

DIN EN 13979-1

ICS 45.040

Einsprüche bis 2017-04-24
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13979-1:2011-06

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Radsätze und Drehgestelle –
Vollräder – Technische Zulassungsverfahren –
Teil 1: Geschmiedete und gewalzte Räder;
Deutsche und Französische Fassung prEN 13979-1:2017**

Railway applications –
Wheelsets and bogies –
Monobloc wheels – Design assessment procedure –
Part 1: Forged and rolled wheels;
German and French version prEN 13979-1:2017

Applications ferroviaires –
Essieux montés et bogies –
Roues monobloc – Procédure d'évaluation de la conception –
Partie 1: Roues forgées et laminées;
Version allemande et française prEN 13979-1:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-02-24 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF), 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 123 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)
DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13979-1:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

Dieses Dokument beruht auf der Grundlage einer französischen Referenzfassung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die französische Originalfassung der prEN 13979-1 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm- Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13979-1:2011-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 3 Begriffe und Definitionen neu aufgenommen;
- b) Abschnitt 10 technische Zulassungsverfahren neu aufgenommen;
- c) Anhang E (informativ) Dauerschwingbelastung für Schmalspuren neu aufgenommen;
- d) Anhang F (informativ) Dauerschwingbelastung für Neigezüge neu aufgenommen;
- e) Anhang J (informativ) Ultraschallmessverfahren für Eigenspannungen im Radkranz neu aufgenommen.

Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Vollräder — Technische Zulassungsverfahren — Teil 1: Geschmiedete und gewalzte Räder

Applications ferroviaires — Essieux montés et bogies — Roues monobloc — Procédure d'évaluation de la conception — Partie 1 : Roues forgées et laminées

Railway applications — Wheelsets and bogies — Monobloc wheels — Design assessment procedure — Part 1: Forged and rolled wheels

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Definitionen	8
4 Parameter für die Definition der Anwendung	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Parameter für die geometrische Austauschbarkeit	8
4.2.1 Allgemeines	8
4.2.2 Funktionsanforderungen	8
4.2.3 Montageanforderungen	9
4.2.4 Instandhaltungsanforderungen	9
4.3 Parameter für die thermomechanische Bewertung von Rädern, die an der Lauffläche gebremst werden	9
4.3.1 Dauerbremsung	9
4.3.2 Dauerbremsung	10
4.4 Parameter für die mechanische Bewertung	10
4.5 Parameter für die akustische Bewertung	10
5 Beschreibung des zu bewertenden Rades	10
6 Bewertung der geometrischen Austauschbarkeit	11
7 Bewertung des thermomechanischen Verhaltens	11
7.1 Allgemeines zum Verfahren	11
7.2 Erster Schritt - Bremsversuch auf dem Prüfstand	11
7.2.1 Prüfverfahren	11
7.2.2 Entscheidungskriterien	11
7.3 Zweiter Schritt - Bruchversuch auf dem Prüfstand	12
7.3.1 Allgemeines	12
7.3.2 Prüfverfahren	12
7.3.3 Entscheidungskriterien	12
7.4 Dritter Schritt - Bremsversuch auf der Strecke	12
7.4.1 Allgemeines	12
7.4.2 Prüfverfahren	12
7.4.3 Entscheidungskriterien	13
8 Bewertung des mechanischen Verhaltens	13
8.1 Allgemeines zum Verfahren	13
8.2 Erster Schritt - Berechnung	14
8.2.1 Anzuwendende Kräfte	14
8.2.2 Berechnungsverfahren	15
8.2.3 Entscheidungskriterien	16
8.3 Zweiter Schritt - Bremsversuch auf dem Prüfstand	17
8.3.1 Allgemeines	17
8.3.2 Festlegung der Prüfstandsbelastung und des Prüfverfahrens	17
8.3.3 Entscheidungskriterien	17

9	Bewertung des akustischen Verhaltens.....	17
10	Technische Zulassungsunterlagen.....	17
Anhang A (informativ) Werte für die Dauerbremsung		18
A.1	Güterwagen.....	18
A.2	Andere Arten von Fahrzeuge	18
Anhang B (normativ) Bewertung des thermomechanischen Verhaltens.....		19
B.1	Ablaufplan der Bewertung.....	19
B.2	Verfahren des Bremsversuchs auf dem Prüfstand.....	20
B.2.1	Versuchsprinzip.....	20
B.2.2	Definition der Bremsungen	20
B.2.3	Verfahren zur Messung der Entscheidungskriterien.....	21
B.2.4	Versuche und Messungen.....	21
B.2.5	Abweichungen	22
B.3	Verfahren des Bremsversuchs auf der Strecke	22
B.3.1	Versuchsprinzip.....	22
B.3.2	Definition der Dauerbremsung.....	22
B.3.3	Erzeugung des Anrisses im Radkranz.....	23
B.3.4	Versuche und Messungen.....	23
B.3.5	Abweichungen	24
B.4	Verfahren des Bremsversuchs auf der Strecke	24
B.4.1	Versuchsprinzip.....	24
B.4.2	Definition der Bremsungen	24
B.4.3	Verfahren zur Messung der Entscheidungskriterien.....	25
B.4.4	Beschreibung der Umläufe für den Versuch.....	25
B.4.5	Versuche und Messungen.....	26
B.4.6	Abweichungen	27
Anhang C (normativ) Definition der Profildurchmesser eines Rads		28
C.1	Allgemeines	28
C.2	Durchmesser nach der letzten Reprofilierung.....	29
Anhang D (normativ) Bewertung des mechanischen Verhaltens.....		30
D.1	Ablaufplan der Bewertung.....	30
D.2	Berechnungsverfahren für den außergewöhnlichen Belastungsfall.....	32
D.2.1	Grundsatz	32
D.2.2	Belastung.....	32
D.3	Berechnungsverfahren für den außergewöhnlichen Belastungsfall	32
D.3.1	Grundsatz	32
D.3.2	Belastung.....	32
D.3.3	Berechnungsverfahren.....	33
Anhang E (informativ) Dauerschwingbelastung für Schmalspuren (metrisch oder annähernd ein Meter).....		34
Anhang F (informativ) Dauerschwingbelastung für Neigungszüge		35
Anhang G (normativ) Mechanisches Verhalten - Bewertung durch Finite-Element-Berechnung.....		36
Anhang H (informativ) Mechanisches Verhalten - Prüfstandsbelastung und Prüfverfahren.....		37
H.1	Prinzip der Prüfstandsbelastung und des Prüfverfahrens	37
H.2	Definition der Belastung.....	37
H.2.1	Allgemeines	37
H.2.2	Messungen der Spannungen während der Streckenversuche.....	38
H.3	Dauerschwingversuch auf dem Prüfstand	38
H.3.1	Verfahren 1 - Regelloser Dauerschwingversuch	38
H.3.2	Verfahren 2 - Einstufendauerschwingversuch	39
H.3.3	Beispiele von Prüfständen	40

Anhang I (normativ) Bewertung des akustischen Verhaltens	41
I.1 Allgemeines zum Verfahren	41
I.2 Bewertungsverfahren	41
I.3 Entscheidungskriterien.....	42
I.4 Entscheidungskriterien.....	42
I.5 Ablaufplan der Bewertung	43
I.6 Berechnungsverfahren.....	44
I.6.1 Vorläufige Anmerkungen	44
I.6.2 Berechnung der Modalbasis für das Rad	44
I.6.3 Definition der Bezugsgeschwindigkeit.....	44
I.6.4 Definition des kombinierten Rad-Schienen-Bezugsrauheitsspektrums	44
I.6.5 Definition des Bezugsstreckenmodells	45
I.6.6 Definition der Berechnungsparameter	46
I.6.7 Berechnung des Schallleistungspegels.....	47
I.6.8 Einbringen des gewichteten Spektrums in die Schallleistung	47
I.6.9 Berechnung des Bewertungskriteriums.....	48
I.6.10 Wahlweise Berechnungen.....	48
I.7 Verfahren der Betriebsmessungen	48
I.7.1 Allgemeines	48
I.7.2 Umgebungsbedingungen	49
I.7.3 Gleisbedingungen.....	49
I.7.4 Zugbedingungen.....	49
I.7.5 Lage der Messpunkte.....	50
I.7.6 Gemessene Mengen.....	51
I.7.7 Prüfverfahren	51
I.7.8 Datenverarbeitung.....	52
Anhang J (informativ) Ultraschallmessverfahren der Eigenspannungen im Radkranz (zerstörungsfreies Verfahren).....	54
J.1 Verfahren.....	54
J.2 Messgenauigkeit	54
J.3 Kalibrierung	55
J.4 Prüfung der Messparameter	55
Anhang ZA (informativ) Verhältnis zwischen der vorliegenden Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der Richtlinie EU 2008/57/EG	56
Literaturhinweise.....	60

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13979-1:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13979-1:2003+A2:2011 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.

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

Einleitung

Vor Inbetriebnahme eines Rades wird eine Bewertung der beiden nachfolgenden Aspekte ausgeführt:

- Konstruktionsbewertung, wie in dieser Norm vorgeschrieben;
- Bewertung der Produktqualität (EN 13262).

1 Anwendungsbereich

Gegenstand der vorliegenden europäischen Norm ist die Bestimmung einer Methode zur Konstruktionsbewertung eines aus Eisenbahnmaterial gewalzten und geschmiedeten Vollrades für Güter- oder Reisezüge. Diese Bewertung wird vor der Inbetriebnahme vorgenommen. Die vorliegende Norm beschreibt insbesondere die Bewertung, die auszuführen ist, um Räder, deren Qualitätsvorschriften angemessener als die sind, die nach EN 13262 festgelegt sind, auf einem europäischen Radbahnnetz zu nutzen.

Diese Bewertung erfordert die Festlegung der Rad-Nutzungsbedingungen und die vorliegende Norm präzisiert, wie diese Bedingungen festzulegen sind.

Die technische Zulassungsbewertung umfasst vier Gesichtspunkte:

- geometrisch: um die Austauschbarkeit verschiedener Lösungen für den gleichen Anwendungsbereich zu ermöglichen;
- thermomechanisch: um die Verformungen des Rades zu beherrschen und sicherzustellen, dass Bremsungen nicht zum Radbruch führen;
- mechanisch: um sicherzustellen, dass kein Dauerschwingriss im Radsteg auftritt;
- akustisch: um sicherzustellen, dass die Lösung so gut wie ein Referenzrad für den betrachteten Anwendungsbereich ist.

Diese Norm behandelt weder die Bewertung der Nabe, noch die Bewertung des Kranzes.

Für Räder von Treibradsätzen oder für Räder mit Schallabsorbern können die Anforderungen geändert bzw. vervollständigt werden.

Für Nahverkehrsfahrzeuge und Straßenbahnen können andere Normen oder Dokumente angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die nachfolgenden Dokumente werden vollständig oder teilweise normativ im vorliegenden Dokument genannt und sind für die Anwendung notwendig. Bei datierten Verweisen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12668-3, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 3: Komplette Prüfausrüstung*

EN 13103, *Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Laufradsatzwellen — Konstruktions- und Berechnungsrichtlinie*

EN 13104, *Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Treibradsatzwellen — Konstruktionsrichtlinie*

EN 13262, *Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Räder — Produktanforderungen*

3 Begriffe und Definitionen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Technische Spezifikation
Dokument, welches die speziellen Parameter und/oder zusätzlich zu den Anforderungen dieser Norm geltenden Anforderungen zum Produkt beschreibt

3.2 Durchmesser nach der letzten Reprofilierung
Nennwert mit einer Nennfase von (5×5) mm und einer Neigung des neuen Laufflächenprofils; die angepassten Werte können im Wartungsplan festgelegt werden

3.3 Abgenutzter Durchmesser
theoretischer Minstdurchmesser im Betrieb: zylindrisches Profil von der externen Fläche des Radkranzes bis auf D_0 , ergänzt um das neue Originalprofil bis zur Innenfläche des Radkranzes

4 Parameter für die Definition der Anwendung

4.1 Allgemeines

Die Anwendung, für die das Rad zu bewerten ist, muss durch die nachfolgend beschriebenen Parameter definiert werden.

Wenn für ein bewertetes Rad die Anwendungsparameter geändert werden, muss die Bewertung nochmals geprüft werden.

4.2 Parameter für die geometrische Austauschbarkeit

4.2.1 Allgemeines

Es gibt drei Arten von Parametern für die geometrische Austauschbarkeit, die in drei Kategorien unterteilt sind, laut denen sie mit Funktionsanforderungen, Montageanforderungen oder Instandhaltungsanforderungen zusammenhängen.

ANMERKUNG Für die Räder von Eisenbahnfahrzeugen, für die die Richtlinie gilt, werden bestimmte geometrische Parameter in der TSI Fahrzeuge angeführt.

4.2.2 Funktionsanforderungen

- Nenndurchmesser der Lauffläche: Er beeinflusst die Pufferhöhe und die Fahrzeugbegrenzungslinie;
- maximale Radkranzbreite: Sie ist verbunden mit Weichen- und Schienenbremsen;
- Laufflächenprofil außerhalb des konischen Teils der Lauffläche;
- Lage des Radkranzes bezüglich des Radsitzes auf der Radsatzwelle;
- Konizität der Nabenbohrung;
- notwendiger Freiraum für Radbremsscheiben;
- notwendiger Freiraum für Drehgestellrahmen, Bremsausrüstung und Federung.

4.2.3 Montageanforderungen

- Durchmesser der Nabenbohrung;
- Nabenlänge, um den Überhang der Radnabe über den Radsitz der Radsatzwelle sicherzustellen.

4.2.4 Instandhaltungsanforderungen

- Verschleißgrenze der Lauffläche oder Durchmesser der letzten Reprofilierung;
- Form der Grenzmaßrille;
- Geometrie des Bereiches für das Spannen des Rades auf Radsatzdrehbänken;
- Lage der Ölabbpressbohrung für die Demontage;
- allgemeine Form des Radkranzes, um die Ultraschallmessung der Eigenspannung bei sohlengebremsten Rädern durchführen zu können.

4.3 Parameter für die thermomechanische Bewertung von Rädern, die an der Lauffläche gebremst werden

4.3.1 Dauerbremsung

4.3.1.1 Allgemeines

Die Anwendung muss ausgehend von der maximalen Bremsenergie, die durch die Reibung der Bremssohlen auf der Lauffläche erzeugt wird, sowie von der Art der am Rad angewandten Bremssohlen (Art, Maße und Bezeichnung) bestimmt werden.

4.3.1.2 Fahrzeuge für den Güterverkehr

Wenn Vollräder unter die Wagen montiert werden, die vollständig an der Lauffläche gebremst werden, ist eine Berücksichtigung der in Tabelle A.1 der Anlage A angegebenen Parameter erforderlich.

ANMERKUNG Diese Tabelle entspricht der TSI Güterwagen

Wenn ein Wagen nicht vollständig auf der Lauffläche gebremst wird, muss die Leistung so angepasst werden, wie in der technischen Spezifikation festgelegt.

Für Sonderwagen oder Sonderverkehr können die Leistungswerte und/oder die Werte für die Anwendungsdauer und/oder die Werte für die Fahrgeschwindigkeit geändert werden, sodass sie dem thermomechanischen Verhalten dieser Räder im Rahmen der Anforderungen der technischen Spezifikation entsprechen.

4.3.1.3 Andere Arten von Fahrzeugen (Triebfahrzeuge und Reisezüge)

Das thermomechanische Verhalten muss für den ungünstigsten Bremsfall geprüft werden. Zu diesem Zweck müssen Dauerbremsungen bei Einhaltung der Parameter nach Tabelle A.2 von Anhang A und/oder ungünstigste Haltebremsungen für die betrachtete Anwendung durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die in der TSI Lokomotiven & Reisezugwagen 4.2.4.5.4 angegebenen Werte gelten für die Bewertung der Bremsung und nicht für das Rad.

Die Steigungswerte und/oder die Werte für die Anwendungsdauer und / oder die für die Fahrgeschwindigkeit und/oder die Zahl der aufeinanderfolgenden Haltebremsungen und/oder die Energiewerte müssen in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

4.3.2 Dauerbremsung

4.3.2.1 Allgemeines

Das thermomechanische Verhalten muss ausgehend von der maximalen Bremsenergie definiert werden, die durch die Reibung der Bremssohlen auf der Lauffläche erzeugt wird, die das zu bewertende Rad bei einer zufälligen Dauerbremsung ableiten kann.

4.3.2.2 Fahrzeuge für den Güterverkehr

Das thermomechanische Verhalten muss ausgehend von der maximalen Bremsenergie definiert werden, die durch die Reibung der Bremssohlen auf der Lauffläche erzeugt wird, die das zu bewertende Rad bei einer zufälligen Dauerbremsung ableiten kann.

4.3.2.3 Andere Arten von Fahrzeuge (Triebfahrzeuge und Reisezüge)

Für andere Arten von Fahrzeugen muss ein Bruchversuch (nach 7.3) durchgeführt werden.

4.4 Parameter für die mechanische Bewertung

Die Anwendung muss definiert werden durch:

- die maximale vertikale statische Radsatzlast;
- die Betriebsarten der Fahrzeuge, die mit dem zu bewertenden Rad ausgerüstet werden:
 - -Beschreibung der Strecken: Qualität der Gleisgeometrie, Parameter der Kurven, Höchstgeschwindigkeit usw. ;
 - -Zeitanteile der Umläufe auf diesen Strecken;
- die Anzahl der Kilometer während der gesamten Lebensdauer des Rades.

4.5 Parameter für die akustische Bewertung

Die Anwendung muss durch alle Parameter definiert werden, die die Geräuschemission des Rades beeinflussen und die nicht direkt die Konstruktion des zu bewertenden Rades betreffen, wie:

- das Bezugsgleis, auf dem das Rad fahren wird;
- das Bezugsrad, mit dem die Konstruktion verglichen wird;
- das Bezugsfahrzeug und eine oder mehrere Bezugsgeschwindigkeiten;
- ein oder zwei Bezugsrauheitsspektren, die für den Bereich der Betriebsbedingungen des geprüften Rades repräsentativ sind (Bremsung durch Gussklotz oder nicht), die sowohl für das Bezugsrad als auch für das neue Rad zu nutzen sind.

5 Beschreibung des zu bewertenden Rades

Die Zulassungsunterlagen für das Rad müssen bestehen aus:

- Beschreibung des Herstellungsverfahrens (Schmieden, Walzen, Wärmebehandlung usw.);
- geometrische Definition des Rades (Zeichnung);

- nachfolgende Herstellungsparameter, wenn sie von denen in EN 13262 geforderten abweichen:
 - geometrische Toleranzen;
 - Oberflächenbearbeitung;
 - Stahlgüte;
- Parameter für die Definition des Anwendungsbereiches, für den die technische Zulassung beantragt wird.

ANMERKUNG Nach diesem technischen Zulassungsverfahren und vor dem Betriebseinsatz muss das Rad erfolgreich das Qualifizierungsverfahren abschließen, das in der EN 13262 festgelegt ist.

6 Bewertung der geometrischen Austauschbarkeit

Die Zeichnung des Rades muss den Anforderungen von 4.2 entsprechen.

7 Bewertung des thermomechanischen Verhaltens

7.1 Allgemeines zum Verfahren

Die Bewertung kann drei Schritte umfassen. Der Übergang von einem Schritt zum nächsten ist abhängig von den Ergebnissen des jeweils absolvierten Schritts.

Der Ablauf der Bewertung ist im Anhang B dargestellt.

Für jeden Schritt müssen Versuche mit einem Rad mit neuem Radkranz (Lauffläche mit Nenndurchmesser) und für den Durchmesser der letzten Reprofilierung (siehe Anhang C) durchgeführt werden.

7.2 Erster Schritt - Bremsversuch auf dem Prüfstand

7.2.1 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren und die aufzuzeichnenden Messungen sind im normativen Anhang B angegeben.

Für Güterwagen müssen die Anforderungen nach 4.3.1.2 angewandt werden. Für die anderen Fahrzeuge müssen die Leistungen, die während des Versuches anzuwenden sind, gleich $1,2 P_a$ sein (P_a ist in 4.3 definiert). Die Zeit jeder Dauerbremsung und die Zuggeschwindigkeit müssen den Festlegungen in 4.3 entsprechen (t_a und V_a).

7.2.2 Entscheidungskriterien

Drei Kriterien müssen vom Rad mit neuem Radkranz und vom Rad mit dem Durchmesser der letzten Reprofilierung gleichermaßen erfüllt werden.

Für das neue Rad:

- maximale seitliche Verformung des Radkranzes im Warmzustand während der Bremsung: +3 mm/-1 mm;
- Eigenspannungen im Radkranz nach Abkühlung:
 - $\sigma_{rn} \leq + \sum_r N/mm^2$ für den Mittelwert der drei Messungen;
 - $\sigma_{in} \leq + (\sum_r + 50) N/mm^2$ für jede Einzelmessung;
- maximale seitliche Verformung des Radkranzes bei Abkühlung des Radkranzes im Bereich von: +1,5 mm/-0,5 mm.

Rad mit Durchmesser der letzten Reprofilierung:

- maximale seitliche Verformung des Radkranzes im Warmzustand während der Bremsung:
+3 mm/-1 mm;
- Eigenspannungen im Radkranz nach Abkühlung:
 - $\sigma_{rw} \leq + (\Sigma_r + 75) \text{ N/mm}^2$ für den Mittelwert der drei Messungen;
 - $\sigma_{iw} \leq + (\Sigma_r + 100) \text{ N/mm}^2$ für jede Einzelmessung;
- maximale seitliche Verformung des Radkranzes bei Abkühlung des Radkranzes im Bereich von:
+1,5 mm/-0,5 mm.

Der Wert von Σ_r muss entsprechend der Kriterien der Stahlgüte des Radkranzes festgelegt werden. Für die Güten ER6 und ER7 der EN 13262, $\Sigma_r = 200 \text{ N/mm}^2$.

Die Verformung ist positiv, wenn sich der Abstand zwischen den Radkranzrückenflächen beider Räder eines Radsatzes vergrößert.

Für Fahrzeugräder, die nicht die Anforderungen der Richtlinie zur Interoperabilität erfüllen müssen, können andere Werte als die Verformungswerte in der technischen Spezifikation festgelegt werden, sollten die Toleranzen zur Gleisabweichung und die allgemeinen Toleranzen in Europa unterschiedlich sein.

7.3 Zweiter Schritt - Bruchversuch auf dem Prüfstand

7.3.1 Allgemeines

Der zweite Schritt ist nur dann durchzuführen, wenn die während des ersten Schritts gemessenen Eigenspannungen über den Entscheidungskriterien liegen, oder bei Anwendung von 4.3.2.2 oder 4.3.2.3.

7.3.2 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren ist im Anhang B angegeben.

7.3.3 Entscheidungskriterien

Das geprüfte Rad darf nicht brechen.

7.4 Dritter Schritt - Bremsversuch auf der Strecke

7.4.1 Allgemeines

Dieser dritte Schritt ist nur durchzuführen, wenn ein Ergebnis des ersten Schritts über den Entscheidungskriterien liegt, und wenn das Rad nach dem zweiten Schritt nicht abgelehnt wird.

7.4.2 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren und die aufzuzeichnenden Messungen sind im Anhang B angegeben.

Die Leistung, die während des Versuches anzuwenden ist, muss gleich $1,2 P_a$ sein (P_a ist in 4.3 definiert). Die Zeit jeder Dauerbremsung und die Fahrgeschwindigkeit müssen den Festlegungen in 4.3 entsprechen (t_a und V_a).

7.4.3 Entscheidungskriterien

Drei Kriterien müssen vom Rad mit neuem Radkranz und vom Rad mit dem Durchmesser der letzten Reprofilierung gleichermaßen erfüllt werden.

Für das neue Rad:

- maximale seitliche Verformung des Radkranzes im Warmzustand während der Bremsung im Bereich von +3 mm/-1 mm;
- Eigenspannungen im Radkranz am Ende der Versuche und nach Abkühlung:
 - $\sigma_{rn} \leq + (\Sigma_r + 50) \text{ N/mm}^2$ für den Mittelwert der drei Messungen;
 - $\sigma_{in} \leq + \Sigma_r \text{ N/mm}^2$ für jede Einzelmessung;
- maximale seitliche Verformung des Radkranzes nach Abkühlung am Ende der Versuche im Bereich von: +1,5 mm/-0,5 mm.

Rad mit Durchmesser der letzten Reprofilierung:

- maximale seitliche Verformung des Radkranzes im Warmzustand während der Bremsung im Bereich von +3 mm/-1 mm;
- Eigenspannungen im Radkranz am Ende der Versuche und nach Abkühlung:
 - $\sigma_{rw} \leq + \Sigma_r \text{ N/mm}^2$ für den Mittelwert der drei Messungen;
 - $\sigma_{iw} \leq + (\Sigma_r + 50) \text{ N/mm}^2$ für jede Einzelmessung;
- maximale seitliche Verformung des Radkranzes nach Abkühlung am Ende der Versuche im Bereich von: +1,5 mm/-0,5 mm.

Der Wert von Σ_r muss entsprechend der Kriterien der Stahlgüte des Radkranzes festgelegt werden. Für die Güten ER6 und ER7 der EN 13262, $\Sigma_r = 200 \text{ N/mm}^2$.

Die Verformung ist positiv, wenn sich der Abstand zwischen den Radkranzrückenflächen beider Räder eines Radsatzes vergrößert.

Für Fahrzeugräder, die nicht die Anforderungen der Richtlinie zur Interoperabilität erfüllen müssen, können andere Werte als die Verformungswerte in der technischen Spezifikation festgelegt werden, sollten die Toleranzen zur Gleisabweichung und die allgemeinen Toleranzen in Europa unterschiedlich sein.

8 Bewertung des mechanischen Verhaltens

8.1 Allgemeines zum Verfahren

Die Bewertung kann zwei Schritte umfassen. Der Übergang vom ersten zum zweiten Schritt ist von den Ergebnissen des ersten Schrittes abhängig. Ziel dieser Bewertung ist der Nachweis, dass kein Dauerschwingriss, weder im Radsteg noch in den Übergängen zum Radkranz oder zur Nabe, während der gesamten Lebensdauer des Rades auftritt. Ein weiteres Ziel ist die Sicherstellung, dass keine dauerhafte Verformung im Falle einer außergewöhnlichen Belastung eintritt. Alle anderen Teile des Rads sind von dieser Bewertung ausgeschlossen (zum Beispiel die Ölabbpressbohrung).

ANMERKUNG Dabei ist die Ölabbpressbohrung in einem Bereich vorzusehen, in dem nur geringe dynamische Beanspruchungen auftreten.

Die Geometrie der Räder sowohl für die Berechnung als auch für den Versuch muss in Bezug auf das mechanische Verhalten die ungünstigste sein (für den Durchmesser des abgenutzten Rads, siehe Anhang C). Falls dies beim Versuch nicht der Fall ist, muss eine Korrektur durch eine Berechnung der Versuchsparameter erfolgen.

Der Ablauf der Bewertung ist im normativen Anhang D dargestellt.

8.2 Erster Schritt - Berechnung

8.2.1 Anzuwendende Kräfte

8.2.1.1 Außergewöhnliche Belastung

vertikale Kraft (in kN) $F_{Zlim} = 90 + P$, begrenzt auf 200 kN.

seitliche Kraft (in kN) $F_{ylim} = k_1(90 + 2P/3) k_1 = 1$ für alle Fahrzeugarten.

Lastfall 2 ist zu berücksichtigen (siehe Bild 1):

— Fall 2lim: Gleisbogen (Spurkranz berührt die Schiene)

$$F_z = F_{Zlim}$$

$$F_{y2} = F_{ylim}$$

8.2.1.2 Dauerschwingbelastung

Diese Belastungen werden ausgehend vom Belastungswert P berechnet. Die Belastung P ist in der EN 13103 oder in der EN 13104 definiert. Dies entspricht der Hälfte der auf die Schiene wirkenden vertikalen Kraft je Radsatz.

Die für Schmalspuren geltenden Dauerschwingbelastungen sind in Anhang E definiert.

Die für Neigefahrzeuge geltenden Dauerschwingbelastungen sind in Anhang F definiert.

Zusätzliche Kräfte sind zu berücksichtigen, wenn in Folge der in 4.4 festgelegten, für die Bewertung notwendigen Parameter höhere Kräfte auftreten (z. B. Neigezüge, Gleisbogenparameter, gefrorenes Gleisbett usw.).

Drei Lastfälle sind zu berücksichtigen (siehe Bild 1):

— Fall 1: gerade Strecke (radsatzmittig im Gleis)

$$F_z = 1,25 P$$

$$F_{y1} = 0$$

— Fall 2: Gleisbogen (Spurkranz berührt die Schiene)

$$F_z = 1,25 P$$

$$F_{y2} = 0,6 P \text{ für nicht führende Radsätze}$$

$$F_{y2} = 0,7 P \text{ für führende Radsätze}$$

— Fall 3: Weichen und Kreuzungen (Spurkranzrückenfläche berührt Radlenker)

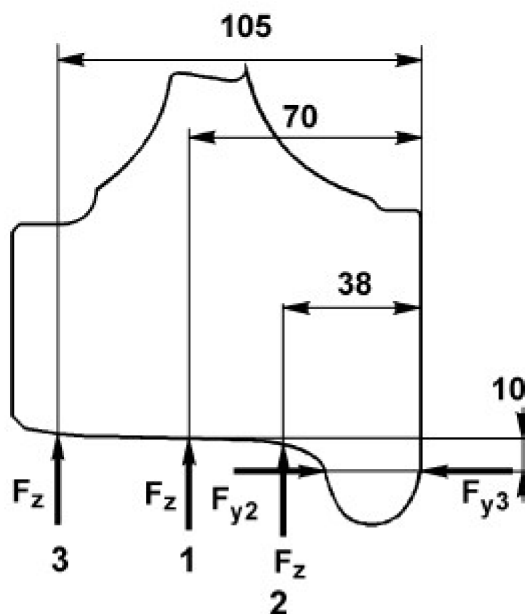
$$F_z = 1,25 P$$

$$F_{y3} = 0,6 P; F_{y2} = 0,36 P \text{ für nicht führende Radsätze}$$

$$F_{y3} = 0,6 P; F_{y2} = 0,42 P \text{ für führende Radsätze}$$

Bild 1 zeigt für den allgemeinen Fall die Einleitungspunkte der verschiedenen Kräfte.

Die Begriffe "führende Radsätze" und "nicht führende Radsätze" sind in EN 13103 und in EN 13104 definiert.



Legende

- 1 Gerade Strecke
- 2 Gleisbogen
- 3 Weichen und Kreuzungen

Bild 1 — Einleitungspunkte der verschiedenen Kräfte

8.2.2 Berechnungsverfahren

8.2.2.1 Allgemeines

Um die Spannungen zu berechnen, ist ein Finite-Element-Programm zu verwenden.

Die Gültigkeit des Programms muss nachgewiesen sein und die Auswahl von Parametern, die sich kritisch auf die Ergebnisse auswirken, muss abgeglichen werden. Der normative Anhang G legt die Nachweismethode fest.

8.2.2.2 Für die außergewöhnliche Belastung

Die Spannungen müssen durch Bestimmung der Hauptspannungen an jedem Punkt des Netzes (Knoten) analysiert werden.

8.2.2.3 Für die Dauerschwingbelastungen

Die Spannungen müssen folgendermaßen analysiert werden:

- Bestimmung der Hauptspannungen in allen Punkten des Netzes (Knoten) für jeden der drei Lastfälle;
- Bestimmung der maximalen Hauptspannung für jeden Knoten für die drei Lastfälle ($\sigma_{\max}$) und der Richtung dieser Hauptspannung;
- Bestimmung der kleinsten Spannung, die gleich der kleinsten Normalspannung in der Richtung von $\sigma_{\max}$ für jeden Knoten für alle drei Lastfälle ist ($\sigma_{\min}$);
- Berechnung für jeden Knoten:

$$\text{durchschnittliche Spannung } \sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) \div 2$$

$$\text{Spannungsbereich } \Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

8.2.3 Entscheidungskriterien

8.2.3.1 Für die außergewöhnliche Belastung

Für jeden Knoten müssen die VON MISES entsprechenden Spannungen unter oder gleich der Elastizitätsgrenze R_e der Fahrzeuge bleiben.

ANMERKUNG Die R_e -Werte für derzeitig verwendeten Radstahl müssen in EN 13262 angegeben sein.

Sollte die Elastizitätsgrenze an Punkten überschritten werden (zum Beispiel um die Bohrung in der Radscheibe zur Befestigung der Bremsscheiben), kann eine elastoplastische Bewertung durchgeführt werden.

Die VON MISES entsprechenden berechneten Verformungen müssen unter oder gleich der zulässigen Verformung von 5 % bleiben.

8.2.3.2 Für die Dauerschwingbelastungen

Die zu verwendenden Dauerschwingkriterien sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Dauerschwingkriterien zur Berechnung

Maximale Rauheit	3,2	6,3	12,5
Zulässiger Dauerschwingbereich (MPa) für alle Mittelwerte	360 ¹	360 ¹	290 ¹
¹ Ein höherer Wert der zulässigen Dauerschwingspannung kann genutzt werden, wenn er durch ein Dauerschwingversuchsprogramm bestätigt wird, welches dazu bestimmt ist, die Dauerschwinggrenze für eine Wahrscheinlichkeit von 99,7 % zu bestimmen, welche über die Treppenmethode oder ähnliches erhalten werden. Der zulässige Dauerschwingbereich wird durch Berechnung von $\Delta\sigma_{99,7\%}/1,25$ erhalten.			

ANMERKUNG Das in der Norm NF A03-405 beschriebene Bastenaire Verfahren kann als ein entsprechendes Verfahren angesehen werden.

8.3 Zweiter Schritt - Bremsversuch auf dem Prüfstand

8.3.1 Allgemeines

Dieser zweite Schritt ist durchzuführen, wenn ein Ergebnis des ersten Schritts über den Entscheidungskriterien liegt.

8.3.2 Festlegung der Prüfstandsbelastung und des Prüfverfahrens

Die Belastung und die Prüfdurchführung müssen in dem kritischsten Bereich der Radscheibe laut Berechnung die Spannungen (Richtung, Höhe und Anzahl der Zyklen) reproduzieren, die repräsentativ für diejenigen sind, die während der gesamten Lebensdauer des Rades auftreten werden.

Der informative Anhang H beschreibt eine Vorgehensweise.

8.3.3 Entscheidungskriterien

Vier Räder müssen geprüft werden.

Es darf kein Dauerschwingriss nach dem Versuch beobachtet werden. Ein Anriss ist dann vorhanden, wenn seine Länge größer oder gleich 1 mm ist.

9 Bewertung des akustischen Verhaltens

Es kann eine Bewertung des akustischen Verhaltens vorgenommen werden.

Anhang I gibt eines der möglichen Verfahren wieder.

10 Technische Zulassungsunterlagen

Im Verlauf des technischen Zulassungsverfahrens müssen Unterlagen erstellt werden. Sie müssen aus folgenden Teilen bestehen:

- a) Identifizierung des Rades: Zeichnung, Werkstoff, usw.;
- b) Definition der Anwendung, für die das Rad zugelassen wird;
- c) Unterlagen der geometrischen Bewertung;
- d) Unterlagen der thermomechanischen Bewertungen;
- e) Unterlagen der mechanischen Bewertung;
- f) Unterlagen der akustischen Bewertung.

Anhang A (informativ)

Werte für die Dauerbremsung

A.1 Güterwagen

Wenn Vollräder unter Güterwagen montiert werden, die vollständig an der Lauffläche gebremst werden, ist eine Berücksichtigung der in Tabelle A.1 des Anhang A angegebenen Parameter erforderlich.

Tabelle A.1 — Parameter für die Dauerbremsung für vollständig an der Lauffläche gebremste Wagen

Raddurchmesserbereich (mm)	1 000 bis 920	920 bis 840	840 bis 760	760 bis 680
Leistung	50 kW	50 kW	42,5 kW	38 kW
Anwendungsdauer	45 min	45 min	45 min	45 min
Fahrgeschwindigkeit	60 km/h	60 km/h	60 km/h	60 km/h

A.2 Andere Arten von Fahrzeuge

Die Leistungsaufnahme der Dauerbremssimulationen wird festgelegt durch die Gleichung:

$P_a = m \times g \times V_a \times \alpha \times \text{Koeff}$ für eine Zeit, die in der technischen Spezifikation definiert ist. (Beispiel der in Tabelle A.2 aufgeführten Werte).

Tabelle A.2 — Parameter für die Dauerbremsung für andere Arten von Fahrzeuge

Symbol	Bedeutung	Einheit in der Gleichung	Wertbeispiel
m	Masse des Fahrzeugs auf den Schienen pro Rad	kg	-
g	Schwerkraftbeschleunigung	m/s ²	9,81 m/s ²
V_a	Fahrzeuggeschwindigkeit	m/s	70 km/h (1)
a	mittlere Neigung der Strecke	Neigung ‰	21 ‰ (1)
Koeff	% der Bremsleistung an der Lauffläche	%	-
t_a	Zeit (Prüfdauer)	s	34 Minuten (1)

(1): Wert basierend auf der St. Gotthard Neigung (Referenzneigung bei Interoperabilität).

Anhang B (normativ)

Bewertung des thermomechanischen Verhaltens

B.1 Ablaufplan der Bewertung

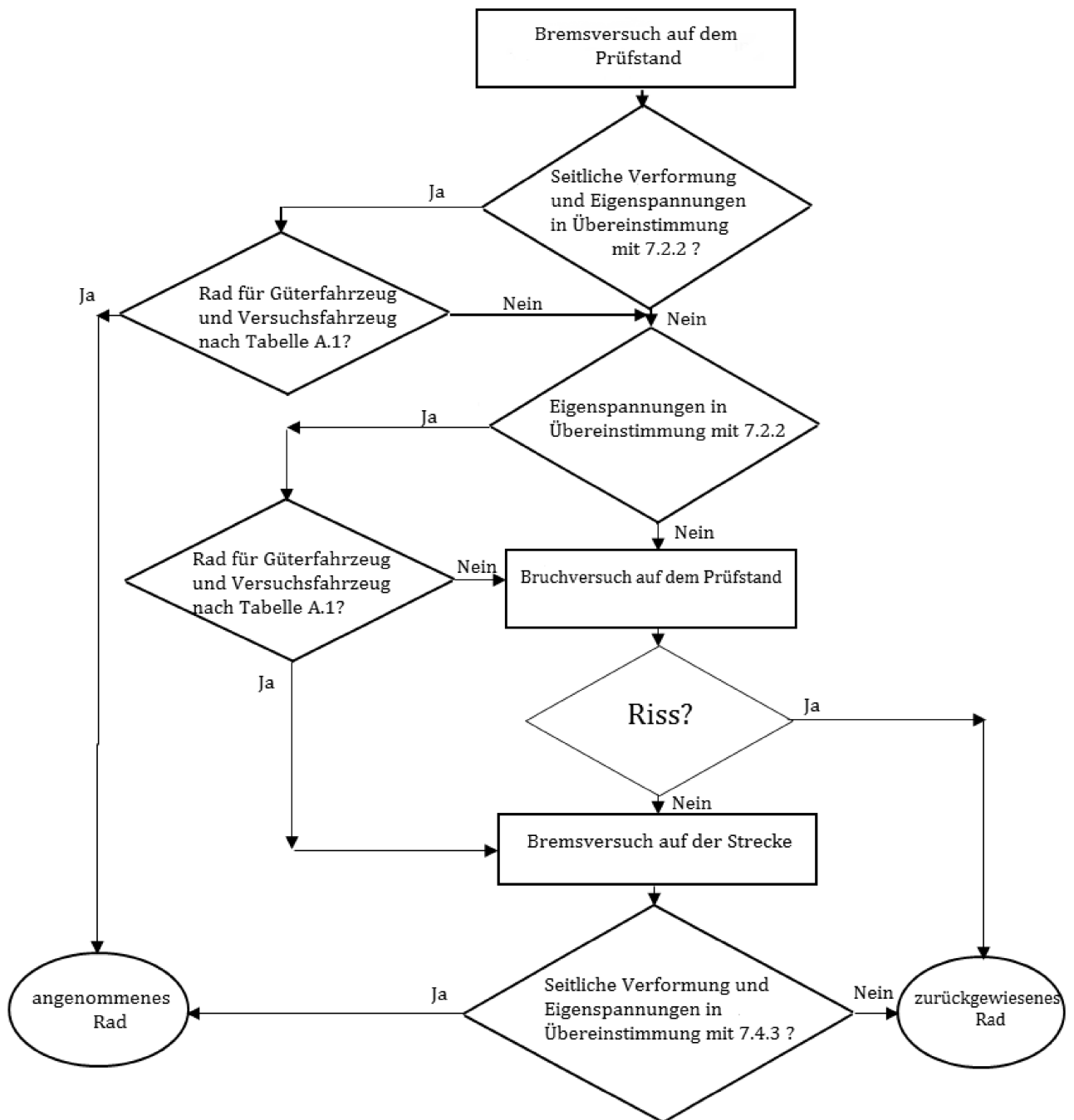


Bild B.1 — Ablaufplan

B.2 Verfahren des Bremsversuchs auf dem Prüfstand

B.2.1 Versuchsprinzip

Der Bremsversuch auf dem Prüfstand umfasst die Durchführung von zehn Dauerbremsungen an einem Rad und die Messung der Auswirkungen auf die Entwicklung der Eigenspannungen im Radkranz, der seitlichen Verformungen des Radkranzes während der Bremsung und der seitlichen Restverformung nach Abkühlung.

B.2.2 Definition der Bremsungen

Die Parameter der durchzuführenden Dauerbremszyklen werden aus den Definitionsparameter der Anwendung erhalten (siehe 4.2):

- Nennleistung der Bremsung P_b Für Güterwagen müssen die Anforderungen nach 4.3.1.2 angewandt werden. Für die anderen Fahrzeuge müssen die Leistungen, die während des Versuches anzuwenden sind, gleich $1,2 P_a$ sein (P_a ist in 4.3 definiert);
- Dauer der Bremsung $t_b = t_a$;
- lineare Radgeschwindigkeit $V_b = V_a$;
- Art der Bremssohle;
- Geschwindigkeit der Windsimulation; $V_a/2$ gemessen im Abstand von 700 mm der Rotationsachse des Radsatzes bei Maschinenstillstand.

Während der Bremsungen müssen die Schwankungen dieser Parameter innerhalb der folgenden Grenzen bleiben:

- Momentanbremsleistung: $\pm 10 \% P_b$;
- mittlere Leistung: $\pm 5 \% P_b$;
- Dauer der Bremsung: $\pm 2 \% t_b$;
- Lineargeschwindigkeit: $\pm 2 \% V_b$.

Der Versuch muss durch die Momentanbremsleistung; gesteuert werden, die während des gesamten Versuches innerhalb der geforderten Grenzen bleiben muss.

Die Steuerung erfolgt:

- entweder durch Messung des Bremstorsionsmomentes;
- oder durch Messung der Tangentialkräfte zwischen Rad und Bremssohle und der Geschwindigkeit.

Laut Vereinbarung unter den Parteien kann die Windwirkung für eine Berechnung berücksichtigt werden, die die während der Prüfung genutzten oder gemessenen Parameter verändert.

B.2.3 Verfahren zur Messung der Entscheidungskriterien

B.2.3.1 Messung der seitlichen Verformung des Radkranzes

Die seitlichen Verformungen des Radkranzes sind an der Radkranzrückenfläche in Höhe des Durchmessers für die Verschleißgrenze der Lauffläche zu messen, wobei eine Fläche der Nabe als Bezug dient.

Die Messung der Verformung während der Bremsung muss den Erhalt der Höchstwerte der Verformung ermöglichen, die im Laufe von zehn Bremszyklen erzeugt werden.

Die Restverformung nach Abkühlung ist der Durchschnittswert von drei Messungen im Abstand von 120° um den Radkranz.

Die Messgenauigkeit muss mindestens $\pm 0,1$ mm betragen.

ANMERKUNG Die maximale Verformung kann einige Minuten nach Ende der Bremsung auftreten.

B.2.3.2 Messung der Eigenspannungen

Die Eigenspannungen werden durch Anwendung einer der beiden nachfolgenden Verfahren gemessen:

- Zerstörungsverfahren, wie in Anhang C zu EN 13262 beschrieben; oder
- Ultraschallverfahren gemäß einer Betriebsweise und mit einem Apparat, die in Anhang J beschrieben sind. Um diese Messung zu ermöglichen, müssen die Prüfräder eine Radkranzdicke aufweisen, die nicht unter 25 mm liegt, dürfen keine Grenzverschleißspur aufweisen und keine Fase haben.

B.2.4 Versuche und Messungen

B.2.4.1 Messungen vor den Versuchen

Die Parameter der geometrischen Definition des Rades werden aufgezeichnet.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, die Eigenspannungen vor den Versuchen durch Ultraschallmessung aufzuzeichnen.

Die Bremssohlen müssen mit einer Bremsleistung von maximal $1,2 P_a/2$ eingeschliffen werden, bis die Kontaktfläche zwischen Rad und Bremssohle mindestens 80 % der Gesamtfläche der Sohle beträgt.

B.2.4.2 Bremsversuche

Es sind zehn Dauerbremsungen nacheinander durchzuführen.

Zu Beginn jeder Bremsung muss die Temperatur des Radkranzes unter 50 °C (gemessen auf der äußeren Stirnfläche in der Mitte der Dicke) liegen.

Die Kühlung des Rades kann durch Besprühen mit Wasser beschleunigt werden, sobald die Temperatur unter 200 °C gesunken ist.

Vor jeder Bremsung ist zu prüfen, ob die Bremssohlen so angeordnet sind, dass zwischen der Außenkante der Bremssohle und der äußeren Stirnfläche ein Abstand von mindestens 10 mm vorhanden ist.

Während jeder Bremsung wird gemessen:

- die Momentanbremsleistung;
- die Lineargeschwindigkeit;

- die seitliche Verschiebung des Radkranzes bei Bremsung;
- die Temperatur im Übergang vom Steg zum Radkranz (nicht verbindlich);
- die Bremszeit;
- die Parameter der Windsimulation.

Nach jeder Bremsung ist die mittlere Bremsleistung zu berechnen.

Die Bremssohlen müssen gewechselt werden, wenn sie halb abgenutzt sind oder nach fünf Bremsungen. Neue Sohlen sind wie in B.2.4.1 beschrieben einzuschleifen.

ANMERKUNG 1 Die Messung der Eigenspannung nach jeder Bremsung liefert nützliche Informationen über das Verhalten des Rads.

ANMERKUNG 2 Die Temperaturmessung am Radkranz ist nicht obligatorisch, kann jedoch in bestimmten Fällen abweichende Eigenspannungen erklären. Die Überwachung der Leistung ist wegen der Veränderung des Reibwertes zwischen Bremssohle und Rad verbindlich und ersetzt die Überwachung des Bremszylinderdrucks.

B.2.4.3 Messungen nach den Bremsungen

Nach zehn Bremsungen und vollständiger Abkühlung des Rads ist zu messen:

- die Eigenspannungen (an denselben Stellen wie vor den Bremsungen bei Verwendung des Ultraschallverfahrens);
- die seitliche Restverformung des Radkranzes.

B.2.5 Abweichungen

Falls während der Bremsungen Abweichungen der Leistungsüberwachung auftreten, ist der Versuch mit einem anderen Rad zu wiederholen.

B.3 Verfahren des Bremsversuchs auf der Strecke

B.3.1 Versuchsprinzip

Dieser Bruchversuch auf dem Prüfstand besteht in dem Nachweis, dass ein angerissener Radkranz mit einer geforderten Dauerbremsung gebremst werden kann, ohne dass ein radialer Bruch auftritt.

B.3.2 Definition der Dauerbremsung

Die Parameter jeder Dauerbremsung sind aus den Parametern zu erhalten, die die Anwendung des Rades definieren (siehe 4.2):

- Nennbremsleistung $P_r = 1,2 P_a$;
- Dauer der Bremsung $t_r = t_a$;
- lineare Radgeschwindigkeit $V_r = V_a$;
- Art der Bremssohlen.

Während der Bremsungen müssen die Schwankungen dieser Parameter innerhalb der folgenden Grenzen bleiben:

— Momentanbremsleistung; $\pm 10 \% P_r$;

mittlere Leistung: $\pm 5 \% P_r$;

— Dauer der Bremsung: $\pm 2 \% t_r$;

— Lineargeschwindigkeit: $\pm 2 \% V_r$.

Der Versuch muss durch die Momentanbremsleistung gesteuert werden, die während des gesamten Versuchs innerhalb der geforderten Grenzen bleiben muss.

Die Steuerung erfolgt:

- entweder durch Messung des Bremstorsionsmomentes;
- oder durch Messung der Tangentialkräfte zwischen Rad und Bremssohle und der Geschwindigkeit.

B.3.3 Erzeugung des Anrisses im Radkranz

Das zu prüfende Rad muss an der äußeren Kante der Lauffläche einen radialen Riss aufweisen. Die Tiefe dieses Risses muss, gemessen an der äußeren Stirnfläche, $8 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ betragen.

Dieser Riss kann durch folgende Verfahren erzeugt werden:

- Einbringen von drei mechanischen Kerben an der äußeren Kante der Lauffläche im Abstand von 120° ;
- Durchführung von zwei Dauerbremsungen mit einer Nennleistung von $0,66 P_a$ während einer Zeit t_a und einer Geschwindigkeit V_a ;
- Durchführung von Stoppbremsungen, um ausgehend von den mechanischen Kerben, Risse und Rissausbildung zu erzeugen, bis einer von ihnen die gewünschte Tiefe erreicht ($8 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$).

B.3.4 Versuche und Messungen

B.3.4.1 Erzeugung des Anrisses im Radkranz

Diese wird nach den in B.3.3 beschriebenen Bedingungen durchgeführt oder entsprechend einem anderen Verfahren, das zu denselben Ergebnissen führt.

ANMERKUNG Es werden Messungen der Eigenspannung mittels Ultraschallverfahren vor und nach dem Anriss empfohlen.

Die Parameter der geometrischen Definition des Rades werden aufgezeichnet.

B.3.4.2 Bruch des Rades

Die in B.3.2. definierten Dauerbremsungen sind nacheinander mit dem Rad auszuführen:

- bis ein radialer Bruch auftritt;
- oder bis ein bruchähnlicher Zustand auftritt, wenn sich zum Beispiel ein Riss schnell in die Radscheibe ausbreitet und dann stoppt oder wenn sich wegen einer gekrümmten Radscheibe ein Riss in radialer Richtung ausbreitet;

- oder bis eine Stabilisierung der Eigenspannungen im Radkranz eintritt. Dies ist der Fall, wenn während dreier aufeinanderfolgender Bremsungen die Veränderung der Eigenspannungen kleiner als $\pm 30 \text{ N/mm}^2$ ist. Dieses Kriterium erfordert die Anwendung des Ultraschallmessverfahrens;
- es müssen zusätzliche Bremsungen bis zur Stabilisierung des Risses oder des Bruchs des Rads ausgeführt werden, sollte nach zehn Zyklen eine Verbreitung des Risses festgestellt werden.

Die Kühlung des Rades kann durch Besprühen mit Wasser beschleunigt werden, sobald die Temperatur unter 200°C gesunken ist.

Während jeder Bremsung muss Folgendes gemessen werden:

- die Momentanbremsleistung;
- die Lineargeschwindigkeit;
- die seitliche Verschiebung des Radkranzes bei Bremsung;
- die Temperatur im Übergang vom Steg zum Radkranz (nicht verbindlich);
- die Bremszeit.

Nach jeder Bremsung ist die mittlere Bremsleistung zu berechnen.

ANMERKUNG Wenn die Eigenspannungen mittels Ultraschallverfahren gemessen werden, liefern diese Messungen nach jeder Bremsung zusätzliche nützliche Informationen über das Verhalten des Rads. Diese Messung muss erfolgen, wenn die Temperatur des Radkranzes (gemessen an der äußeren Stirnfläche in der Mitte der Dicke des Radkranzes) unter 50°C liegt.

B.3.5 Abweichungen

Falls während der Bremsungen Abweichungen der Leistungssteuerung auftreten, ist der Versuch mit einem anderen Rad zu wiederholen.

B.4 Verfahren des Bremsversuchs auf der Strecke

B.4.1 Versuchsprinzip

Der Bremsversuch auf der Strecke umfasst die Durchführung von zehn Dauerbremsungen an einem Rad und die Messung der Auswirkungen auf die Entwicklung der Eigenspannungen im Radkranz, der seitlichen Verformungen des Radkranzes während der Bremsung und der seitlichen Restverformung nach Abkühlung.

B.4.2 Definition der Bremsungen

Die Parameter jeder Dauerbremsung sind aus den Parametern zu erhalten, die die Anwendung des Rades definieren (siehe 4.2):

- Nennbremsleistung $P_b = 1,2 P_a$;
- Dauer der Bremsung $t_b = t_a$;
- lineare Radgeschwindigkeit $V_b = V_a$;
- Art der Bremssohlen.

Während der Bremsungen müssen die Schwankungen dieser Parameter innerhalb der folgenden Grenzen bleiben:

- Momentanbremsleistung: $\pm 10 \% P_b$;
- mittlere Leistung: $\pm 5 \% P_b$;
- Dauer der Bremsung: $\pm 2 \% t_b$;
- Lineargeschwindigkeit: $\pm 2 \% V_b$.

Der Versuch muss durch die Momentanbremsleistung gesteuert werden, die während des gesamten Versuchs innerhalb der geforderten Grenzen bleiben muss.

Die Steuerung erfolgt:

- entweder durch Messung des Bremstorsionsmomentes;
- oder durch Messung der Tangentialkräfte zwischen Rad und Bremssohle und der Geschwindigkeit.

B.4.3 Verfahren zur Messung der Entscheidungskriterien

B.4.3.1 Messung der seitlichen Verformungen des Radkranzes

Die seitlichen Verformungen des Radkranzes sind an der Radkranzrückenfläche in Höhe des Durchmessers für die Verschleißgrenze der Lauffläche zu messen, wobei eine Fläche der Nabe als Bezug dient.

Die Messung der Verschiebung während des Bremsens muss kontinuierlich erfolgen um die Höchst- und Mindestwerte der Verschiebung, die in allen Bremsvorgängen auftritt, zu erzielen.

Die Restverformung nach Abkühlung ist der Durchschnittswert von drei Messungen im Abstand von 120° um den Radkranz.

Die Messgenauigkeit muss mindestens $\pm 0,1$ mm betragen.

ANMERKUNG Die maximale Verformung kann einige Minuten nach Ende der Bremsung auftreten.

B.4.3.2 Messung der Eigenspannungen

Die Eigenspannungen werden durch Anwendung einer der beiden nachfolgenden Verfahren gemessen:

- Zerstörungsverfahren, wie in Anhang C zu EN 13262 beschrieben; oder
- Ultraschallverfahren laut einer Betriebsweise und mit einem Apparat, die in Anhang J beschrieben sind. Um diese Messung zu ermöglichen, müssen die Prüfräder eine Radkranzdicke aufweisen, die nicht unter 25 mm liegt, dürfen keine Grenzmaßrille aufweisen und keine Fase haben.

B.4.4 Beschreibung der Umläufe für den Versuch

B.4.4.1 Fahrzeugparameter

Für den Versuch ist ein Fahrzeug zu wählen, das mit dem zu bewertenden Rad ausgerüstet wird.

Sein Bremssteuersystem muss entfernt werden, um es durch ein System zu ersetzen, das die Überwachung der Bremsleistung erlaubt.

Die Bremssohlen müssen so angeordnet sein, dass ihre äußere Seite zwischen 10 mm und 20 mm von der äußeren Kante des Radkranzes entfernt ist.

Der Beladezustand des Fahrzeuges muss „leer“ sein, Fahrzeug betriebsbereit.

B.4.4.2 Andere Parameter

Die Zusammensetzung des Zuges ist durch das Versuchspersonal festzulegen.

Der Radsatz, in dem sich das zu bewertende Rad befindet, muss sich in der führenden Position des Fahrzeuges oder des Drehgestells befinden.

B.4.4.3 Meteorologische Bedingungen

Diese sollten möglichst den folgenden Bedingungen entsprechen:

- schwacher Wind (Windgeschwindigkeit unter 20 km/h);
- trockenes Wetter (kein Regen);
- Temperatur zwischen 10 °C und 25 °C.

B.4.4.4 Streckenparameter

Die Strecke sollte möglichst gerade sein.

B.4.5 Versuche und Messungen

B.4.5.1 Messungen vor den Versuchen

Die Parameter der geometrischen Definition des Rades werden aufgezeichnet.

Der Abstand E_i zwischen den Radkranzrückflächen des montierten Radsatzes wird in drei Querschnitten im Abstand von 120° gemessen.

ANMERKUNG Es werden Messungen der Eigenspannung mittels Ultraschallverfahren vor und nach den Versuchen empfohlen.

Die Bremssohlen müssen mit einer Bremsleistung von maximal $1,2 P_a/2$ eingeschliffen werden, bis die Kontaktfläche zwischen Rad und Bremssohle mindestens 80 % der Gesamtfläche der Sohle erreicht.

B.4.5.2 Bremsversuche

Es sind zehn Dauerbremsungen nacheinander auszuführen.

Zu Beginn jeder Bremsung muss die Temperatur des Radkranzes unter 50 °C (gemessen auf der äußeren Stirnfläche in der Mitte der Dicke) liegen.

Die Kühlung des Rades kann durch Besprühen mit Wasser beschleunigt werden, sobald die Temperatur unter 200 °C gesunken ist.

Vor jeder Bremsung ist zu prüfen, ob die Bremssohlen auf der Lauffläche in der richtigen Position angeordnet sind.

Während jeder Bremsung muss Folgendes gemessen und aufgezeichnet werden:

- die Momentanbremsleistung;
- die Lineargeschwindigkeit;
- die seitliche Verschiebung des Radkranzes bei Bremsung;

- die Temperatur im Übergang vom Steg zum Radkranz (nicht verbindlich);
- die Bremszeit;
- die meteorologischen Bedingungen: Windgeschwindigkeit, Luftdruck, Temperatur usw.

Nach jeder Bremsung ist die mittlere Bremsleistung zu berechnen.

Die Bremssohlen müssen gewechselt werden, wenn sie halb abgenutzt sind oder nach fünf Bremsungen. Neue Sohlen sind, wie in B.4.5.1 beschrieben, einzuschleifen.

ANMERKUNG 1 Wenn die Eigenspannungen mittels Ultraschallverfahren gemessen werden, liefern diese Messungen nach jeder Bremsung zusätzliche nützliche Informationen über das Verhalten des Rads. Diese Messung muss erfolgen, wenn die Temperatur des Radkranzes (gemessen an der äußeren Stirnfläche in der Mitte der Dicke des Radkranzes) unter 50 °C liegt.

ANMERKUNG 2 Die Temperaturmessung am Radkranz ist nicht obligatorisch, kann jedoch in bestimmten Fällen abweichende Eigenspannungen erklären. Die Überwachung der Leistung ist wegen der Veränderung des Reibwertes zwischen Bremssohle und Rad verbindlich und ersetzt die Überwachung des Bremszylinderdrucks.

B.4.5.3 Messungen nach den Bremsungen

Nach zehn Bremsungen und vollständiger Abkühlung des Rads sind zu messen:

- die Eigenspannungen (an denselben Stellen wie vor den Bremsungen bei Verwendung des Ultraschallverfahrens);
- die seitliche Restverformung des Radkranzes;
- die Position der Bremssohlen auf der Lauffläche;
- der Abstand der Radkranzrückenflächen E_i des montierten Radsatzes.

B.4.6 Abweichungen

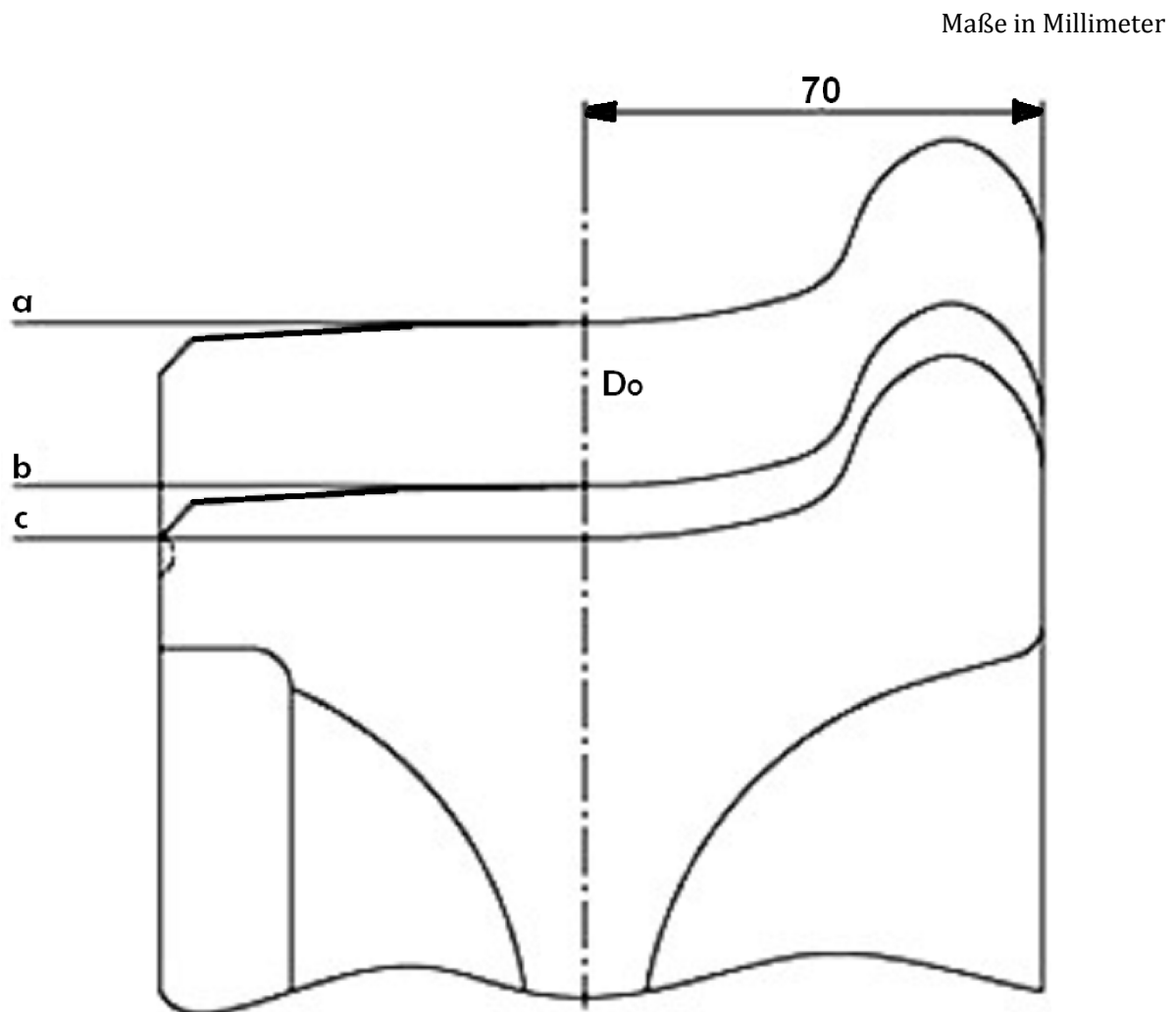
Falls während der Bremsungen Abweichungen der Leistungssteuerung auftreten, ist der Versuch mit einem anderen Rad zu wiederholen.

Anhang C (normativ)

Definition der Profildurchmesser eines Rads

C.1 Allgemeines

Die verschiedenen Profildurchmesser eines Rads sind in Bild C.1 dargestellt.



Legende

- a Nenndurchmesser der Lauffläche
- b Durchmesser nach der letzten Reprofilierung
- c Abgenutzter Durchmesser
- D_0 Punkt, an dem sich die Lauffläche des Rads befindet

ANMERKUNG Punkt D_0 ist in EN 13715 zu finden.

Bild C.1 — Profildurchmesser eines Rads

C.2 Durchmesser nach der letzten Reprofilierung

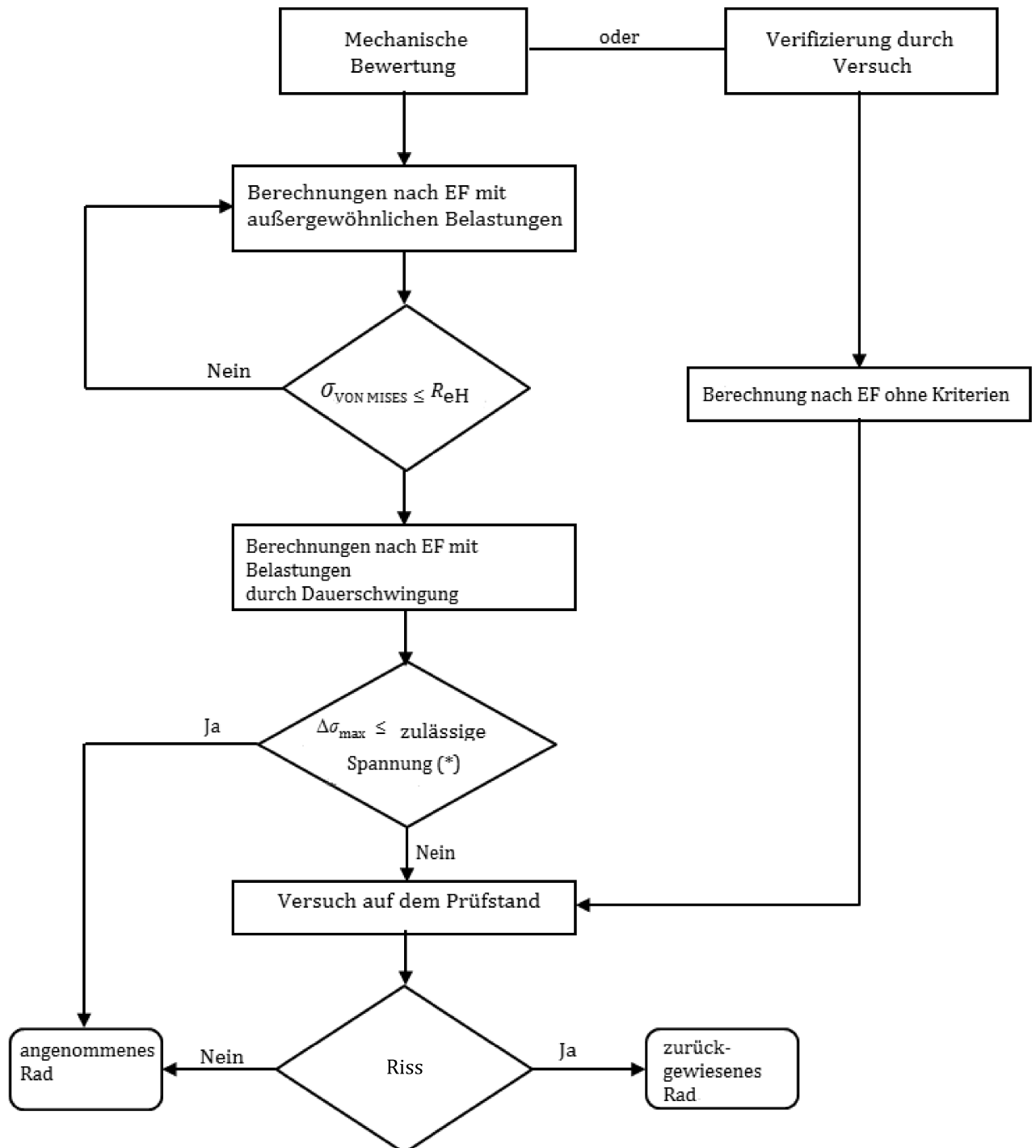
- Definition:
 - Nennwert mit einer Nennfase von 5×5 mm und einer Neigung des neuen Laufflächenprofils; die angepassten Werte können im Wartungsplan festgelegt werden.
- Anwendung:
 - für die thermomechanische Zulassung.
- Definition:
 - der theoretische Minstdurchmesser im Betrieb: zylindrisches Profil von der externen Fläche des Radkranzes bis auf D_0 , ergänzt um das neue Originalprofil bis zur Innenfläche des Radkranzes;
 - sollte eine Grenzmaßrille bestehen, muss der abgenutzte Durchmesser dem Außendurchmesser der Grenzmaßrille entsprechen, höhere Durchmesserwerte können in der technischen Spezifikation festgelegt werden;
 - Der abgenutzte Durchmesser ist in der technischen Spezifikation festgelegt.
- Anwendung:
 - für die thermomechanische Zulassung.

Anhang D (normativ)

Bewertung des mechanischen Verhaltens

D.1 Ablaufplan der Bewertung

Ein Beispiel des Prüfstandes ist im Bild D.1 angegeben.



Legende

$\sigma_{\text{VON MISES}}$	Spannungen nach VON MISES
$\Delta\sigma_{\text{max}}$	berechneter Spannungsbereich nach 8.2
R_{eH}	Mindestwert der Elastizitätsgrenze nach EN 13262
(*)	in Tabelle 1 angegebene zulässige Spannung

Bild D.1 — Ablaufplan

D.2 Berechnungsverfahren für den außergewöhnlichen Belastungsfall

D.2.1 Grundsatz

Das Berechnungsverfahren für den außergewöhnlichen Belastungsfall zeigt in jedem Punkt des Radstegs Spannungen, die so mit den zulässigen Spannungsniveaus verglichen werden können.

Die berechneten Spannungen müssen den Anforderungskriterien nach 7.2.3.2 entsprechen.

D.2.2 Belastung

Die zu verwendende Belastung muss bestimmt werden:

- bei Anwendung von 7.2.1.1;
- ausgehend von der Einspannung des Rads auf der Achse. Der durchschnittliche Einspannungswert ist zu verwenden.

D.3 Berechnungsverfahren für den außergewöhnlichen Belastungsfall

D.3.1 Grundsatz

Das Berechnungsverfahren für Dauerschwingbelastungsfälle zeigt in jedem Punkt des Radstegs Spannungen, die so mit den zulässigen Spannungsniveaus verglichen werden können.

Das Berechnungsverfahren ist auch mit drei bearbeiteten Bohrungen im Radsteg (zum Beispiel zur Befestigung einer Bremsscheibe oder eines Getriebeteils) anwendbar, nachdem sichergestellt ist, dass die Spannung als einachsige angesehen werden kann (mindestens am Rand der Bohrung).

ANMERKUNG Andere Verfahren können unter Berücksichtigung eines Zustands multiaxialer Spannungen, wie die CROSSLAND Kriterien oder die DANG VAN, auch in diesen Fällen genutzt werden.

Wenn die berechneten Spannungen unter der in Tabelle 2 vorgeschriebenen zulässigen Spannung liegen, ist die Konstruktion angemessen und der Radsteg sollte während des Betriebes nicht reißen.

Wenn die berechneten Spannungen über der zulässigen Spannung liegen, muss die Konstruktion des Radstegs überprüft werden und die Berechnungen bis Erhalt eines zufriedenstellenden Zustands wieder aufgenommen werden (siehe D.1).

D.3.2 Belastung

Die zu verwendende Belastung muss bestimmt werden:

- in Anwendung von 7.2.1.2, wenn die ausgelegte Geschwindigkeit unter oder gleich 200 km/h ist;
- in Anwendung der ausgelegten Geschwindigkeit, wenn diese über 200 km/h ist, um die Zentrifugalkraft zu erhalten. Die Zentrifugalkraft, die sich aus der maximalen ausgelegten Geschwindigkeit ergibt, wird in Verbindung mit den in 7.2.1.2 festgelegten Belastungsfällen verwendet;
- ausgehend vom Einspannen des Rads auf der Achse für alle ausgelegten Geschwindigkeiten. Der durchschnittliche Wert der Einspannung muss in Verbindung mit den vorher festgelegten Belastungsfällen verwendet werden.

D.3.3 Berechnungsverfahren

$\sigma_{\max}$ und $\sigma_{\min}$ sind wie folgt festgelegt:

entweder $\begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{bmatrix} k$ die Matrix der Hauptspannungen an einem Knoten und für einen Belastungszustand (Kombination eines in D.3.2 festgelegten Belastungsfalls und eines Belastungswinkels) als k bezeichnet ($1 \leq k \leq N$), wobei ($\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$);

oder $k_{\max}$ der $\sigma_{i\max}$ entsprechende Belastungszustand, d. h. die Hauptspannung mit dem Index i ($i = 1, 2$ oder 3) der Belastungszustände N ;

oder $\begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{bmatrix} k_{\max}$ der genormte Vektor für die Richtung $(\sigma_j)_{k_{\max}}$, d. h. die Hauptspannung mit dem Index j ($j = 1, 2$ oder 3) für den Belastungszustand $k_{\max}$.

$(\sigma_n)_{j\max,k}$ ist die Projektion des Spannungsvektors für den Belastungszustand k in Richtung $\begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{bmatrix} k_{\max}$ dargestellt durch σ_k (siehe Bild D.2).

$$\sigma_k = \underbrace{\begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} k}_{\vec{\sigma}_k} \cdot \begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{bmatrix} k_{\max}$$

Es wird $\sigma_{\max} = \sigma_{ij\max}$ entsprechend dem höchsten Wert σ_k der betrachteten Belastungszustände N genommen.

Es wird $\sigma_{\min} = \sigma_{ij\min}$ entsprechend dem höchsten Wert σ_k der betrachteten Belastungszustände N genommen.

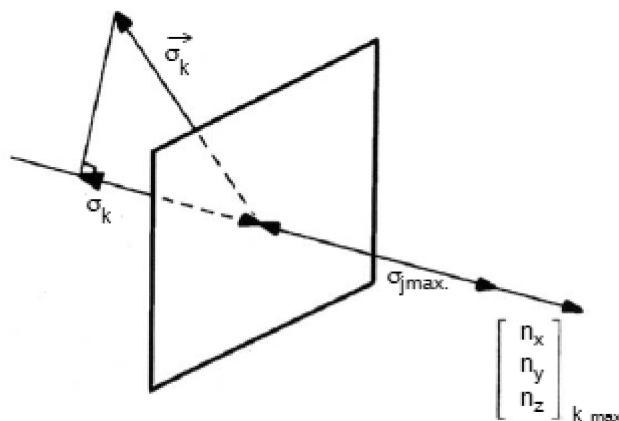


Bild D.2 — Projektion des Spannungsvektors

In reduzierter Schreibweise soll σ_{ij} bestimmt werden.

In den üblichen Fällen reicht σ_{11} zur Bestimmung des Dauerschwingzustands aus.

Bei bestimmten Rädern ist es möglich, dass σ_2 sehr nah an σ_1 ist, und somit ist die Analyse von σ_{11} , σ_{12} , σ_{21} und σ_{22} erforderlich, um sicher zu sein, den ungünstigsten Fall zu erhalten. (σ_1 ist häufig ein Radialschnitt und σ_2 ist innerhalb eines kreisförmigen Schnitts).

Anhang E (informativ)

Dauerschwingbelastung für Schmalspuren (metrisch oder annähernd ein Meter)

Diese Dauerschwingbelastungen gelten für Fahrzeuge mit reduziertem Abstand mit Ausnahme von Neigefahrzeugen.

Diese Kräfte werden vom Lastwert P berechnet. Die Kraft P wird in EN 13103 oder in EN 13104 definiert. Dies entspricht der Hälfte der auf die Schiene wirkenden vertikalen Kraft je Radsatz.

Drei Lastfälle sind zu berücksichtigen (siehe Bild 1):

- Fall 1: gerade Strecke (radsatzmittig im Gleis)

$$F_z = 1,3 P$$

$$F_{y1} = 0$$

- Fall 2: Gleisbogen (Spurkranz berührt die Schiene)

$$F_z = 1,3 P$$

$$F_{y2} = 0,7 P \text{ für nicht führende Radsätze}$$

$$F_{y2} = 0,8 P \text{ für führende Radsätze}$$

- Fall 3: Weichen und Kreuzungen (Spurkranzrückenfläche berührt Radlenker)

$$F_z = 1,3 P$$

$$F_{y3} = 0,42 P \text{ für nicht führende Radsätze}$$

$$F_{y3} = 0,48 P \text{ für führende Radsätze}$$

Die Begriffe „führende“ Radsätze und „nicht führende“ Radsätze sind in EN 13103 und in EN 13104 definiert.

Anhang F (informativ)

Dauerschwingbelastung für Neigungszüge

Diese Dauerschwingbelastungen werden auf Fahrzeuge mit einer nicht ausgeglichenen Querschleunigung unter oder gleich 2 m/s^2 angewandt.

ANMERKUNG Basiert auf dem Datenblatt UIC 510-5, 2. Ausgabe vom Mai 2007.

Diese Kräfte werden vom Lastwert P berechnet. Die Kraft P wird in EN 13103 oder in EN 13104 definiert. Dies entspricht der Hälfte der auf die Schiene wirkenden vertikalen Kraft je Radsatz.

Drei Lastfälle sind zu berücksichtigen (siehe Bild 1):

— Fall 1: gerade Strecke (radsatzmittig im Gleis)

$$F_z = 1,25 P$$

$$F_{y1} = 0$$

— Fall 2: Gleisbogen (Spurkranz berührt die Schiene)

$$F_z = 1,25 P$$

$$F_{y2} = [0,6 + 0,2(aq - 1)] P \text{ für nicht führende Radsätze}$$

$$F_{y2} = [0,7 + 0,2(aq - 1)] P \text{ für führende Radsätze}$$

— Fall 3: Weichen und Kreuzungen (Spurkranzrückenfläche berührt Radlenker)

$$F_z = 1,25 P$$

$$F_{y3} = 0,36 P \text{ für nicht führende Radsätze (identischer Wert wie für Nicht-Neigungsfahrzeuge)}$$

$$F_{y3} = 0,42 P \text{ für nicht führende Radsätze (identischer Wert wie für Nicht-Neigungsfahrzeuge)}$$

Die Begriffe „führende“ Radsätze und „nicht führende“ Radsätze sind in EN 13103 und in EN 13104 definiert.