

	DIN EN 13749	
ICS 45.040	Ersatz für DIN EN 13749:2021-05	
Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Festlegungsverfahren für Festigkeitsanforderungen an Drehgestellrahmen; Deutsche Fassung EN 13749:2021+A1:2023 Railway applications – Wheelsets and bogies – Method of specifying the structural requirements of bogie frames; German version EN 13749:2021+A1:2023 Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Méthode pour spécifier les exigences en matière de résistance des structures de châssis de bogie; Version allemande EN 13749:2021+A1:2023		
Gesamtumfang 58 Seiten		
DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)		
		

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13749:2021+A1:2023) 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).

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13749:2021-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Unterabschnitt G.3.3 modifiziert;
- b) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13749: 2005-07, 2011-06, 2021-05

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen —
Radsätze und Drehgestelle —
Festlegungsverfahren für Festigkeitsanforderungen an
Drehgestellrahmen**

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

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 15. Februar 2021 angenommen und schließt Änderung ein, die am 10. Oktober 2023 vom CEN angenommen wurde.

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

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

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



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

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

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	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 Bemessungslastfälle	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	17
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	23
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	30
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 dem Langträger 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	45
Anhang G (informativ) Beispiele von Ermüdungsversuchsprogrammen		47
G.1	Allgemeines	47
G.2	Ermüdungsversuchsprogramme für Drehgestelle mit direkt auf den Langträgern gelagertem Wagenkasten (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 (EU) 2016/797		54
Literaturhinweise		56

Bilder

Bild A.1 — Koordinatensystem	17
Bild F.1 — Belastungsanordnung für ein Drehgestell mit Langträgern	42

Bild F.2 — Belastungsanordnung für ein Drehgestell mit Drehzapfen 44
Bild G.1 — Schwankung der Vertikal- und Querkraftausschläge während des Versuchs 49
Bild G.2 — Schwankung der Vertikal- und Querkräfte in Bezug auf die Zeit 50
Bild G.3 — Schwankung der Vertikal- und Querkräfte in Bezug auf die Zeit 52

Tabellen

Tabelle A.1 — Kräfte 15
Tabelle A.2 — Beschleunigungen 15
Tabelle A.3 — Massen 16
Tabelle A.4 — Weitere Formelzeichen und Einheiten 16
Tabelle A.5 — Bewegungen und Verformungen in Drehgestell-Baugruppen von
Schienenfahrzeugen 17
Tabelle D.1 — Typische Beschleunigungen von Anbauteilen am Rahmen 30
Tabelle D.2 — Typische Beschleunigungen von Anbauteilen am Radsatzlager 30
Tabelle F.1 — Lastfälle für statische Versuche über Kombinationen von Vertikal- und Querkraften 42
Tabelle F.2 — Lastfälle durch Längskräfte 43
Tabelle F.3 — Lastfälle bei Versuchen unter Lasten im Normalbetrieb, die beim Fahren des
Drehgestells auftreten 44
Tabelle F.4 — Außergewöhnliche Lasten 45
Tabelle F.5 — Lasten im Normalbetrieb 46
Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm,
Verordnung (EU) Nr. 321/2013 der Kommission über die technische Spezifikation für die
Interoperabilität (TSI) des Teilsystems „Fahrzeuge — Güterwagen“ des
Eisenbahnsystems in der Europäischen Union* und der Richtlinie (EU) 2016/797 54
Tabelle ZA.2 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm,
Verordnung (EU) Nr. 1302/2014 der Kommission über die Technische Spezifikation für
die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lokomotiven und Personenwagen“
des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union* und der Richtlinie (EU) 2016/797 . . . 55

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13749:2021+A1:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2024, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2024 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument enthält die Änderung 1, angenommen von CEN am 2023-10-10.

Dieses Dokument ersetzt  EN 13749:2021 .

Der Beginn und das Ende von neuem oder geändertem Text werden durch die Änderungsmarken   angezeigt.

Der allgemeine Anwendungsbereich und die Anforderungen von EN 13749 bleiben durch diese Überarbeitung unverändert. Änderungen waren notwendig, um hauptsächlich Fehler in einigen Formeln 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 enthalten manchmal optionale Anforderungen. Dies ist zum Beispiel ein Prüfverfahren, das optional ist oder als Beispiel ausgedrückt wird und Anforderungen enthält, aber es besteht keine Notwendigkeit, diese Anforderungen zu erfüllen, um die Anforderungen dieses Dokuments einzuhalten.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission CEN erteilt hat. Der Ständige Ausschuss der EFTA-Staaten genehmigt anschließend diese Aufträge für die Mitgliedsstaaten.

Zum Zusammenhang mit EU-Rechtsvorschriften siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

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 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 15085-1:2007+A1:2013, *Bahnanwendungen — Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 1: Allgemeines*

EN 15085-2:2007, *Bahnanwendungen — Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 2: Qualitätsanforderungen und Zertifizierung von Schweißbetrieben*

EN 15085-3:2007, *Bahnanwendungen — Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 3: Konstruktionsvorgaben*

EN 15085-4:2007, *Bahnanwendungen — Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 4: Fertigungsanforderungen*

EN 15085-5:2007, *Bahnanwendungen — Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 5: Prüfung und Dokumentation*

EN 15663:2017+A1:2018, *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.

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

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

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

3.1

Radsatzlager

Baugruppe einschließlich Lagergehäuse, Wälzlager, Dichtung und Schmierfett

3.2

Drehgestellrahmen

tragendes Bauteil, im Allgemeinen zwischen Primär- und Sekundärfederung angeordnet

3.3

Traverse

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, schlägt der Lieferant üblicherweise eine Spezifikation vor und legt sie dem Kunden (und der Zulassungsbehörde, wenn relevant) zur Einwilligung vor.

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 15827:2011 angeführten dazugehörigen wesentlichen Anforderungen der TSI. Insbesondere für die Entwicklung von Drehgestellrahmen relevante Informationen werden in den nachstehenden Abschnitten angegeben.

4.3 Bemessungslastfälle

Die technische Spezifikation für den Drehgestellrahmen muss hauptsächlich die zur Auslegung des Drehgestells nach EN 15827:2011 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 15663:2017+A1:2018 angegeben sind. Für einige Anwendungen und Ermüdungsfestigkeitsbewertungsverfahren wird es nötig sein, zusätzliche Fahrzeugbeladungszustände zu verwenden (ausgedrückt als Funktionen der in EN 15663:2017+A1:2018 abgebildeten Fälle), um für Auslegungszwecke eine genaue Beschreibung der Fahrzeugzuladungsspanne zu erzielen.

Die Entwicklung der Bemessungslastfälle wird in Anhang B erläutert, und Beispiele der entsprechenden Bemessungslastfälle 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 brauchen nur die sich wiederholenden extremen Lastzustände angegeben zu werden.

4.4 Fahrzeugzustände und Schnittstellen

Die technische Spezifikation muss auch folgende Informationen über Anforderungen der EN 15827:2011 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 Abschnitte 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 angegeben 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 15827:2011 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 angegebenen Bedingungen erfüllt. Darüber hinaus muss das Programm zeigen, dass das Verhalten des nach Entwicklungsvorgaben hergestellten Drehgestellrahmens einen zufriedenstellenden Betrieb ohne Auftreten von z. B. 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 15827:2011 festgelegt 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 angegeben 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 angegeben, welche Teile des Validierungsverfahrens im jeweiligen Fall angewendet werden sollten.

ANMERKUNG Um die vollständige Angabe 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 angegebenen Anforderungen nachzuweisen.

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

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

Das Validierungsverfahren für die Festigkeit eines Radsatzlagergehäuses darf durch FEA-Simulation und Labor-Ermüdungsprüfungen oder nur durch Prüfungen auf der Strecke validiert werden.

ANMERKUNG 1 Anhang D identifiziert die Konstruktionsvorgaben für angebaute Ausrüstung und Validierungsprüfung ist definiert durch eine Risikobewertung für die jeweilige Ausrüstung.

ANMERKUNG 2 Bei Traversenstrukturen, welche sich unmittelbar über der Sekundärfederung befinden, können die Lasten in EN 12663 verwendet werden.

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 3 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 in Übereinstimmung mit der technischen 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 15827:2011 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 Streckenversuchs zu 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 Bemessungslastfälle und Kombination von Lastfällen (wie in EN 15827:2011 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 15827:2011 durchgeführt werden.

Anhang E enthält weitere Anleitungen über Faktoren, die bei der Festlegung eines Berechnungsprogramms zu berücksichtigen sind und schließt die in EN 15827:2011 festgelegten baulichen Abnahmekriterien ein.

6.2.3 Statische Versuche

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 Bemessungslastfällen 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 in Betracht ziehen. Daher darf diesen Beispielen nur entsprochen werden, wenn sie als geeignet dargestellt werden können.

6.2.4 Ermüdungsversuche

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 ziehen diese Programme weder Unterschiede in der Drehgestellaufhängung noch der Wagenkastencharakteristik in Betracht 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 zieht den Grad in Betracht, 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 15827:2011 gefordert.

Geschweißte Erzeugnisse müssen nach den Anforderungen in EN 15085-1:2007+A1:2013 bis EN 15085-5:2007 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 13103-1 und EN 13979-1). Die folgenden Tabellen in diesem Anhang beschreiben Symbole, die in dieser Norm verwendet werden.

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 (primär gefedert)
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 — Massen

Masse kg	Formelzeichen
funktionsfähiges Fahrzeug	M_V
Fahrzeug-Wagenkasten	m_1
Drehgestellmasse ohne Sekundärfedermassen (falls vorhanden)	m^+
primär gefederte Drehgestellmasse	m_2
Auslegungsmasse unter außergewöhnlicher Zuladung	P_1
Auslegungsmasse unter Normalbetriebzuladung	P_2

Die Werte für vorstehend festgelegte Formelzeichen sollten auf den Massenbeschreibungen nach EN 15663:2017+A1:2018 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	