ) Beispiele für statische Versuchsprogramme.....		40
F.1	Allgemeines	40
F.2	Statische Versuchsprogramme für Drehgestelle von Reisezugwagen, bei denen der Wagenkasten direkt auf den Langträgern gelagert ist (Kategorien B-I und B-II)	41
F.2.1	Versuche unter außergewöhnlichen Lasten	41
F.2.2	Versuche unter Lasten im Normalbetrieb.....	41
F.3	Statisches Versuchsprogramm für Drehgestelle mit Drehzapfen und zwei Gleitstücken (Kategorie B-V).....	43
F.3.1	Drehgestellarten.....	43
F.3.2	Versuche unter außergewöhnlichen Lasten	43
F.3.3	Versuche unter Lasten im Normalbetrieb.....	43
F.4	Statisches Versuchsprogramm für Drehgestelle von Lokomotiven	45
F.5	Statisches Versuchsprogramm für Drehgestelle von S-, U- und Straßenbahnen.....	45
F.5.1	Allgemeines	45
F.5.2	Versuche unter außergewöhnlichen Lasten	45
F.5.3	Versuche unter Lasten im Normalbetrieb.....	46
Anhang G (informativ) Beispiele von Ermüdungsversuchsprogrammen		47
G.1	Allgemeines	47
G.2	Ermüdungsversuchsprogramme für Drehgestelle, bei denen der Wagenkasten direkt auf den Langträgern gelagert ist (Kategorien B-I und B-II)	48
G.3	Ermüdungsversuchsprogramm für Güterwagen-Drehgestelle mit Drehzapfen und zwei Gleitstücken (Kategorie B-V)	51
G.3.1	Allgemeines	51
G.3.2	Vertikale Lasten	51
G.3.3	Querlasten.....	51
G.4	Ermüdungsversuchsprogramm für Drehgestelle von Lokomotiven (Kategorie B-VII)	53

G.5	Ermüdungsversuchsprogramm für Drehgestelle von S-, U- und Straßenbahnen (Kategorie B-IV)	53
Anhang ZA (informativ)	Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2016/797/EU	54
Literaturhinweise.....		57

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13749:2019) 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 13749:2011 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsantrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2016/797/EU.

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

Der allgemeine Anwendungsbereich und die Anforderungen der EN 13749 bleiben durch diese Überarbeitung unverändert. Änderungen waren notwendig um einen Fehler im Anhangs G, Formel (G.3) und Textkorrekturen nach den CEN-Regeln zu korrigieren.

Informative Anhänge in dieser Norm enthalten zusätzliche Informationen, die nicht zwingend erforderlich sind aber dazu bestimmt sind das Verständnis oder die Verwendung des Dokuments zu unterstützen.

ANMERKUNG Informative Anhänge können optionale Anforderungen enthalten. Zum Beispiel eine optionale Testmethode oder als Beispiel ausgedrückt, kann Anforderungen enthalten, aber es besteht keine Notwendigkeit, diese Anforderungen zu erfüllen, um die Anforderungen dieses Dokuments einzuhalten.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt das Verfahren fest, das für eine zufriedenstellende Konstruktion von Drehgestellrahmen anzuwenden ist, einschließlich Entwicklungsverfahren, Bewertungsverfahren, Prüfung und Qualitätsanforderungen für die Herstellung. Es beschränkt sich auf die Festigkeitsanforderungen von Drehgestellrahmen einschließlich Traversen und Radsatzlagergehäusen. Für die Anwendung dieses Dokumentes beinhalten diese Begriffe alle funktionellen Zusatzeinrichtungen, z. B. Dämpferhalter.

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 15085-1, *Bahnanwendungen — Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 1: Allgemeines*

EN 15085-2, *Bahnanwendungen — Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 2: Qualitätsanforderungen und Zertifizierung von Schweißbetrieben*

EN 15085-3, *Bahnanwendungen — Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 3: Konstruktionsvorgaben*

EN 15085-4, *Bahnanwendungen — Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 4: Fertigungsanforderungen*

EN 15085-5, *Bahnanwendungen — Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 5 Prüfung und Dokumentation*

EN 15663, *Bahnanwendungen — Fahrzeugreferenzmassen*

EN 15827:2011, *Bahnanwendungen — Anforderungen für Drehgestelle und Fahrwerke*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 15827:2011 und die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG In Anhang A sind Formelzeichen, Einheiten, Koordinatensystem und Drehgestell-Kategorien angegeben, die in den informativen Anhängen dieser Europäischen Norm verwendet werden.

ISO und IEC führen Terminologiedatenbanken zur Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen:

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

3.1 Radsatzlager

Baugruppe einschließlich Lagergehäuse, Wälzlager, Dichtung und Schmierfett

3.2 Drehgestellrahmen

tragendes Bauteil, im Allgemeinen zwischen Primär- und Sekundärfederung angeordnet

3.3

Matrizenmantel

quer verlaufendes tragendes Bauteil zwischen Wagenkasten und Drehgestellrahmen

3.4

statische Kraft

Kraft, die zeitlich konstant ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Erdanziehungskraft ist ein Beispiel statischer Kraft.

3.5

quasi-statische Kraft

Kraft, die sich zeitlich in einem Maß ändert, welches keine dynamische Anregung verursacht

Anmerkung 1 zum Begriff: Die quasi-statische Kraft kann für eine eingeschränkte Zeitspanne konstant sein.

3.6

dynamische Kraft

vorübergehende, stoßartige oder andauernde Kraft, die sich gleichmäßig oder zufällig zeitlich in einem Maß ändert, das dynamische Anregung verursacht

3.7

Lastfall

Lasten oder Lastkombinationen, die eine Beanspruchung darstellen, der die Konstruktion oder ein Bauteil unterliegt

3.8

außergewöhnlicher Lastfall

extremer Lastfall, der die höchste Belastung bei einzuhaltender voller Betriebsfähigkeit darstellt und für die Beurteilung der statischen Werkstoffeigenschaften verwendet wird

3.9

Ermüdungslastfall

sich wiederholender Lastfall zur Beurteilung der Ermüdungsfestigkeit

3.10

Sicherheitsfaktor

Faktor, der bei der Festigkeitsbeurteilung eingesetzt wird und eine Kombination aus Ungewissheiten und kritischen Sicherheitszuständen berücksichtigt

3.11

Langträger

Längsträger des Drehgestellrahmens

3.12

Primärfederung

Federungssystem, bestehend aus elastischen Komponenten (und zugehörigen Verbindungs- und Führungsteilen), das im Allgemeinen zwischen Radsatzlager und Drehgestellrahmen angeordnet ist

3.13

Sekundärfederung

Federungssystem, bestehend aus elastischen Komponenten (und zugehörigen Verbindungs- und Führungsteilen), das im Allgemeinen zwischen Drehgestellrahmen und Wagenkasten oder Traverse angeordnet ist

3.14

Streckenversuch

Durchführung von Tests unter erwarteten Betriebsbedingungen auf der tatsächlichen Betriebsumgebung der Eisenbahninfrastruktur sowie Überwachung und Erfassung der Reaktionen

3.15

Validierung

Verfahren, welches durch Berechnung und/oder Versuch nachweist, dass das zur Diskussion stehende System in jeder Hinsicht die technische Spezifikation erfüllt, einschließlich der Anforderungen aufgrund von Vorschriften für dieses System

3.16

Verifizierung

Verfahren, welches durch Vergleich oder Versuch nachweist, dass ein analytisches Ergebnis oder ein Schätzwert eine ausreichende Genauigkeit aufweist

4 Technische Spezifikation

4.1 Anwendungsbereich

Die technische Spezifikation muss alle Informationen enthalten, die die funktionellen Anforderungen an den Drehgestellrahmen und die Schnittstellen mit weiteren Bauteilen und Baugruppen beschreiben. Sie muss auch mindestens die allgemeinen Gebrauchsanforderungen, die zugehörigen Bedingungen des mit den Drehgestellen ausgerüsteten Fahrzeugs, die Betriebseigenschaften, die Instandhaltungsbedingungen und alle weiteren speziellen Anforderungen enthalten.

Die technische Spezifikation muss ebenfalls alle entsprechenden verbindlichen Vorschriften aufzeigen und die Stufen der Validierung und des geforderten Abnahmeverfahrens (Abschnitt 6) sowie die speziell geforderten Qualitätsanforderungen (Abschnitt 7) festlegen und es ist auszuführen, auf welche Art der Nachweis für die Anforderungen erfüllt worden ist.

ANMERKUNG Wenn der Kunde die technische Spezifikation nicht vollständig festlegen kann, kann der Lieferant eine Spezifikation vorschlagen und sie dem Kunden (und der Zulassungsbehörde, wenn relevant) zur Einwilligung vorlegen.

4.2 Allgemeine Anforderungen

Die technische Spezifikation muss die erforderliche Drehgestellart hinsichtlich ihrer Verwendung angeben. Außerdem müssen in der technischen Spezifikation die geplante Lebensdauer des Drehgestells, seine durchschnittliche Jahres- und seine Gesamtleistung und alle Informationen angegeben werden, die für einen Drehgestellrahmen gelten, mit den in EN 15827 angeführten dazugehörigen wesentlichen Anforderungen der TSI. Insbesondere für die Entwicklung von Drehgestellrahmen relevante Informationen werden in den nachstehenden Abschnitten angegeben.

4.3 Auslegungslastfälle

Die technische Spezifikation für den Drehgestellrahmen muss hauptsächlich die zur Auslegung des Drehgestells nach EN 15827 erforderlichen Lastfälle enthalten, zuzüglich aller Lastfälle, welche durch diese Norm oder aus der jeweiligen Anwendung erforderlich werden. Die Lastfälle müssen auf Fahrzeugmassen beruhen, die in EN 15663 angegeben sind. Für einige Anwendungen und Ermüdungsfestigkeitsbewertungsverfahren wird es nötig sein, zusätzliche Fahrzeugbeladungszustände zu verwenden (ausgedrückt als Funktionen der in EN 15663 definierten Fälle), um für Auslegungszwecke eine genaue Beschreibung der Fahrzeugzuladungsspanne zu erzielen.

Die Entwicklung der Auslegungslastfälle wird in Anhang B erläutert und Beispiele der entsprechenden Auslegungslastfälle mit fahrenden Drehgestellen und mit angebauten Ausrüstungsgegenständen werden in Anhang C bzw. Anhang D aufgeführt.

ANMERKUNG Falls die Dauerfestigkeitsverfahren zur Ermüdungsbewertung heranzuziehen sind, sind die Angaben über Anzahl der Ereignisse nicht erforderlich und es müssen nur die sich wiederholenden extremen Lastzustände festgelegt werden.

4.4 Fahrzeugzustände und Schnittstellen

Die technische Spezifikation muss auch folgende Informationen über Anforderungen der EN 15827 zur Auslegung der Drehgestellrahmen enthalten:

- Fahrzeugschnittstellen und Freiräume;
- Begrenzungslinie und Hüllkurve fürs Drehgestell;
- Geometrie der Federung und Anbauteile;
- Schnittstellen zu Antriebs- und Bremsausrüstung sowie sonstiger angebaute Ausrüstung;
- Elektrische und pneumatische Systemanschlüsse;
- Umgebungsbedingungen;
- Wartungsanforderungen.

4.5 Spezielle Anforderungen

Die technische Spezifikation muss alle speziellen Anforderungen bezüglich des Drehgestellrahmens angeben, die nicht durch die vorangegangenen Unterabschnitte abgedeckt sind, z. B. Betriebsbedingungen, Werkstoffe, Bauarten und Montageverfahren (z. B. Behandlung von Schweißstellen, Sandstrahlen).

5 Verifikation der Auslegungsdaten

Zur Ausführung der Konstruktion müssen alle erforderlichen Mittel (z. B. Berechnungen, Zeichnungen, Versuche) eingesetzt werden.

Die zur Unterstützung der Drehgestellrahmenentwicklung dienenden Informationen müssen durch Dokumente verifiziert werden, die in der technischen Spezifikation festgelegt sind und die in zutreffenden Normen und Vorschriften gefordert werden, welche gestatten, dass

- die Drehgestellrahmen in Übereinstimmung mit den Anforderungen der technischen Spezifikation, der EN 15827 und dieser Europäischen Norm zu entwickeln und herzustellen sind,
- alle als erforderlich erachteten Prüfungen für die Validierung und Abnahme durchzuführen sind.

6 Validierung und Konstruktionsfreigabe

6.1 Allgemeines

Das Ziel des Validierungsprogramms ist der Nachweis, dass die Konstruktion des Drehgestellrahmens die in der technischen Spezifikation festgelegten Bedingungen erfüllt. Darüber hinaus muss das Programm zeigen, dass das Verhalten des nach Entwicklungsvorgaben hergestellten Drehgestellrahmens einen zufriedenstellenden Betrieb ohne Auftreten von Versagen oder Bruch, bleibender Verformung oder Ermüdungsrissen

erlaubt. Es muss außerdem nachweisen, dass weitere Bauteile oder Unter-Baugruppen nicht ungünstig beeinflusst werden.

Das Validierungsprogramm muss mit demjenigen vereinbar sein, welches für das ganze Drehgestell nach EN 15827 spezifiziert wird und insbesondere den Anforderungen der folgenden Abschnitte dieser Europäischen Norm genügen.

Die Freigabe (Abnahme) des Produkts hängt in der Regel von ausreichender Erfüllung des Validierungsprogramms ab, darf aber andere Bedingungen beinhalten, die außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Europäischen Norm liegen.

Die technische Spezifikation muss Anleitungen darüber enthalten, wie die Konstruktion des Drehgestells zu validieren ist (einschließlich Übereinstimmung mit allen jeweils anwendbaren Regeln), und muss die zur Anwendung der verschiedenen Teile des Verfahrens erforderlichen Parameter angeben. Diese Parameter müssen in drei Stufen festgelegt werden:

- das Validierungsprogramm (z. B. Kombination von Lastfällen für Nachweise und statische Versuche, Programme für Ermüdungsversuche, Bahnstrecken für Streckenversuche);
- die Werte der unterschiedlichen Lastfälle;
- die Abnahmekriterien (Behandlung der gemessenen oder berechneten Werte, zulässige Spannungen, Kriterien für den Abschluss von Ermüdungsversuchen usw.).

In 6.2 wird festgelegt, welche Teile des Validierungsverfahrens im jeweiligen Fall angewendet werden sollten.

ANMERKUNG Um die vollständige Festlegung des Abnahmeverfahrens zu ermöglichen, legt der Lieferant die Verfahren zum Nachweis der Anforderungserfüllung fest, wenn diese nicht in der technischen Spezifikation enthalten sind.

6.2 Validierungsprogramm

6.2.1 Inhalt

Das Validierungsprogramm muss eine Liste der geplanten Validierungsstufen enthalten, um die Übereinstimmung mit den in der technischen Spezifikation festgelegten Anforderungen nachzuweisen.

Das Validierungsverfahren für die Festigkeit eines Drehgestellrahmens für die Abnahmekriterien muss auf Folgendem basieren:

- Analyse;
- statische Laborversuche;
- Ermüdungsversuche im Labor;
- Streckenversuche.

Der Inhalt des Programms muss in Beziehung zur Wichtigkeit des zu behandelnden Problems stehen. Grundsätzlich muss das Validierungsprogramm solche Entwicklungsannahmen und Lösungen, die verifiziert werden müssen, identifizieren und behandeln.

Alle Strukturbauteile müssen analysiert werden, um nachzuweisen, dass sie die Lasten, denen sie ausgesetzt sind, ertragen.

Für die Neuentwicklung eines Drehgestellrahmens, der für eine neue Verwendungsart bestimmt ist, sind alle vier Validierungsstufen zu verwenden, wobei die Ermüdungsversuche durch andere Verfahren zum Nachweis der geforderten Lebensdauer ersetzt werden können. Das Programm muss eine Strategie enthalten, welche die zu erfüllenden Stufen und das benötigte Ausmaß an Versuchen zur Verifizierung der analytischen Ergebnisse definiert und Vertrauen bezüglich der analytischen Ergebnisse schafft.

ANMERKUNG Damit werden Anwendungsbereich und Ziele für Labor- und Streckenversuche bestimmt.

Die Lastfälle für Drehgestelle von Güterwagen werden häufig durch die Erfahrung der Eisenbahnen über einen langen Zeitraum begründet und diese Lasten sind allgemein für ähnliche Güterwagendrehgestell-Konstruktionen gültig. Es ist übliche Praxis, dass ein Güterwagendrehgestell, welches einen geeigneten Ermüdungsversuch bestanden hat, nicht Gegenstand einer Festigkeitsbewertung anhand von Streckenversuchen wird (nur für solche zur Validierung des dynamischen Verhaltens).

Die allgemeinen Anforderungen der einzelnen Validierungsaufzeichnungen sind:

- Definition des Validierungszieles;
- Dokumentation der angewendeten Verfahren (einschließlich ihrer Grenzen);
- Darstellung der Ergebnisse;
- Definition der Abnahmekriterien;
- Aussage über die Erfüllung der Kriterien.

Im Prinzip sollten sowohl für Entwicklungs- als auch für Versuchsphasen die gleichen Abnahmekriterien angewendet werden. Falls beispielsweise die Dauerfestigkeitsverfahren für die analytische Verifikation der Konstruktion verwendet wird, muss sie auch für die Versuchsphase angesetzt werden. Wenn während der Versuche die Auslegung jedoch nicht mit der Nutzung der Dauerfestigkeitsverfahren als Basis verifiziert werden kann, kann eine Lebensdauerbewertung mit einem passenden Schädigungsakkumulationsverfahren durchgeführt werden.

Ist die Konstruktion eine Weiterentwicklung eines früheren Produkts, können frühere Daten oder andere immer noch zutreffende Belege für genügendes Leistungsvermögen als Validierung des überarbeiteten Produkts dienen.

Für den Fall, dass eine bestehende Konstruktion eines Drehgestellrahmens für eine neue Anwendung vorgesehen ist oder eine bestehende Konstruktion geändert wird, kann ein verkürztes Programm, welches vom Grad der Abweichungen abhängig ist, verwendet werden. Bei geringen Abweichungen genügen Berechnungen, die gegebenenfalls durch Messungen während eines eingeschränkten Versuchsprogramms durchgeführt werden, um die Konstruktion zu bestätigen.

Statische Versuche und Ermüdungsversuche sind gemäß technischer Spezifikation und anwendbaren Vorschriften und in einem für notwendig gehaltenen Maß durchzuführen, um die Konstruktion zufriedenstellend zu bestätigen.

Für die Akzeptanz der Validierung müssen die Drehgestellrahmen für Serienproduktion und Versuch nach gleichwertigen Fertigungsunterlagen, einschließlich Zeichnungen, Arbeitsplänen und Qualitätsplan hergestellt werden. Für alle Unterschiede, die das Ergebnis der Versuche beeinflussen könnten, muss gezeigt werden, dass sie zulässig sind.

Die Versuchsaufbauausrüstung muss in der Lage sein, soweit es angemessen praktikabel ist, die gleichen Beanspruchungen zu erzeugen, die an dem Drehgestellrahmen auftreten würden, wenn er unter dem dafür vorgesehenen Fahrzeug und mit seiner Federung angebracht wäre.

Im Falle eines Auftrags über eine sehr geringe Anzahl von Drehgestellen könnte es unpraktisch sein, alle Stufen des normalen Validierungsverfahrens zu rechtfertigen. In solchen Fällen sind immer Berechnungen durchzuführen, welche durch alternative Maßnahmen, die in EN 15827 spezifiziert sind, ergänzt werden müssen.

Wo sich die Lastfälle eines Drehgestells für Güterwagen auf die langjährige Erfahrung der Eisenbahnen begründen und diese Lasten allgemein für alle ähnlichen Konstruktionen solcher Drehgestelle gültig sind, wird akzeptiert, dass sie nicht Gegenstand von Streckentests sein brauchen, wenn ein geeigneter Ermüdungsversuch bestanden wurde.

6.2.2 Rechnerische Festigkeitsnachweise

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen für Validierungsaufzeichnungen in 6.2.1 müssen die Berichte der rechnerischen Festigkeitsnachweise folgende Informationen enthalten:

- Randbedingungen, einschließlich Auslegungslastfälle und Kombination von Lastfällen (wie in EN 15827 spezifiziert und in Anhang B erläutert);
- Dokumentation des verwendeten Simulationsmodells (einschließlich Einschränkungen und Vereinfachungen);
- Nachweisstellen und Spannungsarten, die bewertet werden (z. B. Hauptnormalspannungen, von Mises);
- zulässige Grenzwerte (z. B. zulässige Spannungen) und deren Quellen;
- sonstige spezielle Abnahmekriterien (z. B. Steifigkeiten, Verformungen wie z. B. die Schnittstelle zwischen Radsatzlagergehäuse und Radsatzlager);
- Dokumentation der Ausnutzung bei kritischen Details (siehe E.4.2).

Es sollten immer Lastfalldaten verwendet werden, die für die Anwendung spezifisch sind und die Eigenschaften der Drehgestellfederung, Wagenkastenparameter, Gleis und Betriebsbedingungen berücksichtigen, wenn solche Daten verfügbar sind (z. B. ermittelte empirische Daten oder Daten von Simulationen, Versuchen oder einer vorangehenden ähnlichen Anwendung). Anhang C und Anhang D liefern Beispiele von Auslegungs-Lastfalldaten, die für bestimmte Anwendungen verwendet wurden, aber nicht generell als gültig betrachtet werden können. Es sollte beachtet werden, dass die Lastfalldaten aus Anhang C und Anhang D weder Unterschiede in Drehgestellfederung oder Wagenkastencharakteristik noch Laständerungen, die sich aufgrund aktiver Aufhängungssysteme (z. B. Neigetechnik) ergeben, berücksichtigen.

Die Festigkeitsberechnung muss unter Verwendung des Validierungsprozesses und der Abnahmekriterien nach EN 15827 durchgeführt werden.

Anhang E enthält weitere Anleitungen über Faktoren, die bei der Festlegung eines Berechnungsprogramms zu berücksichtigen sind und schließt die in EN 15827 festgelegten baulichen Abnahmekriterien ein.

6.2.3 Statische Versuche

Der Zweck statischer Versuche wird in F.1 beschrieben.

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen für Validierungsaufzeichnungen in 6.2.1 müssen die Berichte statischer Laborversuche Folgendes enthalten:

- Dokumentation des ausgeführten Versuchsprogramms einschließlich Größen und Kombinationen, Richtung und Lage der Lasten (Nennwerte und tatsächlich aufgebrachte Werte);

- Dokumentation für Versuchsaufbau einschließlich Vorrichtungen und Aktuatoren (Betätigungszyylinder) und allen innewohnenden Vereinfachungen und Einschränkungen;
- Dokumentation für Messausrüstung, einschließlich Typ und Einsatzstelle für Sensoren (Dehnmessstreifen, Kraftmessdosen, Wegaufnehmer usw.) und die dazugehörigen Kalibrierzertifikate;
- Bewertungsverfahren und Interpretation für die gemessenen Dehnungen/Spannungen und zulässige Werte;
- Ausnutzungsergebnisse der einzelnen Messstellen.

Die in den Versuchen aufgebrachten Lasten müssen auf den Auslegungslastfällen basieren.

Anhang F zeigt allgemeine Betrachtungen und gibt Beispiele für statische Versuchsprogramme an. Diese Daten können wiederum nicht generell angewendet werden, da die Lastfälle Unterschiede bei Drehgestellfederung oder Wagenkastencharakteristik nicht berücksichtigen. Daher darf diesen Beispielen nur entsprochen werden, wenn sie als geeignet dargestellt werden können.

6.2.4 Ermüdungsversuche

Der Zweck von Ermüdungsversuchen wird in G.1 beschrieben.

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen für Validierungsaufzeichnungen in 6.2.1 müssen die Berichte für Ermüdungsversuche im Labor Folgendes enthalten:

- Dokumentation des ausgeführten Versuchsprogramms einschließlich Größen und Kombinationen, Richtung und Lage der Lasten, Anzahl der Lastwechsel (Nennwerte und tatsächliche aufgebrachte Werte);
- Dokumentation des Versuchsaufbaus einschließlich Vorrichtungen und Aktuatoren und allen innewohnenden Vereinfachungen und Einschränkungen;
- Dokumentation der Messausrüstung, einschließlich Typ und Messstelle der Sensoren (Dehnmessstreifen, Kraftmessdosen usw.) und die dazugehörigen Kalibrierzertifikate;
- Abnahmekriterien (einschließlich Ablaufpläne und Verfahren zerstörungsfreier Prüfung);
- Prüfprotokolle für zerstörungsfreie Prüfung;
- Ergebnisauslegung in Bezug auf die Abnahmekriterien.

Das Ermüdungsversuchsprogramm muss für die spezifische Anwendung festgelegt werden.

Anhang G enthält allgemeine Hinweise und Beispiele für Programme von Ermüdungsversuchen. So wie für die statischen Versuche berücksichtigen diese Programme weder Unterschiede in der Drehgestellaufhängung noch der Wagenkastencharakteristik und dürfen nur angewendet werden, wenn gezeigt werden kann, dass sie dafür geeignet sind.

6.2.5 Streckenversuche

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen für Validierungsaufzeichnungen in 6.2.1 müssen die Berichte für Streckenversuche Folgendes enthalten:

- Dokumentation des Versuchsfahrzeugs einschließlich des Beladungszustandes;
- Dokumentation des Versuchsprogramms einschließlich Versuchsstrecken, Länge, Streckentyp, Betriebsbedingungen;

- Dokumentation der verwendeten Messausrüstung, einschließlich Typen und Messstellen der Sensoren (Dehnmessstreifen, Wägezellen, Wegaufnehmer, Beschleunigungsaufnehmer, usw.) und die dazugehörigen Kalibrierzertifikate;
- Bewertungsverfahren und Interpretation für die gemessenen Dehnungen/Spannungen und zulässige Werte;
- Interpretation der Ergebnisse für die einzelnen Messstellen.

Um gültige Ergebnisse zu erzielen, müssen die Streckenversuche mit Versuchsfahrzeugen, Nutzlasten, Gleisqualität und Geschwindigkeitsprofil durchgeführt werden, die alle typisch für die vorgesehenen Betriebsbedingungen sind. Falls die Umgebung die Versuchsergebnisse beeinflussen kann, müssen die Versuche unter geeigneten Bedingungen durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Die durch Streckenversuche erreichbaren Validierungsziele sind:

- Verifikation der Entwicklungsannahmen bezüglich Betriebsbedingungen und Einsatzspiegel/Einsatzspektrum (ohne die in Simulationen innewohnenden Einschränkungen und Vereinfachungen);
- Verifikation/Ermittlung tatsächlicher Dehnungs-Zeit-Verläufe (Spektren/Kollektive) an den Messstellen unter realen Betriebsbedingungen (ohne Einschränkungen und Vereinfachungen der Festigkeitssimulationsmodelle und Lastannahmen);
- Lebensdauerabschätzung der Konstruktion auf Basis tatsächlich gemessener Dehnungs-Zeit-Verläufe (Spektren/Kollektive) und einer theoretischen Ermüdungshypothese.

ANMERKUNG 2 Grenzen der Streckenversuche sind:

- das Versuchsprogramm kann nur einen geringen Teil der gesamten Betriebslebensdauer für das Drehgestell abbilden;
- Vereinfachungen sind bei der Extrapolation der Versuchsergebnisse auf die gesamte Betriebslebensdauer des Drehgestells unvermeidbar und die Bewertung der Resultate muss den Grad berücksichtigen, für den das Versuchsprogramm die realen Bedingungen über die ganze Lebensdauer abbilden kann;
- die Vorhersage der Lebensdauer für die Konstruktion basiert auf einer Ermüdungshypothese und hat daher ein Vertrauensniveau, das durch die Hypothese selbst begrenzt ist (einschließlich allen Unwägbarkeiten der Klassifizierung des bewerteten Details).

7 Qualitätsanforderungen

Damit die Validierung anwendbar wird, müssen alle hergestellten Drehgestellrahmen eine Qualität aufweisen, die den Anforderungen der technischen Spezifikation und den als Basisauslegung getroffenen Annahmen und Daten entspricht.

Entwicklung und Fertigung des Drehgestellrahmens müssen durch einen Qualitätsplan abgedeckt werden, wie nach EN 15827 gefordert.

Geschweißte Erzeugnisse müssen nach den Anforderungen der EN 15085-1 bis EN 15085-5 oder einem Verfahren ausgeführt werden, welches ein gleichwertiges Überwachungsniveau bietet.

Anhang A (informativ)

Verwendete Formelzeichen und Einheiten in den informativen Anhängen

ANMERKUNG Gewisse in dieser Norm verwendete Formelzeichen können eine unterschiedliche Bedeutung zu denen in ähnlichen Normen haben (z. B. EN 13103, EN 13104 und EN 13979-1).

A.1 Kräfte

Tabelle A.1 — Kräfte

Kraft (N)	Lage	Formelzeichen		
		Statisch	Quasi-statisch	Dynamisch
Vertikal	Auf Drehgestell wirkende Kraft	F_z		
	Kraft auf Langträger 1 oder Gleitstück 1	F_{z1}	F_{z1qs}	F_{z1d}
	Kraft auf Langträger 2 oder Gleitstück 2	F_{z2}	F_{z2qs}	F_{z2d}
	Kraft auf Drehzapfen	F_{zp}	F_{zpq}	F_{zpd}
	Kraft auf Schwerpunkt (Wagenkasten)	F_{zc}		
Quer	Auf Drehgestell wirkende Kraft	F_y		
	Kraft auf Radsatz 1	F_{y1}	F_{y1qs}	F_{y1d}
	Kraft auf Radsatz 2	F_{y2}	F_{y2qs}	F_{y2d}
	Kraft auf Schwerpunkt (Wagenkasten)	F_{yc}		
	Windkraft	F_{w1}		
Längs	Kraft auf jedes Rad	F_{x1}		
	Kraft auf Schwerpunkt (Wagenkasten)	F_{xc}		
	Kraft auf Schwerpunkt (Fahrwerk)	F_x		

A.2 Beschleunigungen

Tabelle A.2 — Beschleunigungen

Beschleunigung (m/s ²)	Formelzeichen	
	Wagenkasten	Drehgestell (Primärfeder)
Vertikal	a_{zc}	a_{zb}
Quer (dynamisch)	a_{yc}	a_{yb}
Zentrifugal (quasi-statisch)	a_{ycc}	a_{ycb}
Längs	a_{xc}	a_{xb}

A.3 Massen

Tabelle A.3 — Masse

Masse (kg)	Formelzeichen
Betriebsbereites Fahrzeug	M_V
Fahrzeug-Wagenkasten	m_1
Drehgestellmasse ohne Sekundärfedermassen (falls vorhanden)	m^+
Drehgestell-Primärfederungsmasse	m_2
Außergewöhnliche Zuladung	P_1
Zuladung im Normalbetrieb	P_2

Die Werte für vorstehend festgelegte Formelzeichen sollten auf den Massenbeschreibungen nach EN 15663 basieren.

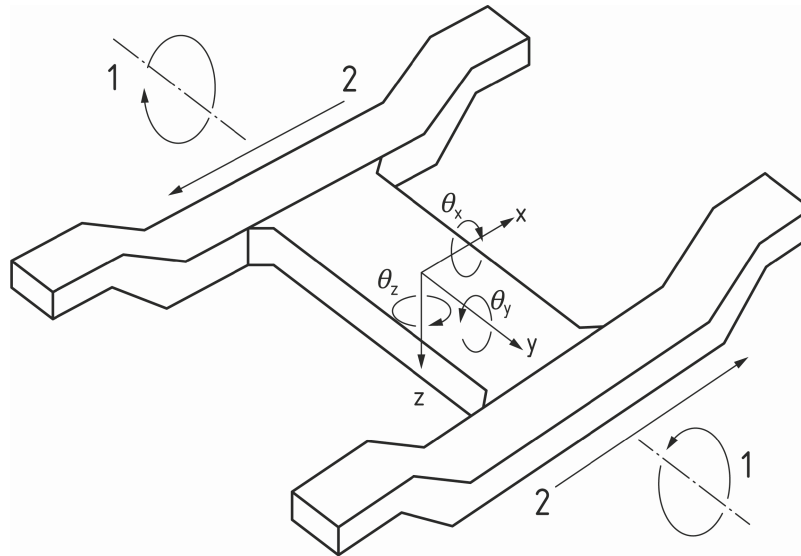
A.4 Weitere Formelzeichen und Einheiten

Tabelle A.4 — Weitere Formelzeichen und Einheiten

Weitere Angaben	Formelzeichen	Einheit
Erdbeschleunigung	g	9,806 65 m/s ²
Winddruck	q	N/m ²
Spannung	σ	N/mm ²
ermittelte Spannung	σ_c	N/mm ²
Streckgrenze des Werkstoffs	R_{eH}	N/mm ²
0,2-%-Dehngrenze des Werkstoffs	$R_{p0,2}$	N/mm ²
Bruchspannung des Werkstoffs	R_m	N/mm ²
Unsicherheitsfaktor oder Sicherheitsfaktor	S_1	
Wagenkastenoberfläche	A_w	m ²
Neigungskoeffizient	α	
Tauchkoeffizient	β	
Adhäsion oder Reibungskoeffizient	μ	

A.5 Koordinatensystem

Bild A.1 zeigt das in dieser Europäischen Norm eingesetzte Koordinatensystem.



Legende

- 1 Verwindung
- 2 Schub

Bild A.1 — Koordinatensystem

Tabelle A.5 definiert Bewegungen und Verformungen und deren Richtung.

Tabelle A.5 — Bewegungen und Verformungen in Drehgestell-Baugruppen von Schienenfahrzeugen

Richtung	Formelzeichen	Beschreibung
Längs	x	Linear in Fahrtrichtung
Quer	y	Linear parallel zur Gleisebene, senkrecht zur Fahrtrichtung
Vertikal	z	Linear senkrecht zur Gleisebene
Rollen	θ_x	Drehung um die Längsachse
Nicken	θ_y	Drehung um die Querachse
Gieren	θ_z	Drehung um die vertikale Achse
Verwindung	—	Relative Drehung der Langträger durch Kippbewegung aus der Ebene (x-y) heraus
Schub	—	Scheren durch relative Längsbewegung der Langträger

A.6 Drehgestell-Klassifizierung

Diese Europäische Norm gilt für eine Vielzahl von unterschiedlichen Drehgestellarten. Für Verweisungszwecke ist es hilfreich, sie verschiedenen Kategorien zuzuordnen. Obwohl üblicherweise in Begriffen der Fahrzeugtypen festgelegt, sollten bei der Auswahl der Kategorie für ein Drehgestell ebenfalls die Festigkeitsanforderungen an Drehgestellrahmen berücksichtigt werden.

Die Festigkeitsanforderungen an Drehgestelle in einer bestimmten Kategorie sind nicht einheitlich und sollten immer entsprechend der betrieblichen Anforderungen festgelegt werden. Es gibt Unterschiede bei der Auswahl zwischen den Anwendungen. Das ist zu erwarten und sollte nicht als Widerspruch zu dieser Europäischen Norm betrachtet werden. Einige Drehgestelle passen möglicherweise nicht in eine der festgelegten Kategorien.

- | | |
|------------------------|---|
| Kategorie B-I | angetriebene und nicht angetriebene Drehgestelle für Vollbahnfahrzeuge und Intercity-Reisezugwagen sowie Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge; |
| Kategorie B-II | angetriebene und nicht angetriebene Drehgestelle für S-Bahnfahrzeuge; |
| Kategorie B-III | angetriebene und nicht angetriebene Drehgestelle für U- und S-Bahnfahrzeuge; |
| Kategorie B-IV | Drehgestelle für Stadtbahn- und Straßenbahnfahrzeuge; |
| Kategorie B-V | Drehgestelle für Güterwagen mit einstufiger Federung; |
| Kategorie B-VI | Drehgestelle für Güterwagen mit zweistufiger Federung; |
| Kategorie B-VII | Drehgestelle für Lokomotiven. |

ANMERKUNG Die Klassifizierungen ähneln (aber nicht beabsichtigt, dass sie übereinstimmen) denen für Wagenkästen in EN 12663 [1], [2].

Anhang B (informativ)

Lastfälle

Die für die Berechnung von Drehgestellrahmen, statische Versuche und Ermüdungsversuche verwendeten Lastfälle werden auf der Grundlage der Beladungszustände des mit Drehgestellen ausgerüsteten Fahrzeugs und den sich ergebenden Lastfällen, die in EN 15827 (siehe Abschnitt 4) spezifiziert sind, festgelegt. EN 15663 liefert einheitliche Bezugsmassen, von denen Beladungszustände verschiedener Fahrzeugtypen für die Auslegung abgeleitet werden dürfen, falls die technische Spezifikation unzureichend ist. Wie in 4.3 angegeben, ist es für einige Anwendungen und Ermüdungsbewertungsverfahren nötig, zusätzliche Beladungsbedingungen zu nutzen (ausgedrückt als Funktionen der Fälle in EN 15663), um für Auslegungszwecke eine genaue Beschreibung des Zuladungsspektrums des Fahrzeuges zu erhalten.

Lastfälle können sowohl Kräfte als auch Verschiebungen beinhalten, z. B. Gleisverwindung.

Lastfälle werden in zwei Gruppen unterteilt, und zwar äußere und innere Lastfälle.

Äußere Lastfälle können entstehen durch:

- Fahren auf dem Gleis (z. B. Vertikalkräfte durch die vom Fahrzeug mitgeführte Last, Querkräfte in Kurven oder beim Überqueren von Weichen und Kreuzungen, Verwindung des Drehgestellrahmens als Folge von Fahren auf Gleisverwindungen);
- Anfahren/Anhalten und dazugehörige Fahrzeugbeschleunigungen;
- Lastspiele des Fahrzeugs für Be- und Entladung;
- An- und Abheben.

Innere Lastfälle entstehen durch das Vorhandensein und den Betrieb von Drehgestellbauteilen (z. B. Bremsen, Dämpfer, Wankstützen, Antriebe, Trägheitskräfte durch an den Drehgestellrahmen angebaute Massen).

Jeder Lastfall kann drei Komponenten enthalten:

- statische;
- quasi-statische;
- dynamische.

Die verschiedenen Lastfälle können etliche Niveaus einnehmen. Als gemeinhin anerkannter Ansatz für die Auslegung und Bewertung der Bauteile gilt, Lastfälle in zwei Hauptarten zu unterteilen.

Der erste Typ umfasst statische Lastfälle, welche solch extreme (außergewöhnliche) Lasten darstellen, die sich nur selten während der Lebensdauer eines Drehgestells ereignen dürften. Eine Drehgestell-Struktur muss solchen Belastungen standhalten, ohne dass Verformungen in einem Ausmaß auftreten, welches beim Aufbringen der Belastungen die Funktionalität beeinträchtigen würde oder ohne Erleiden bleibender Verformung nach Rücknahme der Belastungen.

Der zweite Typ beinhaltet Ermüdungslastfälle, welche solche Belastungen darstellen, die sich im normalen Betrieb wiederholt ereignen; solche Fälle werden verwendet, um nachzuweisen, dass die Drehgestelle die beabsichtigten Betriebsanforderungen ohne Ermüdungsversagen überleben. Wo angemessen sollten quasi-statische Belastungen, die bei niedrigen Frequenzen wirken, berücksichtigt werden.

Die Unterscheidung zwischen den Lastfällen ist notwendig, um Werkstoffeigenschaften und entsprechende Abnahmekriterien, die in EN 15827 gefordert und in Anhang E erläutert werden, im Einklang zu bringen.

Anhang C enthält Beispiele äußerer Lastfälle für unterschiedliche Drehgestell-Kategorien, sowohl Lastfälle im normalen Einsatz als auch unter außergewöhnlichen Bedingungen. Anhang D enthält Beispiele für innere Lastfälle. Die in diesen Anhängen angegebenen Lastfallbeispiele berücksichtigen nicht die Abweichungen von Fahrzeugeigenschaften, Drehgestell-Federung oder Verwendung des Drehgestells. Diese Lastfallbeispiele sollten deshalb nur Anwendung finden, wenn ihre Anwendbarkeit nachgewiesen werden kann und/oder im Einvernehmen zwischen Kunden und Hersteller.

Anhang C (informativ)

Lasten beim Fahren des Drehgestells

C.1 Allgemeines

Drehgestelle werden im Betrieb beansprucht und sollten Belastungen standhalten, die durch Folgendes verursacht werden:

- Gewicht des aufliegenden Fahrzeugs einschließlich aller Nutzlasten;
- Veränderungen bei der Nutzlast;
- Gleisunregelmäßigkeiten;
- Kurvenfahrten;
- Beschleunigung und Bremsung;
- unvermittelte Aufbringung der Zuladung (Güterwagen);
- kleinere Entgleisungen (z. B. langsames Aufsetzen auf Schotter, wenn von Spezifikation gefordert);
- Auflaufstöße;
- extreme Umweltbedingungen (siehe z. B. EN 50125-1);
- Fehlerzustände (z. B. Motor-Kurzschluss);
- Instandhaltungs-/Bergungssituationen (z. B. Ab- und Anheben).

In der Realität werden die Lasten auf komplexe Weise miteinander kombiniert, so dass es schwierig ist, sie in der Analyse exakt darzustellen. Daher ist es zur Erleichterung der Analyse im Allgemeinen üblich, die tatsächlichen Lasten durch eine Reihe von Lastfällen darzustellen, welche die oben angegebenen Einflüsse in einer vereinfachten Form, entweder einzeln oder in Kombination, beinhalten. Von grundlegender Bedeutung ist es, sicherzustellen, dass durch die Vereinfachung Auswirkungen der tatsächlichen Lasten nicht unterschätzt werden.

Die resultierenden Lastfälle werden dann als außergewöhnliche oder normale Betriebs-(Ermüdungs-)lasten eingestuft, wie in Anhang B angegeben.

Die für die Entwicklung und Bewertung von Drehgestellrahmen erforderlichen Lastfälle hängen von der in Betracht kommenden Anwendung ab.

Die Beispiele in C.2, C.3 und C.4 folgen den oben beschriebenen Ansatz und wurden für Drehgestelle verwendet, die für den Betrieb unter UIC-Bestimmungen [8], [9] und [10] vorgesehen sind. Diese Beispiele berücksichtigen keine Unterschiede in den Eigenschaften der Federung oder des Wagenkastens. Daher können Anpassungen der Werte aus den Beispielen notwendig werden, um die Unterschiede dieser Eigenschaften für verschiedene Drehgestellkonstruktionen zu berücksichtigen. Es kann sein, dass sie nicht den in EN 15827 und Anhang B festgelegten außergewöhnlichen (extremen) oder normalen (Ermüdungs-) Betriebsbedingungen entsprechen.

Drehgestelle, die Betriebsbedingungen unterliegen, welche nicht schon vorher durch UIC-Bestimmungen abgedeckt waren, erfordern im Allgemeinen alternative Lastfälle für ihre Entwicklung und Bewertung; sie werden in diesem Anhang nicht berücksichtigt und sollten gegebenenfalls in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

In ähnlicher Weise werden die Beispiele in C.5 oft für die Entwicklung von Straßenbahn-Drehgestellen [13] herangezogen; die Betreiber können jedoch für ihre Anwendungen andere Anforderungen für geeigneter halten.

Die Quelldaten geben nicht an, welche Reaktionskräfte die spezifizierten Lasten erzeugen sollten. Deshalb müssen die Konstrukteure einen Kräfte-Gleichgewichtszustand entsprechend der Anwendung berücksichtigen. Insbesondere sollten die Reaktionskräfte der quer wirkenden Lasten, die auf die Radsätze wirkend spezifiziert sind, die Drehgestell-Trägheitskräfte einschließen, um realistische Sekundärfederungskräfte zu ermitteln.

In den nachfolgenden Abschnitten gelten die Gleichungen für Drehgestelle mit zwei Radsätzen (unter Angabe von Anpassungen für Drehgestelle mit drei Radsätzen). Es sollte beachtet werden, dass für die Gleichungen zwei Drehgestelle mit gleicher Belastung für jedes Drehgestell als Annahme gelten. Ist dies nicht der Fall, müssen die Gleichungen dementsprechend angepasst werden. Die durchgängige Verwendung von SI-Einheiten wird vorausgesetzt und die Kräfte werden in Newton angegeben.

C.2 Beispiele von Lasten für Drehgestelle von Reisezugwagen und S-Bahnfahrzeugen – Kategorien B-I und B-II

C.2.1 Außergewöhnliche Lasten

Vertikalkräfte (auf jeden Langträger wirkend und von der Voraussetzung ausgehend, dass die Masse der Fahrzeuge gleichmäßig zwischen den beiden Drehgestellen verteilt ist und dass der Wagenkasten direkt auf beiden Langträgern gelagert ist):

$$F_{z1 \max} = F_{z2 \max} = \frac{F_{z \max}}{2} = \frac{1,4g(M_v + P_1 - 2m^+)}{4} \quad (C.1)$$

Dabei ist

M_v die Masse des betriebsbereiten Fahrzeugs;

P_1 die außergewöhnliche Zuladung (nach EN 15663);

m^+ die Masse des Drehgestells;

$F_{z \max}$ die Gesamtvertikalkraft auf das Drehgestell.

Querkräfte (auf jeden Radsatz wirkend):

$$F_{y1 \max} = F_{y2 \max} = \frac{F_{y \max}}{2} = 10^4 + \frac{(M_v + P_1)g}{12} \quad (\text{d. h. Prud'homme-Grenze}) \quad (C.2)$$

Längswirkende Schubkräfte (auf jedes Rad wirkend und in entgegen gesetzter Richtung auf die gegenüberliegenden Seiten des Drehgestellrahmens):

$$F_{x1 \max} = 0,1 \times (F_{z \max} + m^+g) \quad (C.3)$$

Rangierbelastungen in Längsrichtung

Es sollte eine Berechnung oder ein statischer Versuch ausgeführt werden, bei dem eine Längskraft entsprechend der Trägheitskraft des Drehgestells unter einer Beschleunigung von 3 g für angetriebene Drehgestelle und 5 g für nicht angetriebene Drehgestelle auf die Wagenkastenbefestigung als außergewöhnliche (Prüf-) Belastung angewandt wird.

Für Triebzüge und fest formierte Reisezüge reicht es für alle Drehgestelle aus 3 g zu verwenden.

Verwindungsbelastung (zwei Fälle können berücksichtigt werden):

Fall 1 – Wenn sich das Fahrzeug im außergewöhnlichen Belastungszustand (vertikal und quer) befindet, sollte das Drehgestell den Lasten, die aus einer Gleisverwindung von 1 % entstehen, standhalten.

Fall 2 – Wenn das Fahrzeug leer ist (nur unter vertikaler Last), ist die vollständige Entlastung eines Rades zu berücksichtigen, wobei der vertikale Versatz des Rades auf die Schienenhöhe beschränkt ist.

Fall 2 reproduziert die Auswirkungen einer Entgleisung bei geringer Geschwindigkeit, z. B. auf einem Depotgleis. Die Spezifikation darf in diesem Fall eine gewisse bleibende Verformung des Drehgestellrahmens zulassen. Dieser Fall braucht nicht für Lokomotiven berücksichtigt werden, sofern es nicht in der Spezifikation gefordert wird.

C.2.2 Lasten im Normalbetrieb

Vertikalkräfte (auf jeden Langträger wirkend):

$$F_{z1} = F_{z2} = \frac{F_z}{2} = \frac{(M_v + 1,2P_2 - 2m^+)g}{4} \quad (C.4)$$

Dabei ist

P_2 die normale Zuladung (nach EN 15663).

Querkkräfte (auf jeden Radsatz wirkend):

$$F_{y1} = F_{y2} = \frac{F_y}{2} = \frac{F_z + m^+g}{8} \quad (C.5)$$

Längswirkende Schubkräfte (auf jedes Rad wirkend und in entgegen gesetzter Richtung auf die gegenüberliegenden Seiten des Drehgestellrahmens):

$$F_{x1} = 0,05 \times (F_z + m^+g) \quad (C.6)$$

Verwindungsbelastung

Lasten, die aus einer Gleisverwindung von 0,5 % entstehen.

C.3 Beispiele von Lasten für Güterwagen-Drehgestelle mit einem Drehzapfen und zwei Gleitstücken – Kategorie B-V

C.3.1 Drehgestellarten

Die folgenden Lastfälle sind für Drehgestelle mit zwei Radsätzen festgelegt. Für ein Drehgestell mit drei Radsätzen gelten im Allgemeinen die gleichen allgemeinen Lasten. Traditionell sind die vertikalen Lasten gleichmäßig auf alle drei Radsätze und die Quer- und Längslasten mit 37,5 % auf die äußeren Radsätze und 25 % auf den mittleren Radsatz verteilt worden. Wo es nötig ist, die globalen Lasten für ein Drehgestell mit

drei Radsätzen zu ändern, wird dieses im Text angegeben. Es sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass diese Belastungen und Aufteilungen für moderne Drehgestellkonstruktionen ungeeignet sein können.

C.3.2 Verhältnis von Vertikalkräften

F_z Gesamtvertikalkraft auf das Drehgestell;

F_{zp} Vertikalkraft auf den Drehzapfen;

F_{z1}, F_{z2} Vertikalkräfte auf jedes Gleitstück.

Dabei berechnen sich F_{z1} und F_{z2} durch die Multiplikation von F_z mit einem Koeffizienten α , der den Roll-effekt darstellt. Wenn eine Kraft $F_z \alpha$ auf ein Gleitstück wirkt, wird die auf den Drehzapfen wirkende Kraft entsprechend verringert auf $F_z (1 - \alpha)$.

C.3.3 Außergewöhnliche Lasten

Vertikalkräfte (zwei Hauptfälle werden berücksichtigt):

Fall 1 – Die Kraft wirkt nur auf den Drehzapfen:

$$F_{zp \max} = 2F_z \quad (\text{unter Verwendung eines Lastfaktors von 2}) \quad (\text{C.7})$$

Fall 2 – Die Kraft wirkt sowohl auf den Drehzapfen als auch auf ein Gleitstück:

$$F_{z1 \max} \text{ (oder } F_{z2 \max}) = 1,5 \times F_z \alpha \quad (\text{C.8})$$

$$F_{zp \max} = 1,5 \times F_z (1 - \alpha) \quad (\text{unter Verwendung eines Lastfaktors von 1,5}) \quad (\text{C.9})$$

Dabei hängt α vom Betrieb und dem Abstand zwischen den Mittellinien und den Gleitstücken ab. Im UIC-Betrieb und bei einem Abstand von 1,7 m zwischen den Gleitstücken wird α mit 0,3 angegeben. Weicht der Abstand zwischen den Gleitstücken ($2b_g$) von 1,7 m ab, dann gilt $\alpha = 0,3 \times \left(\frac{1,7}{2b_g}\right)$.

Querkräfte (auf jeden Radsatz wirkend):

$$F_{y1 \max} = F_{y2 \max} = \frac{F_{y \max}}{2} = 10^4 + \frac{F_z + m^+ g}{6} \quad (\text{d. h. Prud'homme-Grenze}) \quad (\text{C.10})$$

Die Gesamtkraft $F_{y \max}$ sollte für Drehgestelle mit drei Radsätzen erhöht werden auf $\frac{8}{3} \left(10^4 + \left(\frac{F_z + m^+ g}{6} \right) \right)$ (basierend auf Fahrprüfungen für Güterwagen-Drehgestelle vom Typ 714). Für andere Drehgestellarten sollte entweder die Lastverteilung, die während der Fahrprüfung eines ähnlichen Typs aufgezeichnet wurde, oder durch Simulationen ermittelte Lasten verwendet werden.

Längswirkende Schubkräfte (auf jedes Rad wirkend und in entgegen gesetzter Richtung auf die gegenüberliegenden Seiten des Drehgestellrahmens):

$$F_{x1 \max} = 0,1 \times (F_z + m^+ g) \quad (\text{C.11})$$

Rangierbelastungen in Längsrichtung

Wenn das Fahrzeug im Betrieb zum Rangieren eingesetzt wird, sollte ein Stoßversuch durchgeführt werden bei dem ein Wagen von 80 t bei einer Fahrgeschwindigkeit von 15 km/h eingesetzt wird. Falls dieser Versuch nicht erfolgt, wird eine statische Längskraft an der Befestigungsposition, entsprechend der Masse des Drehgestells multipliziert mit der maximalen Beschleunigung bei solcher Kollision, verwendet.

Verwindungsbelastung

Siehe C.2.1.

C.3.4 Lasten im Normalbetrieb

Vertikalkräfte (zwei Hauptfälle werden berücksichtigt):

Fall 1 – Die Kraft wirkt nur auf den Drehzapfen:

$$F_{zp} = F_z \quad (C.12)$$

Fall 2 – Die Kraft wirkt sowohl auf den Drehzapfen als auch auf ein Gleitstück:

$$F_{z1} \text{ (oder } F_{z2}) = F_z \alpha \quad (C.13)$$

$$F_{zp} = F_z (1 - \alpha) \quad (C.14)$$

Dabei hängt α vom Betrieb und dem Abstand zwischen den Mittellinien und den Gleitstücken ab. (Im UIC-Betrieb und bei einem Abstand von 1,7 m zwischen den Gleitstücken wird α mit 0,2 angegeben.) Weicht der Abstand zwischen den Gleitstücken ($2b_g$) von 1,7 m ab, dann gilt $\alpha = 0,2 \times \left(\frac{1,7}{2b_g}\right)$.

Querkkräfte (auf jeden Radsatz wirkend):

$$F_{y1} = F_{y2} = \frac{F_y}{2} = 0,1 \times (F_z + m^+ g) \quad (C.15)$$

Die Gesamtkraft von F_y sollte für Drehgestelle mit drei Radsätzen erhöht werden auf $0,265 \times (F_z + m^+ g)$ und nach Angaben in C.3.1 verteilt werden.

Längswirkende Schubkräfte (auf jedes Rad wirkend und in entgegen gesetzter Richtung auf die gegenüberliegenden Seiten des Drehgestellrahmens):

$$F_{x1} = 0,05 \times (F_z + m^+ g) \quad (C.16)$$

Verwindungsbelastung

Lasten, die aus einer Gleisverwindung von 0,5 % entstehen.

C.4 Beispiele von Lasten für Drehgestelle von Lokomotiven (mit zwei Drehgestellen) – Kategorie B-VII

C.4.1 Außergewöhnliche Lasten

Vertikalkräfte (auf jeden Langträger wirkend und von der Voraussetzung ausgehend, dass die Masse der Fahrzeuge gleichmäßig zwischen den beiden Drehgestellen verteilt ist und dass der Wagenkasten direkt auf beiden Langträgern gelagert ist):

$$F_{z1 \max} = F_{z2 \max} = \frac{F_{z \max}}{2} = \frac{1,4g(M_v - 2m^+)}{4} \quad (C.17)$$

Dabei ist

M_v die Masse der betriebsbereiten Lokomotive;

m^+ die Masse des Drehgestells;

$F_{z\max}$ die Gesamtvertikalkraft auf das Drehgestell.

ANMERKUNG Gelten die Betriebsbedingungen als sehr schlecht, kann der Faktor 1,4 ausnahmsweise auf 2,0 erhöht werden.

Querkräfte (auf jeden Endradsatz wirkend):

$$F_{y1\max} = F_{y2\max} = \frac{F_{y\max}}{2} = 10^4 + \frac{(M_v + c_1)g}{3n_a n_b} \quad (\text{d. h. Prud'homme-Grenze}) \quad (\text{C.18})$$

Dabei ist

c_1 die Fahrermasse (80 kg);

n_a die Anzahl der Radsätze;

n_b die Anzahl der Drehgestelle.

Bei Drehgestellen mit drei Radsätzen wird angenommen, dass die mittleren Radsätze keine Querkräfte übertragen.

Längskraft

Für alle Lokomotiven sollte eine Längsbeschleunigung des Drehgestells von mindestens $3g$ angenommen werden, außer im Fall von Rangierlokomotiven, bei denen eine Beschleunigung von $5g$ angenommen werden sollte.

Verwindungsbelastung Dieser Fall ist der gleiche wie in C.2.1.

C.4.2 Lasten im Normalbetrieb

Vertikalkräfte (auf jeden Langträger wirkend):

$$F_{z1} = F_{z2} = \frac{F_z}{2} = \frac{(M_v - 2m^+)g}{4} \quad (\text{C.19})$$

Querkräfte (auf jeden Radsatz wirkend):

$$F_{y1} = F_{y2} = \frac{F_y}{2} = \frac{F_z + m^+g}{8} \quad (\text{C.20})$$

Längskräfte (auf jedes Rad wirkend) aufgrund der Zugkraft ($\mu = 0,4$):

$$F_{x1} = 0,1 \times \frac{M_v g}{n_a} \quad (\text{C.21})$$

Dabei ist

n_a die Anzahl der Radsätze;

0,1 der Faktor, der aus $\mu/4$ kommt.

Längswirkende Schubkräfte (auf jedes Rad wirkend und in entgegen gesetzter Richtung auf die gegenüberliegenden Seiten des Drehgestellrahmens) aufgrund von Dynamik:

$$F_{x1} = 0,05 \times \frac{M_v g}{n_a} \quad (C.22)$$

Verwindungsbelastung Das Drehgestell sollte Lasten standhalten, die aus einer Gleisverwindung von 0,5 % entstehen.

C.5 Beispiele von Lasten für Drehgestelle von S-, U-, Stadt- und Straßenbahnen – Kategorien B-III und B-IV

C.5.1 Anwendung

Die Lastfälle gelten für Triebwagen-, Gelenk- und Einzelfahrzeuge mit Drehgestellen. Für Fahrzeuge mit einer anderen Konfiguration können die gleichen Prinzipien gelten, um geeignete alternative Konstruktionslastfälle zu ermitteln.

C.5.2 Lastfälle

Die nachfolgend angegebenen Hauptlastfälle sind abgeleitet aus [13]. Es ist üblich, die Lasten je Drehgestell nach den entsprechenden Radsatzlasten der Drehgestelle auszudrücken. Lastkombinationen sind in Anhang F enthalten.

Für außergewöhnliche Lasten beträgt die effektive Wagenkastenmasse m_1 einschließlich Fahrgäste dem jeweiligen Drehgestell entsprechend:

$$m_1 = \frac{(M_v + P_1)c}{100} - m^+ \quad (C.23)$$

Für Lasten im Normalbetrieb beträgt die effektive Wagenkastenmasse m_1 einschließlich Fahrgäste dem jeweiligen Drehgestell entsprechend:

$$m_1 = \frac{(M_v + P_2)c}{100} - m^+ \quad (C.24)$$

Dabei ist

M_v die Masse des betriebsbereiten Wagens;

P_1, P_2 die Masse der Fahrgäste (z. B. ausgedrückt als Funktion der Referenzmassen in EN 15663);

c die Radlasten des entsprechenden Drehgestells, angegeben in %;

m^+ die Masse des Drehgestells.

Bei Berücksichtigung von Kräften, die durch Winddruck entstehen, ist das Verhältnis der Wagenkasten-seitenfläche A_w , die jedem Drehgestell zugeordnet wird, den Radsatzlasten entsprechend festgelegt (siehe oben).

Es wird angenommen, dass Trägheitskräfte jeweils am Schwerpunkt entweder des Wagenkastens oder des Drehgestellrahmens wirken. Bei Windkräften dagegen wird angenommen, dass sie am Druckmittelpunkt der Wagenkastenseite angreifen.

Bei den nachstehend angegebenen Lastfällen werden die zusätzlichen in Anhang A festgelegten Formelzeichen verwendet.

C.5.3 Allgemeine Begriffe für die Hauptlastfälle

C.5.3.1 Lasten des Wagenkastens

Längskraft (am Schwerpunkt wirkend):

$$F_{xc} = m_1 \times a_{xc} \quad (C.25)$$

Querkraft (am Schwerpunkt wirkend):

$$F_{yc} = m_1(a_{yc} + a_{ycc}) \quad (C.26)$$

Vertikalkraft (am Schwerpunkt wirkend):

$$F_{zc} = m_1(g + a_{zc}) \quad (C.27)$$

Querkraft aufgrund von Wind (am Druckmittelpunkt der Wagenkastenseite wirkend):

$$F_{w1} = A_w \times q \quad (C.28)$$

C.5.3.2 Lasten des Drehgestellrahmens

Längskraft (am Schwerpunkt wirkend):

$$F_{xb} = m_2 \times a_{xb} \quad (C.29)$$

Querkraft (am Schwerpunkt wirkend):

$$F_{yb} = m_2(a_{yb} + a_{ycb}) \quad (C.30)$$

Vertikalkraft (am Schwerpunkt wirkend):

$$F_{zb} = m_2(g + a_{zb}) \quad (C.31)$$

C.5.3.3 Lasten in der Verbindung von Drehgestell und Wagenkasten (Kollisionsbedingungen)

$$F_{xb} = m^+ \times 3g \quad (C.32)$$

Anhang D (informativ)

Lasten durch Anbauteile an Drehgestellrahmen

D.1 Allgemeines

Die Festigkeit von Ausrüstungsanbauteilen der Drehgestellkonstruktion sollte die durch Bewegung des Drehgestells erzeugten Trägheitslasten sowie alle aus dem Betrieb der Ausrüstungen herrührenden Belastungen aufnehmen. Lasten können für jede Drehgestellart und jede Anwendung in gleicher Weise festgelegt werden wie in Anhang B beschrieben, und zwar:

- außergewöhnliche Lasten, die keine bleibende Verformung oder übermäßige Durchbiegungen verursachen sollten;
- Lasten im Normalbetrieb, die keine Ermüdungsrisse auslösen sollten.

Es sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass in jeder Analyse für Ermüdungsschäden zusätzlich zu den Lastgrößen die Anzahl des Auftretens dieser Lasten festgelegt werden muss. Bremslasten weisen z. B. im Allgemeinen ähnliche Werte für unterschiedliche Drehgestellarten auf, aber die Anzahl ihrer Anwendungen kann sich für S- und U-Bahnen, Reisezugwagen, Güterwagen oder Hochgeschwindigkeitszüge trotzdem deutlich unterscheiden.

D.2 Trägheitslasten für Anbauteile

D.2.1 Ableitung

Die verwendete Beschleunigung zur Bestimmung der Trägheitslasten sollte auf den besten verfügbaren Informationen für diesen Einsatzfall basieren. Sie ist abhängig von der Masse, dem Einsatzort und der Ausrichtung am Drehgestell, Drehgestelldynamiken, Eigenschwingung der Struktur, Steifigkeit des lokalen Anbauteils, Gleisqualität, Geschwindigkeit usw.

Es ist akzeptabel, allgemeine Vorschriften für am Drehgestell befestigte Ausrüstungsgegenstände zu verwenden, falls diese Teile leicht genug sind, um nicht das dynamische Betriebsverhalten zu beeinflussen. Falls keine weiteren genauen Informationen verfügbar sind, können die nachstehenden Daten in D.2.2 und D.2.3 angesetzt werden, um die Lasten durch die Massen der angebrachten Ausrüstung an den Befestigungsschnittstellen zu bestimmen.

Die Lastgrenzen sollten für jedes Bauteil mit maßgeblicher Masse/Trägheit (d. h. wenn es selbst ausreicht, um die grundsätzliche Drehgestelldynamik zu beeinflussen) individuell bewertet werden. Dies gilt auch für jegliche elastisch angebrachte Ausrüstung. Die Entwicklungsanforderungen dürfen durch Erfahrungswerte, deren Nachweis in einer vergleichbaren Anwendung, durch Messdaten oder Ergebnisse von Simulationen usw. erfolgt, festgelegt werden.

Die nachfolgenden Beschleunigungsniveaus sind bezeichnend für typische konstruktive Einstufungen, die für Fahrzeuge transeuropäischer Eisenbahnstrecken (TEN) gelten. Die Entwickler müssen sich aber bewusst sein, dass das Niveau für bestimmte Anwendungen wesentlich geringer oder höher als diese Werte sein kann. Für die Ermüdungs-Auslegung kann davon ausgegangen werden, dass die Werte, die in der nachfolgenden Tabelle angegeben sind, Belastungen konstanter Amplitude mit 10^7 Lastwechseln entsprechen, welche die gleiche Schädigung ergeben, wie die tatsächlichen dynamischen Anregungsspektren.

Werden Versuche durchgeführt, um die Trägheitslasten zu bestimmen, sollten Auswertungen (Daten auswählen und filtern) für einen relevanten Frequenzbereich erfolgen. Das Ergebnis von Dehnungsmessstreifen zeigt im Allgemeinen eine deutlichere Aussage über die wirksamen Strukturlastwechsel als die Daten von Beschleunigungsaufnehmern.

Die in den Tabellen ausgewiesenen Beschleunigungen beziehen sich auf den Drehgestellrahmen und das Radsatzlager im Allgemeinen und beinhalten weder die Auswirkung lokaler Steifigkeiten, noch der Anbausituation oder jeglicher dazugehörigen Resonanzwirkungen.

Das ausgewiesene Zahlenmaterial ist möglicherweise nicht für alle Drehgestellkonstruktionen geeignet. Die Eigenschaften der Primärfederung und die Anordnung der Festanschläge können eine merkliche Auswirkung auf die Beschleunigungsniveaus von Drehgestellrahmen haben. Substanziell höhere Werte als die ausgewiesenen können wahrgenommen werden.

Die Beschleunigungsgrößen, die in einer Anwendung verwendet werden, sollten zwischen den beteiligten Parteien (z. B. Kunde, Lieferant und Zulassungsbehörde, wo relevant) abgestimmt werden.

D.2.2 Auslegung der Beschleunigungen für am Drehgestellrahmen angebrachte Ausrüstungsgegenstände

Diese Ausrüstungsgegenstände können Antennen, Schienenräumer, Ausrüstungen für Spurkranzschmierung, Sandbehälter usw. sein.

Tabelle D.1 — Typische Beschleunigungen von Anbauteilen am Rahmen

Richtung	Außergewöhnliche Beschleunigung	Dauernd wirkende Beschleunigung
Vertikal ^a	$\pm 20 \text{ g}$	$\pm 6 \text{ g}$
Quer ^a	$\pm 10 \text{ g}$	$\pm 5 \text{ g}$
Längs	$\pm 3 \text{ g}$ oder $\pm 5 \text{ g}^b$	$\pm 2,5 \text{ g}$
^a Die Tabellenwerte gelten für den Drehgestellrahmen auf der Höhe der Primärfederung. Sie dürfen an der Drehgestellmitte bis zur Hälfte der Werte linear verringert werden und sollten außerhalb der Primärfederung zu höheren Werten extrapoliert werden. ^b Der zu nutzende Wert hängt vom Typ des Drehgestells und dessen Verwendung ab und sollte mit den Rangierfällen in Längsrichtung übereinstimmen (z. B. wie in Anhang C angegeben).		

D.2.3 Auslegung der Beschleunigungen für am Radsatzlager angebrachte Ausrüstungsgegenstände

Diese Massen können sowohl Schienenräumer oder Bremssystemkomponenten als auch verschiedene andere Bauteile (z. B. Geschwindigkeitssensoren) sein.

Tabelle D.2 — Typische Beschleunigungen von Anbauteilen am Radsatzlager

Richtung	Außergewöhnliche Beschleunigung	Dauernd wirkende Beschleunigung
Vertikal	$\pm 70 \text{ g}$	$\pm 25 \text{ g}$
Quer	$\pm 10 \text{ g}$	$\pm 5 \text{ g}$
Längs	$\pm 10 \text{ g}$	$\pm 5 \text{ g}$

Die Beschleunigungen in der Tabelle gelten für die Mittellinie des Radsatzlagers. Abhängig von deren Typ sollten sie für andere Stellen angepasst werden (insbesondere, wenn Nick-Effekte vorhanden sind).

D.3 Lasten durch viskose Dämpfer

Die Lasten durch einen viskosen Dämpfer werden aus seiner Kennlinie abgeleitet. Dies ist häufig die Kraft, die der Dämpfer bei seiner Definitionsgeschwindigkeit ausübt.

Wo immer möglich sollten die Auslegungskräfte auf aktuellen Herstellerdaten des Dämpfers und den erwarteten Dämpfergeschwindigkeiten in Bezug auf den Einsatz des Drehgestells basieren. Fehlen genauere Informationen des Herstellers, entspricht die außergewöhnliche Last der doppelten Bezugskraft in Richtung der Dämpferachse. Die Last im Normalbetrieb entspricht der Bezugskraft in Richtung der Dämpferachse.

D.4 Lasten durch Bremsen

Bremungen verursachen Kräfte, die aus dem Betrieb von Bremsbauteilen entstehen (z. B. Bremsbacken an Rädern, Bremsklötze auf Scheiben, Magnetschienenbremsen), und die damit verbundenen Verzögerungskräfte. Die für die Auslegung des Drehgestellrahmens angesetzten Kräfte ergeben sich aus dem Bremsystem, das die für den Einsatzfall geforderten Bremsverzögerungen einhält. Die Anzahl der betrachteten Lastwechsel sollte die Auswirkungen von Gleitschutzsystemen beinhalten.

Unter Berücksichtigung von Systemtoleranzen und Betriebsvariablen können außergewöhnliche Lasten, die bei einer Notbremsung entstehen, dem 1,3-Fachen der Nominallasten entsprechen. Zu Entwicklungszwecken werden Lasten im Normalbetrieb gewöhnlich mit dem 1,1-Fachen der Nominalkräfte angenommen, die bei einer Betriebsbremsung entstehen.

Die oben genannten Faktoren können jeweils auf 1,2 und 1,0 reduziert werden, wenn die zusätzliche Abweichung aufgrund von Einstelltoleranzen bereits in den Nominallasten enthalten sind. Vorstehende Faktoren berücksichtigen den Effekt des Halterucks für die meisten modernen Systeme, aber es kann notwendig sein, einen zusätzlichen Faktor auf die Reibungseffekte der Lasten anzuwenden, um große Effekte eines Halterucks für einige Systeme sowohl bei einer Notbremsung als auch bei einer normalen Bremsung zu berücksichtigen.

D.5 Lasten durch Antriebsmotoren

Die außergewöhnlichen Lasten können dem 1,3-Fachen der Lasten entsprechen, die beim Anfahren oder dynamischen Bremsen mit Maximalbeschleunigung oder -verzögerung entstehen. Es sollten ebenfalls die ungewöhnlich hohen Lasten berücksichtigt werden, die durch Versagen von Antriebsmotoren oder zugehörigen Antriebssystemen entstehen können. Jede zyklische Beanspruchung, die aus ungewichtigen rotierenden Bauteilen resultieren kann, sollte ebenfalls berücksichtigt werden.

Die Lasten im Normalbetrieb können dem 1,1-Fachen der Nominallasten entsprechen, die beim Anfahren oder Anhalten im Normalbetrieb entstehen.

Die Trägheitslasten des Fahrmotors sollten auf individueller Basis bestimmt werden, abhängig von Einsatzfall, Masse und Einbauort des Motors sowie der Art des Anbaus.

D.6 Auf Wankstützen wirkende Kräfte

Die außergewöhnlichen Lasten für Wankstützen entsprechen der maximalen Neigung des Wagenkastens in Bezug auf das Drehgestell, die im Betrieb auftreten kann.

Die Lasten für Wankstützen im Normalbetrieb können auf dem Neigungswinkel für Wagenkasten/Drehgestell basieren, der von dem in Anhang F angegebenen α -Koeffizienten abgeleitet wird.

Die angesetzten Lasten sollten mit den Lasten und Prinzipien übereinstimmen, die zur Festlegung der Querkraft-Lastfälle für Drehgestellrahmen verwendet werden.

Anhang E (informativ)

Nachweisverfahren und Abnahmekriterien

E.1 Allgemeines

Die Drehgestelle von Schienenfahrzeugen müssen den Maximallasten in Übereinstimmung mit ihren Betriebsanforderungen standhalten und die geforderte Einsatzdauer unter normalen Betriebsbedingungen mit einer angemessenen Überlebenswahrscheinlichkeit erreichen.

Es ist erforderlich per Analyse nachzuweisen, dass keine übermäßigen Durchbiegungen, bleibende Verformung oder Bruch des gesamten Bauteils oder eines seiner Einzelteile unter den beschriebenen Lastfällen auftritt und anhand folgender Kriterien zu bewerten:

- a) Betriebslasten oder zyklische Lasten, die Ermüdung verursachen, müssen über die spezifizierte Lebensdauer ohne Beeinträchtigung der strukturellen Sicherheit ertragen werden;
- b) außergewöhnliche Belastungen oder Grenzbelastungen, d. h. die Maximallasten, die ertragen werden müssen und unter denen ein voll betriebsbereiter Zustand erhalten bleibt: Dies kann auch Lasten durch kleinere Entgleisungen bei niedriger Geschwindigkeit (<12 km/h) einschließen, falls es in der Spezifikation gefordert wird;
- c) annehmbarer Sicherheitsspielraum, so dass bei Überschreitung der außergewöhnlichen Belastung oder des Belastungsgrenzwerts nicht sofort Versagen oder Bruch auftritt. In vielen Fällen erfüllen solche Drehgestelle, die b) genügen, aufgrund ihrer Werkstoffeigenschaften automatisch auch c).

E.2 Lasten

Alle Lasten, die als Grundlage für die Entwicklung von Drehgestellen verwendet werden, sollten in ihren Werten alle notwendigen Unsicherheiten berücksichtigen. Diese werden bei den in Anhang C und Anhang D angegebenen Lasten innerhalb deren Anwendungsbereiche berücksichtigt.

Es ist wichtig sicherzustellen, dass die Auslegungslasten in einer Form dargestellt werden, die mit dem Berechnungsverfahren und der Art, in der die zulässigen Niveaus der Materialbeanspruchungen definiert sind, konsistent ist.

E.3 Analyse und Freigabe

Die Anwendung der grundlegenden Analyse und des Freigabeverfahrens hängt von der Entwicklung der Konstruktion und deren Anwendungen, ebenso wie von wirtschaftlichen Faktoren und Zeitmaßstäben ab. Es wird dringend empfohlen, numerische Verfahren wie Finite-Element-Verfahren ergänzt durch Handberechnungen einzusetzen, um Beanspruchungen entsprechend der Stoßart und dem Lebensdauerbewertungsverfahren angemessen interpretieren zu können.

Die Analyse sollte so durchgeführt werden, wie es nach Auslegungs- und Validierungsverfahren gefordert wird, spezifiziert in EN 15827. Zur nutzerfreundlichen Anwendung wird dieses Verfahren in den folgenden Abschnitten wiedergegeben.

E.4 Bauliche Abnahmekriterien

E.4.1 Kurzbeschreibung

Die Anforderung nach EN 15827 ist Nachweis der Bauteilfestigkeit, die für den sicheren Betrieb erforderlich ist, die grundsätzlichen Anforderungen der TSIs erfüllt und für alle Drehgestellbauteile gilt. Daher muss das entsprechende Auslegungs- und Validierungsverfahren einem einheitlichen und durchgängigen Ansatz folgen. Es war notwendig, das Freigabeverfahren in EN 15827 zu spezifizieren, da es sonst in keiner normativen Verweisung steht.

Die Anforderung, welche auch kompatibel mit EN 12663 für Wagenkästen ist (der andere wichtige Teil eines Fahrzeugs, bei dem Bauteilfestigkeit an vorderster Stelle steht), wird in den nachfolgenden Abschnitten wiedergegeben. Der Nachweis der Bauteilfestigkeit gründet sich auf einer Kombination aus statischer Festigkeit und Lebensdauerbewertungen mittels Nutzung von numerischen Verfahren und/oder Versuchen.

Die Zuverlässigkeit der Eingabedaten (d. h. Lasten/Geometrie) und die Bewertungsverfahren werden zusammen mit dem Ausnutzungsgrad als Grundlage verwendet, um den Umfang von Versuchen (sowohl Labor- als auch Streckenversuche) und die Anforderungen an die Qualitätsprüfung während der Herstellung zu definieren.

Bei Abnahmekriterien für Versuche müssen zusätzliche Parameter beachtet werden (z. B. statistische Abweichungen und für die Versuchsanordnung notwendig Vereinfachungen).

Falls die Normen mit Inhalten zu Drehgestell-Komponenten (z. B. für Radsätze) spezielle Abnahmekriterien bezüglich Festigkeit enthalten, sollte diesen entsprochen werden. Diese Kriterien stehen nicht mit nachstehend angegebenen Anforderungen im Konflikt, sondern stellen eine Vereinfachung der allgemeinen Auslegungskriterien aufgrund des Komponentencharakters und der bevorzugten Hauptbelastung dar. Falls es keine solchen Kriterien gibt, sind die nachstehend umrissenen Abnahmekriterien anzunehmen.

Wenn die analytischen Abnahmekriterien nicht für die Struktur insgesamt erfüllt werden können (z. B. wenn Abnahmekriterien im analytischen Verfahren lokal überschritten worden sind), ist es zulässig, einen Versuch durchzuführen, der die Auslegungslasten oder die realen Betriebsbedingungen wiedergibt. Falls die Versuchsergebnisse die Abnahmekriterien (die wie vorstehend angegeben angepasst werden müssen) erfüllen, kann die Anforderung als erfüllt betrachtet werden.

Die Freigabestrategie darf Varianten enthalten, wie Annahme eines hohen Sicherheitsfaktors mit minimalen Typversuchen oder einen niedrigen Sicherheitsfaktor mit ausführlichen Typversuchen.

E.4.2 Ausnutzung

Die Ausnutzung des Bauteils muss entsprechend folgender allgemeiner Gleichung kleiner oder gleich 1 sein:

$$U = \frac{R_d S}{R_c} \leq 1 \quad (\text{E.1})$$

Dabei ist

U die Ausnutzung der Komponente;

R_d das Ergebnis, aus Analyse oder aus Versuchen ermittelt;

S der Sicherheitsfaktor für Auslegung (siehe E.4.3);

R_c der physikalische Werkstoffgrenzwert (einschließlich aller angemessenen lokalen Auswirkungen wie Oberflächenendbehandlung, Dicke usw.).