

DIN EN 14363

ICS 45.060.01

Einsprüche bis 2013-11-27
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 14363:2005-10

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Zulassungsprozess bezüglich der fahrtechnischen Eigenschaften von
Eisenbahnfahrzeugen –
Prüfung des Fahrverhaltens und stationäre Versuche;
Deutsche Fassung prEN 14363:2013**

Railway applications –
Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles –
Running Behaviour and stationary tests;
German version prEN 14363:2013

Applications ferroviaires –
Essais en vue de l'homologation du comportement dynamique des véhicules ferroviaires –
Essais en ligne et à poste fixe;
Version allemande prEN 14363:2013

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-09-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN (Hausanschrift: 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 199 Seiten

Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14363:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

Dieses Dokument beruht auf der Grundlage einer englischen Referenzfassung.

HINWEIS: Bei diesem Norm-Entwurf handelt es sich lediglich um eine Rohübersetzung. Aufgrund des Umfangs dieses Dokuments und des engen Zeitplans konnte ein genauer Abgleich der beiden Sprachfassungen nicht durchgeführt werden. Im Falle von Unklarheiten ist daher die Referenzfassung (prEN 14363:2013) ausschlaggebend.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14363:2005-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) das Thema „Beurteilung des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs mit kleinen Rädern in gebogenen Kreuzungen“ wurde als Anhang E hinzugefügt;
- b) das Koordinatensystem für Messgrößen wurde als Anhang F hinzugefügt;
- c) das Thema „Zusätzliche Größen für die Beurteilung der Gleisermüdung“ wurde als Anhang G hinzugefügt;
- d) das Thema „Statistische Auswertung“ wurde, jetzt im Anhang H, um die Auswertung der kombinierten Schienenlastgröße B_{qst} und um Überrollkriterium erweitert;
- e) das Thema „Multilineare Auswertung“ wurde als Anhang I hinzugefügt;
- f) „zusätzliche Informationen für die multilineare Auswertung“ wurde als Anhang J hinzugefügt;
- g) „Simulationen“ werden jetzt ausführlich im Anhang K behandelt;
- h) das Thema „Erweiterung der Zulassung“ wurde als Anhang L für Streckenfahrversuche hinzugefügt;
- i) das Thema „Geometrische Gleislagequalität – Auswahl der Prüfabschnitte“ wurde als Anhang M hinzugefügt;
- j) der „Hintergrund der Beschreibung der Gleislagequalität und Beispiel einer Präsentation“ wurde als Anhang N hinzugefügt;
- k) im neuen Anhang O werden die „Anforderungen für die Auswertung der äquivalenten Konizität“ behandelt;
- l) der „Radialstellungsindex“ wurde als Anhang P eingeführt;
- m) die „Schienenprofilmessung“ wird im neuen Anhang Q dargestellt;
- n) die Formelzeichen und „Symbole“ werden nun im neuen Anhang R erläutert;
- o) die „Betriebsparameter“ werden im neuen Anhang S beschrieben;

- p) der neue Anhang T gibt das Thema „Typische maximale Schätzwerte des Schwingungsverhaltens unter Prüfbedingungen von UIC 518 und EN 14363:2005“ wieder;
- q) das „Fahrverhalten von Spezialfahrzeugen“ wird im neuen Anhang U behandelt; und
- r) im neuen Anhang V wird die „Position der verschiedenen Radsätze während der Prüfung“ dargestellt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 14363: 2005-10

— Leerseite —

Bahnanwendungen — Zulassungsprozess bezüglich der fahrtechnischen Eigenschaften von Eisenbahnfahrzeugen — Prüfung des Fahrverhaltens und stationäre Versuche

Applications ferroviaires — Essais en vue de l'homologation du comportement dynamique des véhicules ferroviaires — Essais en ligne et à poste fixe

Railway applications — Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles — Running Behaviour and stationary tests

ICS:

Deskriptoren

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

STD Version 2.5a

Inhalt

Seite

Vorwort	7
Einleitung.....	8
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe	12
4 Abweichungen von Anforderungen.....	16
5 Prüfungsanforderungen.....	16
5.1 Messunsicherheiten	16
5.2 Prüfumfang	16
5.2.1 Allgemeines	16
5.2.2 Ausfallzustände	16
5.3 Versuchsfahrzeug	17
5.3.1 Auswahl des Fahrzeugs	17
5.3.2 Aktueller Zustand.....	17
5.3.3 Beladezustände.....	17
5.3.4 Verteilung der statischen Radaufstandskräfte	18
5.4 Beurteilung der Prüfergebnisse	18
5.5 Dokumentation der Prüfung	19
6 Erster Schritt – Beurteilung	19
6.1 Sicherheit gegen Entgleisen auf Gleisverwindungen	19
6.1.1 Allgemeines	19
6.1.2 Messwerterfassung	21
6.1.3 Bedingungen für die Schienenprüfung	21
6.1.4 Bedingungen für die Fahrzeugprüfung	22
6.1.5 Prüfverfahren	23
6.2 Sicherheit gegen Entgleisen unter Längsdruckkräften in S-förmigen Bögen	40
6.3 Bewertung des Verwindekoeffizienten eines Wagenkastens c_t^*	40
6.4 Beurteilung des Neigungskoeffizienten	41
6.4.1 Allgemeines	41
6.4.2 Beurteilungsanforderungen	41
6.4.3 Prüfbedingungen	41
6.4.4 Verfahren 1: stationäre Prüfungen.....	42
6.4.5 Verfahren 2 – Streckenfahrversuche.....	44
6.5 Beanspruchung der abweichenden Weichenzunge.....	45
6.6 Fahrsicherheit in Bogenkreuzungen für Fahrzeuge mit kleinen Rädern	45
7 Zweiter Schritt – Beurteilung des dynamischen Fahrverhaltens	45
7.1 Allgemeines	45
7.2 Art des Messverfahrens und Streckenfahrversuche	47
7.2.1 Auswahl des Messverfahrens	47
7.3 Durchführung von Streckenfahrversuchen	49
7.3.1 Allgemeines	49
7.3.2 Prüfbereiche und Auswerteabschnitte	53
7.3.3 Erweiterung der Prüfungen	54
7.3.4 Prüfungsbetrieb	55
7.4 Messgrößen und Messpunkte	55
7.5 Beurteilungsgrößen und Grenzwerte	57
7.5.1 Allgemeines	57
7.5.2 Fahrsicherheit	60
7.5.3 Fahrwegbeanspruchung	61

7.5.4	Schwingungsverhalten	62
7.6	Prüfungsauswertung	62
7.6.1	Aufzeichnung der Messsignale	62
7.6.2	Statistische Auswertung in Prüfbereichen	62
7.6.3	Auswertung der Prüfergebnisse in Übergangsbögen	70
7.6.4	Überprüfung der Stabilität	70
7.6.5	Untersuchung der niedrig gedämpften Wankbewegung des Wagenkastens	70
7.7	Dokumentation	70
7.7.1	Allgemeines	70
7.7.2	Beschreibung der Fahrzeugkonstruktion und dem Status des geprüften Fahrzeuges	71
7.7.3	zusätzliche Informationen für zukünftige Erweiterung der Zulassung	71
7.7.4	Beschreibung der Prüfstrecken	71
7.7.5	Beschreibung der Datenerfassung	71
7.7.6	Beschreibung der Auswertung	72
7.7.7	Prüfergebnisse (einschließlich zusätzlicher Informationen für die Modelluntersuchung)	72
7.7.8	Fehlbeträge beim Erreichen der angestrebten Prüfbedingungen	73
Anhang A	(informativ) Informationen über die Sicherheit gegen Entgleisen	74
A.1	Faktoren, die ein Entgleisen von Fahrzeugen auf Gleisverwindungen beeinflussen	74
A.1.1	Einflüsse der Radentlastung	74
A.1.2	Einflüsse der Führungskraft	74
A.2	Auswertung und Grenzwert für Sicherheit gegen Entgleisen	75
A.3	Reibungsbedingungen während der Prüfungen auf ausgewählten Gleisen	77
A.4	Besondere Bedingungen für Fahrzeuge mit Luftfedern	78
A.4.1	Allgemeines	78
A.4.2	4-Punkt-Steuerung der Luftfedern	79
A.4.3	3-Punkt-Steuerung der Luftfedern mit Längsausgleich	79
A.4.4	2-Punkt-Steuerung der Luftfedern	79
A.5	Prüfverwindebedingungen für Gelenkfahrzeuge	80
A.6	Bedingungen für Prüfverwindungen bei Fahrzeugen mit mehr als zwei Federstufen	85
A.7	Berechnung der Beilagenhöhen (Prüfverfahren 1)	86
A.8	Durchführung und Auswertung eines Verwindeversuchs für ein Fahrzeug mit zwei Radsätzen (Verfahren 2)	88
A.8.1	Allgemeines	88
A.8.2	Anforderung an den Prüfstand	88
A.8.3	Durchführung der Verwindeprüfung	88
A.8.4	Auswerten von Verwindediagrammen	90
A.9	Durchführung und Auswertung einer Verwindeprüfung für ein Fahrzeug mit zwei Drehgestellen mit zwei Radsätzen (Verfahren 2)	91
A.9.1	Allgemeines	91
A.9.2	Anforderungen an den Prüfstand	92
A.9.3	Durchführung und Auswertung einer kombinierten Wagenkasten- und Drehgestellverwindeprüfung	92
A.9.4	Durchführung von getrennten Verwindeversuchen auf Basis des Drehgestellabstandes $2a^*$ und des Radsatzabstandes $2a^+$ (Prüfverfahren 2)	94
Anhang B	(normativ) Computersimulationen zum Nachweis der Sicherheit gegen Entgleisen beim Befahren von Gleisverwindungen bei niedrigen Geschwindigkeiten	100
B.1	Allgemeine Anforderungen	100
B.2	Simulationsergebnisse	100
B.3	Fahrwegmodell	100
B.4	Ausdrehmoment zwischen Wagenkasten und Fahrwerk	101
B.5	Zulassungsbedingung	101
Anhang C	(normativ) Prüfungen für die Bestimmung des Verwindekoefizienten c_t^* eines Wagenkastens	103
C.1	Messung der Kraftverformung direkt am Wagenkasten	103
C.2	Messung der Kraftverformung an den Kontaktpunkten zwischen Rad und Schiene nach Blockieren der Federung(en) zwischen Radsatz (Drehgestellrahmen) und Wagenkasten	104

Anhang D (informativ) Prüfspezifikation zur Beurteilung des Fahrzeugverhaltens in Weichen und Kreuzungen	105
D.1 Einleitung.....	105
D.2 Begriffe	105
D.3 Prüfbedingungen	105
D.4 Beurteilung der Prüfergebnisse	106
D.5 Dokumentation.....	107
Anhang E (informativ) Beurteilung des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs mit kleinen Rädern in gebogenen Kreuzungen	109
E.1 Zweck	109
E.2 Bereich der Anwendung	109
E.3 Beschreibung der Kreuzungsgeometrie	109
E.4 Prüfbedingungen	112
E.4.1 Allgemeines	112
E.4.2 Verfahren 1: Querkräfte und Angriffswinkel	113
E.4.3 Verfahren 2: Untersuchung des Aufpralls am Herzstück der Kreuzung.....	113
E.4.4 Grenzwerte	113
E.4.5 Beurteilung	114
E.4.6 Befreiung	114
E.4.7 Simulation.....	115
Anhang F (normativ) Koordinatensystem für Messgrößen	116
Anhang G (informativ) Zusätzliche Größen für die Beurteilung der Gleisermüdung.....	117
G.1 Allgemeines.....	117
G.2 Maximale Querkraft $Y_{a,max}$	117
G.3 Kombination lateraler und vertikaler Kräfte.....	117
Anhang H (normativ) Statistische Auswertung	119
H.1 Ziele und Grundsätze der statistischen Analyse.....	119
H.2 Bestimmung der Frequenzwerte für jeden Gleisabschnitt.....	120
H.3 Vorbereitung der Stichproben.....	121
H.4 Berechnung der statistischen Größen einer Stichprobe.....	121
H.5 Eindimensionale Analyse für Maximalschätzwerte.....	122
H.6 Zweidimensionale Analyse für Schätzwerte	122
H.7 Auswertung der kombinierten Schienenlastgröße B_{qst}	123
H.8 Auswertung und Hintergrund der Größe für Schienenoberflächenbeschädigung T_{qst}	123
H.9 Statistische Auswertung für das Überrollkriterium	125
H.10 Prüfung für die normale Verteilung	126
H.11 Prüfung für alternative Verteilung.....	126
H.12 Verfahren, wenn die Mindestanzahl der Abschnitte nicht erfüllt wird	126
H.12.1 Eindimensionales Auswertungsverfahren.....	126
H.12.2 Auswertung der quasistatischen Beurteilungsgrößen.....	127
H.12.3 Zweidimensionales Auswertungsverfahren	128
Anhang I (informativ) Multilineare Auswertung	129
I.1 Grundsätze zur Bestimmung der Schätzwerte unter Verwendung der multilinearen Auswertung	129
I.2 Prüfbedingungen – zulässige Bereiche und Zielwerte für die Auswertung	130
I.3 Festgelegtes Verfahren für die Korrektur von Schätzwerten.....	131
I.4 Festgelegtes Verfahren für die multilineare Bestimmung des Schätzwertes	132
I.5 Dokumentation.....	134
Anhang J (informativ) Zusätzliche Informationen zur multilinearen Auswertung.....	135
J.1 Technische und statistische Theorie.....	135
J.2 Praktische Einschränkungen	136
J.3 Vergleich von Ergebnissen unter Verwendung verschiedener Arten der Regression	136
Anhang K (informativ) Simulation	139
K.1 Einleitung.....	139
K.2 Bereich der Anwendung	139

K.2.1	Allgemeines	139
K.2.2	Erweiterung des Bereichs der Prüfbedingungen.....	139
K.2.3	Zulassung von Fahrzeugen nach Änderung	140
K.2.4	Zulassung neuer Fahrzeuge durch Vergleich mit einem bereits zugelassenen Referenzfahrzeug	140
K.2.5	Untersuchung des dynamischen Fahrverhaltens im Fall von Ausfallzuständen	141
K.3	Validierung	142
K.3.1	Allgemeine Grundsätze.....	142
K.3.2	Fahrzeugmodell	142
K.3.3	Validierung des Fahrzeugmodells	142
K.4	Eingabedaten	151
K.4.1	Einleitung	151
K.4.2	Fahrzeugmodell	151
K.4.3	Fahrzeugkonfiguration.....	151
K.4.4	Gleisdaten	152
K.4.5	Gleismodellparameter.....	153
K.4.6	Rad-Schiene-Berührgeometrie	153
K.4.7	Schienenoberflächenbedingungen	153
K.4.8	Fahrtrichtung	154
K.4.9	Geschwindigkeit.....	154
K.4.10	Position des Fahrzeugs im Zugverband	154
K.4.11	Frequenzinhalte von Simulationen.....	155
K.5	Ausgabe	155
K.5.1	Verfahren zur Bestimmung der Schätzwerte von der Simulation	155
K.6	Bericht	156
K.7	Beispiele für die Modellvalidierung (nur empfohlen)	156
Anhang L (normativ) Erweiterung der Zulassung – Bestimmung des Prüfverfahrens und Prüfungsumfangs für Streckenfahrversuche		164
L.1	Allgemeines	164
L.2	Bestimmung des Sicherheitsfaktors λ	168
L.3	Befreiung	169
L.3.1	Allgemeines	169
L.3.2	Spezialfälle	169
L.4	Prüfen der Basisbedingungen für das vereinfachte Verfahren (siehe 7.2.1.2)	170
L.5	Anforderungen in Abhängigkeit der Erstzulassung	170
Anhang M (normativ) Geometrische Gleislagequalität – Auswahl der Prüfabschnitte		172
M.1	Basis der Auswertung.....	172
M.2	Beurteilungsgrößen für die geometrische Gleislagequalität.....	172
M.3	Verschiedene Messsysteme.....	173
M.4	Angestrebte Prüfbedingungen.....	174
M.5	Berichterstattung.....	176
Anhang N (informativ) Hintergrund der Beschreibung der Gleislagequalität und Beispiel einer Präsentation		177
N.1	Hintergrund der Beschreibung der Gleislagequalität.....	177
N.2	Beispiel einer Darstellung des Prüfberichts.....	177
N.2.1	Daten (fiktiv).....	177
N.2.2	Diagramm, das die Daten für die Gleisabschnitte darstellt	179
Anhang O (normativ) Anforderungen für die Auswertung der äquivalenten Konizität		180
Anhang P (informativ) Radialstellungsindex.....		181
P.1	Einleitung	181
P.1.1	Berechnung des Radialstellungsindex	182
P.1.2	Repräsentativer Wert für einen Gleisabschnitt	184
Anhang Q (normativ) Schienenprofilmessung		185
Q.1	Allgemeines	185
Q.2	Manuelle Messungen	185
Q.2.1	Messungen für die äquivalente Konizität.....	185

Q.2.2	Messungen für den Radialstellungsindex.....	185
Q.3	Automatische Messungen	185
Anhang R (normativ)	Symbole.....	186
Anhang S (informativ)	Betriebsparameter	189
Anhang T (informativ)	Typische maximale Schätzwerte des Schwingungsverhaltens unter Prüfbedingungen von UIC 518 und EN 14363:2005	190
Anhang U (normativ)	Fahrverhalten von Spezialfahrzeugen.....	191
U.1	Allgemeines	191
U.2	Fahrzeugkonstruktion und -klassifizierung	191
U.3	Verwendung des vereinfachten Messverfahrens	192
U.4	Prüfbedingungen	192
Anhang V (informativ)	Position der verschiedenen Radsätze während der Prüfung	193
Literaturhinweise		194

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14363:2013) 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 wird EN 14363:2005 ersetzen.

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 basiert auf der Erstausgabe EN 14363:2005 und berücksichtigt weitere Entwicklungen, die in EN 15686, EN 15687, EN 15839, und UIC 518:2009 veröffentlicht wurden. Weitere Informationen der Berichte ERRI B 55, RP 8 und ERRI C 138 wurden während der Erstellung dieser Ausgabe berücksichtigt.

Durch Veröffentlichung dieser Norm werden EN 15686 und EN 15687 zurückgezogen und sind somit veraltet.

Einleitung

Für den sicheren und ökonomischen Betrieb eines Eisenbahnsystems sind akzeptable, fahrtechnische Eigenschaften eines Schienenfahrzeugs (nachfolgend Fahrzeug genannt) wesentlich. Sie beziehen sich auf:

- das Fahrzeug;
- die Betriebsbedingungen;
- die Eigenschaften der Infrastruktur (Trassierung und Gleislagequalität); und
- die berührgeometrischen Bedingungen der Schnittstelle Rad-Schiene.

Ziel ist es, das Verhalten des Fahrzeugs unter bekannten, repräsentativen Betriebs- und Infrastrukturbedingungen zu quantifizieren.

Diese Norm beschreibt Verfahren, mit denen das Verhalten des Fahrzeugs in den folgenden Bereichen beurteilt werden kann:

- Sicherheit gegen Entgleisen in Gleisverwindungen (siehe 6.1);
- Fahrsicherheit unter Einfluss von Längsdruckkräften in S-Bögen (siehe 6.2);
- Ermittlung des Verwindungskoeffizienten (siehe 6.3);
- Ermittlung des Neigungskoeffizienten (siehe 6.4);
- Beanspruchung der abzweigenden Weichenzunge (siehe 6.5);
- Fahrsicherheit in Bogenkreuzungen (siehe 6.6);
- Fahrsicherheit, Fahrwegbeanspruchung und Schwingungsverhalten (siehe Abschnitt 7).

Das Verhalten des Fahrzeugs wird in zwei Schritten beurteilt. Üblicherweise werden im ersten Schritt die grundlegenden Eigenschaften und das Verhalten bei niedriger Geschwindigkeit untersucht, bevor erste Fahrten auf der Strecke unter kontrollierten Betriebsbedingungen erfolgen. Im zweiten Schritt wird das Fahrverhalten beurteilt. Die Beurteilung eines Fahrzeugs nach den oben aufgelisteten Elementen kann entweder durch physisches Prüfen, Simulation bzw. Berechnung oder durch Vergleich mit einer bekannten Lösung (Versuchsbefreiung) durchgeführt werden. In diesem Dokument werden Einzelheiten zu den Anforderungen für die Wahl der geeigneten Beurteilungsmethode angegeben.

Im Prüfbericht wird angegeben, mit welchen Kombinationen von Betriebsbedingungen (Geschwindigkeit und Überhöhungsfehlbetrag) das Fahrzeug beurteilt wird.

Bei der Erstellung dieses Dokuments wurde von bestehenden Regeln, Verfahrensweisen und der Betriebspraxis ausgegangen. Die folgenden Grundlagen wurden angewendet:

- 1) Das System Eisenbahn setzt umfassende technische Regeln voraus, damit ein störungsfreies Zusammenwirken der Systemkomponenten Fahrzeug und Fahrweg sichergestellt werden kann.
- 2) Das Verhalten neuer Schienenfahrzeuge muss bewertet und beurteilt werden, bevor sie in Betrieb genommen werden.

- 3) Es ist von besonderer Bedeutung, dass auch bei Änderungen von Konstruktion oder Betriebsbedingungen (z. B. durch die Einführung höherer Geschwindigkeiten, höherer Radaufstandskräfte, Modifizierungen der Federung usw.) das bestehende Niveau bezüglich Sicherheit und Verfügbarkeit nicht beeinträchtigt wird.
- 4) Es ist möglich, die Einhaltung mit den Anforderungen dieser Norm durch Vergleich relevanter Parameter oder durch Simulation nachzuweisen, wenn Änderungen hinsichtlich der Konstruktion oder der Betriebsbedingungen durchgeführt wurden.
- 5) Da die Kombination aller beschriebenen, angestrebten Prüfbedingungen nicht immer erreicht werden kann, kann die Einhaltung der fehlenden, angestrebten Prüfbedingungen durch andere Maßnahmen nachgewiesen werden.

Vor der ersten Ausgabe dieser Norm wurden nationale Verfahren für die Fahrzeugzulassung angewendet, zum Beispiel DIN 5550 und UK Railway Group Standards. Die diesen früheren Normen zugrunde liegenden Prinzipien finden auch in dieser Norm Anwendung. Deren Grundlagen wurden nicht geändert, aber die Formulierung der Anforderungen wurde konsistent gemacht. Deshalb werden Fahrzeuge, die nach Anforderungen der früheren Normen zugelassen wurden, als gleichwertig mit Fahrzeugen betrachtet, die nach dieser Norm zugelassen werden. Das bezieht sich auf die Infrastruktur- und Betriebsbedingungen, die der früheren Zulassung zugrunde liegen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Verfahren für die Beurteilung der fahrtechnischen Eigenschaften von Schienenfahrzeugen für das Europäische Streckennetz der Normalspurweite (nominal 1 435 mm) fest.

Zusätzlich zur Beurteilung der fahrtechnischen Eigenschaften von Fahrzeugen zu Abnahmezwecken definiert diese Norm auch Beurteilungsgrößen und Zusammenhänge, die nicht direkt für Abnahmezwecke verwendet werden. Diese Informationen sind beispielsweise für die Validierung von Simulationsmodellen bestimmt. Sie können auch für die Festlegung von Betriebsbedingungen außerhalb der für die Abnahme anzuwendenden Referenzbedingungen verwendet werden.

Die Bewertung der fahrtechnischen Eigenschaften erfolgt für Fahrzeuge:

- die neu entwickelt wurden;
- mit relevanten Konstruktionsänderungen; oder
- mit Änderungen der Betriebsbedingungen.

Die Beurteilungsverfahren basieren auf festgelegten, angestrebten Prüfbedingungen (siehe 3.1), die in dieser Norm angegeben sind und gelten für ebenfalls festgelegte Referenzbedingungen der Infrastruktur (siehe 3.2) in Kombination mit den für die Fahrzeuge festgelegten maximalen Betriebsbedingungen (Geschwindigkeit und Überhöhungsfehlbetrag). Diese Norm ermöglicht auch den Nachweis der Einhaltung der angestrebten Prüfbedingungen für den Fall, dass ihre Kombinationen im Versuch nicht erfüllbar sind.

ANMERKUNG 1 Nationale Regelungen dürfen, basierend auf Sicherheitsüberlegungen, bei denen die lokalen Eigenschaften der Infrastruktur (Trassierung, Gleislagequalität und berührgeometrische Bedingungen) berücksichtigt werden, eine Erhöhung oder Minderung der Werte für Geschwindigkeit und Überhöhungsfehlbetrag erlauben. Die lokalen Eigenschaften der Infrastruktur können sich dabei von denen unterscheiden, die der Beurteilung des Fahrzeugs bei der Abnahme zugrunde liegen.

ANMERKUNG 2 Für Infrastrukturbedingungen, die anspruchsvoller sind als die Referenzbedingungen, wird der sichere Betrieb des Fahrzeugs durch allgemeine betriebliche Regelungen erreicht. Diese Regelungen werden auf nationaler Basis festgelegt. Das Verfahren zur Ableitung dieser betrieblichen Regelungen liegt außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm.

ANMERKUNG 3 Es ist derzeit allgemeine Praxis, den Überhöhungsfehlbetrag in Bögen unterhalb eines gewissen Bogenradius zu reduzieren.

ANMERKUNG 4 Es wird angenommen, dass Fahrzeuge, die den Anforderungen dieser Norm entsprechen, sicher auf Infrastrukturen betrieben werden können, deren Bedingungen anspruchsvoller sind als die Referenzbedingungen, wenn die zurzeit gültigen, allgemeinen betrieblichen Regelungen angewendet werden. Es kann notwendig sein, diese betrieblichen Regelungen anzupassen, wenn eine Verschlechterung der Infrastrukturbedingungen beobachtet wird.

ANMERKUNG 5 Die Verfahren dieser Norm können auch verwendet werden, um Informationen zur Kompatibilität zwischen Fahrzeug und Infrastruktur zu sammeln, wenn die Infrastrukturbedingungen anspruchsvoller als die Referenzbedingungen sind. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen können zur Bestimmung sicherer betrieblicher Regelungen für solche Infrastrukturbedingungen genutzt werden.

Wenn die Prüfung des Fahrzeugs zeigt, dass die fahrtechnischen Eigenschaften bei maximaler Geschwindigkeit und maximalem Überhöhungsfehlbetrag unter Infrastrukturbedingungen, die anspruchsvoller als die Referenzbedingungen sind, den Anforderungen dieser Norm genügen, so wird empfohlen, dass die Ergebnisse solcher Untersuchungen (Prüfung und nachgewiesene Betriebsbedingungen) dokumentiert werden, um unnötiges Prüfen in unterschiedlichen Ländern zu vermeiden.

Diese Norm spricht vier Aspekte an:

Fahrzeug

Die Beurteilung der fahrtechnischen Eigenschaften ist prinzipiell für alle Schienenfahrzeuge durchzuführen. Das Dokument beinhaltet Abnahmekriterien für alle Fahrzeugtypen mit einer vertikalen Radsatzkraft bis zu 225 kN. Zusätzlich sind die Abnahmekriterien für Güterfahrzeuge mit vertikalen Radsatzkräften von bis zu 250 kN festgelegt. Die Abnahmekriterien dieses Dokumentes gelten für Fahrzeuge, die für den Betrieb auf Normalspurgleisen konstruiert wurden.

Infrastruktur

Im Abnahmeverfahren ist der Bereich der Bogenradien festgelegt, in denen das Fahrzeug beurteilt wird. Ein Fahrzeug, das nach den Anforderungen dieser Norm zugelassen wurde, ist fähig, auf allen Gleisen mit Standardspurweite nach EN 13803-1 und EN 13803-2 betrieben zu werden.

Dieses Dokument gibt auch einen Hinweis zur Handhabung der geometrischen Gleislagequalität im Zusammenhang mit der Beurteilung des Fahrzeugs.

Bedingungen der Schnittstelle Rad-Schiene

Das Dokument beinhaltet Anforderungen, die sich auf den Bereich der äquivalenten Konizität beziehen, der als Referenzbedingung in der Beurteilung zu berücksichtigen ist.

In manchen Fällen können nationale Systeme, ganz oder teilweise und kurz- oder mittelfristig diese Referenzbedingungen für äquivalente Konizität nicht einhalten. Diese Fälle liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm. Dennoch kann die in dieser Norm für den Nachweis der Laufstabilität festgelegte Methodik für höhere äquivalente Konizitäten verwendet werden.

ANMERKUNG 6 In diesen Fällen kann die Fahrsicherheit durch die Verwendung bisher angewandter nationaler Anforderungen für hohe äquivalente Konizitäten während der Stabilitätsprüfungen nachgewiesen werden.

Betriebsbedingungen

Die Kombination von Geschwindigkeit und Überhöhungsfehlbetrag ist für jeden Fahrzeugtyp festzulegen.

ANMERKUNG 7 Empfohlene Werte der Überhöhungsfehlbeträge für eine weite internationale Zulassung sind in Anhang S angegeben.

Diese Norm ist nicht direkt anwendbar für:

- Bahnen mit abweichender Trassierung; z. B. Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen;
- Bahnen, die keine Normalspur aufweisen;

aber die Beurteilung kann durch Vergleich mit diesem Dokument durchgeführt werden, z. B. können die in dieser Norm beschriebenen Prüfverfahren auch auf Fahrzeuge angewendet werden, die in Netzen mit anderen Spurweiten (z. B. 1 524 mm und 1 668 mm) betrieben werden. Die darauf bezogenen Grenzwerte und Prüfbedingungen können abweichen. Sie sind unter Berücksichtigung der Gleiskonstruktion und Betriebsbedingungen in nationaler Verantwortung festgelegt.

ANMERKUNG 8 Die Festigkeit des Fahrzeugs und der Anbauteile, die Beanspruchung von Fahrgästen und Personal durch Erschütterungen, Fahrkomfort und Ladungssicherheit sowie Effekte durch Seitenwind liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm.

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).

prEN 13848-6:2012, *Bahnanwendungen — Oberbau — Qualität der Gleisgeometrie — Teil 6: Charakterisierung der geometrischen Gleislagequalität*

prEN 16235, *Bahnanwendungen - Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen — Güterwagen — Bedingungen für Güterwagen mit definierten Eigenschaften zur Befreiung von Streckenfahrversuchen nach EN 14363*

EN 13674-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Schienen — Teil 1: Vignolschienen ab 46 kg/m*

EN 13715, *Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Räder — Radprofile*

EN 13803-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Linienführung in Gleisen — Spurweiten 1 435 mm und größer — Teil 1: Durchgehendes Hauptgleis*

EN 13803-2, *Bahnanwendungen — Oberbau — Linienführung in Gleisen — Spurweiten 1 435 mm und größer — Teil 2: Weichen und Kreuzungen sowie vergleichbare Trassierungselemente mit unvermittelter Krümmungswechsel*

EN 13848-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleislagequalität — Teil 1: Beschreibung der Gleisgeometrie*

EN 13848-2, *Bahnanwendungen — Oberbau — Qualität der Gleisgeometrie — Teil 2: Messsysteme — Gleismessfahrzeuge*

EN 13848-5:2008, *Bahnanwendungen — Oberbau — Qualität der Gleisgeometrie — Teil 5: Geometrische Qualitätsstufen — Gleise*

EN 15302, *Bahnanwendungen — Verfahren zur Bestimmung der äquivalenten Konizität*

EN 15273-1, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 1: Allgemeines — Gemeinsame Vorschriften für Infrastruktur und Fahrzeuge*

EN 15273-2, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 2: Fahrzeugbegrenzungslinien*

EN 15663, *Bahnanwendungen — Definition der Fahrzeugreferenzmassen*

EN 15839, *Bahnanwendungen — Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen — Güterwagen — Prüfung der Fahrsicherheit unter Längsdruckkräften*

EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

UIC 505-1:2006, *Eisenbahnfahrzeuge — Fahrzeugbegrenzungslinien*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

angestrebte Prüfbedingungen

Bedingungen, die zur Durchführung von Streckenfahrversuchen in dieser Norm festgelegt sind

3.2

Referenzbedingungen

für die Beurteilung sind:

- Bogenradius ≥ 250 m ($\pm$ Toleranz);
- Standardabweichung der Gleislagequalität der Längshöhe des Gleises (LL) und Richtung (AL) $\leq$ obere Grenze der Klasse D in prEN 13848-6 (+ Toleranz);
- äquivalente Konizität (+ Toleranz):

$$v \leq 120 \text{ km/h: } \tan \gamma_e \leq 0,40$$

$$120 \text{ km/h} < v \leq 300 \text{ km/h: } \tan \gamma_e \leq (0,534 - V_{\text{adm}}/900)$$

$$v > 300 \text{ km/h: } \tan \gamma_e \leq 0,2$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Referenzbedingungen beziehen sich auf ein minimales Spurspiel (TG – SR) von 10 mm, welches durch die Kombination des maximalen Spurmaßes SR eines Radsatzes und einer Mindestspurweite TG (durchschnittliche Spurweite auf 100 m) erzielt werden kann.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Toleranzen sind begründet in den höheren Geschwindigkeiten und Überhöhungsfehlbeträgen während der Prüfungen, der Anwendung der statistischen Auswertung sowie der in den Grenzwerten enthaltenen Sicherheitsmarge. Sie können nicht quantifiziert werden, aber sie erklären, warum Fahrzeuge auch bei voller Geschwindigkeit und Überhöhungsfehlbetrag in vielen Fällen außerhalb der Referenzbedingungen betrieben werden können.

3.3

Ausdrehwiderstand

Moment um die Hochachse zwischen Fahrwerk und Wagenkasten, das zum Ausdrehen des Drehgestells unter der Auflast der Fahrzeuge nötig ist

3.4

unabgefederte Masse

Masse eines Radsatzes einschließlich aller daran befestigten Bauteile, die nicht vertikal durch die Primärfederung abgefedert wird, z. B. Bremsscheiben, Zahnräder, Lager, Radsatzlagergehäuse plus halbe Primärfedermasse, halbe Masse der Federschaken und gegebenenfalls der ungefederte Teil der Antriebsausrüstung

Anmerkung 1 zum Begriff: Es kann notwendig sein, verschiedene Radsätze eines Fahrwerks separat zu betrachten.

Anmerkung 2 zum Begriff: In Bezug auf die Fragestellung kann es notwendig sein, Teile bei der Betrachtung ein- oder auszuschließen, die separat gefedert sind, z. B. Magnetschienenbremsen.

3.5

primär gefederte Masse

Masse zwischen Primär- und Sekundärfederung eines Fahrwerks mit zwei vertikalen Federstufen, d. h. der Drehgestellrahmen zusammen mit allen daran befestigten Bauteilen wie Bremsausrüstung, Antennen, Rohrleitungen und Kabel plus die Hälfte der Primär- und Sekundärfedermassen, halbe Masse der Federschaken und Antriebswellen sowie gegebenenfalls der primär gefederte Teil der Antriebsausrüstung

Anmerkung 1 zum Begriff: In Bezug auf die Fragestellung kann es notwendig sein, Teile bei der Betrachtung ein- oder auszuschließen, die separat gefedert werden, z. B. Magnetschienenbremsen.

3.6

sekundär gefederte Masse

Masse, die durch die Sekundärfederung eines Fahrwerks getragen wird, d. h. relevante Teile der Masse des Wagenkastens mit allen angebrachten Bauteilen, z. B. Wiege oder Wiegenträger plus halbe Masse der Sekundärfederung, halbe Masse der Federschaken und Antriebswelle und gegebenenfalls der sekundär gefederte Teil der Antriebsausrüstung

3.7

Drehgestellmasse

Masse des Drehgestells, die bei Bogeneinfahrt gegen den Wagenkasten um die Hochachse dreht

Anmerkung 1 zum Begriff: In den meisten Fällen ist diese Masse ähnlich der Summe der unabgefederten Massen und der primär gefederten Masse eines Fahrwerks mit zwei oder mehr Radsätzen.

3.8

Trägheitsmoment um die Hochachse des gesamten Fahrwerks

Trägheitsmoment der Masse des Fahrwerks, die bei Bogeneinfahrt gegen den Wagenkasten um die Hochachse dreht

3.9

Wankverhalten

Kombination von Querverschiebungen und Wankbewegung eines Fahrzeugs, wenn es einem Überhöhungsüberschuss oder Überhöhungsfehlbetrag ausgesetzt ist

3.10

Fahrverhalten

Verhalten eines Fahrzeugs oder Fahrwerks in Bezug auf die Interaktion zwischen Fahrzeug und Gleis, das die Fachbegriffe Fahrsicherheit, Fahrwegbeanspruchung und Schwingungsverhalten umfasst

3.11

äquivalente Konizität $\tan \gamma_e$

ist gleich dem Tangens des Kegelwinkels $\tan \gamma_e$ eines Radsatzes mit konischen Rädern, dessen Querbewegung dieselbe kinematische Wellenlänge wie der angegebene Radsatz aufweist und ist der relevante Berührgeometrieparameter auf gerader Strecke und in großen Bogenradien

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch EN 15302.

3.12

Radialstellungsindex q_E

Bogenradius R_E , der ohne Längsschlupf befahren werden kann, normalisiert mit dem eigentlichen Bogenradius R eines Gleisabschnittes, der als relevanter Berührgeometrieparameter der in einem Gleisabschnitt mit kleinem oder sehr kleinem Bogenradius die Radialstellungsfähigkeit eines freien Radsatzes beschreibt

3.13

Kombinationen der Betriebsbedingungen

beschrieben durch die Kombinationen von Geschwindigkeit und Überhöhungsfehlbetrag, mit denen das Fahrzeug betrieben werden soll

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Anhang S.

3.14

Fahrzeuge mit konventioneller Technologie

Fahrzeuge, die unter normalen Betriebsbedingungen betrieben werden und die entweder als komplettes Fahrzeug oder in den das Fahrverhalten beeinflussenden Teilen, dem bewährten Stand der Technik entsprechen

3.15

Nebenfahrzeuge

Fahrzeuge, die für Wartung, Inspektion oder Erneuerung von Infrastrukturelementen oder für besondere Transportzwecke, deren Flotten, verglichen mit normalen Schienenfahrzeugen, mit einer niedrigen Laufleistung betrieben werden, einschließlich, aber nicht notwendigerweise beschränkt auf die folgende Liste:

— Wartungsfahrzeuge:

- Bau- und Instandhaltungsmaschinen (siehe EN 14033);
- Kräne und Schutzwagen;
- Zwei-Wege-Maschinen (siehe EN 15746);
- Ausgleisbare Maschinen (siehe EN 15955);
- Anhänger (siehe EN 15954);
- Überwachungs- und Inspektionsfahrzeuge, einschließlich:
 - Gleisinspektionsfahrzeuge;
 - Inspektionsfahrzeuge für die Oberleitung;
- Spezialtransportfahrzeuge, einschließlich:
 - Transportfahrzeuge für Transformatoren;
 - Torpedopfannenwagen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Trolleys wie in EN 13977 beschrieben, haben aufgrund ihres Handbetriebs keine Anforderungen in EN 14363. Zusätzliche Informationen sind in 7.1 und Anhang U angegeben.

3.16

Referenzfahrzeug

Fahrzeug, das dasselbe grundsätzliche Konstruktionskonzept wie das zu beurteilende Fahrzeug aufweist und das in Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 6.1 und Abschnitt 7 dieser Norm oder in Übereinstimmung mit einer vergleichbaren Norm geprüft und abgenommen wurde

3.17

Technische Änderung

Änderung an der Konstruktion des Fahrzeugs, die nach einer Beurteilung entsprechend 6.1 und Abschnitt 7 das Verhalten des Fahrzeugs, möglicherweise verändern könnte

3.18

Validierungsbericht

zeigt, dass die auf dem Modell eines Fahrzeugs basierende Simulation eine gute Repräsentation seines dynamischen Verhaltens darstellt

3.19

Expertenbericht

bestätigt die Validierung des Modells für den angegebenen Anwendungsbereich, entweder als Anhang zum Validierungsbericht oder als separates Dokument,

3.20

Simulationsbericht

beschreibt das simulierte dynamische Verhalten eines Fahrzeugs

4 Abweichungen von Anforderungen

Wird im Rahmen der Beurteilung eines Fahrzeugs in einzelnen Punkten von den Anforderungen dieser Norm abgewichen, so sind diese Abweichungen zu dokumentieren und zu erklären. Anschließend ist der Einfluss auf die Beurteilung des Fahrzeugs hinsichtlich der Akzeptanzkriterien zu untersuchen und festzuhalten. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist als integraler Bestandteil der Anforderungen dieser Norm im Rahmen des Beurteilungsprozesses des Fahrzeugs zu berücksichtigen.

5 Prüfungsanforderungen

5.1 Messunsicherheiten

Prüflabore müssen nach EN 17025 (oder einem äquivalenten Verfahren) für die Prüfungen, die sie durchführen, akkreditiert werden. Dies beinhaltet auch Anforderungen an die Beurteilung der Messunsicherheiten. In Anbetracht der verschiedenen Verfahren zur Beurteilung der Messunsicherheit, die derzeit angewendet werden, sind diese Anforderungen mindestens genauso streng wie die Anforderungen, die zum Festlegen der Grenzwerte verwendet wurden. Die Grenzwerte beinhalten bereits einen zulässigen Betrag für diese Messunsicherheit, der nicht zu den Ergebnissen zu addieren ist.

5.2 Prüfumfang

5.2.1 Allgemeines

der Prüfumfang für ein Fahrzeug, das für den Betrieb unter den Trassierungsbedingungen nach EN 13803-1 und EN 13803-2 vorgesehen ist, wird in Abschnitt 6 und Abschnitt 7 angegeben, falls erforderlich, ergänzt durch Abschnitt 5.2.2.

5.2.2 Ausfallzustände

Die Kritizität von Ausfallzuständen (die Kombination von Eintrittswahrscheinlichkeit und Folgen) muss analysiert werden. Die Annahmen und Ergebnisse sind zu dokumentieren. Für jeden identifizierten kritischen Ausfallzustand ist deutlich anzugeben, welche Konsequenzen sich bezüglich der in diesem Dokument behandelten Sicherheitsaspekte ergeben und, wenn überhaupt, welche Prüfungen oder weiteren Analysen durchzuführen sind.

Falls der Ausfallzustand auch unter Berücksichtigung risikomindernder Maßnahmen (z. B. Überwachung, Inspektion, usw.) ein höheres Risiko als das allgemein akzeptierbare Risiko darstellt, muss die Fahrsicherheit durch Prüfungen, Simulationen oder eine Kombination aus beidem nachgewiesen werden. Die Erweiterung der Prüfverfahren und/oder Simulationsfälle muss mit Bezug auf die Analyse festgelegt werden. Falls Simulationen verwendet werden, müssen diese die Bedingungen in Anhang K erfüllen.

ANMERKUNG Kopiert von EN 15827: **Allgemein akzeptierbares Risiko** ist das „Risiko, das die Gesellschaft als gewöhnlich ansieht, und das dem im normalen täglichen Leben wahrgenommenen Risiko entspricht und jeglicher Versuch, weitere Risiken zu reduzieren, wäre unverhältnismäßig zum möglichen erzielten Nutzen.“

Mögliche Ausfallzustände, die berücksichtigt werden müssen, schließen aktive Federungssysteme, Neigesysteme, Luftfederung und Schlingerdämpfer mit ein, sind aber nicht darauf begrenzt.

Sofern die Analyse es nicht erfordert (z. B. physikalische Abhängigkeit), muss keine Überlagerung verschiedener Ausfallzustände in Betracht gezogen werden.

Für die Ausfallzustände reicht die Beurteilung der Kriterien der Fahrsicherheit bis zur maximalen Geschwindigkeit (V_{adm}) und bis zum maximalen Überhöhungsfehlbetrag (I_{adm}) aus.

Wenn sich aus der Analyse eine niedrige Eintrittswahrscheinlichkeit für einen betrachteten Ausfallzustand ergibt, so darf die Sicherheitsmarge, die in den Grenzwerten der Beurteilungsgrößen enthalten ist, begründet reduziert werden. Abhängig von der Art des Ausfallzustandes und dessen Auswirkungen ist es zulässig, besondere Grenzwerte zu verwenden. Diese Grenzwerte müssen vor der Prüfung vereinbart werden.

Die in Tabelle 2 spezifizierten Bereiche für die bei der Auswertung berücksichtigten Geschwindigkeiten und Überhöhungsfehlbeträge, sind entsprechend anzupassen.

Falls für einen relevanten Ausfallzustand kein sicheres Verhalten nachgewiesen werden kann, ist ein sicherer Betrieb durch Überwachungsmaßnahmen zur Verminderung der Kritizität des Ausfallzustandes festzulegen.

5.3 Versuchsfahrzeug

5.3.1 Auswahl des Fahrzeugs

Im Prinzip kann das Versuchsfahrzeug aus der Baureihe gewählt werden:

- nach dem Prinzip der zufälligen Auswahl aus einer Flotte identischer Fahrzeuge; oder
- durch Berücksichtigung spezieller Fahrzeug- oder Fahrwerkseigenschaften.

ANMERKUNG Das Versuchsfahrzeug wird als Referenzfahrzeug der zu bewertenden Baureihe betrachtet.

5.3.2 Aktueller Zustand

Das Versuchsfahrzeug muss die Serienproduktion repräsentieren. Die Prüfergebnisse des Fahrverhaltens beziehen sich auf den aktuellen Zustand des Versuchsfahrzeugs während der Prüfung. Der Zustand des Versuchsfahrzeugs ist zu bestimmen und muss dem gewünschten Zustand der zu untersuchenden Baureihe hinsichtlich:

- der für die Fahreigenschaften relevanten Fahrzeugparameter; sowie
- der Fertigungs- und Instandhaltungszustände entsprechen.

In diesem Zusammenhang ist nachzuweisen (Prüfberichte, Technische Spezifikationen, Konformitätserklärung, usw.), dass die Werte der wichtigsten für das Fahrverhalten relevanten Fahrzeugparameter innerhalb der Toleranzen für Fertigung und Instandhaltung liegen.

5.3.3 Beladezustände

Für das Prüfen des Fahrzeugs im leeren und/oder beladenen Zustand sind die folgenden Definitionen anzuwenden:

- leer: Betriebsmasse im betriebsbereiten Zustand, nach EN 15663;
- beladen: Auslegungsmasse mit normaler Zuladung, nach EN 15663.

Abweichend von dieser Regel müssen bei Personenfahrzeugen der Fernverkehrs- und Hochgeschwindigkeitszüge ohne verbindliche Sitzplatzreservierung im beladenen Zustand 160 kg/m² (2 Personen/m²) in den Stehplatzbereichen berücksichtigt werden (anstatt 0 kg/m²).

ANMERKUNG 1 Besonders konstruierte Fahrzeuge von Massenverkehrsmitteln, die in großen und dicht bevölkerten städtischen Gebieten (z. B. auf einigen Strecken in Paris) verwendet werden und bei denen außergewöhnliche Lasten nach EN 15663 häufiger auftreten, sollten im beladenen Zustand anstelle von 280 kg/m² in Stehplatzbereichen 700 kg/m² (10 Personen/m²) beinhalten.

Bei allen Fahrzeugen, außer Lokomotiven, ist es zulässig, dass während der Versuche Verbrauchsstoffe in einem für den Betrieb des Fahrzeugs normalen Bereich verbraucht werden (z. B. aufgrund des Kraftstoffverbrauchs). Für Lokomotiven sind nur Messergebnisse akzeptabel, die mit einer Masse oberhalb der Betriebsmasse nach EN 15663 erzielt wurden.

ANMERKUNG 2 Es ist nicht notwendig mit abgefahrenen Rädern zu prüfen.

5.3.4 Verteilung der statischen Radaufstandskräfte

Die Verteilung der Rad- und Radsatzkräfte ist ein Grundparameter zur Beschreibung des Fahrzeugzustands während des Versuchsprogramms. Um die Radkräfte in den Lastfällen nach 5.3.3 zu bestimmen, müssen die Radkräfte in mindestens einem Lastfall direkt gemessen und, gegebenenfalls, durch Berechnungen ergänzt werden. Die Massen von Verbrauchsstoffen und Nutzlast müssen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, die vertikalen Radkräfte des Versuchsfahrzeugs in allen Lastfällen für die Prüfungen zu messen.

Die Fahrzeugmasse und die vertikalen Radsatzkräfte müssen zusammen mit den ermittelten vertikalen Radkräften und den relativen Radkraftabweichungen entsprechend der folgenden Gleichungen dokumentiert werden:

Gesamtmasse des Fahrzeugs:

$$m_{\text{veh}} = \frac{\sum_{j=1}^n (Q_{j1} + Q_{j2})}{g}$$

Vertikale Radsatzkraft für jeden Radsatz:

$$2Q_{0,j} = Q_{j1} + Q_{j2}$$

Maximale vertikale Radsatzkraft des Fahrzeugs:

$$2Q_{0,\text{max}} = \max(Q_{j1} + Q_{j2}) \text{ für } j = 1, n$$

Relative vertikale Radkraftabweichung für jeden Radsatz, bezogen auf die mittlere vertikale Radkraft des Radsatzes:

$$\Delta q_j = \frac{|Q_{j1} - Q_{j2}|}{2Q_{0,j}}$$

Dabei ist

n die Anzahl der Radsätze am Fahrzeug.

ANMERKUNG Es ist beabsichtigt, das Messverfahren für vertikale Rad- und Radsatzkräfte in der neuen Norm EN 15654-2 (Messungen der Rad- und Radsatzlasten — Teil 2: Bauartzulassung von Fahrzeugen für Neubau und Umbau) zu spezifizieren. Das Projektteam 9 des CEN/TC 256 arbeitet derzeit an dem Entwurf dieser Norm.

5.4 Beurteilung der Prüfergebnisse

Für eine versuchstechnische Beurteilung des Fahrzeugs wird empfohlen, durch eine sorgfältige Versuchsplanung möglichst viele der angestrebten Prüfbedingungen zu erfüllen. Falls nicht alle angestrebten Prüfbedingungen während der Versuche erfüllt wurden, müssen die Ergebnisse mit Hilfe einer oder mehrerer der in dieser Norm beschriebenen Methoden (z. B. multilineare Regression (Anhang I), Verwendung von Unsicherheitsfaktoren (siehe H.12), Simulation (Anhang K), ...), interpretiert oder korrigiert werden, um begrenzte Lücken bei diesen Abweichungen zu schließen. Alle Abweichungen von den angestrebten Prüfbedingungen müssen im Prüfbericht angegeben werden.

ANMERKUNG Falls versucht wird, zu große Lücken zu schließen, kann dies zu unzuverlässigen Ergebnissen führen, sodass es schwierig werden könnte, der Einhaltung der Grenzwerte durch das Fahrzeug zu vertrauen.

5.5 Dokumentation der Prüfung

Der Bericht muss ausreichend detailliert sein, so dass die Durchführung der Prüfung verständlich ist und dass besondere Vorkommnisse zugeordnet werden können. Er muss alle notwendigen Informationen zur Beurteilung der Prüfergebnisse einschließlich der folgenden Punkte beinhalten:

- 1) Name der prüfenden Organisation und des Versuchsleiters;
- 2) Datum und Zeit der Prüfung;
- 3) Wetterbedingungen;
- 4) Beschreibung der Fahrzeugkonstruktion mit ihren relevanten Parametern;
- 5) Zustand des zu prüfenden Fahrzeugs;
- 6) Beschreibung der Versuchsanlagen oder Versuchsstrecken;
- 7) Beschreibung der Messeinrichtungen;
- 8) Beschreibung des Auswerteverfahrens;
- 9) Unsicherheit der Ergebnisse, wie nach EN 17025 gefordert;
- 10) besondere Umstände, die mit der Durchführung der Prüfung zusammenhängen;
- 11) Versuchsergebnisse.

6 Erster Schritt – Beurteilung

6.1 Sicherheit gegen Entgleisen auf Gleisverwindungen

6.1.1 Allgemeines

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Versuche dienen dazu, sicherzustellen, dass die untersuchten Fahrzeuge Gleisverwindungen sicher befahren können. Im Streckennetz einer Eisenbahn sind Gleisverwindungen unvermeidlich. Sie sind einerseits bedingt durch den Übergang zwischen geradem Gleis und überhöhtem Gleis, andererseits durch unvermeidliche Fehler in der gegenseitigen Höhenlage der beiden Schienen (Instandhaltungsgrenzen). Wenn Gleisverwindungen befahren werden, besteht ein erhöhtes Risiko für Entgleisungen aufgrund des beginnenden Aufkletterns des Spurkranzes als Ergebnis der reduzierten vertikalen Radkraft und der hohen Querkräfte. Die Radaufstandskräfte werden durch die folgenden Effekte beeinflusst:

- Verwindung auf Basis des Radsatzabstandes im Drehgestell;
- Verwindung auf Basis des Drehgestellmittenabstandes (bei Drehgestellfahrzeugen) oder des Radsatzabstandes (bei Fahrzeugen mit zwei Radsätzen);
- Hysterese während der Verwindung;
- außermittige Schwerpunktslage und Eigenverwindung von Drehgestell und Fahrzeugkasten aufgrund von Toleranzen;
- außermittige Schwerpunktslage infolge von Überhöhungsüberschuss oder -fehlbetrag. Dieser Einfluss wird im Versuch eliminiert;
- Momentenwirkung der Radsatzlagerquerkräfte.

ANMERKUNG Es wird angenommen, dass die Abnahme der Führungskräfte in größeren Bogenradien einen größeren Einfluss auf die Sicherheit gegen Entgleisen hat als die stärkere Entlastung des führenden Rades aufgrund der größeren zulässigen Überhöhung in diesen Gleisbogenhalbmessern.

Die Beurteilungsverfahren für bewährte Sicherheit gegen Entgleisen erschafft eine künstliche und extreme Situation für Fahrzeuge.

Dieser Unterabschnitt legt drei Prüfverfahren fest, um die Entgleisungsverhalten von Fahrzeugen, die Gleisverwindungen befahren, zu untersuchen. Alle drei Verfahren wurden von ORE (später ERRI) abgeleitet und anschließend in Dokumenten, die von der B55 Gruppe von ORE erarbeitet wurden, dargestellt. Das Ziel dieser Prüfverfahren ist herkömmlich, doch die Verfahren, die nachfolgend beschrieben sind, sind unabhängig und dürfen nicht direkt verglichen werden. Zusätzlich gelten die in jedem Verfahren referenzierten Werte und Bedingungen nur für das jeweilige Verfahren; es ist nicht möglich sie direkt mit den Prüfbedingungen und numerischen Ergebnissen der anderen Prüfverfahren zu vergleichen. Die Erfahrung zeigt, dass jedes Verfahren in Bezug auf Sicherheit gegen Entgleisen auf Gleisverwindungen zu sicheren Fahrzeugen führt.

Zur Vorabnahme muss diese Beurteilung auf alle Fahrzeuge angewandt werden, die eines der nachfolgend beschriebenen Verfahren verwendet.

Verfahren 1 stellt ein Fahrzeug dar, das eine Strecke mit 150 m Bogenradius mit festgelegter Gleisverwindung befährt. Das Beurteilungskriterium ist die Radanhebung Δz .

Verfahren 2 bestimmt die Führungskräfte zwischen Rad und Schiene, wenn ein Fahrzeug einen Bogenradius mit 150 m ohne Verwindung befährt. Es misst separat die Änderung der vertikalen Radkraft, wenn das Fahrzeug eine Gleisverwindung befährt. Das Beurteilungskriterium ist das Verhältnis der Führungskraft und der vertikalen Radkraft des äußeren Rades $(Y/Q)_a$. Dieses Verfahren beinhaltet die Möglichkeit der Zulassung durch Berechnung, basierend auf vorhergehenden Prüfergebnissen eines Referenzfahrzeugs.

Verfahren 3 bestimmt den Ausdrehwiderstand, wenn der für das Fahrzeug festgelegte Mindestbogenradius befahren wird. Es misst separat die Änderung der vertikalen Radkraft, wenn das Fahrzeug eine Gleisverwindung befährt. Das Beurteilungskriterium ist der X-Faktor zusammen mit der Radentlastung $\Delta Q/Q$. Wo es nicht möglich ist, das simultan zulässige Verhalten beider Kriterien unter Verwendung von Verfahren 3 (Schritt 1) nachzuweisen, können validierte Computersimulationen nach Anhang B verwendet werden.

Die festgelegten Prüfungsbedingungen der drei untenstehend detailliert beschriebenen Verfahren für die Beurteilung der Sicherheit gegen Entgleisen in Gleisverwindungen repräsentieren nicht die schlechtesten Bedingungen, die entstehen könnten. Dennoch hat die Erfahrung über viele Jahre gezeigt, dass Fahrzeuge, die die in diesem Unterabschnitt festgelegten Beurteilungskriterien erfüllen, sicher auf den Europäischen Schienennetzen betrieben werden.

Die drei Prüfverfahren ergeben einen sicheren Betrieb der Fahrzeuge, wenn die Gleisverwindung einschließlich der Verwindung aus der Trassierung und gegenseitiger Höhenlage nach den Regeln in EN 13848-5:2008, 8.6 gewartet wird.

ANMERKUNG 1 Die Anforderungen für die Beurteilung der Sicherheit gegen Entgleisen auf Gleisverwindungen von Nebenzugfahrzeugen im Arbeitsmodus sind in EN 14033-2 festgelegt.

Für die Erweiterung der Zulassung, ist die Beurteilung durch Berechnung oder Prüfung nur notwendig, wenn die Änderung der Parameter das Risiko des Entgleisens erhöhen kann.

ANMERKUNG 2 Die wichtigsten Faktoren, die die Sicherheit gegen Entgleisen beeinflussen können, sind in A.1 angegeben.

Eine Befreiung von Prüfungen und Berechnungen für die Sicherheit gegen Entgleisen ist für Güterwagen zulässig, wenn die Parameter und Fahrwerksarten mit denen übereinstimmen, deren Ergebnisse die Einhaltung der Grenzwerte in veröffentlichten Prüfungen oder Berechnungen nachgewiesen haben und der Nenn-Spurkranzflankenwinkel 70° beträgt.

ANMERKUNG 3 Parameter und Fahrwerksarten, die die erforderlichen Kriterien erfüllen, sind in den tabellarisierten Ergebnissen in Anhang A, Anhang B und Anhang C der UIC 530-2:2008, erhältlich auf der UIC-Webseite www.uic.org/spip.php?article1521, angegeben.

6.1.2 Messwerterfassung

Alle erfassten Messwerte für Y - und Q -Kräfte und der Radanhebung Δz müssen eine Wellenlänge oberhalb 2 m beinhalten.

6.1.3 Bedingungen für die Schienenprüfung

Prüfungen nach Verfahren 1 und 2 müssen unter nominal trockenen Bedingungen durchgeführt werden, um die hohen Reibkräfte zwischen Rad und Schiene zu berücksichtigen.

Die zur Festlegung der Schienenbedingungen verwendeten Informationen müssen gesammelt werden, wenn:

- Y_i und Q_i am inneren Führungsrads;
- Anlaufwinkel α ; und
- durchschnittliche Radkraft Q_0 des führenden Radsatzes;

gemessen und ausgewertet werden, wie unten beschrieben.

Während der Prüfungen muss der Kraftschlussbeiwert mindestens 80 % des erwarteten Wertes für trockene Schienen betragen. Deshalb muss die Bedingung:

$$(Y/Q)_i \geq 0,8 \tau_{\text{dry}} + \gamma$$

als Funktion des Anlaufwinkels berücksichtigt werden. In der oben angegebenen Gleichung muss der Kontaktwinkel γ der Lauffläche am Kontaktpunkt an der inneren Schiene eingefügt werden.

Der Kraftschlussbeiwert τ_{dry} stellt das Verhältnis der lateralen Reibkraft und der vertikalen Kraft dar. Für reinen Querschlupf ist der Kraftschlussbeiwert τ_{dry} für trockene Schienenbedingungen wie folgt festgelegt:

$$\left(\frac{1}{\tau_{\text{dry}}} \right)^n = \left(\frac{1}{a} \right)^n + \left(\frac{1}{b \cdot \alpha} \right)^n$$

Dabei ist

$$a = \frac{Q_0^2 - 242,5 Q_0 + 57\,150}{100\,000}$$

$$b = \frac{Q_0^2 - 242,5 Q_0 + 21\,950}{100}$$

$$n = 0,005 Q_0 + 2,2$$

Anlaufwinkel α in rad und die statische Radkraft Q_0 in kN.

Wenn sich die aktuelle durchschnittliche vertikale Radkraft an der inneren Schiene während der Prüfung von Q_0 unterscheidet, ist es zulässig den Wert in der oben angegebenen Gleichung zu verwenden.

Die Maximalwerte von τ_{dry} werden von den Maximalwerten von α ermittelt.

ANMERKUNG Diese Gleichung wird mit 1 m Raddurchmesser und statischen Radkräften zwischen 40 kN und 112,5 kN bestimmt.

Wenn der Anlaufwinkel durch den Gesamtschlupf (Längs- und Querschlupf) ersetzt wird, dann beschreibt diese Gleichung das Kraftschluss-Steigung-Diagramm für die trockene Schiene.

Wenn während der Prüfung ein Kraftschlussbeiwert entsteht, der höher als 100 % ist, können die Prüfungen wiederholt werden.

Um die Reibung während der Prüfungen zu bestimmen, ist der Anlaufwinkel notwendig.

Das Verfahren ist nicht geeignet, wenn der Anlaufwinkel sehr klein ist (z. B. unter 0,0015 rad). Im Fall von Drehgestellen mit einem niedrigen Anlaufwinkel muss die Bestimmung der Reibbedingungen durch Messen am führenden Radsatz eines Fahrzeugs, das einen höheren Anlaufwinkel erzeugt, durchgeführt werden.

6.1.4 Bedingungen für die Fahrzeugprüfung

6.1.4.1 Allgemeines

Für die Verfahren 1 und 2 müssen die Auswirkungen der Laufrichtung und der Bogenrichtung, unter Berücksichtigung der Fahrzeugkonstruktion und der Lastverteilung, analysiert werden. Die Prüfbedingungen und die zu prüfenden Radsätze müssen als Ergebnis dieser Analyse bestimmt werden.

ANMERKUNG Normalerweise werden für Einzelfahrzeuge mit zwei Radsätzen oder Drehgestellen die beiden äußeren Radsätze in der Führungsposition analysiert, es sei denn, dass das Fahrzeug symmetrisch und ein Radsatz ausreichend ist.

Für alle Verfahren müssen alle relevanten Verbindungen zwischen Wagenkasten und Drehgestell des Fahrzeugs, die die Beurteilungsgrößen beeinflussen, korrekt angebracht werden. Falls es notwendig ist, die Dämpfer für eine genaue Unterfütterung im Verfahren 1 zu entfernen, müssen die Auswirkungen auf die Radkräfte unter Berücksichtigung der niedrigsten Geschwindigkeit studiert werden. Das Ergebnis dieser Studie muss in der Endbeurteilung der Prüfergebnisse berücksichtigt werden.

Einzelfahrzeuge, die Teil eines Zugverbandes sind, können separat geprüft werden. Es muss nachgewiesen werden, dass die Prüfbedingungen die Kräfte und Momente darstellen, die auftreten, wenn ein Fahrzeug in einem Zugverband integriert ist.

ANMERKUNG Solange die Kupplungskräfte und -momente niedriger oder gleich der Kräfte und Momente zwischen Fahrzeugen sind, die an ihren Enden mit Standardpuffern und Drehgestellen ausgestattet sind, können die Fahrzeuge separat geprüft werden.

6.1.4.2 Beladezustände

Das Versuchsfahrzeug muss sich in seinen normalen Betriebsbedingungen befinden. Reisezug- oder Güterwagen sind im Leerzustand zu prüfen (siehe 5.3.3).

Falls die Federung nicht linear ist, muss die Sicherheit gegen Entgleisen in der ungünstigsten Kombination von Beladezustand und Steifigkeit geprüft werden (z. B. dies wird bei einer zweistufigen Federn bei einer Belastung oberhalb des Eingriffspunktes der zweiten Feder, bei der in vollständiger Fahrzeug-Prüfverwindung die zweite Federstufe gerade noch wirksam/in Kontakt bleibt).

6.1.4.3 Bedingungen für Fahrzeuge mit Luftfedern

Die Sicherheit gegen Entgleisen muss im Luft- und Notfederbetrieb geprüft werden.

Im Luftfederbetrieb kann die vertikale Radkraftverteilung durch das Ansprechverhalten der Luftfedersteuerung beeinflusst werden. Die Art der Luftfedersteuerung (z. B. 4-Punkt-Steuerung, 3-Punkt-Steuerung, 2-Punkt-Steuerung) hat großen Einfluss auf die Prüfungsdurchführung; Anhang A gibt einige zusätzliche Informationen.

Der Einfluss der Ansprechzeit der Luftfedersteuerung ist zu untersuchen. Dazu muss während der Prüfung der Einfluss der Luftfedersteuerung durch Einbeziehung von Pausen berücksichtigt werden, die sicherstellen, dass sich das System stabilisiert.

6.1.4.4 Bedingungen für Drehgestellfahrzeuge mit mehr als zwei Radsätzen je Drehgestell

In Verfahren 1 und 2 bezieht sich die Drehgestell-Prüfverwindung auf die äußeren Radsätze des Drehgestells. Die Verwindewege für die dazwischenliegenden Radsätze sind zu interpolieren.

6.1.4.5 Bedingungen für Gliederfahrzeuge

Bei Gliederfahrzeugen, bei denen die benachbarten Fahrzeugkästen von einem gemeinsamen Drehgestell oder Gelenk getragen werden, muss der Einfluss der Fahrzeugkastenverbindungen untersucht werden, um ihre Signifikanz zu ermitteln. Die Prüfungsbedingungen und die zu untersuchenden Radsätze werden aufgrund dieser Analyse festgelegt. Zwischenfahrwerke oder -drehgestelle müssen auch geprüft werden. Es könnte nötig sein, mehr als einen Wagenkasten gleichzeitig zu verwinden.

A.5 gibt zusätzliche Informationen und Beispiele.

6.1.4.6 Bedingungen für Fahrzeuge mit mehr als zwei Federstufen

Der Begriff Federstufe bedeutet hier eine Bewegungsmöglichkeit zwischen angrenzenden Körpern, die Federn oder Dämpfer enthalten kann, aber nicht muss. A.6 zeigt zwei Beispiele solcher Systeme, es sind allerdings viele andere Varianten bekannt.

Die anzuwendende Fahrzeugprüfverwindung für die einzelnen Federstufen muss analog zu den Regeln definiert werden, die für Drehgestell-Fahrzeuge in jedem Prüfverfahren angeführt sind. In A.6 sind Beispiele für solche Fahrzeuge dargestellt.

6.1.4.7 Bedingungen für Fahrzeuge mit einstellbaren Radsätzen

Bei Fahrzeugen mit Einrichtungen zur Steuerung der Radsätze können die Gleisbedingungen (z. B. S-Bögen) zu Anlaufwinkeln führen, die größer sind als diejenigen, welche man im Versuchsgleis erhält. Dies muss bei den Prüfungen für Verfahren 1 und 2 berücksichtigt werden. Die ungünstigsten Betriebsbedingungen hinsichtlich des Anlaufwinkels müssen bestimmt werden. Im Allgemeinen sind in Vollbögen die Anlaufwinkel und damit die Führungskräfte sehr niedrig. Jedoch können im Übergangsbogen oder Gleisgegenbogen Steuerungseinrichtungen entgegengerichtete Anlaufwinkel verursachen.

Um die größten Führungskräfte während der Prüfung prüfen zu können, müssen diese zusätzlichen Anlaufwinkel durch geeignete Verfahren simuliert werden (z. B. durch Entfernen der Steuerungseinrichtung und Feststellen der Radsätze auf diesen Anlaufwinkel).

Für Fahrzeuge mit selbststeuernden Radsätzen oder anderen Fahrwerken, bei denen die Berührgeometrie zwischen Rad und Schiene einen bedeutenden Einfluss auf die Steuerwirkung sowie die resultierenden Anlaufwinkel ausübt, sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen (z. B. erzwungener Anlaufwinkel, Veränderung der Berührgeometrie).

6.1.5 Prüfverfahren

6.1.5.1 Verfahren 1: Prüfungen auf Gleisverwindungen

6.1.5.1.1 Allgemeines

Die Sicherheit gegen Entgleisen muss durch Messen der Radanhebung des äußeren Rades bestimmt werden, wenn eine Gleisverwindung in einem Bogen befahren wird. Die Werte für $(Y/Q)_a$ müssen gemessen werden, $(Y/Q)_{a,max}$ muss berechnet und die Ergebnisse berichtet werden, wobei $(Y/Q)_{a,max}$ kein Wert für die Beurteilung ist.

6.1.5.1.2 Prüfbedingungen

Die Werte für die Fahrzeugprüfverwindungen müssen wie folgt angewendet werden:

— für die Drehgestell-Prüfverwindungen:

$$g_{\text{lim}}^+ = 7 \quad \text{wenn } 2a^+ \leq 4 \text{ m und}$$

$$g_{\text{lim}}^+ = \frac{20}{2a^+} + 2,0 \quad \text{wenn } 2a^+ > 4 \text{ m}$$

mit $2a^+$ als Längsbasis des Drehgestells in m und g_{lim}^+ in ‰.

— für Fahrzeugprüfverwindungen:

$$g_{\text{lim}}^* = 7 \quad \text{wenn } 2a \leq 4 \text{ m und}$$

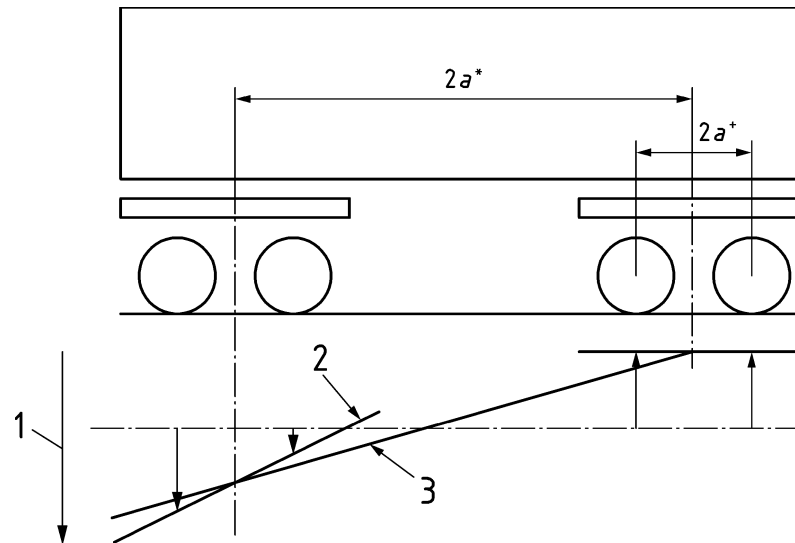
$$g_{\text{lim}}^* = \frac{20}{2a^+} + 2,0 \quad \text{wenn } 4 \text{ m} < 2a \leq 20 \text{ m}$$

$$g_{\text{lim}}^* = 3 \quad \text{wenn } 20 \text{ m} < 2a \leq 30 \text{ m}$$

$$g_{\text{lim}}^* = \frac{90}{2a} \quad \text{wenn } 2a > 30 \text{ m}$$

mit $2a$ als Längsmaß der Verwindung in m (für Einzelfahrzeuge ist das Längsmaß der Verwindung gleich $2a^*$, der Abstand zwischen den Drehzapfen für Fahrzeuge mit Drehgestellen oder der Abstand der Radsätze für Fahrzeuge ohne Drehgestelle) und g_{lim}^* in ‰.

Für Drehgestellfahrzeuge muss die Verwindung aufgrund der Längsbasis $2a^+$ und der Verwindung aufgrund des Drehgestellmittenabstands $2a^*$ wie in Bild 1 kombiniert werden.

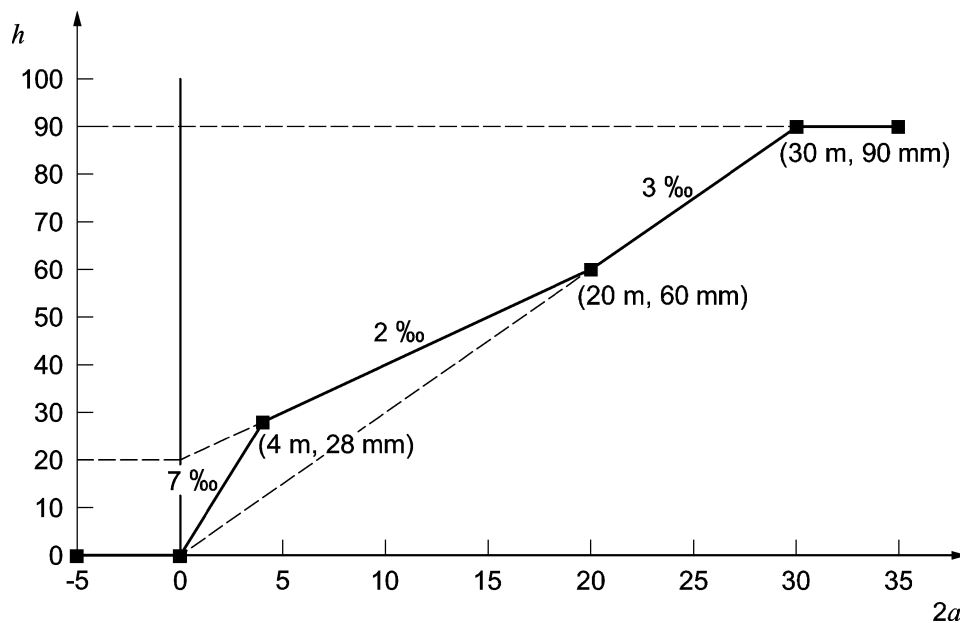


Legende

- 1 Höhenversatz
- 2 Drehgestellprüfverwindung
- 3 Wagenkastenprüfverwindung

Bild 1 — Kombination von Drehgestell- und Wagenkasten-Prüfverwindung

Bild 2 zeigt die Werte für die Prüfverwindung in Abhängigkeit der Längenmaße $2a^+$ und $2a^*$. Der maximale Höhenunterschied der Verwindung muss 90 mm betragen, was einem Verwindewert von 3 ‰ bei 30 m entspricht. Für Längen von mehr als 30 m muss der Höhenunterschied der Verwindung 90 mm betragen.



Legende

- h Höhe der Verwindung
- $2a$ Länge der Verwindung

Bild 2 — Prüfverwindewerte und Verwindehöhen

Für Gelenkfahrzeuge müssen die Wagenkästen und Drehgestelle, die nicht geprüft werden, ebenfalls berücksichtigt werden und es müssen Maßnahmen ergriffen werden, um diese Einflüsse zu identifizieren. Gegebenfalls müssen diese Einflüsse durch physische Maßnahmen entfernt (z. B. durch Unterfütterungen) oder der Einfluss durch andere Maßnahmen abgeschwächt werden (z. B. durch Berechnung, um die Konsequenzen auf das Fahrverhalten zu demonstrieren) oder durch eine verstellbare Höheneinrichtung.

Das Ziel ist, die korrekte Prüfverwindung auf das Fahrzeug anzuwenden. Die Bedingungen des Prüfgleises müssen unter Verwendung der gemessenen Gleisbedingungen (Verwindung, Länge der Verwindung, Überhöhung, Länge der konstanten Überhöhung) bestimmt werden. Jegliche notwendigen Einstellungen am Fahrzeug (z. B. durch Verwendung von Unterfütterungen), um die erforderliche Prüfverwindung zu erreichen, müssen die Bedingungen bestimmt und im Prüfbericht angegeben werden. Die erreichten Prüfverwindungen (g^+ , g^-) dürfen in der kritischsten Position nicht mehr als 10 % von den beabsichtigten Werten (g_{lim}^+ , g_{lim}^-) abweichen.

Der Einfluss der Längskräfte im Zugverband muss minimiert werden. Das Fahrzeug darf nicht gebremst werden. Die Geschwindigkeit muss konstant sein und darf 10 km/h nicht überschreiten.

Die Prüfungen müssen mindestens 3 Mal erfolgreich durchgeführt werden.

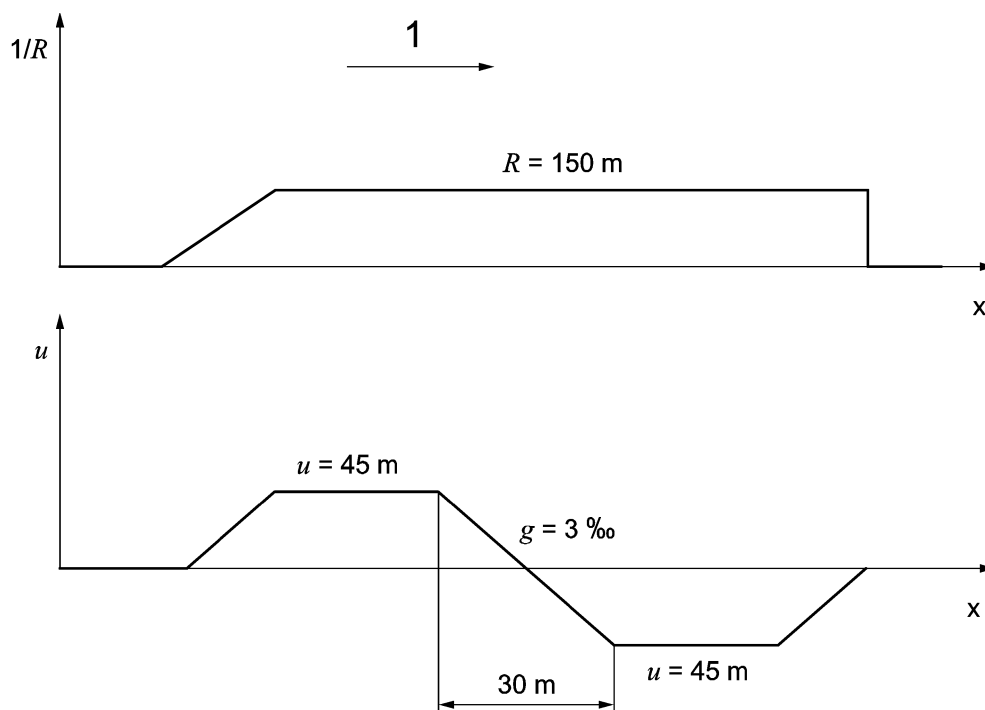
6.1.5.1.3 Gleiseigenschaften

Prüfungen müssen auf einem Prüfgleis mit folgenden Eigenschaften durchgeführt werden:

- Nennbogenradius $R = 150$ m;
- Nennspurweite im Bereich zwischen 1 440 mm und 1 450 mm mit einer Toleranz von ± 5 mm des Nennwertes
- Abschnitt des verwundenen Gleises mit einer konstanten Krümmung und einer Nennverwindung von 3 ‰;
- die Verwindung wird durch das Variieren der äußeren Schiene von einer positiven zu einer negativen Überhöhung erreicht. Es ist zulässig, eine horizontale Gleismittellinie durch Senken und Heben beider Schienen zu erlauben;
- die eigentliche Überhöhung muss an jedem Schienenbefestigungspunkt gemessen werden und im Prüfbericht angegeben werden;
- plötzliche Änderungen der Berührgeometrie, Spurweite und Krümmung innerhalb der Toleranz müssen innerhalb des Messbereiches vermieden werden.

ANMERKUNG Wenn plötzliche Änderungen der Berührgeometrie, Spurweite oder Krümmung zusammen mit den Kraftschlussbeiwerten am oberen Ende des zulässigen Bereichs sind, ist die Prüfung eventuell zu streng und es ist zulässig, die Prüfung zu wiederholen.

Bild 3 zeigt ein Beispiel für das Installieren einer solchen Prüfung.



Legende

$1/R$	Krümmung
u	Überhöhung
1	Laufrichtung
x	Gleiskoordinate

Bild 3 — Beispiel einer allgemeinen Prüfgleisanordnung

Die Prüfbedingungen wie in 6.1.3 beschrieben (trockene Schienenbedingungen) müssen für die innere Schiene erfüllt werden. Für die äußere Schiene muss die Prüfung mit Spurkranz und Schiene in trockenen Bedingungen und ohne Restschmierung durchgeführt werden. Dies muss im Prüfbericht angegeben werden.

6.1.5.1.4 Fahrzeugbedingungen

Die Prüfung muss geplant werden, um sicherzustellen, dass Laufrichtung und Gleiskrümmung derart sind, dass sich das Rad mit der niedrigsten vertikalen Radkraft des geprüften Radsatzes in der führenden Position auf der äußeren Schiene des Bogens befindet. Das kann zusätzliches Unterfüttern der Federung beinhalten. Das Ziel dient dazu, sicherzustellen, dass sich die niedrigere Radkraft in der ungünstigsten Position befindet. Die ermittelte vertikale Radkraftverteilung muss verifiziert werden.

ANMERKUNG 1 Es ist nicht notwendig, den maximal zulässigen vertikalen Radkraftunterschied zu prüfen.

ANMERKUNG 2 Die vertikale Radkraftverteilung im Luft- und Notfederbetrieb ist unterschiedlich. Dies kann zu verschiedenen Anforderungen zum Unterfüttern führen. Wenn durch die gemessenen Y - und Q -Kräfte nachgewiesen werden kann, dass eine Federungsbedingung mit einer Sicherheitsmarge (10 % Unterschied zwischen den beiden Ergebnissen für $(Y/Q)_a$) weniger kritisch ist, dann ist ein Unterfüttern für die kritischere Bedingung in Hinsicht auf das Aufklettern des Rades für beide Bedingungen zulässig.

Wenn die eigentliche Verwindung des Prüfgleises kleiner ist als die Fahrzeugprüfverwindung, muss die fehlende Verwindung in das Fahrzeug integriert werden, z. B. ist das Einfügen von Unterfütterungen in die Federn ein angemessener Weg. Eine Begründung für das verwendete Unterlegverfahren muss im Prüfbericht angegeben werden. Dieses muss zeigen, dass das Unterfüttern dieselben Auswirkungen erreicht, als würde die erforderliche Verwindung auf Schienenebene angewendet werden. A.7 beinhaltet Vorschläge zur Berechnung der Dicke von Unterfütterungen in Abhängigkeit ihres Einsatzortes.

Der Nennflankenwinkel des Konstruktionsprofils des für die Prüfung verwendeten Fahrzeugs muss $\leq 70^\circ$ betragen. Wenn das Fahrzeug normalerweise mit einem Profil mit $> 70^\circ$ ausgestattet ist, muss für die Prüfung ein Profil mit einem Flankenwinkel von 70° verwendet werden.

ANMERKUNG 3 Bei neuen Radsätzen oder nach Bearbeitung können die als Ergebnis der maßlichen Toleranzen erreicht aktuellen Werte des Flankenwinkels erreicht wurden, durch die von den maßlichen Toleranzen der Spezifikation für die Radprofile zulässige Erweiterung, variieren.

Wenn das zu untersuchende Fahrzeug nicht nur zur Prüfstelle gefahren wurde, sondern bereits für eine gewisse Entfernung in Betrieb war, ist es erforderlich, den Flankenwinkel des Radprofils oder den Kontaktwinkel während eines theoretischen Aufkletterns auf $\leq 70^\circ$ plus einer Toleranz, die von den maßlichen Toleranzen in der Spezifikation des Radprofils resultiert, eingestellt werden.

Die für die Prüfung verwendeten Radprofile müssen zu Beginn dieser Prüfungen gemessen und im Prüfbericht dokumentiert werden.

ANMERKUNG 4 Es ist bekannt, dass während der Durchführung der Prüfungen die Radprofile verschleifen können.

6.1.5.1.5 Messungen

Die folgenden Werte müssen gemessen werden:

- Querkräfte an den inneren und äußeren Rädern des zu prüfenden Radsatzes Y_i , Y_a ;
- vertikale Radkräfte an den inneren und äußeren Rädern des zu prüfenden Radsatzes Q_i , Q_a ;
- Anlaufwinkel des führenden Radsatzes α (siehe 6.1.3);
- Radanhebung des Führungsrades des zu prüfenden Radsatzes Δz im Verhältnis zur Schiene, gemessen am Lochkreisdurchmesser des Rades; Wellenlängen unter 2 m müssen vom Signal ausgeschlossen werden.

Die Kräfte müssen gemessen werden, entweder:

- durch ein geeignetes Gerät auf den Schienen; oder
- durch ein geeignetes Gerät an den Fahrzeugen.

Im Fall von Schienenmessungen müssen die Messpositionen die folgenden Bedingungen erfüllen, wie in Bild 4 dargestellt:

- Messpositionen müssen innerhalb des verwundenen Teils der Schiene liegen;
- im Prüfbereich 2, wo die Gleisverwindung als erstes das gesamte Fahrzeug beeinflusst, der Abstand zwischen Messbereichen darf nicht größer als 1,5 m sein;
- in den anderen Bereichen der Gleisverwindung darf der Abstand zwischen den Messbereichen nicht größer als 3 m sein.



- | | | | |
|---|---------------|---|-----------------|
| 1 | Prüfbereich 1 | 5 | Laufrichtung |
| 2 | Prüfbereich 2 | u | Überhöhung |
| 3 | Prüfbereich 3 | x | Gleiskoordinate |
| 4 | Messpunkte | | |

ANMERKUNG Für das Prüfen von Gelenkzügen sollte Prüfbereich 2 Richtung Ende des verwundenen Abschnittes erweitert werden, um auch den Bereich abzudecken, wo die maximale Radentlastung entsteht.

Für jeden Messabschnitt muss der Wert von $(Y/Q)_a$ des führenden Radsatzes aufgezeichnet werden. Radanhebungen des äußeren Rades des führenden Radsatzes Δz müssen fortlaufend aufgezeichnet werden.

Um die Reibbedingungen zu bestimmen, müssen $(Y/Q)_i$ und α als Mittelwerte aller Messabschnitte oder als fortlaufend aufgezeichnetes Signal beurteilt werden.

Falls eine fahrzeugbasierte Messung verwendet wird, muss die Verarbeitung der Messsignale durch Analogie zu den oben genannten Bedingungen durchgeführt werden.

6.1.5.1.6 Auswertung

Die Auswertung wird für den Maximalwert $\Delta z_{\max}$ der Radanhebung des äußeren Rades des zu prüfenden Radsatzes durchgeführt. Der Grenzwert ist $\Delta z_{\max} \leq \Delta z_{\lim} = 5 \text{ mm}$, der durch drei verschiedene Prüfungen erreicht werden muss.

NOTE Drei erfolgreiche Prüfungen sind nicht notwendigerweise aufeinanderfolgende Prüffahrten.

6.1.5.1.7 Bericht

Zusätzlich zum allgemeinen Bericht, muss nach 5.4 für jede Prüfungsbedingung, die Teil des Prüfprogramms war, die folgenden Details einbezogen werden:

- die aktuellen Details der Gleiseigenschaften der Prüfstelle zur Zeit der Prüfung, einschließlich eines Verweises zu dem in 6.1.5.1.3 identifizierten Punkt;
- angewendete Unterfütterungen, wie in 6.1.5.1.1 und 6.1.5.1.2 festgelegt;
- Geschwindigkeit beim Durchfahren der Prüfstelle;
- Y/Q für die inneren und äußeren Schienen;
- Maximalwert von Δz .

6.1.5.1.8 Befreiung

Basierend auf den Prüfergebnissen eines Referenzfahrzeugs (siehe 3.16) muss ein Fahrzeug ohne Prüfung zugelassen werden, entweder wenn:

- der Einfluss der Änderungen am Fahrzeug verglichen mit dem Referenzfahrzeug nachgewiesen ist und zeigt, dass die Annahmekriterien nicht überschritten werden;

oder wenn:

- eine Berechnung der Führungs- und Radaufstandskräfte des Referenzfahrzeugs unter Prüfbedingungen in Verfahren 1 glaubwürdige Ergebnisse liefert; und
- Berechnungen für das Referenzfahrzeug und das zu beurteilende Fahrzeug nach den Prüfbedingungen in Verfahren 2 den Einfluss der Änderung der Parameter quantifizieren; und
- die berechneten Ergebnisse für Y/Q des zu beurteilenden Fahrzeugs nach den Prüfbedingungen in Verfahren 2 (siehe 6.1.5.2) 10 % unterhalb des Grenzwertes bleiben (in Notfederbetrieb gilt die 10 % Toleranz nicht); und
- die berechneten Ergebnisse des zu beurteilenden Fahrzeugs nach den Prüfbedingungen in Verfahren 2 nicht mehr als 1/3 der Toleranz zwischen dem berechneten Ergebnis des Referenzfahrzeugs und des Grenzwertes erhöht sind.

6.1.5.2 Verfahren 2: Prüfung auf Verwindeprüfstand und ebenem Prüfgleis

6.1.5.2.1 Allgemeines

Im Verfahren 2 wird das Risiko des Aufkletterns des Spurkranzes durch das Verhältnis der horizontalen Führungskraft Y und der vertikalen Radkraft Q beurteilt. Die Beurteilung ist in zwei Schritten durchzuführen:

- 1) Die Messung der Verminderung der vertikalen Radkraft Q_a auf einem Prüfstand, der ein verwundenes Gleis simuliert.
- 2) Die Messung der Führungskraft Y_a auf einem geeigneten Prüfgleis.

Die Berechnung des Verhältnisses $(Y/Q)_a$ basiert auf den Prüfergebnissen.

6.1.5.2.2 Messung der Verminderung der vertikalen Radkraft

6.1.5.2.2.1 Allgemeines

Es muss ein geeigneter Prüfstand verwendet werden, der zumindest die Träger der beiden Radsätze eines Drehgestells anheben und/oder senken kann. Damit kann die Gleisverwindung an der Radbasis des Drehgestells als auch am Abstand der Drehgestellmitten simuliert werden.

6.1.5.2.2.2 Prüfbedingungen

Folgende Werte müssen auf dem Verwindeprüfstand verwendet werden:

— für die Drehgestellprüfverwindung:

$$g_{\text{lim}}^+ = 7 - \frac{5}{2a^+} \quad \text{wenn } 2a^+ < 4 \text{ m}$$

$$g_{\text{lim}}^+ = \frac{15}{2a^+} + 2,0 \quad \text{wenn } 2a^+ \geq 4 \text{ m}$$

mit $2a^+$ als Längsbasis des Drehgestells in m und g_{lim}^+ in ‰.

— für die Fahrzeugprüfverwindung:

$$g_{\text{lim}}^* = 7 - \frac{5}{2a} \quad \text{wenn } 2a < 4 \text{ m and}$$

$$g_{\text{lim}}^* = \frac{15}{2a} + 2,0 \quad \text{wenn } 4 \text{ m} \leq 2a \leq 20 \text{ m}$$

$$g_{\text{lim}}^* = 3 - \frac{5}{2a} \quad \text{wenn } 20 \text{ m} < 2a \leq 30 \text{ m}$$

$$g_{\text{lim}}^* = \frac{85}{2a} \quad \text{wenn } 2a > 30 \text{ m}$$

mit $2a$ als Längsmaß der Verwindung in m (für Einzelfahrzeuge ist das Längsmaß der Verwindung gleich $2a^*$, der Abstand zwischen den Drehzapfen des Einzelfahrzeugs oder der Abstand der Radsätze für Fahrzeuge ohne Drehgestell) und g_{lim}^* in ‰.

ANMERKUNG Im Prinzip werden die Grenzbedingungen der Fahrzeugprüfverwindung in 6.1.5.1.2 als Basis für diese Prüfung verwendet, in der Praxis ist eine Radanhebung bis zu 5 mm nach 6.1.5.1.6 zulässig. Somit ist die effektive Verwindung für das Fahrzeug reduziert.

Da nur ein Rad eines Drehgestells abheben soll, beträgt die Reduzierung für die Fahrzeugverwindung nur 2,5 mm. Dennoch verwendet diese Norm die Originalgleichungen ORE B 55 RP 8, die 5 mm Radanhebung für alle Arten von Fahrzeugen verwendet. Die Originalgleichungen ORE B 55 RP 8 führten in der Vergangenheit zu einem sicheren Betrieb und eine Analyse zeigte, dass der Einfluss dieser Auswirkung auf Y/Q für Fahrzeuge in Normalbedingung ungefähr 1 % und für Luftfederfahrzeuge im Notfederbetrieb 2 % – 4 % beträgt.

Für Drehgestellfahrzeuge muss die Verwindung aufgrund der Längsbasis $2a^+$ und der Verwindung aufgrund des Drehgestellmittenabstands $2a^*$ wie in Bild 1 und in A.9.3 beschrieben, kombiniert werden.

6.1.5.2.2.3 Messungen

Die Verschiebungen der Räder müssen während der Verwindeprüfung fortlaufend gemessen werden. Zusätzlich müssen die Radkräfte Q_{jk} aller Räder durch geeignete Geräte gemessen werden.

Durch die Prüfung des Fahrzeugs auf dem Prüfstand werden die folgenden Fahrzeugparameter ausgewertet:

— $Q_{0,j}$ durchschnittliche Radkraft für jeden Radsatz auf ebenem Gleis (Verwindung $g = 0$);

- ΔQ_{jk} Abweichung der Radkraft von Q_0 aufgrund der kombinierten Drehgestell- und Wagenkastenverwindung und Exzentrizität des Schwerpunktes, einschließlich Reibung und Toleranzen;
- $Q_{jk,min}$ minimale Radkraft aufgrund der kombinierten Drehgestell- und Wagenkastenverwindung und Exzentrizität des Schwerpunktes, einschließlich Reibung und Toleranzen (siehe A.9.4.4).

A.8 und A.9 beinhalten Anleitungen zur Prüfung und Auswertung.

6.1.5.2.3 Messung der Führungskraft

6.1.5.2.3.1 Allgemeines

Die Führungskraft der äußeren Räder wird in einem ebenen, gebogenen Gleis ermittelt.

6.1.5.2.3.2 Prüfbedingungen

Die Prüfungen müssen auf einem Gleiß mit den folgenden Eigenschaften durchgeführt werden:

- ebener Bogen (ohne Verwindung und Überhöhung);
- Nenn-Bogenradius $R = 150$ m;
- kein Übergang zwischen geradem und gebogenem Gleis;
- Nenn-Spurweite im Bereich zwischen 1 440 mm und 1 450 mm mit einer Toleranz von ± 5 mm um den Nennwert;
- das Prüfgleis darf die folgenden Toleranzen für durchschnittliche und Spitzen-Längsebene nicht überschreiten: 10 mm und durchschnittlich zu Spitzenausrichtung: 10 mm;
- Plötzliche Änderungen von Berührgeometrie, Spurweite und Krümmung innerhalb der Toleranzen müssen innerhalb des Messbereichs vermieden werden.

ANMERKUNG Falls plötzliche Änderungen der Berührgeometrie, Spurweite oder Krümmung zusammen mit den Reibungswerten im oberen Ende des annehmbaren Bereichs integriert werden, kann die Prüfung zu streng sein und es ist erlaubt, die Prüfung zu wiederholen.

Laufrichtung und Richtung der Krümmung müssen so sein, dass das Rad mit niedrigster vertikaler Radkraft des extremen Radsatzes in der Führungsposition ist und auf der äußeren Schiene des Bogens läuft.

Die Prüfungsbedingungen, die den Zustand der Schiene betreffen, wie in 6.1.3 (trockene Schienenbedingungen) beschrieben, müssen erfüllt werden.

Der Einfluss der Längskräfte im Zugverband müssen minimiert werden. Das Fahrzeug darf nicht gebremst werden. Die Geschwindigkeit muss konstant sein und darf 10 km/h nicht überschreiten.

Die Prüfungen müssen mindestens 3 Mal wiederholt werden.

6.1.5.2.3.3 Messungen

Die Kräfte können gemessen werden durch:

- durch ein geeignetes Gerät auf den Schienen; oder
- durch ein geeignetes Gerät an den Fahrzeugen.

Die folgenden Werte müssen gemessen werden:

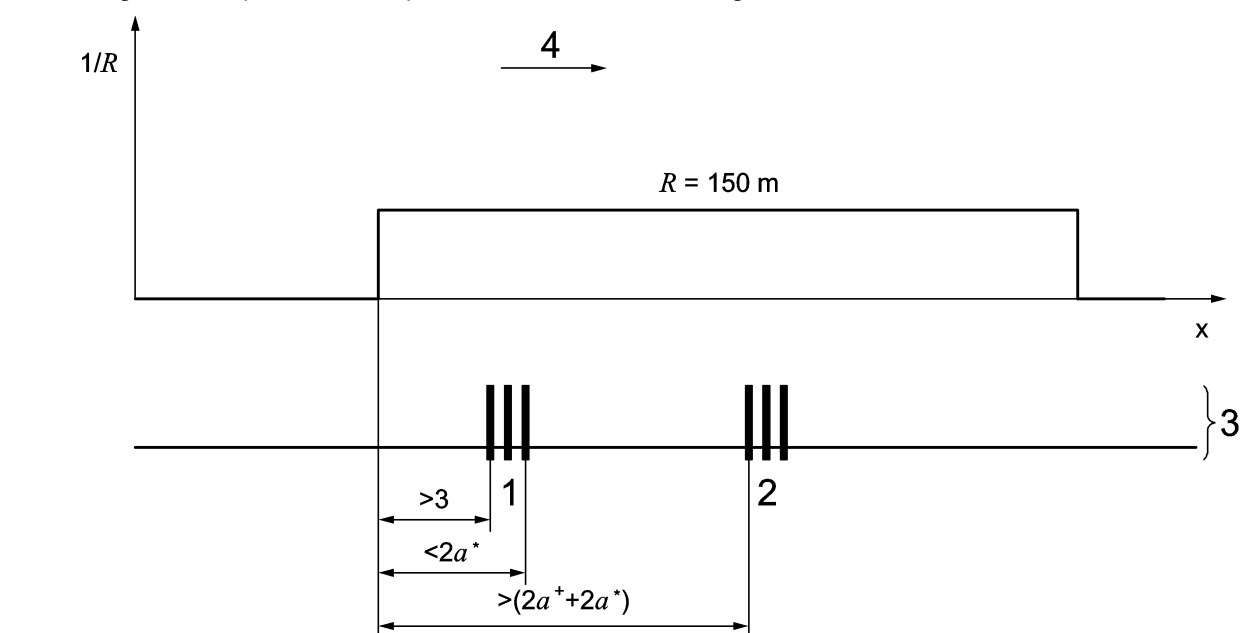
- Querkräfte an den inneren und äußeren Rädern des zu prüfenden Radsatzes Y_i , Y_a ;
- vertikale Radkräfte an den inneren Rädern des zu prüfenden Radsatzes Q_i ;
- Anlaufwinkel des führenden Radsatzes α (siehe 6.1.3).

Im Fall von Schienenmessungen müssen die Messpositionen die folgenden Bedingungen erfüllen:

- mindestens 3 Messpositionen müssen in Prüfbereich 1 am Beginn des Bogenbereichs zwischen 3 m und bis zu $2a^*$ vom Beginn des Bogens (dies stellt sicher, dass Ausdrehbewegung zwischen Wagenkasten und Drehgestell immer noch stattfindet);
- mindestens 3 Messpositionen müssen in Prüfbereich 2 liegen, in einem Bogenbereich wo der Winkel um die vertikale Achse zwischen Drehgestell und Wagenkasten konstant bleibt.

ANMERKUNG Für das Untersuchen von zwischenliegenden Drehgestellen von Gelenkzügen kann es notwendig sein, auch die Führungskräfte am Bogenausgang zu berücksichtigen. In diesem Fall kann entweder der Bogen am Ausgang in derselben Weise wie in Prüfbereich 1 instrumentiert oder das Fahrzeug in umgekehrter Richtung gefahren werden.

Bild 5 zeigt ein Beispiel von Messpunkten in einem 150 m Bogenradius.



Legende

- 1 Prüfbereich 1
- 2 Prüfbereich 2
- 3 Messpunkte
- 4 Laufrichtung
- $1/R$ Krümmung
- x Gleiskoordinate

Bild 5 — Gleisbasierte Messpunkte zur Bestimmung von Y und Q in einem ebenen Bogen

Für jede Messposition müssen die Werte für Y_{ja} und Y_{ji} des zu prüfenden Radsatzes j aufgezeichnet werden. Die Mittelwerte $Y_{ja,mean}$ und $Y_{ji,mean}$ der Messpositionen müssen für Prüfbereich 1 und Prüfbereich 2 separat ausgewertet werden. Die Beurteilung ist mit dem höheren dieser beiden Werte durchzuführen.

Zur Auswertung von Y_i muss die Richtung der Kraft aufgezeichnet werden (in den meisten Fällen gegenüber von Y_a).

Um die Reibungsbedingungen zu bestimmen, müssen $(Y/Q)_i$ und α als Mittelwerte aller Messpositionen oder eines fortlaufend aufgezeichneten Signals ausgewertet werden.

Wenn eine fahrzeugseitige Messung verwendet wird, müssen die Ergebnisse äquivalent zu den obigen Bedingungen analysiert werden.

6.1.5.2.4 Beurteilung

Eine Analyse zur Sicherheit gegen Entgleisen muss für die zu prüfenden Radsätze des Fahrzeugs durchgeführt werden. Die folgenden Gleichungen müssen für jeden zu prüfenden Radsatz ausgewertet werden:

$$\left(\frac{Y}{Q}\right)_{ja} = \frac{Y_{ja,mean}}{Q_{jk,min} + \Delta Q_{jH}}$$

Dabei ist

$Y_{ja,mean}$ die quasistatische Führungskraft, ausgewertet durch die in 6.1.5.2.3.3 beschriebenen Prüfungen

$Q_{jk,min}$ die kleinste Radkraft, ausgewertet durch die in 6.1.5.2.2.3 beschriebene Verwindeprüfung (siehe auch A.9.4.4)

ΔQ_{jH} die Änderung der vertikalen Radkraft aufgrund des Moments der Summe der Querkräfte des Rades

$$\Delta Q_{jH} = (Y_{ja} + Y_{ji}) \frac{h}{2b_A}$$

Dabei ist

h die effektive Höhe über der Schiene der primären Quersfederung

$2b_A$ der Seitenabstand von Rad/Schiene-Kontaktpunkten (normalerweise 1 500 mm)

Ein Fahrzeug wird als sicher gegen Entgleisen betrachtet, wenn die Bedingung:

$$(Y/Q)_{ja} \leq 1,2$$

für einen Spurkranzwinkel 70° erfüllt ist (dies entspricht $\mu = 0,36$ von A.2).

Für unterschiedliche Spurkranzflankenwinkel γ_f wird der Grenzwert berechnet durch:

$$\left(\frac{Y}{Q}\right)_{a,lim} = \frac{\tan \gamma - 0,36}{1 + 0,36 \tan \gamma_f}$$

A.2 zeigt einige Hintergrundinformationen für die Auswertungsparameter $(Y/Q)_a$ und dem Grenzwert.

ANMERKUNG Der Grenzwert $(Y/Q)_{lim} = 1,2$ für einen Spurkranzflankenwinkel von 70° basiert auf statistischen Untersuchungen, die in ORE B55 beschrieben sind. Diese ist identisch mit Nadals Kriterium für einen Spurkranzflankenwinkel von 70° und einen Rad-Schiene-Reibungskoeffizienten von 0,36. Trotz der Tatsache, dass dieser Grenzwert nicht

von der Nadal-Formel abgeleitet wurde und der Reibungskoeffizient zwischen Rad und Schiene während der Prüfung nach 6.1.3 höher sein sollte als 0,36, ist die Nadal-Formel als physikalische Beziehung zwischen Spurkranzflankenwinkel, Rad-Schiene-Reibungskoeffizient und dem Grenzwert zur Sicherheit gegen Entgleisen aufgrund des Aufkletterns des Rades anerkannt. Daher wird die Nadal-Formel hier für eine Neuberechnung des Grenzwertes für Spurkranzflankenwinkel von 70° verwendet. Der Wert des Rad-Schiene-Reibungskoeffizienten von 0,36, der für diese Neuberechnung des Grenzwertes für Spurkranzflankenwinkel verwendet wird, stellt jedoch nicht den realen Reibungskoeffizienten dar, der während der Prüfung auftritt. Infolgedessen ist die oben stehende Formel nicht der Grenzwert nach Nadal, wie oft in Messungen und Berechnungen verwendet, sondern nur eine Umrechnungsformel, um den Grenzwert nach ORE B55 für Spurkranzflankenwinkel anders als 70° anzupassen.

6.1.5.2.5 Bericht

Zusätzlich zum allgemeinen Bericht nach 5.4 für beide Prüfstadien und jede Prüfbedingung, die Teil des Prüfprogramms war, müssen die folgenden Einzelheiten angegeben werden:

- für jede durchgeführte Prüfbedingung nach 6.1.5.2.2.2 Einzelheiten über die angewandte Verwindung;
- für jede durchgeführte Prüfbedingung nach 6.1.5.2.3.2 Einzelheiten über den Bogen;
- Unterfütterungen, falls verwendet;
- Geschwindigkeit beim Durchfahren des Prüfbogens;
- Y/Q für die inneren und äußeren Schienen im Prüfbogen;
- für jede durchgeführte Prüfbedingung die Messergebnisse nach 6.1.5.2.2.3 (vertikale Radkraft und Verwindung auf dem Prüfstand);
- für jede durchgeführte Prüfbedingung die Messergebnisse nach 6.1.5.2.3.3 (Kräfte in ebenen Bögen).

6.1.5.2.6 Befreiung

Basierend auf den Prüfergebnissen eines Referenzfahrzeugs (siehe 3.16) muss ein Fahrzeug ohne Prüfung zugelassen werden, entweder wenn:

- der Einfluss der Änderungen am Fahrzeug, verglichen mit dem Referenzfahrzeug, nachgewiesen ist und zeigt, dass die Annahmekriterien nicht überschritten werden;

oder wenn:

- eine Berechnung der Sicherheit gegen Entgleisen für das Referenzfahrzeug beim Vergleich mit den geprüften Werten glaubwürdige Ergebnisse liefert, und
- die berechneten Ergebnisse des zu beurteilenden Fahrzeugs 10 % unterhalb des Grenzwertes bleiben (im Nottfederbetrieb gilt die 10 % Toleranz nicht); und
- die berechneten Ergebnisse sich nicht um mehr als 1/3 der Toleranz zwischen den Prüfergebnissen und die Grenzwerten erhöhen.

6.1.5.3 Verfahren 3: Prüfung auf dem Verwindeprüfstand und Wankprüfstand

6.1.5.3.1 Allgemeines

Das Risiko des Aufkletterns des Spurkranzes wird in zwei Phasen ausgeführt.

In Phase 1 werden zwei Prüfungen durchgeführt:

- 1) Die Messung der Verminderung der vertikalen Radkraft Q_a auf einem Prüfstand, der ein verwundenes Gleis simuliert.
- 2) Die Messung des Ausdrehwiderstandes, der generiert wird, wenn das Fahrzeug den kleinsten Radius der Krümmung durchfährt, für die das Fahrzeug konstruiert wurde.

Wenn es nicht möglich ist, ein annehmbares Fahrverhalten unter Verwendung der Phase 1 nachzuweisen, können validierte Computersimulationen nach Anhang B verwendet werden. Dies ist die zweite Phase. Phase 2 kann nicht verwendet werden, solange nicht Phase 1 durchgeführt wurde. Die Ergebnisse der Phase 1 werden verwendet, um die in Phase 2 durchgeführte Arbeit zu validieren.

Verfahren 3 darf nur unter den folgenden Bedingungen verwendet werden:

- Fahrzeuge mit herkömmlicher Technologie, wie in 3.13 festgelegt;
- Fahrzeuge mit zwei Drehgestellen mit zwei Radsätzen je Wagenkasten oder Gelenkzüge mit Drehgestellen mit zwei Radsätzen, bei denen die Prüfstelle eingerichtet wird und eine ausreichende Anzahl von Wagenkästen verlässliche Ergebnisse erzielen können;
- Spurkranzflankenwinkel von Rädern zwischen 68° und 70°.

Wenn es nicht möglich ist, ein annehmbares Fahrverhalten unter Verwendung der Phase 1 des Verfahrens 3 nachzuweisen, kann Phase 2 mit den validierten Computersimulationen nach Anhang B verwendet werden. Falls dies nicht erfolgreich ist, muss entweder Verfahren 1 oder Verfahren 2 verwendet werden.

6.1.5.3.2 Messung der Verminderung der vertikalen Radsatzaufstandskraft

6.1.5.3.2.1 Allgemeines

Es muss ein geeigneter Prüfstand verwendet werden, der mindestens die Träger der beiden Radsätze eines Drehgestells anheben und/oder absenken kann. Damit können die Verwindung des Gleises an der Längsbasis des Drehgestells, sowie der Drehgestellmittenabstand simuliert werden.

6.1.5.3.2.2 Prüfbedingungen

Folgende Werte müssen auf dem Verwindeprüfstand verwendet werden:

- für Drehgestelle:

$$g_{\text{lim}}^+ = 7 \quad \text{wenn } 2a^+ < 5\text{m und}$$

$$g_{\text{lim}}^+ = \frac{20}{2a^+} + 3,0 \quad \text{wenn } 2a^+ \geq 5\text{m}$$

mit $2a^+$ als Längsbasis des Drehgestells in m und g_{lim}^+ in ‰.

- für Wagenkästen:

$$g_{\text{lim}}^* = \frac{20}{2a^*} + 3,0$$

mit $2a^*$ als Längsmaß des Fahrzeugs (Abstand zwischen den Drehzapfenmitten) in m und g_{lim}^* in ‰.

Die Prüfungen müssen als kombinierte Wagenkasten- und Drehgestellverwindung, wie in Bild 1 dargestellt und in A.9.3 beschrieben, durchgeführt werden.

ANMERKUNG Diese Art von Prüfung ist identisch mit den Prüfungen in Verfahren 2, wird aber mit anderen Verwindungsbedingungen durchgeführt.

6.1.5.3.2.3 Messungen

Die Verschiebungen der Räder müssen während der Verwindeprüfung fortlaufend gemessen werden. Zusätzlich muss die Radkraft Q_{jk} der Räder, bei denen der höchste Prozentsatz der Radentlastung entsteht, durch geeignete Vorrichtungen gemessen werden.

6.1.5.3.3 Messung des Ausdrehwiderstandes

6.1.5.3.3.1 Allgemeines

Die in diesem Abschnitt beschriebene Prüfung zielt darauf ab, das Wagenkasten-zu-Drehgestell-Drehmoment auszuwerten, welches bei der Durchfahrt des Fahrzeugs durch Bögen generiert wird.

6.1.5.3.3.2 Prüfbedingungen

Die Prüfungen müssen auf einem Prüfstand durchgeführt werden, der geeignet ist, das für die Ausdrehung von Wagenkasten und Drehgestell bis zum maximalen Drehwinkel erforderliche Moment aufzubringen. Die Eigenschaften des Prüfstandes, einschließlich seines Reibungsverhaltens, sollten berücksichtigt werden.

Die Prüfungen müssen in beiden Richtungen der Wankrotation durchgeführt werden, mindestens bis zum maximalen Ausdrehwinkel zwischen Wagenkasten und Drehgestell von

$$\Delta\psi_{\text{test}}^* = \frac{a^*}{R_{\min}} + \frac{0,020}{2a^+}$$

ANMERKUNG 1 Die Gleichung beinhaltet eine Seitenverschiebung der Radsätze von 20 mm zusätzlich zum Wankwinkel, der durch den für das Fahrzeug festgelegten Mindestbogenradius $R_{\min}$ bestimmt wird.

Die Prüfung muss über die Ausgangsstellung des Drehgestells (Ausdrehwinkel Null) hinaus fortgesetzt werden, so dass geschlossene Hystereseschleifen erreicht werden.

Die Ausdrehgeschwindigkeit muss über mindestens $\pm 75\%$ des gesamten Ausdrehwinkels konstant 1° betragen.

ANMERKUNG 2 Es ist möglich, höhere Ausdrehgeschwindigkeiten zu erreichen, als dieser Wert. Dies geschieht bei kleineren Ausdrehwinkeln. Eine Kombination von maximalem Ausdrehwinkel und Geschwindigkeit wird als unrealistisch betrachtet.

Für Fahrzeuge mit Luftfedern müssen die Prüfungen in Luft- und Notfederbetrieb durchgeführt werden.

6.1.5.3.3.3 Messungen

Der Ausdrehwinkel zwischen Wagenkasten und Drehgestell $\Delta\psi^*$ und Drehmoment M_z die erforderlich sind, um das Drehgestell zu drehen, müssen fortlaufend gemessen und in einem Diagramm $M_z = f(\Delta\psi^*)$ aufgezeichnet werden. Bild 6 zeigt ein Beispiel eines Drehgestell-Ausdrehdiagramms.

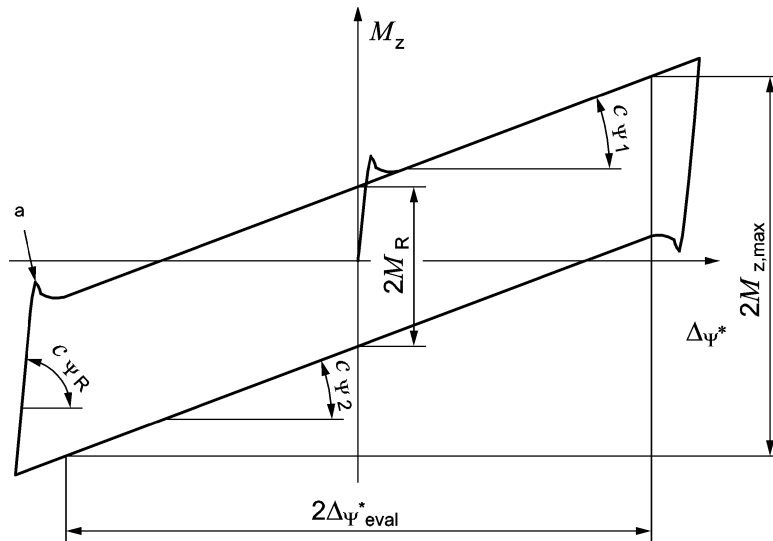


Bild 6 — Drehgestell-Ausdrehdiagramms

M_R ist die Amplitude der Hysteresis und resultiert aus der Reibung und Dämpfung im System.

Die mittlere Steigung

$$c_\psi = \frac{c_{\psi 1} + c_{\psi 2}}{2}$$

ist die Ausdrehsteifigkeit der sekundären Dämpfung. Wenn die Ausdrehung des Drehgestells mittels Gleitplatten zwischen Fahrzeugkasten und Drehgestell erreicht wird, dann wird c_ψ zu Null.

Die serielle Steifigkeit $c_{\psi R}$ der Reibung oder des Dämpfungselements kann für das Verständnis des dynamischen Fahrverhaltens maßgeblich sein.

Die Einzelheit „a“ im Bild 6 kann durch die Prüfstandseigenschaften entstehen, einschließlich des Trägheitsmoments von Prüfstand und Drehgestell, und muss außer Acht gelassen werden.

6.1.5.3.4 Auswertung

Die Ergebnisse für Stufe eins müssen bestimmt werden. Für die Annahme müssen beide Kriterien simultan berücksichtigt werden.

Die Analyse der Dämpfungsleistung beim Durchfahren von verwundenen Gleisen (siehe 6.1.5.3.2) muss für die End-Radsätze des Fahrzeugs für jedes Rad unter Verwendung des Radentlastungsfaktors $\frac{\Delta Q}{Q_0}$ durchgeführt werden.

Dabei ist

Q_0 die durchschnittliche Radkraft des geprüften Radsatzes auf ebenen Gleis (twist $g^0 = 0$)

ΔQ die Abweichung von Q_0 bei maximalen Verwindebedingungen

Das folgende Kriterium muss berücksichtigt werden:

$$\frac{\Delta Q}{Q_0} \leq 0,6$$

Basierend auf den Ergebnissen der Messung des Ausdrehwiderstandes des Drehgestells in kleinen Bogenradien (siehe 6.1.5.3.3) muss der X -Faktor von der folgenden Formel berechnet werden:

$$X = \frac{M_{z,Rmin}}{2a^+ P_0}$$

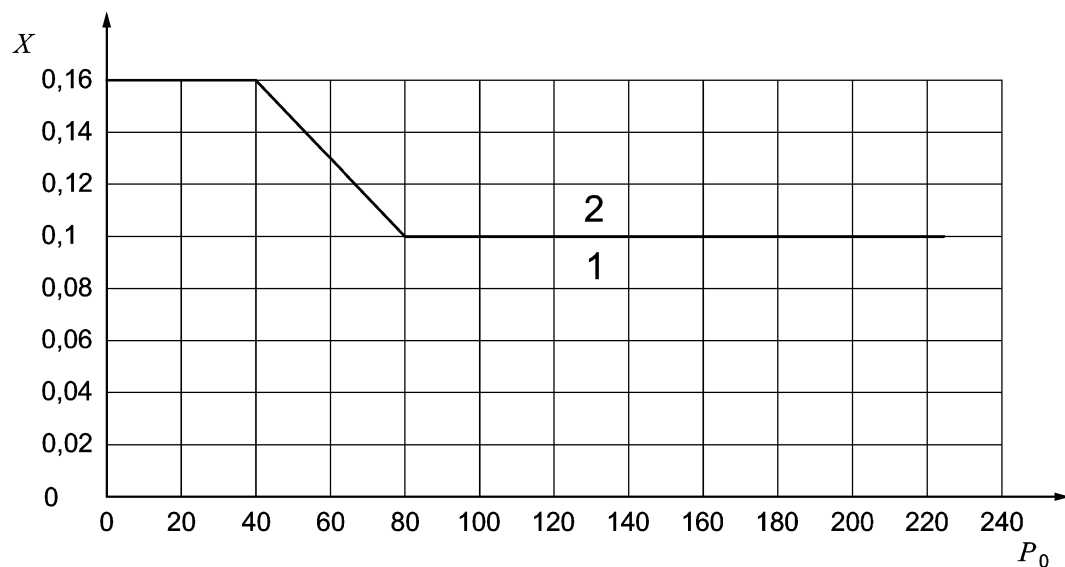
Dabei ist

$M_{z,Rmin}$ das Drehmoment, das erforderlich ist, um das Drehgestell relativ zum Wagenkasten (ausgenommen Einschränkungsberechnung) gedreht wird und ausgewertet für

$$\Delta\psi_{eval}^* = a^* / R_{min}$$

Das folgende Kriterium muss berücksichtigt werden:

$X \leq 0,1$ für Reisezugwagen und Lokomotiven,
für Güterfahrzeuge muss es unterhalb der Grenzwerte liegen, die in Bild 7 gezeigt sind.



Legende

- 1 annehmbar
- 2 nicht annehmbar
- 3 'X' Faktor
- 4 vertikale Radsatzkraft P_0 in kN

Bild 7 — Maximal zulässiger Faktor X für Güterfahrzeuge

6.1.5.3.5 Bericht

Zusätzlich zum allgemeinen Bericht nach 5.4, wenn das Fahrzeug erfolgreich Phase 1 bestanden hat, muss der Prüfbericht für beide Prüfungen Folgendes beinhalten:

- Einzelheiten für jede Prüfbedingung, die Teil des Prüfprogramms war, einschließlich Verweise zu den in 6.1.5.3.2.2 (Prüfverwindung) und in 6.1.5.3.3.2 (Drehgestelldrehprüfung) identifizierten Punkten;
- für jede Prüfbedingung, die Teil des Prüfprogramms war, die Messergebnisse die nach 6.1.5.3.2.3 (Prüfverwindung) und in 6.1.5.3.3.3 (Drehgestelldrehprüfung) durchgeführt wurden.

Für den Fall, dass Phase 1 nicht bestanden wurde, ist Phase 2 zur Verwendung vorgesehen. In diesem Fall muss der Bericht auch Folgendes enthalten:

- die Anforderungen nach B.1;
- die simulierten Gleisbedingungen nach B.3;
- die Bedingungen nach B.4;
- die Ausgangsanforderungen nach B.5.

6.2 Sicherheit gegen Entgleisen unter Längsdruckkräften in S-förmigen Bögen

Es ist bekannt, dass Längskräfte innerhalb von Zügen das Potential haben, das Risiko einer Entgleisung zu erhöhen, wenn S-förmige Bögen befahren werden. Für herkömmliche Züge (außer Güterzüge) wird das Risiko als niedrig betrachtet. Jedoch sollte dieses Risiko bei der Entwicklung nicht-herkömmlicher Konfigurationen berücksichtigt werden. Im Fall von Güterfahrzeugen müssen die Verfahren nach EN 15839 verwendet werden.

6.3 Bewertung des Verwindekoeffizienten eines Wagenkastens c_t^*

Der Verwindekoeffizient c_t^* ist ein Grundparameter eines Fahrzeugs, der auf die Sicherheit gegen Entgleisen unter Längsdruckkräften bezogen ist und beeinflusst auch die Sicherheit gegen Entgleisen in verwundenen Gleisen, zusammen mit dem Federungssystem. Er wird durch die folgende Gleichung bestimmt:

$$c_t^* = M_t / \left(\frac{\vartheta}{l} \right) = (M_t / \vartheta) l \quad (1)$$

Dabei ist

M_t das Drehmoment

ϑ der Winkel der Drehung

l die Auflagelänge (längs)

Um den Verwindekoeffizienten eines Wagenkastens zu bestimmen, können verschiedene Prüfverfahren verwendet werden. Verfahren sind im normativen Anhang C angegeben.

Die Verwindesteifigkeit ist nur zu bestimmen, wenn durch die Beurteilung nach 6.1 oder 6.2 ein genauer Wert erforderlich ist.

6.4 Beurteilung des Neigungskoeffizienten

6.4.1 Allgemeines

Die in diesem Unterabschnitt beschriebenen Prüfungen werten die Verschiebeeigenschaften des Wagenkastens aus, die durch auf den Wagenkasten wirkenden Querkräfte, die durch Überhöhungsüberschuss und Überhöhungsfehlbetrag entstehen. Mit den hier beschriebenen Prüfungen ist es möglich, die Vorgaben für die Berechnung der Begrenzungslinien zu bestimmen, wie in EN 15273-1 beschrieben und nach EN 15273-2 gefordert.

ANMERKUNG Das Anwenden dieser Prüfung kann auch nützlich sein, um nachzuweisen, dass die Verschiebungen des Fahrzeugs bei Wankbewegungen um die X-Achse und die Eigenschaften für die installierten Federbauteile innerhalb der Konstruktionsgrenzen liegen. Die Ergebnisse können auch für Computermodellvalidierungen verwendet werden.

In diesem Unterabschnitt werden zwei alternative Verfahren beschrieben, die zur Bestimmung des Neigungskoeffizienten des Fahrzeugs verwendet werden können:

- Verfahren 1: Die Bestimmung des Neigungskoeffizienten wird mit dem Fahrzeug im Stand durchgeführt. Die Messung der Wankwinkel und Querverschiebungen wird auf einem simulierten, überhöhten Gleis durchgeführt, die nachfolgende Analyse der Messdaten bestimmt die Informationen über das Wankverhalten.
- Verfahren 2: Die Bestimmung des Neigungskoeffizienten während der Streckenfahrversuche wird entweder durch Messung der Beschleunigung im Wagenkasten oder durch Messung der Relativbewegung von Teilen innerhalb des Fahrzeugs, zusammen mit dem Überhöhungsfehlbetrag.

6.4.2 Beurteilungsanforderungen

In diesem Unterabschnitt sind keine Beurteilungsanforderungen, sondern nur die Prüfverfahren festgelegt. Die entsprechende Beurteilungsanforderung wird mit Verweis auf EN 15273 bestimmt.

6.4.3 Prüfbedingungen

Falls nachstehend nicht anders angegeben, müssen alle Bedingungen des Versuchsfahrzeuges mit den Anforderungen nach 5.3 übereinstimmen.

6.4.3.1 Fahrzeugprüfbedingungen

Einzelfahrzeuge, die nicht dem Einfluss benachbarter Fahrzeuge unterliegen, müssen separat ohne jegliche Fahrzeugkastenverbindungen geprüft werden. Wenn eine Prüfung eines Einzelfahrzeugs nicht möglich ist, muss der Einfluss der Fahrzeugkastenverbindungen analysiert werden, um ihre Bedeutung zu bestimmen.

Andere Fahrzeuge, wie Gelenkzüge, müssen mit der Normalkonfiguration der Verbindungen zum benachbarten Fahrzeug geprüft werden.

6.4.3.2 Beladezustände

Das Versuchsfahrzeug muss mit den Anforderungen in 5.3.3 oder mit den Anforderungen nach EN 15273, in Abhängigkeit vom Ziel der Prüfung übereinstimmen.

Wo die Prüfbedingungen es nicht erlauben, eine festgelegte Last zu erreichen, ist es zulässig, die Beladezustände zu simulieren. Diese Lastsimulation sollte eine Darstellung der Schwerpunktposition des belasteten Fahrzeugkastens, einschließlich Höhe und Versatz beinhalten.

6.4.3.3 Ausfallzustände

Zur Bestimmung, welche Prüfungen durchzuführen sind, müssen die Anforderungen in 5.2.2 die Basis bilden.

6.4.4 Verfahren 1: stationäre Prüfungen

Das Fahrzeug wird entweder durch Unterfüttern unter den Rädern oder den Radsatzlagern geneigt.

Die resultierenden Quer- und Wankbewegungen der Radsätze, Drehgestellrahmen und Wagenkästen müssen, üblicherweise zwischen Wagenkasten und Drehgestellrahmen und zwischen Drehgestellrahmen und Radsätzen, gemessen werden.

Wo Nichtlinearitäten und Hysterese existieren, müssen ausreichend aufgezeichnet werden, um diese Auswirkungen zu charakterisieren.

6.4.4.1 Fahrzeuge mit Luftfedern

Der Einfluss der Ansprechzeit der Luftfedersteuerung muss untersucht werden. Wenn die Ansprechzeit der Luftfedersteuerung das Neigen des Wagenkastens während der Prüfung beeinflusst, müssen die Luftfedersteuerventile so getrennt werden, dass die Luftfedern als passive Elemente arbeiten.

6.4.4.2 Prüfstelle

Die Prüfung muss an einer Messstelle durchgeführt werden, die aus einem Gleis besteht, das sowohl in Längs- als auch in der Querebene mit Vorrichtungen ausgestattet ist, um die Neigung genau einzustellen. Es muss möglich sein, die Ebene aller Radsätze in beide Richtungen zu neigen, um Überhöhungsüberschuss und Überhöhungsfehlbetrag an allen Positionen des Fahrzeugs zu simulieren. Die Neigung der Radsätze muss gleichzeitig in Schritten bis zum Maximalwert angewendet werden.

Die maximal verwendete Überhöhung muss ausreichend sein, um die Kräfte darzustellen, die aus der Reaktion von Überhöhungsfehlbetrag und -überschuss entstehen.

Der Lastweg durch die Federung muss mit dem Lastweg konsistent sein, der durch den Fahrzeugbetrieb erfahren wurde.

6.4.4.3 Gemessene und abgeleitete Werte

Die vertikale und horizontale Verschiebung an markierten Stellen des Fahrzeugkastens und einem Radsatz muss so gemessen werden, dass folgende Größen abgeleitet werden können:

- η^0 Wankwinkel der Radsätze relativ zur ungeneigten Gleisebene (Überhöhungswinkel)
- η^+ Wankwinkel des Drehgestells relativ zu η^0 ;
- η^* Wankwinkel des Fahrzeugs relativ zu η^0 ;
- Y_{bog} Querverschiebung des Drehgestells an einem festgelegten Punkt zur senkrechten Achse des Radsatzes;
- y^* Querverschiebung in der sekundären Federung;
- y_P Querverschiebung des Wagenkastens an einem festgelegten Punkt P relativ zur senkrechten Achse der Radsätze;
- h_P die Höhe oberhalb der Lafebene an einem festgelegten Punkt P in der längsmittigen Ebene des Fahrzeugs;
- $s_R = \eta^* / \eta^0$ Neigungskoeffizient.

Bild 8 zeigt die Bedingung, die durch die Prüfung dargestellt wird. Bei jedem Überhöhungswert – vom maximalen negativen Wert bis zum maximalen positiven Wert – müssen die gemessenen Werte und abgeleiteten Werte gemessen und ausgewertet werden.

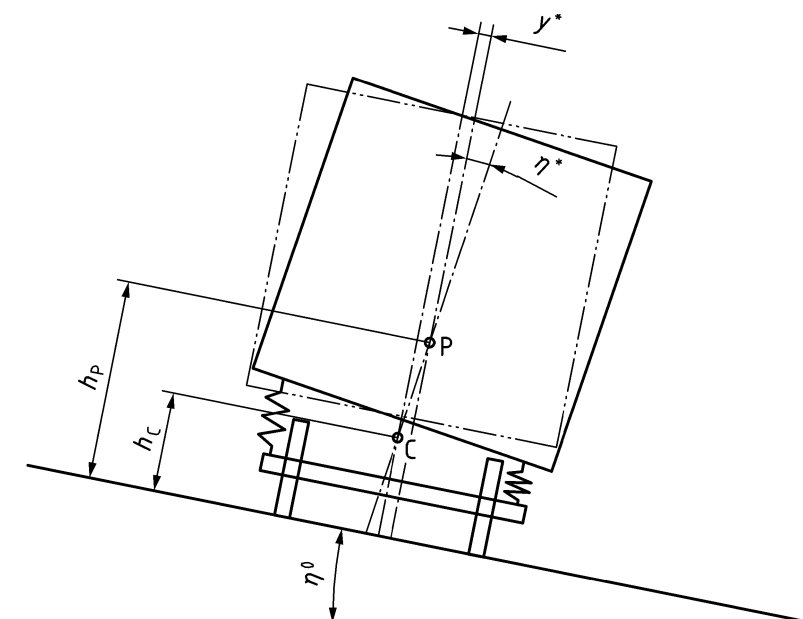


Bild 8 — stehendes Fahrzeug auf überhöhtem Gleis

6.4.4.3.1 Daten zur Auswertung des Neigungskoeffizienten

Zur Auswertung des Neigungskoeffizienten müssen Diagramme erstellt werden, die $\eta^* = f(\eta^0)$ und $y_P = f(\eta^0)$ zeigen. Um eine zweifelsfreie Auswertung des Neigungskoeffizienten zu ermöglichen, müssen die Prüfungen für positive und negative Überhöhung durchgeführt werden, wobei die maximale (positiv und negativ) Prüfüberhöhung mindestens 10 % höher ist als der festgelegte maximale Überhöhungsfehlbetrag oder -überschuss im Betrieb. Die Ergebnisse müssen aufgezeichnet werden. Im Allgemeinen nimmt dies die Form einer Hystereseschleife an. Die Prüfergebnisse müssen ausreichend aufgezeichnet werden, um eine geschlossene Schleife zu erhalten.

Bild 9 zeigt ein Beispiel eines Diagramms $\eta^* = f(\eta^0)$.

ANMERKUNG Die Kreuze im Diagramm zeigen die gemessenen Werte bei verschiedenen Überhöhungswinkeln an. Es zeigt eine Hysterese des gemessenen Wankwinkels an, welcher durch die Reibung in der Federung verursacht wird. Wenn das Verhalten linear ist, kann der Wankkoeffizient durch eine entsprechend gerade Linie berechnet werden.

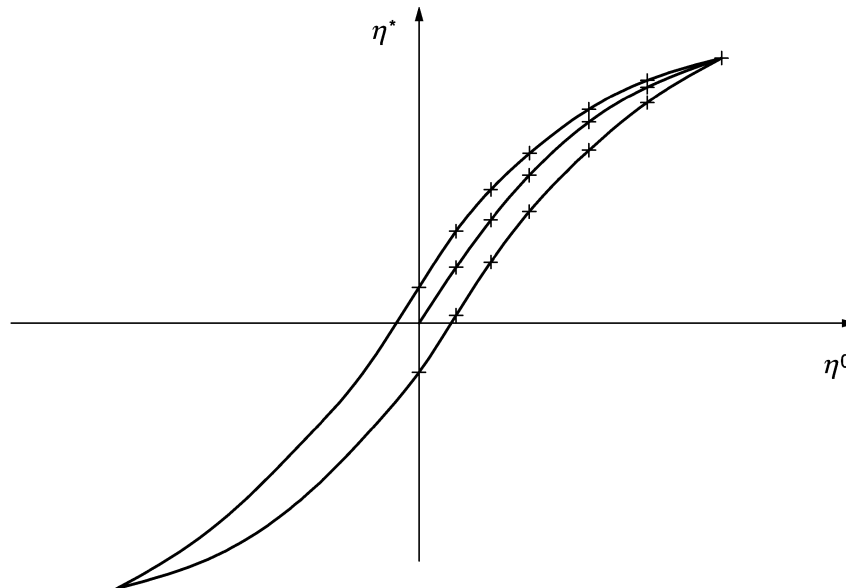


Bild 9 — Beispiel eines Wankwinkeldiagramms

6.4.5 Verfahren 2 — Streckenfahrversuche

6.4.5.1 Allgemeines

Die Bestimmung des Neigungskoeffizienten ist durchgeführt, wenn das Fahrzeug auf dem Gleis mit Überhöhungsüberschuss und/oder Überhöhungsfehlbetrag betrieben wird. Es sind zwei Maßnahmen der Aufnahmen der zugehörigen Fahrzeugreaktion zulässig, entweder durch:

- Messung der Querbeschleunigung; oder durch
- Messung der Wankbewegungen.

Messungen müssen für mindestens 25 Abschnitte auf Gleisbögen mit konstanten Radien durchgeführt werden.

6.4.5.2 Messung der Querbeschleunigung

Die Wanneigenschaften des Fahrzeugs werden bestimmt durch die Messung von:

- $\ddot{y}^*$ Querbeschleunigung im Wagenkasten;
- $\ddot{y}$ Querbeschleunigung der Radsätze (Querbeschleunigung auf Gleisebene).

Für dieses Verfahren muss besonders auf die Genauigkeitsanalyse geachtet werden, die auf der Messunsicherheit an den zwei Eingangsbeschleunigungen basiert.

6.4.5.3 Messung der Wankbewegungen

Die Wanneigenschaften des Fahrzeugs werden bestimmt durch die Messung von:

- $\Delta\eta^*$ Unterschied des Wankwinkels zwischen Wagenkasten und Drehgestellrahmen oder zwischen Wagenkasten und Radsatz für Fahrzeuge ohne Drehgestell;
- $\Delta\eta^*$ Unterschied des Wankwinkels zwischen Wagenkasten und Radsatz für Drehgestellfahrzeuge; und

— $\ddot{y}$ Querbesehleunigung der Radsätze (Querbesehleunigung auf Gleisebene).

6.4.5.4 Auswertung

Die Analyse wird durchgeführt unter Verwendung der Mittelwerte in Gleisabschnitten von Gleisbögen. Die Verarbeitung der Messwerterfassung wird nach 7.6 unter Verwendung der zweidimensionalen Auswertung für quasistatische Größen (siehe H.6) durchgeführt.

ANMERKUNG 1 Es ist nicht notwendig, Einzelauswertungen für die verschiedenen Prüfbereiche durchzuführen.

Da die Luftfedersteuerung von Fahrzeugen mit Luftfederung nicht getrennt werden können, muss der Einfluss der Ansprechzeit in der Zeitbilanz des aufgezeichneten Signals analysiert werden. In Abhängigkeit vom Ergebnis dieser Analyse muss entschieden werden, wie viele Abschnitte jedes Bogens repräsentativ für das dynamische Verhalten der Luftfedersteuerung sind. Nur repräsentative Abschnitte dürfen in der statistischen Analyse aufgenommen werden.

Der Neigungskoeffizient muss abgeleitet werden von:

$$S_R = g \frac{\Delta\eta^+ \Delta\eta^*}{\ddot{y}}$$

für Messungen der Wankwinkelunterschiede in der Primär- und Sekundärfederung, oder

$$S_R = \frac{\ddot{y}^*}{\ddot{y}} - 1$$

für Messungen der Wagenkastenbesehleunigungen.

ANMERKUNG 2 Um mögliche Nichtlinearitäten des Wankverhaltens zu beschreiben, kann es notwendig sein, den Neigungskoeffizienten für verschiedene Überhöhungsfehlbeträge auszuwerten.

6.5 Beanspruchung der abweichenden Weichenzunge

Diese Norm legt keine Anforderungen für die Beurteilung des Fahrzeugverhaltens in Weichen und Kreuzungen fest. Wo es eine nationale Anforderung für die Beurteilung des Fahrzeugverhaltens in Weichen und Kreuzungen gibt, stellt Anhang D eine Methodik und den zugehörigen Hintergrund dar, um eine konsistente Annäherung zur Verfügung zu stellen.

6.6 Fahrsicherheit in Bogenkreuzungen für Fahrzeuge mit kleinen Rädern

Diese Norm legt keine Anforderungen für die Beurteilung des Fahrzeugverhaltens in gebogenen Kreuzungen fest. Wo es eine nationale Anforderung für die Beurteilung des Fahrzeugverhaltens für Fahrzeuge mit kleinen Rädern in gebogenen Kreuzungen gibt, stellt Anhang E eine Methodik und den zugehörigen Hintergrund dar, um eine konsistente Annäherung zur Verfügung zu stellen.

7 Zweiter Schritt – Beurteilung des dynamischen Fahrverhaltens

7.1 Allgemeines

Alle neuen oder geänderten Fahrzeuge müssen im Hinblick auf ihre dynamischen Eigenschaften geprüft werden, um die Fahrsicherheit, die Gleisbeanspruchung und das Schwingungsverhalten des Fahrzeugs zu bestimmen. Eine Beurteilung kann für die Erstzulassung eines Fahrzeugtyps oder die Erweiterung der Zulassung durchgeführt werden. Sie basiert auf der Ermittlung des Fahrverhaltens bei der Fahrt in ausgewählten Auswerteabschnitten Gleisabschnitten (Bögen verschiedener Radien und gerade Gleise) unter definierten Bedingungen für die Auswertung. Eine statistische Analyse der Beurteilungsgrößen schließt sich an, deren Ergebnisse mit den Grenzwerten verglichen werden. Wenn die in diesem Unterabschnitt

beschriebenen Bedingungen erfüllt sind, stellt dies die Grundlage für die Typenzulassung über die Lebensdauer eines Fahrzeugs/Einheit oder einer kompletten Fahrzeugflotte dar.

Die Erstbeurteilung des dynamischen Fahrverhaltens eines Fahrzeugtyps muss im Allgemeinen durch Streckenfahrversuche verifiziert werden. Die Bedingungen für die Durchführung dieses Prozesses sind in diesem Unterabschnitt dargestellt. Unter bestimmten Umständen können die Prüfungen durch Simulationen (siehe Anhang K) oder andere Maßnahmen ergänzt werden, z. B. wenn die Kombination der angestrebten Prüfbedingungen während der Prüfung nicht erreicht werden konnte.

Eine Erweiterung der Zulassung für Fahrzeuge ist möglich, wenn sie auf derselben Konstruktion basieren, oder wenn sie bereits die Zulassung erhalten haben und anschließend einer technischen Änderung unterzogen wurden. Die Beurteilung hierfür ist entweder durch einen eingeschränkten Streckenfahrversuch, Simulation eines Streckenfahrversuchs oder einer Kombination von beidem durchzuführen. Das für den eingeschränkten Streckenfahrversuch (einschließlich der Befreiung von Versuchen) anzuwendende Verfahren (Prüfungsumfang und Messverfahren) ist in Anhang L festgelegt, das für Simulationen in Anhang K.

Bei Triebwagen können die Einzelfahrzeuge unterschiedliche Parameter (z. B. Kräfte, Steifigkeiten) aufweisen. In diesem Fall können einzelne Fahrzeuge als Referenzfahrzeuge verwendet werden. Alle anderen Fahrzeuge werden als Fahrzeuge mit Erweiterung der Zulassung aufgrund der Änderung der Fahrzeugparameter behandelt. Deshalb bestimmen nach L.3.2 die Parameterunterschiede den Umfang der Messungen und Versuche.

Für Güterwagen, die mit einem eingeführten oder standardisierten Fahrwerk nach EN 16235 ausgestattet sind, wird bei Einhaltung der Anforderungen nach EN 16235 eine Befreiung von Streckenfahrversuchen erteilt.

Bei der Planung von Streckenfahrversuchen müssen die betrieblichen Grenzwerte V_{adm} und I_{adm} für das Fahrzeug festgelegt werden. Die gewählten Werte bestimmen die zukünftige Verwendung des Fahrzeugs. Es kann, wie in Anhang S dargestellt, notwendig sein, das Fahrzeug für mehr als eine Kombination von V_{adm} und I_{adm} zu prüfen.

ANMERKUNG 1 Zur Vereinfachung wird empfohlen, für I_{adm} die standardisierten Werte (Anhang S) zur Zulassung zu verwenden. Werte, die den maximalen begrenzenden Werten nach EN 13803-1 entsprechen oder darüber liegen, führen zu den geringsten Einschränkungen für den künftigen Einsatz. Für nationale Einsätze können andere betriebliche Parameter eine bessere Wahl sein.

ANMERKUNG 2 Für die Zulassung ist es nicht notwendig, zwischen zulässigen Überhöhungsfehlbeträgen zu unterscheiden, die um nicht mehr als 2 % voneinander abweichen. Dieser Unterschied ergibt sich z. B. aus der Ungenauigkeit bei der Umrechnung von Überhöhungsfehlbeträgen in unausgeglichene Querbeschleunigungen mit $g = 10 \text{ m/s}^2$ anstatt $g = 9,806 \text{ m/s}^2$.

ANMERKUNG 3 Im Falle einer Deaktivierung eines Neigetechnik-Systems muss der Überhöhungsfehlbetrag reduziert werden, z. B. auf die maximal zulässigen Werte für konventionelle Fahrzeuge. Infolgedessen muss das Fahrzeug auch unter diesen betrieblichen Bedingungen geprüft werden.

ANMERKUNG 4 Es existieren auch Lokomotiven oder Triebköpfe die mit Überhöhungsfehlbeträgen betrieben werden, die über denen liegen, die für konventionelle Züge ohne Neigetechnik-System verwendet werden (z. B. SJ-X2000).

ANMERKUNG 5 Gründe zur Einschränkung der Betriebsbedingungen können sich aus einer eingeschränkten Fähigkeiten der Fahrzeugkonstruktion oder aus einer eingeschränkten Verfügbarkeit geeigneter Prüfgleise ergeben.

Die Messverfahren basieren auf der Klassifizierung des Versuchsfahrzeuges nach:

- Lokomotiven, Triebwagen und Reisezugwagen;
- Güterwagen;
- Nebenfahrzeuge.