

DIN EN 15654-2



ICS 45.060.01

Einsprüche bis 2016-12-07

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Messung von vertikalen Rad- und Radsatzkräften –
Teil 2: Test im Werk für neue, umgebaute und instandgesetzte Fahrzeuge;
Deutsche und Englische Fassung prEN 15654-2:2016**

Railway applications –
Measurement of vertical forces on wheels and wheelsets –
Part 2: Test in workshop for new, modified and maintained vehicles;
German and English version prEN 15654-2:2016

Applications ferroviaires –
Mesurage des forces verticales à la roue et à l'essieu –
Partie 2: Essai en atelier des véhicules neufs, modifiés ou maintenus;
Version allemande et anglaise prEN 15654-2:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-10-07 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 des DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF), Panoramaweg 1, 34131 Kassel.

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

Gesamtumfang 109 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15654-2:2016) wurde unter der Federführung der WG 10 „Zusammenwirken Fahrzeug/Fahrweg“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) innerhalb des Technischen Komitees CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Unterausschuss NA 087-00-02-02 UA „Fahrtechnik“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Dieses Dokument beruht auf der Grundlage einer englischen Referenzfassung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 15654-2 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Bahnanwendungen — Messung von vertikalen Rad- und Radsatzkräften — Teil 2: Test im Werk für neue, umgebaute und instandgesetzte Fahrzeuge

Applications ferroviaires — Mesurage des forces verticales à la roue et à l'essieu — Partie 2 : Essai en atelier des véhicules neufs, modifiés ou maintenus

Railway applications — Measurement of vertical forces on wheels and wheelsets — Part 2: Test in workshop for new, modified and maintained vehicles

ICS:

Deskriptoren

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

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Messprozess	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Messausrüstung	8
4.2.1 Beschreibung der Messausrüstung	8
4.2.2 Messmethode	8
4.2.3 Messvorrichtung	9
4.3 Fahrzeug	12
4.3.1 Allgemeines	12
4.3.2 Beschreibung des Fahrzeugs	12
4.3.3 Vorbereitung des Fahrzeugs	13
4.4 Messprozedur	14
4.4.1 Allgemeines	14
4.4.2 Anzahl der gleichzeitig gemessenen Räder	14
4.4.3 Anzahl der Messwiederholungen	14
4.4.4 Behandlung zwischen Wiederholungsmessungen	14
4.4.5 Messrichtung / Fahrzeugorientierung	14
4.4.6 Bewegen des Fahrzeugs (Antriebsvorrichtung, Kran, Kupplungszustand)	15
4.5 Umgebung	15
4.6 Bediener	15
4.7 Messbericht	15
4.7.1 Allgemeines	15
4.7.2 Zu dokumentierende Ergebnisse	15
4.7.3 Sonstige zu dokumentierende Informationen	17
5 Metrologische Bestätigung	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Spezifikation des Messprozesses	17
5.3 Kalibrierung	18
5.3.1 Statische Kalibrierung der Kraftmesseinheit	18
5.3.2 Quasi-statische Kalibrierung der Kräfte	19
5.4 Verifizierung (Akzeptanzprüfung)	19
5.4.1 Gleismessung	19
5.4.2 Akzeptanzkriterien für die Kraftmesseinheiten (statisch)	20
5.4.3 Akzeptanzprüfung für quasi-statische (dynamische) Messsysteme	20
5.5 Untersuchung der Gesamtmessunsicherheit des Messprozesses	21
5.6 Regelmäßige Verifizierung	21
5.6.1 Spezifikation des Intervalls	21
5.6.2 Kraftmessvorrichtung(en) und Lage der Aufstandspunkte	21
Anhang A (normativ) Symbole und Einheiten	22
Anhang B (informativ) Einflussparameter / Komponenten der Messunsicherheit	25

B.1	Einfluss der Querverschiebung.....	25
B.2	Einfluss der Überhöhung / gegenseitigen Höhenlage.....	25
B.3	Einfluss der Verwindung	25
B.4	Einfluss der Dämpfung.....	28
B.5	Seitenwindeffekte	29
B.6	Temperatureinfluss.....	29
	Anhang C (informativ) Untersuchung der Messunsicherheit des Messprozesses.....	30
C.1	Allgemeines	30
C.2	Prüfverfahren	30
C.3	Versuchsergebnisse.....	36
	Anhang D (informativ) Verfahren für Dehnungsmessstreifen	38
	Anhang E (informativ) Weitere Größen bezogen auf die Radlastverteilung.....	39
E.1	Beispiele für weitere Größen.....	39
E.2	Größen für die Analyse der Radlastverteilungen.....	40
	Anhang F (informativ) Messberichtsformular.....	42
	Literaturhinweise.....	52

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15654-2:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

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

Dieses Dokument ist der zweite Teil der dreiteiligen Normenreihe „Bahnanwendungen — Messung von vertikalen Rad- und Radsatzaufstandskräften“, die Folgendes behandelt:

- Messungen statischer und quasi-statischer Radaufstandskräfte im Werk für neue, umgebaute und instandgesetzte Schienenfahrzeuge und;
- die Ermittlung abgeleiteter Größen wie der Radsatzaufstandskräfte, Radsatzlasten und anderer Größen, die die Radaufstandskraftverteilung eines Fahrzeugs beschreiben.

Teil 1: *Gleisseitige Messeinrichtungen für fahrende Fahrzeuge*

behandelt die Messung von Radaufstandskräften und Radsatzlasten von fahrenden Schienenfahrzeugen.

Teil 3: *Zulassung und Verifizierung interoperabler gleisseitiger Messanlagen für fahrende Fahrzeuge* (CEN/TR) ist in Vorbereitung und behandelt die Zulassung und Verifizierung von interoperablen gleisseitigen Messeinrichtungen für fahrende Fahrzeuge.

Einleitung

In Europa sind viele nationale und regionale Vorgehensweisen und Verfahren für die Messung der Radaufstandskräfte neuer, umgebauter und instandgesetzter Fahrzeuge in Gebrauch.

Die Vielfalt der unterschiedlichen Vorgehensweisen und Verfahren zur Berechnung von Parametern kann zur Verwirrung bei der Interpretation der Prüfdaten führen. Durch einen einheitlichen Satz definierter Beurteilungsgrößen werden mögliche Verwirrungen und Fehlinterpretationen reduziert.

Um vergleichbare Ergebnisse für das gleiche Fahrzeug zu erhalten, wenn die Radkräfte mit verschiedenen Messanlagen gemessen werden, ist die Beurteilung der Messunsicherheit des gesamten Messprozesses erforderlich.

Bei der derzeitigen Situation werden in einigen Fällen keine vergleichbaren Ergebnisse an verschiedenen Messanlagen erzielt. Die normativen Anforderungen dieser Norm basieren auf aktuellen Erfahrungen, führen aber nicht zwingend zu vergleichbaren Ergebnissen, wenn ein Fahrzeug mit zwei oder mehr verschiedenen Systemen gemessen wird. Zur Verbesserung dieser Situation werden im informativen Teil dieser Norm Verfahren zur Beurteilung der jeweiligen Messunsicherheiten des gesamten Messprozesses beschrieben.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für die Messung der Radaufstandskräfte von Schienenfahrzeugen in Instandsetzungswerkstätten und an Produktionsstätten. Sie behandelt außerdem abgeleitete Größen, die zur Beschreibung der Radaufstandskraftverteilung des Fahrzeugs verwendet werden.

Die Norm legt die Beurteilungs- und Zulassungskriterien für den Messprozess fest. Die Anforderungen für diese Beurteilung unterstützen die Spezifikation, die Auslegung und die Durchführung des Messprozesses. Es wird berücksichtigt, dass die Messungen entweder statisch oder quasi-statisch erfolgen. Diese Norm gilt für alle Schienenfahrzeuge.

Das kommerzielle Wiegen von Fahrzeugen fällt nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm, in der auch nicht festgelegt wird, in welchen Fällen die Radaufstandskräfte eines Fahrzeugs gemessen werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 13848-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleislagequalität — Teil 1: Beschreibung der Gleisgeometrie*

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

EN 15663, *Bahnanwendungen — Definition der Fahrzeugreferenzmassen*

EN ISO 1101, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf (ISO 1101)*

EN ISO 7500-1:2015 *Metallische Werkstoffe — Kalibrierung und Überprüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Kalibrierung und Überprüfung der Kraftmesseinrichtung (ISO 7500-1:2015)*

EN ISO 10012, *Messmanagementsysteme — Anforderungen an Messprozesse und Messmittel (ISO 10012)*

ISO/IEC Guide 99-12:2007, *International Vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/IEC Guide 99-12:2007 und die im Folgenden aufgeführten Begriffe.

3.1

Individuelle statische Radaufstandskraft

Q_0

der statische vertikale Teil der gesamten Radkraft am Bezugspunkt D_0 des Radprofils wie in EN 13715 festgelegt, wenn sich alle Bezugspunkte eines stehenden Fahrzeugs in einer horizontalen Ebene befinden.

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn das Symbol $Q_{0,jk}$ verwendet wird, ist j die Radsatznummer und k die Seite des Fahrzeugs, auf der sich das Rad befindet.

$k = R$ steht für die rechte Seite im Koordinatensystem des Fahrzeugs

$k = L$ steht für die linke Seite im Koordinatensystem des Fahrzeugs.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Normalspuranwendungen beträgt der seitliche Abstand zwischen den Referenzpunkten eines Radsatzes 1 500 mm. Bei anderen Anwendungen, wie z. B. speziellen Radprofilen oder anderen Spurweiten, sollte diese Definition nach gleichem Prinzip verwendet werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die statische Radaufstandskraft ist das Ergebnis, das durch den in dieser Norm beschriebenen Messprozess erlangt wird.

3.2

Einzelmessung

Wert, der die Radaufstandskraft eines Rades an einer Messeinheit darstellt, die Teil einer Messvorrichtung ist

3.3

Messergebnisse – dokumentierte Ergebnisse

Ergebnisse für Radaufstandskräfte und abgeleitete Größen, die in einem regulären Messprozess für den Bericht ermittelt werden

4 Messprozess

4.1 Allgemeines

Der Messprozess ist die Gesamtheit aus Vorgängen, Vorrichtungen und Verfahren, die auf das Fahrzeug angewendet werden, um seine Radaufstandskräfte zu ermitteln.

Der Messprozess und seine Einflussparameter sind in Bild 1 dargestellt.

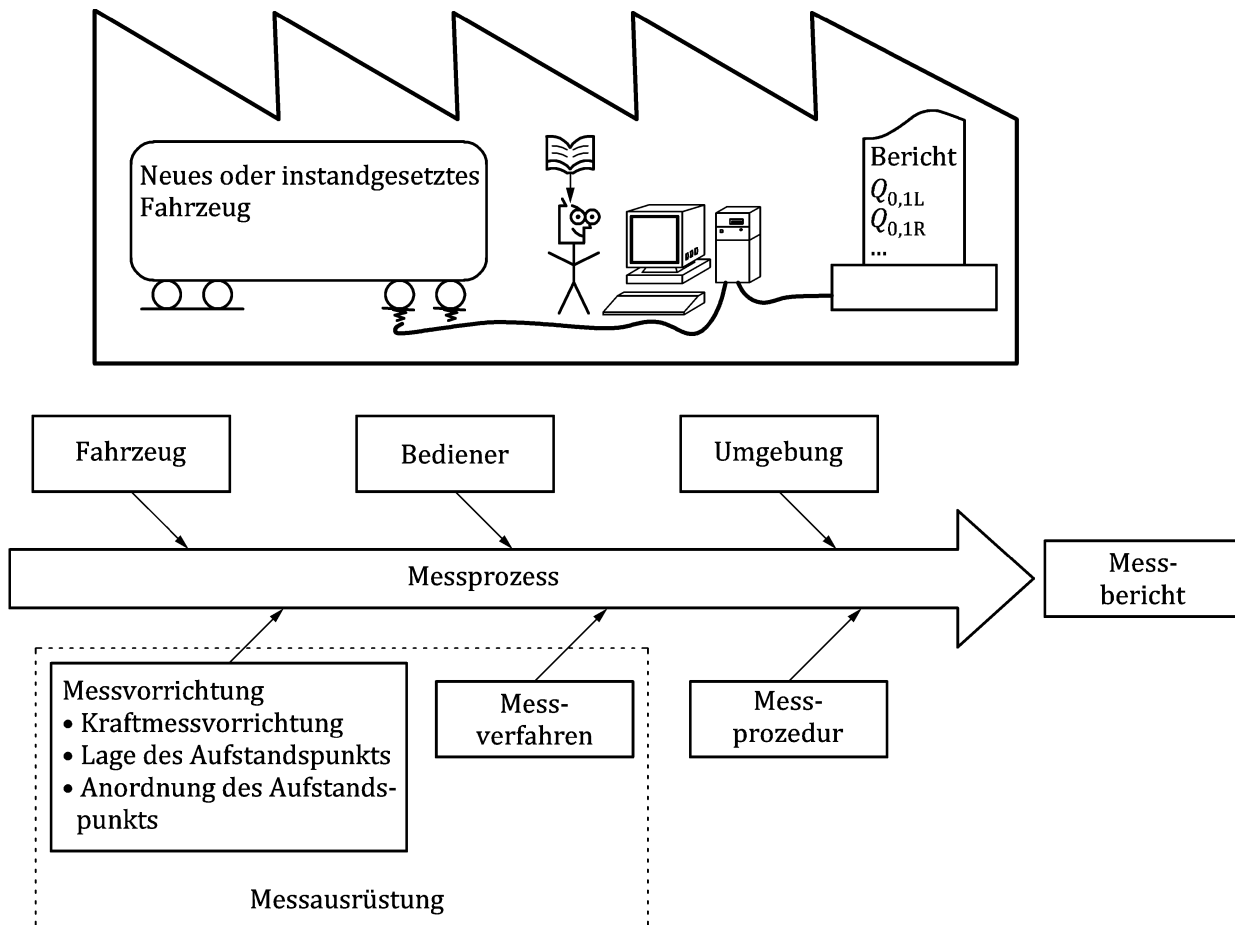


Bild 1 — Messprozess für die Radaufstandskraft

4.2 Messausrüstung

4.2.1 Beschreibung der Messausrüstung

Die Messausrüstung muss für alle Nutzer verständlich beschrieben und dokumentiert werden.

4.2.2 Messmethode

4.2.2.1 Statische Messungen

Statische Messungen werden am stehenden, auf den Messvorrichtungen befindlichen Fahrzeug durchgeführt.

Statische Messungen werden durchgeführt:

- Radsatz für Radsatz;
- Fahrwerk für Fahrwerk oder
- mit einer Vorrichtung für das gesamte Fahrzeug.

4.2.2.2 Quasi-statische (dynamische) Messungen

Quasi-statische Messungen werden durchgeführt, wenn sich das Fahrzeug entlang des Messgleises bewegt.

Dabei müssen mehrere Versuchsfahrten bei langsamer und annähernd konstanter Geschwindigkeit (z. B. bei bis zu 5 km/h $\pm$ 2 km/h auf dem Messgleis) durchgeführt werden.

Um die dynamischen Einflüsse auf die Messunsicherheit möglichst klein zu halten, muss die Geschwindigkeit gering und die Gleislagequalität gut sein. Die vertikale Bewegung des Wagenkastens muss vernachlässigbar sein.

4.2.2.3 Messungen des Fahrzeugs unter Verwindungseinfluss

Für Messungen des Fahrzeugs unter Verwindungseinfluss befindet sich das Fahrzeug auf einer Vorrichtung, die eine Verwindung erzeugt.

Radaufstandskräfte und die aufgebrachte Verwindung werden kontinuierlich gemessen, während die Verwindung auf das Fahrwerk oder das Fahrzeug sowohl in positiver als auch in negativer Richtung aufgebracht wird, jeweils bezogen auf eine horizontale Bezugsebene. Es muss eine vollständige Hystereseschleife durchlaufen werden. Das Ergebnis dieser Messung ist der Mittelwert zwischen der größten und kleinsten in der horizontalen Bezugsebene gemessenen Kraft (Position ohne Verwindung).

Diese Methode reduziert den Einfluss von Hysterese auf die Messergebnisse. Art und Umfang der aufgetragenen Verwindung (Fahrzeug- oder Drehgestellverwindung oder beides) müssen unter Berücksichtigung der Eigenschaften des Federungssystems des Fahrzeugs festgelegt werden.

ANMERKUNG Ergebnisse, die unter Aufbringung der Fahrzeug- und/oder Drehgestell-Prüfverwindung nach EN 14363 erzielt wurden, sind geeignet.

4.2.3 Messvorrichtung

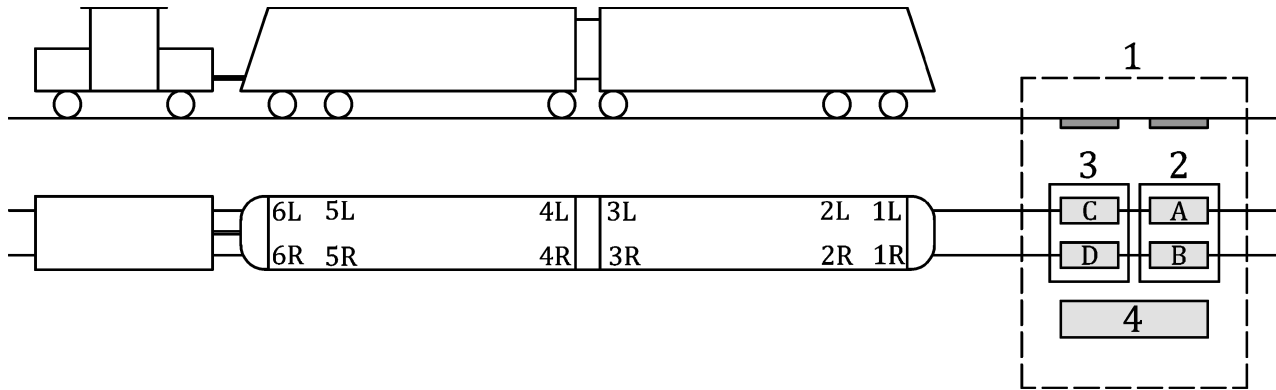
4.2.3.1 Kraftmessvorrichtung (Kraftaufnehmer, Dehnungsmessstreifen, Scherkraftsensoren usw.)

Die Kraftmessvorrichtung wandelt die mechanische Kraft in ein proportionales Signal um, das anschließend verarbeitet und an ein Ausgabegerät übermittelt wird. Die Messvorrichtung besteht aus einer Konstruktion, die den Radsatz trägt, den Messfühlern, der Verarbeitungseinrichtung und einer Anzeigeeinrichtung.

Eine Kraftmessvorrichtung kann aus verschiedenen Abschnitten bestehen, die an verschiedenen Stellen entlang des Gleises angeordnet sind. Für jeden Abschnitt können Einzelmessungen durchgeführt werden.

Messvorrichtungen müssen nach allgemein anerkannten Standards hergestellt und geprüft werden.

ANMERKUNG Informationen zur Verwendung von Dehnungsmessstreifen sind in Anhang D angegeben.



Legende

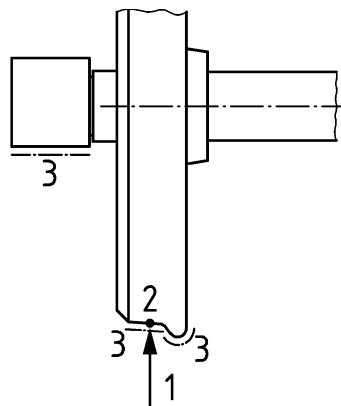
- 1 Messvorrichtung
- 2 Messabschnitt mit den Einheiten A und B
- 3 Messabschnitt mit den Einheiten C und D
- 4 Anzeigeeinrichtung

Bild 2 — Beispiel einer Messvorrichtung bestehend aus zwei Messabschnitten (vier Einheiten)

4.2.3.2 Lage der Aufstandspunkte (Fahrfläche, Spurkranzoberseite, Radsatzlager)

Die Aufstandspunkte zwischen den Fahrzeuigrädern und den Messvorrichtungen befinden sich üblicherweise an den Radlaufflächen an/oder nahe den in Bild 3 dargestellten Bezugspunkten.

Es können auch weitere Aufstandspunkte am Radspurkranz oder am Radsatzlager verwendet werden. In diesen Fällen muss Q_0 (die Radaufstandskräfte an den Bezugspunkten) aus den gemessenen Werten unter Berücksichtigung der Differenz zwischen der Lage des Aufstandspunkts und des Bezugspunkts berechnet werden.



Legende

- 1 Radaufstandskraft Q_0
- 2 Bezugsaufstandspunkt D_0
- 3 Mögliche Lagen des Aufstandspunkts (Fahrfläche, Spurkranz, Radsatzlager) für die Messvorrichtung

Bild 3 — Bezugspunkte und übliche Aufstandspunktbereiche an einem Radsatz

4.2.3.3 Lage der Aufstandspunkte / Definition der Gleiseigenschaften

Die folgenden geometrischen Eigenschaften werden spezifiziert, um zu erreichen, dass sich die Aufstandspunkte der Radlaufflächen des Fahrzeugs in einer horizontalen Ebene befinden.

Alle Stellen, an denen sich während der Durchführung der Messungen Radaufstandspunkte eines gemessenen Fahrzeugs befinden, müssen auf einem ebenen, geraden und nicht verwundenen Gleisabschnitt ohne Verwindung liegen.

Folgende Anforderungen müssen an die Geometrie der Messvorrichtung (für gewöhnlich an das Gleis) gestellt werden:

- 1) die Ebenheit (siehe EN ISO 1101) der Schienenoberkanten (auf der Fahrfläche, siehe EN 13848-1) an den möglichen Positionen der Radsätze innerhalb eines gemessenen Fahrwerks entlang des Gleises darf nicht größer als 1 mm sein;
- 2) die Differenz der gegenseitigen Höhenlagen (siehe EN 13848-1) über einen Längsabstand zweier beliebiger Radsätze eines Fahrwerks darf nicht größer als 1 mm sein;
- 3) die Ebenheit (siehe ISO 1101) der Schienenoberkanten an den möglichen Positionen der Radsätze innerhalb eines Fahrzeugs entlang des Gleises darf nicht größer als 2 mm sein. Das Längsgefälle der Bezugsebene darf nicht größer als 0,4 ‰ sein. Das seitliche Gefälle darf nicht größer als 0,1 ‰ sein;
- 4) die Differenz zwischen den mittleren gegenseitigen Höhenlagen (siehe EN 13848-1) der Radsätze eines gemessenen Fahrwerks und jeder möglichen Position der Radsätze eines benachbarten Fahrwerks, das dem selben Wagenkasten angehört, darf nicht größer als 2 mm sein;
- 5) die Geradheit (siehe EN ISO 1101) der Mittellinie des Gleises (ermittelt im Bereich bis zu 14 mm unter den Schienenoberkanten) darf nicht größer als 10 mm sein. Das gilt für den Bereich der Radsätze eines gemessenen Fahrwerks und jede mögliche Position der Radsätze eines benachbarten Fahrwerks, das dem selben Wagenkasten angehört.

Wenn die Messungen nicht auf einem Gleis durchgeführt werden muss sich die Lage der Stützpunkte an Auflagern (z. B. am Spurkranz oder am Radsatzlager) nach den gleichen Vorgaben richten.

Bei den Ebenheitsmessungen müssen Einflüsse aus Verformungen infolge der Belastung durch ein repräsentatives Fahrzeugs berücksichtigt werden. Bei der Messung der gegenseitigen Höhenlage braucht sie nur berücksichtigt zu werden, wenn die Differenz zwischen der Verformung der linken und rechten Schiene an der gleichen Radsatzposition größer als 0,2 mm ist.

Sind die Wagenkästen der gemessenen Fahrzeuge durch ein Konstruktionselement verbunden, das Torsionsmomente um die Längsachse überträgt, muss der Einfluss weiterer Fahrwerke berücksichtigt werden.

Diese Spezifikation ist eine Mindestanforderung. In manchen Fällen ist eine bessere Gleislagequalität zweckdienlich. Anhang B enthält weitere Informationen zum Einfluss der Gleislagequalität auf die Messergebnisse.

ANMERKUNG Die Erfahrung hat gezeigt, dass Schweißnähte zwischen Schienen, Schienenstöße und die Verwendung verschlissener Schienen zu Problemen bei der Erfüllung der Anforderungen führen.

4.2.3.4 Zuführ- und Abführgleis

Die Länge der Zuführ- und Abführgleise hängt vom verwendeten Messverfahren sowie von der Gesamtlänge der gemessenen Fahrzeuge ab.

Es muss festgelegt werden, ob besondere Aktivierungselemente wie z. B. Keile in das Zuführgleis (die Zuführgleise) aufzunehmen sind.

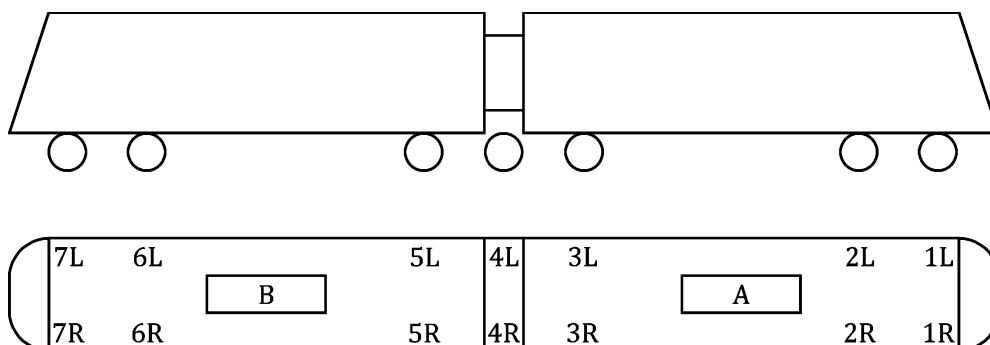
4.3 Fahrzeug

4.3.1 Allgemeines

Die Radaufstandkräfte eines Fahrzeugs müssen nach Abschluss aller Montagearbeiten am Fahrzeug und aller Einstellungen des Federungssystems gemessen werden. Werden am Fahrzeug Änderungen vorgenommen, die zu einer unzulässigen Verteilung der Radaufstandkräfte führen könnten, muss die Messung wiederholt werden.

4.3.2 Beschreibung des Fahrzeugs

Um jedes Rad eindeutig zu kennzeichnen, muss ein fahrzeugbasiertes Bezeichnungssystem verwendet werden, wie es in Bild 4 dargestellt ist.



1								
2				B		A		
3	<i>i</i>		III		II		I	
4	<i>j</i>		7 6		5 4 3		2 1	
5	<i>k</i>				R/L			
6	n_{Veh}				7			
7	<i>x</i>		6		3		1	
8	<i>z</i>		2		3		2	

Legende

- 1 Fahrzeugtyp
- 2 Wagenkastennummer
- 3 Fahrwerksnummer
- 4 Radsatznummer
- 5 Radindex ($k = R$: rechtes Rad, $k = L$: linkes Rad)
- 6 Anzahl der Radsätze pro Fahrzeug
- 7 Erste Radsatznummer im Fahrwerk i
- 8 Anzahl der Radsätze des Fahrwerks i

Bild 4 — Beispiel eines fahrzeugbasierten Bezeichnungssystems für die Beschreibung der Anordnung der Räder

4.3.3 Vorbereitung des Fahrzeugs

4.3.3.1 Allgemeines

Vor der Messung der Radaufstandskräfte muss das Fahrzeug vorbereitet werden, um Folgendes zu erreichen:

- 1) den vorgesehenen Beladungszustand;
- 2) den vorgesehenen Federungszustand (luftgefüllt oder geleert);
- 3) die vorgesehene Seitenlage des Wagenkastens auf dem Fahrwerk (in einigen Fällen zum Beispiel im entleerten Zustand der Luftfederung durch das Einbringen von Keilen zwischen den seitlichen Anschlägen und dem Aufbau).

Wenn es für das Fahrzeug spezifiziert ist, müssen die Dämpfer entfernt oder getrennt werden.

Wenn es für einen Triebzug spezifiziert ist, müssen die einzelnen Fahrzeuge entkoppelt werden.

4.3.3.2 Beladungszustand

4.3.3.2.1 Neue und umgebaute Fahrzeuge

Der Referenz-Beladungszustand für neue und umgebaute Fahrzeuge ist die Auslegungsmasse im betriebsbereiten Zustand nach EN 15663. Weil auch andere Beladungszustände zulässig sind, muss der beim Messprozess verwendete Beladungszustand des Fahrzeugs spezifiziert und dokumentiert werden. Abweichungen vom spezifizierten Beladungszustand müssen entweder durch geeignete Maßnahmen korrigiert oder mit den Messwerten (siehe auch 4.7.2 und Anhang F) dokumentiert werden, z. B. bei einem Fahrzeug mit

- 1) Radsätzen mit reduziertem Raddurchmesser,
- 2) fehlenden Teilen,
- 3) fehlendem Personal oder
- 4) unvollständigen Verbrauchsstoffen.

4.3.3.2.2 Instandgesetzte Fahrzeuge

Bei der Messung instandgesetzter Fahrzeuge (d. h. ohne wesentliche Änderungen der Auslegungsmasse und ihrer Verteilung) ist eine Kontrolle der Höhe des Radverschleises und der Menge von Verbrauchsstoffen nicht erforderlich, solange die Beurteilungsgrößen für das instandgesetzte Fahrzeug nicht wesentlich beeinträchtigt werden. Ist der Einfluss von Verbrauchsstoffen und Verschleiß bei bestimmten Fahrzeugtypen für die Beurteilungsgrößen relevant, muss der notwendige Beladungszustand spezifiziert und im Messbericht dokumentiert werden (siehe Anhang F).

4.3.3.3 Federungszustand

Fahrzeuge, die mit einer Luftfederung (oder hydraulischen Federung) ausgestattet sind, müssen im Luft- und Notfederbetrieb gemessen werden. Der Zustand der Federung (z. B. Luftfeder/Notfeder) muss mit den Messwerten dokumentiert werden (siehe auch 4.7.2 und Anhang F). Nach einer Änderung des Federungszustands muss die Messung durchgeführt werden, wenn die Zustandsänderung der Federung vollständig abgeschlossen ist.

Wenn Hysteresis sowie die Dämpfer oder Reibungselemente die Verteilung der Radaufstandskraft wesentlich beeinflussen, kann für einen bestimmten Fahrzeugtyp spezifiziert werden, dass diese Elemente während der Durchführung der Messung entfernt werden.

4.3.3.4 Kupplungszustand

Wenn die Konstruktion von Kupplungen und Dämpfern zwischen den Fahrzeugen eines Triebzugs die Verteilung der Radaufstandskraft aufgrund ihrer Hysterese oder ihrer inneren Kräfte signifikant beeinflusst, darf für einen bestimmten Fahrzeugtyp spezifiziert werden, dass während der Durchführung der Messung die Kupplungen gelöst oder die Fahrzeuge entkoppelt werden.

4.4 Messprozedur

4.4.1 Allgemeines

Die zur Ermittlung der Radaufstandskräfte verwendete Messprozedur muss unter Berücksichtigung des gewählten Messverfahrens und des Fahrzeugtyps spezifiziert werden.

Alle für einen Messanlage vorgegebenen Messprozeduren müssen beschrieben und eindeutig bezeichnet werden.

4.4.2 Anzahl der gleichzeitig gemessenen Räder

Es muss festgelegt werden, wie viele Radsätze gleichzeitig gemessen werden.

Wird das Verwindungsverfahren nach 4.2.2.3 verwendet, dürfen die Räder eines Radsatzes Rad für Rad gemessen werden.

ANMERKUNG Eine zeitgleiche Messung beider Radaufstandskräfte eines Radsatzes ermöglicht eine Überprüfung des statischen Gleichgewichts des Radsatzes für aufeinanderfolgende Messungen.

4.4.3 Anzahl der Messwiederholungen

Es muss spezifiziert werden, wie viele Messungen an wie vielen Messpunkten gemacht werden müssen. Diese Spezifikation muss den Auswertungsprozess zur Erlangung des zu dokumentierenden Ergebnisses beinhalten.

Wird mehr als eine Einzelmessung zur Ermittlung eines zu dokumentierenden Ergebnisses verwendet, ist es sinnvoll, eine Überprüfung der Wiederholbarkeit in den Messprozess aufzunehmen.

4.4.4 Behandlung zwischen Wiederholungsmessungen

Die Behandlung des Fahrzeugs zwischen Wiederholungsmessungen muss spezifiziert werden, z. B. die Entfernung, über die das Fahrzeug bewegt werden muss, oder ob das Fahrzeug über Keile laufen soll.

4.4.5 Messrichtung / Fahrzeugorientierung

Für jede Einzelmessung muss spezifiziert werden, aus welcher Richtung das Fahrzeug zum Messabschnitt bewegt werden muss.

ANMERKUNG 1 Da die Richtung, aus der das Fahrzeug zum Messabschnitt bewegt wird, einen Einfluss auf die Messung hat, wird es oft sinnvoll sein, Messungen in beiden Richtungen zu spezifizieren.

Es muss spezifiziert werden, ob das Fahrzeug in einer oder in beiden Orientierungen gemessen werden muss.

Diese Spezifikationen müssen den Auswertungsprozess zur Ermittlung des zu dokumentierenden Ergebnisses umfassen. Die Ergebnisse müssen immer im fahrzeugbasierten Bezeichnungssystem nach Abschnitt 4.3.2 dokumentiert werden.

Werden die Ergebnisse beider Messrichtungen und/oder beider Orientierungen zur Berechnung eines Ergebnisses verwendet, ist vor allem auf die korrekte Zuordnung der einzelnen Räder zu den Messabschnitten zu achten (siehe Schema in Bild 2).

4.4.6 Bewegungen des Fahrzeugs (Antriebsvorrichtung, Kran, Kupplungszustand)

Es muss spezifiziert werden, auf welche Weise das Fahrzeug zur Messvorrichtung zu bewegen ist.

4.5 Umgebung

Die Gleise müssen frei von Schmutz und anderen Gegenständen sein, die einen signifikanten Einfluss auf die Messergebnisse haben könnten.

Befindet sich das Fahrzeug während der Messung im Freien, müssen die Auswirkungen von Seitenwind auf die Fahrzeuge minimiert werden (siehe Anhang B.5).

Wurde ein Fahrzeug unmittelbar vor der Durchführung der Messung im Freien abgestellt oder betrieben, müssen die möglichen Einflüsse von Schnee, Eis, Regen und Temperatur minimiert werden.

Bei der Konstruktion oder der Auswahl einer Messvorrichtung müssen die vorherrschenden Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden (siehe auch [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18]). Wenn bestimmte Umgebungsbedingungen die Verwendung der Vorrichtung nicht zulassen, muss dies im Prüfbericht dokumentiert werden.

4.6 Bediener

Der Bediener der Vorrichtung muss über eine entsprechende Ausbildung verfügen und in der Anwendung des Messprozesses geschult sein. Er muss in der Lage sein, Abweichungen vom vorgeschriebenen Prozess zu erkennen.

4.7 Messbericht

4.7.1 Allgemeines

Die Messergebnisse (zu dokumentierende Ergebnisse) müssen zusammen mit allen erforderlichen Informationen über den Messprozess zur Verfügung gestellt werden, damit sie nachvollzogen und beurteilt werden können. Die zu dokumentierenden Ergebnisse müssen mit den für das gemessene Fahrzeug spezifizierten Grenzwerten verglichen werden.

Alle in kN angegebenen Größen müssen mit mindestens zwei Nachkommastellen aufgeführt werden und alle in % angegebenen Größen mit mindestens einer Nachkommastelle.

Ein Beispiel für einen Messbericht einschließlich einer schematischen Darstellung des Fahrzeugs ist in Anhang F angegeben.

4.7.2 Zu dokumentierende Ergebnisse

Alle genannten Kräfte (und Lasten) sind **statische** Kräfte und wirken in **vertikaler** Richtung.

- 1) „Differenz“ bezeichnet einen Unterschied zwischen Kräften.
- 2) „Abweichung“ bezeichnet eine Abweichung von einem Mittelwert von Kräften.
- 3) „Relative Abweichung einer Größe“ bezeichnet eine Abweichung im Verhältnis zu einer mittleren Bezugskraft.
- 4) „Verhältnis“ wird zur Quantifizierung eines Verhältnisses zwischen einem hohen und einem niedrigen Kraftwert verwendet.

Die grundlegenden Größen werden direkt gemessen (zu dokumentierende Ergebnisse), während die abgeleiteten Größen aus den grundlegenden Größen berechnet werden. In Tabelle 1 und Anhang E sind die Radaufstandskräfte eines Fahrzeugs die grundlegenden Größen. Bei einigen speziellen Anwendungen werden die Radaufstandskräfte (Radsatzlasten) oder die Fahrzeugmasse als grundlegende Größen verwendet. In diesem Fall muss die Norm auf ähnliche Weise angewendet werden, wobei nicht alle der unten beschriebenen abgeleiteten Größen verfügbar sind.

Die hier festgelegten und in Tabelle F.1 verwendeten Größen beziehen sich auf ein Fahrzeug. Ein Gliederzug muss wie ein einzelnes Fahrzeug behandelt werden. Für Triebzüge, die aus mehr als einem einzelnen Fahrzeug bestehenden, ist die Gesamtmasse des Zugs als die Summe der Massen der Einzelfahrzeuge definiert. Siehe Tabelle F.2.

Die in Tabelle 1 aufgeführten grundlegenden Größen müssen für jedes Fahrzeug ermittelt und dokumentiert werden. Es muss das unter 4.3.2 für die Räder beschriebene fahrzeugbasierte Bezeichnungssystem verwendet werden.

ANMERKUNG In einigen Fällen können zusätzliche Grenzwerte die Angabe weiterer Größen erforderlich machen. Beispiele für solche Größen sind in Tabelle E.1 im informativen Anhang E angegeben. Größen, die eine Analyse der Radaufstandskraftverteilung ermöglichen, sind in den Tabellen E.2, E.3 und E.4 im informativen Anhang E angegeben.

Tabelle 1 — Grundlegende Größen für die Beurteilung einer Radaufstandskraftverteilung

Größe	Einheit	Formel ^a
Individuelle Radaufstandskraft	kN	$Q_{0,jk}$
Individuelle Radsatzaufstandskraft	kN	$P_{F0,j} = Q_{0,jR} + Q_{0,jL}$ (1)
Individuelle Radsatzlast	t	$P_{0,j} = \frac{Q_{0,jR} + Q_{0,jL}}{g}$ (2)
Relative Radaufstandskraftabweichung pro Radsatz	%	$\Delta q_j = \frac{Q_{0,jR} - Q_{0,jL}}{Q_{0,jR} + Q_{0,jL}}$ (3)
Mittlere Radsatzaufstandskraft eines Fahrwerks	kN	$\bar{P}_{F0,rg,i} = \sum_{j=x}^{x+z-1} \frac{P_{F0,j}}{z}$ (4)
Mittlere Radsatzlast eines Fahrwerks	t	$\bar{P}_{0,rg,i} = \sum_{j=x}^{x+z-1} \frac{P_{0,j}}{z}$ (5)
Relative Radsatzlastabweichung / relative Radsatzaufstandskraftabweichung vorne/hinten innerhalb eines Fahrwerks	%	$\Delta p_j = \frac{P_{0,j} - \bar{P}_{0,rg,i}}{\bar{P}_{0,rg,i}} = \frac{P_{F0,j} - \bar{P}_{F0,rg,i}}{\bar{P}_{F0,rg,i}}$ (6)
Relative seitliche Abweichung Radaufstandskräfte eines Fahrzeugs	%	$\Delta q_{side,veh} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{veh}} (Q_{0,jR} - Q_{0,jL})}{\sum_{j=1}^{n_{veh}} (Q_{0,jR} + Q_{0,jL})}$ (7)
Fahrzeugmasse	t	$m_{veh} = \sum_{j=1}^{n_{veh}} P_{0,j} = \sum_{j=1}^{n_{veh}} \frac{P_{F0,j}}{g}$ (8)

^a Symbole und Indizes sind in Anhang A, Tabelle A.1 aufgeführt.

4.7.3 Sonstige zu dokumentierende Informationen

4.7.3.1 Beschreibung des Fahrzeugs

Folgende Informationen müssen dokumentiert werden:

- 1) eindeutiger Name/Bezeichnung des Fahrzeugs (z. B.: Fahrzeug-Registrierungsnummer);
- 2) Federungszustand (wenn anwendbar);
- 3) Beladungszustand einschließlich möglicher Abweichungen und/oder Korrekturmaßnahmen (siehe 4.3.3.2).

4.7.3.2 Messprozess

Folgende Informationen müssen dokumentiert werden:

- Name der Messanlage;
- Verweis auf die Messprozedur nach 4.4;
- falls nötig, Informationen, die eine eindeutige Zuordnung der dokumentierten Ergebnisse zu den physischen Rädern und Radsätzen des Fahrzeugs ermöglichen (z. B. Fahrzeugorientierung);
- Datum und Uhrzeit der Messung;
- Name des Bedieners;
- eine Checkliste mit relevanten Informationen, um die Einhaltung des Prozesses zu gewährleisten;
- wenn Abweichungen aufgetreten sind und/oder Korrekturmaßnahmen angewendet wurden: Beschreibung der Abweichungen und Korrekturmaßnahmen.

5 Metrologische Bestätigung

5.1 Allgemeines

Die metrologische Bestätigung muss auf den in EN ISO 10012 dargelegten Grundsätzen beruhen. Die folgenden Abschnitte enthalten Informationen zur Verwendung eines Radaufstandskraft-Messsystems.

Sofern nichts anderes angegeben ist, werden alle relativen Abweichungen auf die Messwerte bezogen angegeben.

5.2 Spezifikation des Messprozesses

Die metrologische Bestätigung basiert auf einer vollständigen Beschreibung des Messprozesses. Eine vollständige Beschreibung umfasst alle Elemente des Messprozesses, die die Messunsicherheit beeinflussen. Die Hauptkategorien sind in Bild 1 angegeben.

Die technische Spezifikation muss Folgendes beinhalten, ist jedoch nicht unbedingt auf diese Punkte beschränkt:

- a) Technische Daten der Kraftmessvorrichtung
 - 1) gemessene Größe (einschl. Einheit);
 - 2) Auflösung der Anzeigeeinrichtung;
 - 3) Messbereich;
 - 4) maximale Überlast;

- 5) Temperaturkoeffizient;
 - 6) Schlupfempfindlichkeit;
 - 7) Driftempfindlichkeit;
 - 8) Aufwärmzeit der Kraftaufnehmer;
 - 9) Spezifikation der Kraftmesseinheit;
 - 10) Firmware-Version.
- b) Spezifikation der Lage der Aufstandspunkte (Anordnung / Gleiseigenschaften):
- 1) Spezifikation der Stellen/Bereiche, an/in denen sich die Radsätze der zu messenden Fahrzeuge während der Messung befinden müssen;
 - 2) Spezifikation der Gleisgeometrie (einschl. Einheit).
- c) Technische Beschreibung der zu messenden Fahrzeuge;
- d) Beschreibung der Messprozedur einschließlich aller dominierenden und für die Messunsicherheit relevanten Einflüsse (diese Beschreibung beinhaltet nicht die Vorbereitung der Fahrzeuge):
- 1) Anzahl der Messungen mit Angabe der Richtung und der Fahrzeugorientierung;
 - 2) Maximale Geschwindigkeit des Fahrzeugs während der Messung;
 - 3) Maximale Variation der Geschwindigkeit des Fahrzeugs.
- e) Umgebungsbedingungen.

ANMERKUNG Die Beschreibung des Messprozesses liegt für gewöhnlich in Form eines Benutzerhandbuchs vor. Dieses beinhaltet eine technische Spezifikation.

Andere Parameter des Messsystems, die entweder für die Funktion oder die Messunsicherheit entscheidend sind, müssen genannt und spezifiziert werden.

Sowohl die technischen als auch die betrieblichen Spezifikationen des Messsystems müssen jedes Mal erfüllt werden, wenn es eine Kalibriersequenz oder eine Instandhaltungsprüfung durchlaufen hat.

5.3 Kalibrierung

5.3.1 Statische Kalibrierung der Kraftmesseinheit

Die statische Kalibrierung der Kraftmesseinheiten muss nach EN ISO 7500-1 durchgeführt werden. Diese Spezifikation beschreibt ausführlich eine Methode zur Verifizierung der von einer einachsigen Prüfmaschine erzeugten Kräfte.

ANMERKUNG In einigen Fällen sind die geometrischen Beschränkungen nach Anhang B von EN ISO 7500-1 nicht anwendbar.

Die Kalibrierung muss den in der Spezifikation der Kraftmessvorrichtungen angegebenen Messbereich abdecken. Die Kalibrierunsicherheit muss für jedes angewendete Kraftniveau berechnet werden. Zur Berechnung der erweiterten Messunsicherheit muss der Faktor 2 verwendet werden, entsprechend einem Konfidenzintervall von 95 %.

Neben den Messwerten und der entsprechenden Messunsicherheit muss der Kalibrierbericht die folgenden Kennwerte beinhalten (siehe EN ISO 7500-1):

- 1) maximale relative Abweichung des angezeigten Werts;
- 2) maximaler relativer Wiederholbarkeitsfehler;
- 3) maximaler relativer Beitrag aufgrund der Umkehrspanne (Hysterese);
- 4) maximale relative Nullpunktabweichung;
- 5) relative Auflösung der Anzeigeeinrichtung für das kleinste Kraftniveau.

Diese Größen müssen von Kalibrierdaten abgeleitet werden, die den gesamten in der Spezifikation angegebenen Messbereich der Kraftmesseinrichtung abdecken.

Verfügt die Messvorrichtung über mehr als einen Sensor und hat eine Längsausdehnung, so muss die Kalibrierung für verschiedene Positionen, an denen sich ein Rad befinden kann, durchgeführt werden (z. B. in einem Abstand von 1 m).

5.3.2 Quasi-statische Kalibrierung der Kräfte

Die Kraftmesseinheiten müssen durch eine statische Kalibrierung kalibriert werden, solange das nationale metrologische Institut keine Kalibrierungen für aperiodische dynamische Kräfte zur Verfügung stellt.

Bevor eine neue quasi-statische Kraftmesseinheit in Betrieb genommen wird, muss der Hersteller die Bandbreite festlegen, in der sie Radaufstandskräfte erkennt. Eine dynamische harmonische Kalibrierung über die vorgegebene Bandbreite muss Teil der Erstprüfung sein. Die Frequenzkennlinie des Geräts kann zur Berichtigung der aufgezeichneten Daten verwendet werden.

Nach der Installation der Kraftmesseinrichtungen vor Ort müssen sie statisch kalibriert werden.

Die Leistung des gesamten Messsystems kann durch einen Leistungstest unter Verwendung von einem oder mehreren Referenzfahrzeugen geprüft werden. Die Radsatzaufstandskräfte des Referenzfahrzeugs oder der Referenzfahrzeuge müssen repräsentativ für diejenigen sein, die mit dem Messsystem und dem Messbereich verwendet werden. Die Radkräfte des Referenzfahrzeugs müssen unter Verwendung der unter 4.2.2.1 angegebenen Messmethode ermittelt werden.

Ein Vergleich zwischen statischen und quasi-statischen Ergebnissen zur Qualifizierung der Abweichungen zwischen den beiden Betriebsarten darf nur für Ergebnisse durchgeführt werden, die mit dem Referenzfahrzeug in der gleichen Orientierung und der gleichen Fahrtrichtung erlangt wurden.

Der Eignungstest muss eine Prüfung umfassen mit der sichergestellt wird, dass die Messergebnisse im quasistatischen Modus den jeweiligen richtig zugeordnet werden.

5.4 Verifizierung (Akzeptanzprüfung)

5.4.1 Gleismessung

Alle unter 4.2.3.3 aufgeführten Größen müssen gemessen werden und es muss sichergestellt werden, dass die spezifizierten Anforderungen erfüllt werden.

5.4.2 Akzeptanzkriterien für die Kraftmesseinheiten (statisch)

Die Kraftmesseinrichtung muss den Anforderungen der Klasse 0,5 nach EN ISO 7500-1 entsprechen. Es können auch restriktivere Werte gewählt werden.

Tabelle 2 zeigt alle Grenzwerte für die Akzeptanz von Kraftmesseinheiten. Eine Kraftmesseinheit gilt als akzeptiert, wenn die jeweiligen Kennwerte diese Grenzwerte für kein Kraftniveau überschreiten.

Tabelle 2 — Akzeptanzgrenzen für Kraftmesseinheiten

Kennwert	Grenzwerte für Abweichungen	Grenzwerte für $q_{\max} = \pm 0,5 \%$ (Beispiel)
Maximale relative Abweichung des angezeigten Werts	$\pm q_{\max}$	$\pm 0,5 \%$
Maximaler relativer Wiederholbarkeitsfehler	$a = q_{\max} $	0,5 %
Maximaler relativer Beitrag aufgrund der Umkehrspanne	$\pm 1,5 a$	$\pm 0,75 \%$
Maximale relative Nullpunktabweichung	$\pm \frac{a}{10}$	$\pm 0,05 \%$
Relative Auflösung des Anzeigegegeräts für das kleinste Kraftniveau	$\frac{a}{2}$	0,25 %

5.4.3 Akzeptanzprüfung für quasi-statische (dynamische) Messsysteme

Solange das nationale metrologische Institut keine Kalibrierungen für aperiodische dynamische Kräfte zur Verfügung stellt, muss ein sequentielles Prüfverfahren nach EN ISO 7500-1 verwendet werden, um die Eignung des geprüften Messsystems nachzuweisen. Die Prüfung umfasst den Vergleich zwischen statischen und quasi-statischen (dynamischen) Einzelmessungen an einer Messeinheit.

Hersteller, die quasi-statische (dynamische) Kraftmesssysteme anbieten, müssen geeignete Prüfobjekte für den Eignungstest zur Verfügung stellen. Die Prüfobjekte müssen Massen haben, die den vorgegebenen Messbereich abdecken. Diese Objekte können Fahrzeuge sein.

Die beim Eignungstest zu verwendenden Einzelwerte X müssen durch eine statische Messung der Räder ermittelt werden.

Zur Bewertung der Eigenschaften des Messsystems müssen die E_n -Ziffern für die jeweiligen Kraftniveaus berechnet werden.

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{W_{dyn}^2 + W_{stat}^2}} \quad (9)$$

Dabei ist

- X der unter statischen Bedingungen ermittelte, zu verwendende Einzelwert;
- x das Ergebnis der quasi-statischen (dynamischen) Messung, das unter den gleichen Bedingungen (Orientierung und Richtung bei der Bewegung zur Einrichtung) ermittelt wurde wie der zugewiesene Einzelwert X auf derselben Messeinheit;

W_{stat} die erweiterte relative Messunsicherheit der Messeinheit im statischen Modus;

W_{dyn} die erweiterte relative Messunsicherheit der Messeinheit im quasi-statischen (dynamischen) Modus.

ANMERKUNG 1 Die erweiterten relativen Messunsicherheiten W_{stat} und W_{dyn} können nach Anhang C oder durch andere geeignete Untersuchungen abgeschätzt werden.

ANMERKUNG 2 Die Formel ist nur korrekt, wenn x und X unabhängig sind.

Für die Beurteilung der Eigenschaften gelten folgende Kriterien.

$|En| \leq 1,0$ steht für „zufriedenstellende“ Eigenschaften;

$|En| > 1,0$ steht für „nicht zufriedenstellende“ Eigenschaften.

Ein Eignungstest-Programm kann Verfahren zur Überwachung der Eigenschaften im Verlauf der Zeit beinhalten.

5.5 Untersuchung der Gesamtmessunsicherheit des Messprozesses

Neben den vom Kalibrierprozess unter 5.3.1 und 5.3.2 berücksichtigten Einflüssen gibt es mehrere andere Faktoren, die einen Einfluss auf die gemessenen Radaufstandskräfte haben (siehe Bild 1).

Einige dieser Einflüsse können anhand der in Anhang B angegebenen Informationen eingeschätzt werden. Während der Typprüfung eines Messsystems können weitere Untersuchungen vorgenommen werden. Ein Beispiel für solch eine Untersuchung bei der einige maßgebliche Einflüsse berücksichtigt werden, ist in Anhang C beschrieben.

5.6 Regelmäßige Verifizierung

5.6.1 Spezifikation des Intervalls

Für jede Messvorrichtung muss ein Intervall zwischen der Kalibrierung und Rekalibrierung oder zwischen Rekalibrierungen spezifiziert werden. Dieses Intervall ist üblicherweise ein Jahr lang. Wenn Informationen zur Stabilität des Systemverhaltens verfügbar sind, darf dieses Intervall angepasst werden.

Derartige Informationen können beispielsweise durch die Überwachung von

- 1) Differenzen zwischen Lastsensoren, wenn ein Rad verschiedene Sensoren passiert,
- 2) Differenzen zwischen den Ergebnissen eines bekannten Fahrzeugs (an allen Messeinheiten) innerhalb des Intervalls,
- 3) der Produktstabilität über einen bestimmten Zeitraum (z. B. von in Serie hergestellter Fahrzeuge gleichen Typs),
- 4) Nullsignalen von Sensoren

gesammelt werden.

5.6.2 Kraftmessvorrichtung(en) und Lage der Aufstandspunkte

Das Gleis muss vermessen werden und es muss bestätigt werden, dass die unter 5.4.1 im Detail angegebenen Kriterien erfüllt sind.

Die Kraftmessvorrichtungen müssen nach den unter 5.3 angegebenen Grundsätzen kalibriert und, falls nötig, justiert werden, um die Anforderungen nach 5.4 zu erfüllen.

Anhang A (normativ)

Symbole und Einheiten

Für die Zwecke dieser Europäischen Norm werden die folgenden Symbole und Einheiten, wie in Tabelle A.1 angegeben, verwendet.

Tabelle A.1 — Symbole und Einheiten

Symbol	Erläuterung	Einheit
a^+	Halber Radsatzabstand in einem Drehgestell	mm
a^*	Halber Abstand zwischen Fahrwerken	mm
b_A	Halber Abstand zwischen den Bezugsebenen der Räder eines Radsatzes.	mm
$c_{tA}(2a^+)$	Verwindesteifigkeit eines Drehgestells nach EN 14363	kN/‰
$c_{tA}(2a^*)$	Verwindesteifigkeit eines Fahrzeugs nach EN 14363	kN/‰
E_n	Eignungsparameter (siehe 5.4.2)	-
F_W	Teil der auf einen Radsatz wirkenden Querkraft infolge von Seitenwind	mm
g	Erdbeschleunigung (9,81 m/s ²)	m/s ²
G^+	Verwindungshöhe aufgrund einer Differenz der gegenseitigen Höhenlagen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Radsätzen	mm
G^*	Verwindungshöhe aufgrund einer Differenz der gegenseitigen Höhenlagen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Fahrwerken	mm
g^+	Fahrwerksverwindung	‰ (mm/m)
g^*	Fahrzeugverwindung	‰ (mm/m)
h_G	Höhe des Fahrzeugschwerpunkts über der Schienenoberkante	mm
h_W	Höhe des Angriffspunkts des Seitenwinds über der Schienenkante	mm
i	Fahrwerksnummer (I, II, III, ...)	-
j	Radsatznummer (1, 2, 3, ...)	-
k	Rad (R = rechts, L = links)	-

Symbol	Erläuterung	Einheit
m_{veh}	Fahrzeugmasse	kg
m_{trn}	Zugmasse	kg
n_{veh}	Anzahl der Radsätze pro Fahrzeug	-
$P_{F0,j}$	Individuelle Radsatzaufstandskraft an Radsatz j	kN
$\bar{P}_{F0,i}$	Mittlere Radsatzaufstandskraft des Fahrwerks i	kN
$P_{0,j}$	Individuelle Radsatzlast j	t
$\bar{P}_{0,rg,i}$ (auch $P_{0,m,rg,i}$)	Mittlere statische Radsatzlast des Fahrwerks i	t
$\Delta P_{F,j}$	Radsatzaufstandskraftabweichung innerhalb des Fahrwerks i	kN
ΔP_j	Radsatzlastabweichung innerhalb des Fahrwerks i	t
$\Sigma P_{0,rg,i}$	Summe der statischen Radsatzlasten pro Fahrwerk i	t
Δp_j	Relative Radsatzaufstandskraftabweichung (Radsatzlastabweichung) innerhalb des Fahrwerks i	%
$\Delta p_{rg,i}$	Relative Abweichung der mittleren Radsatzaufstandskräfte (mittlere Radsatzlasten) zwischen zwei Fahrwerken (i und $i+1$) eines Fahrzeugs	%
$Q_{0,jk}$	Individuelle statische Radaufstandskraft des Rads jk	kN
ΔQ_j	Radaufstandskraftdifferenz pro Radsatz j	kN
Δq_j	Relative Radaufstandskraftabweichung pro Radsatz j	%
$\Delta q_{rg,i}$	Relative Radaufstandskraftabweichung im Fahrwerk i	%
$\Delta q_{j,cant}$	Einfluss der Überhöhung auf die gemessene relative Radaufstandskraftabweichung pro Radsatz j	%
$\Delta q_{j,twist}$	Einfluss der Gleisverwindung (oder der Höhendifferenz der Aufstandspunkte) auf die gemessene relative Radaufstandskraftabweichung pro Radsatz j	%

Symbol	Erläuterung	Einheit
$\Delta q_{j,\text{wind}}$	Einfluss des Winds auf die gemessene relative Radaufstandskraftabweichung pro Radsatz j	%
$\Delta q_{\text{side,veh}}$	Relative seitliche Abweichung der Radaufstandskräfte eines Fahrzeugs	%
$\Delta q_{t,j}^*$	Teil der relativen Radaufstandskraftabweichung von Radsatz j verursacht durch die Verwindung des Wagenkastens	%
$\Delta q_{t,j}^+$	Teil der relativen Radaufstandskraftabweichung von Radsatz j verursacht durch die Verwindung des Drehgestells	%
$\Delta q_{w,j}$	Teil der relativen Radaufstandskraftabweichung von Radsatz j verursacht durch das Wankmoment	%
$\Delta q_{tw,j}^*$	Teil der relativen Radaufstandskraftabweichung von Radsatz j verursacht durch die auf ein Fahrwerk wirkende Verwindung des Wagenkastens und das Wankmoment	%
$(Q_{0,\text{max}}/Q_{0,\text{min}})_j$	Verhältnis der Radaufstandskräfte innerhalb von Radsatz j	-
$(\Sigma Q_{0,\text{max}}/\Sigma Q_{0,\text{min}})_{\text{side,veh}}$	Verhältnis der Radaufstandskräfte von einer Seite zur anderen pro Fahrzeug	-
T	Toleranz	%
u	Überhöhung	mm
x	Nummer des ersten Radsatzes im Fahrwerk i	-
y	Anzahl der Fahrwerke pro Fahrzeug	-
Δy_{displ}	Fahrzeug-Querbeschleunigung	mm
z	Anzahl der Radsätze pro Fahrwerk i	-
z_p	Abstand der Spurweitenbezugsebene unterhalb der Fahrfläche	mm
$\Delta z_L, \Delta z_R$	Vertikale Schienenabweichung	mm
$\theta_{\text{lat},j}$	Radaufstandskraftverhältnis in Querrichtung innerhalb eines Radsatzes j	-
$\theta_{\text{lat,veh}}$	Radaufstandskraftverhältnis eines Fahrzeugs in Querrichtung	-
$\theta_{\text{long,rg},i}$	Radsatzlastverhältnis in Längsrichtung innerhalb eines Fahrwerks i	-
$\theta_{\text{long,veh}}$	Verhältnis in Längsrichtung zwischen benachbarten Fahrwerken eines Fahrzeugs	-

Anhang B (informativ)

Einflussparameter / Komponenten der Messunsicherheit

B.1 Einfluss der Querverschiebung

Eine Querverschiebung Δy_{displ} des Fahrzeugs / Radsatzes erzeugt eine signifikante Verschiebung von Kräften. Im Falle eines Fahrzeugs mit symmetrischer Kraftverteilung hat sie folgenden Einfluss:

$$\Delta q_{j,\text{displ}} \approx \frac{2 \cdot \Delta y_{\text{displ}}}{2b_A} \quad (\text{B.1})$$

ANMERKUNG 1 Bei einem Gleis mit der Standardspurweite von 1 435 mm kann für den seitlichen Abstand der Radaufstandspunkte $2b_A = 1\,500$ mm angenommen werden.

ANMERKUNG 2 Es können Zentriereinrichtungen am Gleis und/oder in der Sekundärfederung installiert werden, um den Querverschiebungseinfluss zu reduzieren.

B.2 Einfluss der Überhöhung / gegenseitigen Höhenlage

Eine Überhöhung führt in Abhängigkeit von der Spurweite und der Höhe des Fahrzeugschwerpunkts h_G zu einer Querverschiebung des Schwerpunkts. Eine Überhöhung u hat folgenden Einfluss auf ein Fahrzeug mit symmetrischer Kraftverteilung:

$$\Delta q_{j,\text{cant}} \approx \frac{u \cdot h_G}{2b_A} \cdot \frac{2}{2b_A} \quad (\text{B.2})$$

B.3 Einfluss der Verwindung

Eine Verwindungshöhe $G^+ = g^+ \cdot 2a^+$ aufgrund einer Differenz zwischen den gegenseitigen Höhenlagen zweier aufeinanderfolgender Radsätze führt zu einem erheblichen Einfluss auf die relative Radaufstandskraftabweichung pro Radsatz. Der Einfluss ist abhängig vom Radsatzabstand im Drehgestell $2a^+$, von der mittleren Radaufstandskraft pro Radsatz $\bar{Q}_{0,j}$ und der Verwindesteifigkeit $c_{tA(2a^+)}$ des Drehgestells.

$$\Delta q_{j,\text{twist}}^+ = G^+ \cdot \frac{c_{tA(2a^+)}}{2a^+ \cdot \bar{Q}_{0,j}} \quad (\text{B.3})$$

Eine Verwindungshöhe $G^* = g^* \cdot 2a^*$ aufgrund einer Differenz zwischen den gegenseitigen Höhenlagen zweier aufeinanderfolgender Fahrwerke (Verwindungsfehler) erzeugt einen weiteren Einfluss auf die relative Radaufstandskraftabweichung pro Radsatz. Dieser Einfluss ist abhängig vom Fahrwerkabstand $2a^*$, der mittleren Radaufstandskraft pro Radsatz $\bar{Q}_{0,j}$ und der Verwindesteifigkeit $c_{tA(2a^*)}$ des Fahrzeugs.

$$\Delta q_{j,\text{twist}}^* = G^* \cdot \frac{c_{tA(2a^*)}}{2a^* \cdot \bar{Q}_{0,j}} \quad (\text{B.4})$$

Die Verwindesteifigkeiten $c_{tA}(2a^+)$ und $c_{tA}(2a^*)$ sind in EN 14363 definiert. Die Werte können aus einer Verwindungsprüfung nach EN 14363 entnommen werden.

ANMERKUNG 1 Typische Werte für den Einfluss der Verwindung betragen pro 1 mm Verwindungsfehler G^+ über den Radsatzabstand im Drehgestell ca. ± 1 % der Radaufstandskraft an jedem Radsatz des Drehgestells. Der Einfluss des Verwindungsfehlers über den Fahrzeuggradstand $2a^*$ ist für gewöhnlich geringer.

Es wird empfohlen, den Verwindungsfehler im Messbereich des Drehgestells auf Werte unter 1 mm zu reduzieren.

ANMERKUNG 2 Der Einfluss des Verwindungsfehlers auf das dokumentierte Ergebnis (Mittelwert) kann durch Anordnung mehrerer Messabschnitte in einer Reihe verringert werden (insbesondere im Fall quasi-statischer Messungen). Wenn der Abstand zwischen den Messabschnitten dem Radsatzabstand im Drehgestell $2a^+$ ähnelt, wird der Einfluss der Verwindung erheblich reduziert, da für die Ermittlung Messpaare mit sich aufhebenden Verwindungen verwendet werden.

Der Einfluss ungleicher Radprofile und Raddurchmesser in einem Radsatz ist mit dem Einfluss des Verwindungsfehlers der Gleisgeometrie vergleichbar. Es wird daher empfohlen, bei der Messung der Radaufstandskräfte Radsätze zu verwenden, die erst kürzlich profiliert wurden.

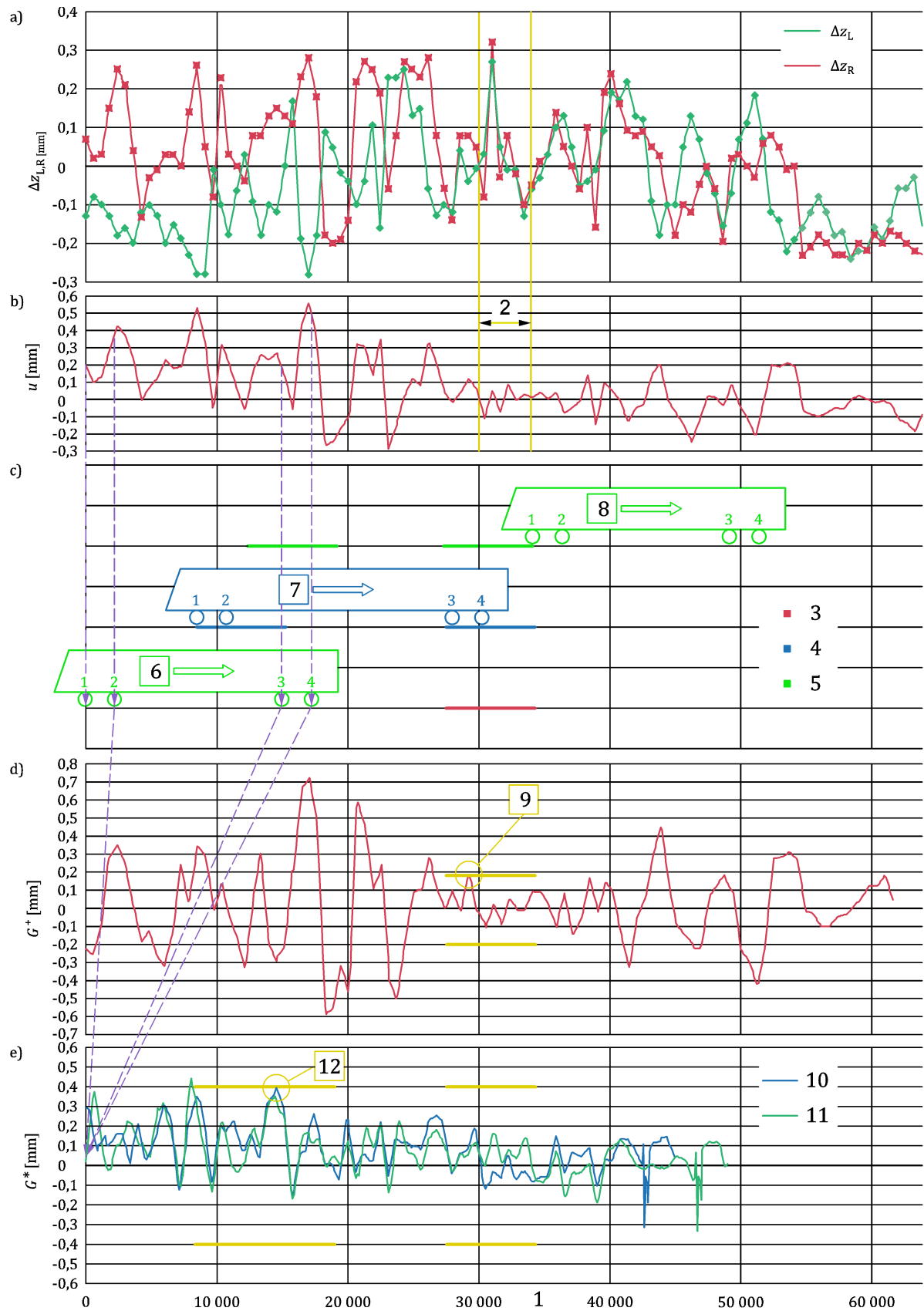
Bild B.1 zeigt in Diagramm a) die Messungen der beiden Schienen Δz_L und Δz_R zusammen mit einer linearen Interpolation der Abschnitte zwischen den Messpunkten. Diagramm b) zeigt die Überhöhung u entlang des Gleises. Ferner ist in den beiden Diagrammen a) und b) die Lage der Messbereiche dargestellt.

In Diagramm c) ist Fahrzeug Nummer zwei in der Ausgangsposition von Radsatz 1 mit einem Verweis auf die entsprechenden Werte von u dargestellt, die für die Berechnung von G^* in der Ausgangsposition herangezogen werden (siehe Diagramm e)). Darüber hinaus ist der entsprechende Bereich von Radsatz eins für die Berechnung der Verwindungshöhen G^+ und G^* entlang des Gleises dargestellt.

Die Diagramme d) und e) zeigen die Verwindungshöhen G^+ und G^* entlang des Gleises, die aus den Überhöhungsdifferenzen zwischen verschiedenen Stellen entlang des Gleises errechnet wurden. Die errechneten Verwindungswerte werden der Position des Radsatzes 1 von zwei verschiedenen Fahrzeugen mit dem vorgegebenen Radsatzabstand $2a^+$ von 2,5 m bei unterschiedlichen Drehgestellabständen $2a^*$ von 15 m (grün) und 19 m (blau) zugeordnet. Darüber hinaus sind die Höchstwerte der Verwindungshöhen G^+ und G^* innerhalb der für Radsatz 1 relevanten Positionen dargestellt.

Das bedeutet, dass die Gleiskoordinaten der letzten beiden Diagramme d) und e) sich immer auf ein bestimmtes Fenster entlang der Gleislänge beziehen. Die im Diagramm dargestellten Verwindungshöhen beziehen sich auf zwei Positionen entlang der Gleislänge. Wenn untersucht werden soll, aus welchem Grund ein hoher oder niedriger Wert vorliegt, müssen die Überhöhungswerte an den jeweiligen Positionen betrachtet werden.

Mit einer solchen Untersuchung werden die Bemühungen zur Verbesserung der Gleislagequalität auf die relevanten Gleisabschnitte und die entsprechende Größe (Verwindungshöhe) ausgerichtet, ohne dass für die gesamte Gleislagequalität eine zu anspruchsvolle Spezifikation hinsichtlich der Ebenheit aufgestellt wird.



Legende

$\Delta z_L, \Delta z_R$ Vertikale Schienenabweichung – Messwerte

u Überhöhung

G^+ Verwindungshöhe zwischen zwei aufeinanderfolgenden Radsätzen eines Drehgestells: $G^+ = u_1 - u_2$

G^* Verwindungshöhe zwischen zwei aufeinanderfolgenden Drehgestellen (oder Fahrwerken):

$$G^* = 0,5 \cdot (u_1 + u_2) - 0,5 \cdot (u_3 + u_4)$$

1 Längsposition des Gleises (Position von Radsatz 1 des Fahrzeugs)

2 Bereich der Messabschnitte (30,0 m bis 34,0 m)

3 Einflussbereich für aufeinanderfolgende Radsätze in einem Drehgestell ($2a^+ = 2,5$ m)

4 Einflussbereich für aufeinanderfolgende Drehgestelle (oder Fahrwerke) in einem Fahrzeug 1 ($2a^* = 19$ m, $2a^+ = 2,5$ m)

5 Einflussbereich für aufeinanderfolgende Drehgestelle (oder Fahrwerke) in einem Fahrzeug 2 ($2a^* = 15$ m, $2a^+ = 2,5$ m)

6 Fahrzeug 2 in Ausgangsposition mit Verweis auf die jeweiligen Werte für u zur Berechnung von G^*

7 Fahrzeug 1 fährt in den Einflussbereich ein: Radsatz 1 an Position 8,5 m, Radsatz 4 gelangt bei 30,0 m in den Bereich der Messabschnitte

8 Fahrzeug 2 verlässt den Einflussbereich: Radsatz 1 an Position 34,0 m

9 Höchstwert für G^+ innerhalb des Einflussbereichs aufeinanderfolgender Radsätze (innerhalb eines Drehgestells mit $2a^+ = 2,5$ m)

10 Verwindungshöhe G^* zwischen zwei aufeinanderfolgenden Drehgestellen (oder Fahrwerken) (Fahrzeug 1, $2a^* = 19$ m, $2a^+ = 2,5$ m)

11 Verwindungshöhe G^* zwischen zwei aufeinanderfolgenden Drehgestellen (oder Fahrwerken) (Fahrzeug 2, $2a^* = 15$ m, $2a^+ = 2,5$ m)

12 Höchstwert für G^* innerhalb des Einflussbereichs für aufeinanderfolgende Drehgestelle (oder Fahrwerke) innerhalb der Fahrzeuge 1 ($2a^* = 19$ m) und 2 ($2a^* = 15$ m)

Bild B.1 — Beispiel für die Ermittlung der Verwindungsfehler G^+ und G^* bezogen auf die Position der Messabschnitte

B.4 Einfluss der Dämpfung

Die Dämpfungsrate der Federung, einschließlich des Dämpfungssystems des Fahrzeugs, kann einen erheblichen Einfluss auf die relative Radaufstandskraftabweichung pro Radsatz haben.

Bei einem Fahrzeug mit Reibungsdämpfung in der vertikalen Federung (z. B. Blattfedern) kann dieser Effekt durch das Messverfahren mit dem Fahrzeug unter Verwindungseinfluss (siehe Anhang C.3) eliminiert werden. Werden Reibungsdämpfer verwendet, kann vorgeschrieben werden, dass sie für die Messung entfernt werden müssen.

Bei einem mit hydraulischen Dämpfern ausgestatteten Fahrzeug, das in der vertikalen Federung eine größtenteils lineare Kennlinie aufweist, ist der Reibungsteil der Dämpfungskraft für gewöhnlich vernachlässigbar (z. B. ungefähr 25 N).

B.5 Seitenwindeffekte

Seitenwind erzeugt ein Moment um die x-Achse des Fahrzeugs, das eine erhebliche Verschiebung der relativen Radaufstandskraftabweichung verursachen kann. Der Einfluss hängt von der Windkraft F_w pro Radsatz, der Höhe des Angriffspunkts des Winds h_w und der mittleren Radaufstandskraft pro Radsatz $\bar{Q}_{0,j}$ ab.

$$\Delta q_{j,\text{wind}} = F_w \cdot \frac{h_w}{2b_A \cdot \bar{Q}_{0,j}} \quad (\text{B.5})$$

Neben diesem direkten Einfluss wird der Seitenwind auch eine Querverschiebung und Wanken des Wagenkastens zur Folge haben. Diese Einflüsse können nach B.1 und B.2 bestimmt werden. Für gewöhnlich sind sie niedriger als der direkte Einfluss.

Dieser Effekt kann reduziert werden, indem die Messvorrichtung entweder in einem Gebäude, hinter einem Windzaun oder in einem Außenbereich mit einer niedrigen erwarteten Seitenwindgeschwindigkeit eingerichtet wird.

ANMERKUNG Weitere Effekte können auftreten, wenn die Fahrzeugform aufgrund von Seitenwind zu Auftrieb führt.

B.6 Temperatureinfluss

Bei Federungsbauteilen aus Gummi kann die Temperatur einen erheblichen Einfluss auf die Steifigkeit und die Höhe haben. Unterschiedliche Temperaturen an verschiedenen Federn können in diesem Fall daher zu Radlastabweichungen führen.

Dieser Effekt lässt sich reduzieren, indem ungleiche Mengen direkter Sonneneinstrahlung auf ein einzelnes Federungsbauteil auf einer Seite eines Radsatzes oder Drehgestells vermieden werden.

Anhang C (informativ)

Untersuchung der Messunsicherheit des Messprozesses

C.1 Allgemeines

Das Ziel einer solchen Untersuchung ist die Ermittlung der Messunsicherheit des gesamten Messprozesses, einschließlich Fahrzeug, Bediener, Umgebung, Messausrüstung und Messverfahren (siehe Tabelle C.1).

Daher ist es notwendig, ein repräsentatives Fahrzeug auszuwählen, welches für die Messung mit der Messausrüstung vorgesehen ist. Soll mit der Messausrüstung ein breites Spektrum verschiedener Fahrzeugkategorien gemessen werden, sollte ein empfindlicher Fahrzeugtyp gewählt werden (im Allgemeinen ein leichtes Fahrzeug mit einem steifen Federungssystem).

C.2 Prüfverfahren

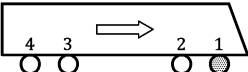
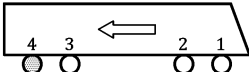
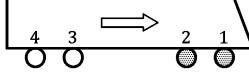
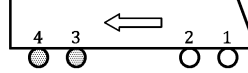
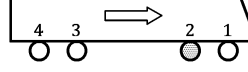
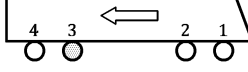
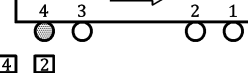
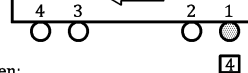
In den Tabellen C.1 und C.2 wird ein Beispiel für ein Prüfverfahren zur Untersuchung der Messunsicherheit des Messprozesses angegeben.

In diesem Fall wird ein Fahrzeug mit vier Radsätzen auf einer Messvorrichtung mit zwei Messabschnitten (vier Einheiten) geprüft. Das Gleis der gesamten Messanlage erfüllt die Anforderungen an die Gleislagequalität für Messungen. Daher ist es möglich, jedes Rad in beiden Messabschnitten in jeder der Hauptmessreihen zu prüfen.

In Messreihe Nr. I wird das Fahrzeug in Orientierung eins (Radsatz 1 ist rechts) und in Richtung eins (nach rechts) über die Messabschnitte bewegt (siehe Tabelle C.1). In Prüfungsreihe Nr. II wird das Fahrzeug in Orientierung eins (Radsatz 1 ist rechts) und in Richtung zwei (nach links) über die Messabschnitte bewegt (siehe Bild C.1). Die Messreihen Nr. I und II werden nacheinander durchgeführt und acht Mal wiederholt, wobei der genaue Zyklus I.a, I.b, ...I.f - II.a, II.b, ... II.f - I.a, I.b, ... I.f, ... lautet.

Nachdem das Fahrzeug um 180° gedreht wurde, werden die Messreihen Nr. III und Nr. IV durchgeführt. In Messreihe Nr. III wird das Fahrzeug in Orientierung zwei (Radsatz 1 ist links) und in Richtung eins (nach rechts) über die Messabschnitte bewegt (siehe Tabelle C.2). In Messreihe Nr. IV wird das Fahrzeug in Orientierung zwei (Radsatz 1 ist links) und in Richtung zwei (nach links) über die Messabschnitte bewegt (siehe Tabelle C.2). Die Messungen Nr. III und IV werden auf ähnliche Weise wie die Messungen Nr. I und II durchgeführt. Sie erfolgen nacheinander und werden acht Mal wiederholt.

Tabelle C.1 — Beispiel für den Prozessablauf einer Untersuchung der Messunsicherheit, Reihen I und II

Nr. I: Orientierung 1, Richtung 1	Nr. II: Orientierung 1, Richtung 2
Nr. I.a Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 	Nr. II.a Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 
Nr. I.b Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 	Nr. II.b Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 
Nr. I.c Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 	Nr. II.c Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 
Nr. I.d Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 	Nr. II.d Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 
Nr. I.e Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 	Nr. II.e Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 
Nr. I.f Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 	Nr. II.f Richtung: Radsatz Nr.  Messeinheiten: 