

DIN EN 13979-1



ICS 45.040

Einsprüche bis 2022-05-18
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13979-1:2020-09

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Radsätze und Drehgestelle –
Vollräder – Technische Zulassungsverfahren –
Teil 1: Geschmiedete und gewalzte Räder;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13979-1:2022**

Railway applications –
Wheelsets and bogies –
Monobloc wheels – Technical approval procedure –
Part 1: Forged and rolled wheels;
German and English version prEN 13979-1:2022

Applications ferroviaires –
Essieux montés et bogies –
Roues monobloc – Procédure d'évaluation de la conception –
Partie 1: Roues forgées et laminées;
Version allemande et anglaise prEN 13979-1:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-03-18 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF), Rolandstr. 4, 34131 Kassel.

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

Gesamtumfang 127 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13979-1:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 087-00-02-01 UA „Radsätze“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

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

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13979-1:2020-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) eine neue Verknüpfung zu den vom UIC festgelegten, dem aktuellen Stand der Technik entsprechenden Pre-Design-Verfahren (thermomechanische Berechnung);
- b) einige Empfehlungen für die geometrische Konstruktion des Radkranzes, um sicherzustellen, dass ausreichend Material vorhanden ist, um thermischer Belastung standzuhalten;
- c) eine klarere Bestimmung des Anwendungsbereichs für die Radzulassung und eine neue Definition des Prozesses für die Zulassung einer Radkonstruktion, die von einer bereits zugelassenen Konstruktion abgeleitet ist (Abschnitt 3);
- d) Korrektur des empfohlenen kombinierten Bezugsrauheitsspektrums für verschiedene Arten von Bremsystemen für die akustische Bewertung (Tabelle I.1);
- e) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

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

Railway applications – Wheelsets and bogies – Monobloc Wheels – Technical approval procedure – Part 1:
Forged and rolled wheels

Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Roues monobloc – Procédure d'évaluation de la con-
ception – Partie 1: Roues forgées et laminées

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Parameter für die Definition des Anwendungsbereichs	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Parameter für die geometrische Austauschbarkeit	9
4.2.1 Allgemeines	9
4.2.2 Funktionsanforderungen	9
4.2.3 Montageanforderungen	9
4.2.4 Instandhaltungsanforderungen	10
4.3 Parameter für die thermomechanische Bewertung von laufflächengebremsten Rädern	10
4.3.1 Geometrische Anforderungen für laufflächengebremste Räder	10
4.3.2 Dauerbremsung oder Haltebremsung	11
4.3.3 Außergewöhnliche Dauerbremsung bei Bremsstörung	11
4.4 Parameter für die mechanische Bewertung	12
4.5 Parameter für die akustische Bewertung	12
5 Beschreibung des Rades, dessen Konstruktion bewertet werden muss	12
6 Bewertung der geometrischen Austauschbarkeit	13
7 Bewertung des thermomechanischen Verhaltens	13
7.1 Allgemeines Verfahren	13
7.2 Erste Stufe – Bremsversuch auf dem Prüfstand	13
7.2.1 Prüfverfahren	13
7.2.2 Entscheidungskriterien	13
7.3 Zweite Stufe – Bruchversuch auf dem Prüfstand	14
7.3.1 Allgemeines	14
7.3.2 Prüfverfahren	14
7.3.3 Entscheidungskriterien	14
7.4 Dritte Stufe – Bremsversuch auf der Strecke	14
7.4.1 Allgemeines	14
7.4.2 Prüfverfahren	14
7.4.3 Entscheidungskriterien	15
8 Bewertung des mechanischen Verhaltens	15
8.1 Allgemeines Verfahren	15
8.2 Erste Stufe – Berechnung	16
8.2.1 Anzuwendende Kräfte	16
8.2.2 Berechnungsverfahren	17
8.2.3 Entscheidungskriterien	18
8.3 Zweite Stufe – Prüfstandsversuch	18
8.3.1 Allgemeines	18
8.3.2 Festlegung der Prüfstandsbelastung und des Prüfverfahrens	18
8.3.3 Entscheidungskriterien	18
9 Bewertung des akustischen Verhaltens	19
10 Technische Zulassung	19
10.1 Anwendungsbereich und Verfahren für die technische Zulassung	19
10.2 Technische Zulassungsunterlagen	20
Anhang A (informativ) Werte für die Dauerbremsung	21
A.1 Güterwagen	21
A.2 Andere Arten von Fahrzeugen und Sondergüterwagen	21
Anhang B (normativ) Bewertung des thermomechanischen Verhaltens	22

B.1	Ablaufplan der Bewertung	22
B.2	Verfahren des Bremsversuchs auf dem Prüfstand	22
B.2.1	Versuchsprinzip	22
B.2.2	Definition der Dauerbremsungen	22
B.2.3	Verfahren zur Messung der Entscheidungskriterien	23
B.2.4	Versuche und Messungen	24
B.2.5	Abweichungen	25
B.3	Verfahren des Bruchversuchs auf dem Prüfstand	25
B.3.1	Versuchsprinzip	25
B.3.2	Erzeugung der Eigenspannungen im Radkranz	25
B.3.3	Erzeugung des Anrisses im Radkranz	25
B.3.4	Definition des Dauerbremsversuchs	27
B.3.5	Parameter für den Bruchversuch auf dem Prüfstand	27
B.3.6	Versuche und Messungen	28
B.3.7	Abweichungen	29
B.4	Verfahren des Bremsversuchs auf der Strecke	29
B.4.1	Versuchsprinzip	29
B.4.2	Definition der Bremsungen	29
B.4.3	Verfahren zur Messung der Entscheidungskriterien	30
B.4.4	Beschreibung der Randbedingungen für den Versuch	30
B.4.5	Versuche und Messungen	31
B.4.6	Abweichungen	32
Anhang C (normativ)	Definition der Profildurchmesser eines Rads	33
C.1	Allgemeines	33
C.2	Durchmesser nach der letzten Reprofilierung	33
C.3	Abgenutzter Durchmesser	33
Anhang D (normativ)	Bewertung des mechanischen Verhaltens	35
D.1	Ablaufplan der Bewertung	35
D.2	Berechnungsverfahren für den außergewöhnlichen Belastungsfall	35
D.2.1	Grundsatz	35
D.2.2	Belastung	35
D.3	Berechnungsverfahren für die Ermüdungslastfälle	35
D.3.1	Grundsatz	35
D.3.2	Belastung	36
D.3.3	Berechnungsverfahren	36
Anhang E (informativ)	Ermüdungsbelastung für Schmalspurbahnen (metrisch oder annähernd ein Meter)	38
Anhang F (informativ)	Ermüdungsbelastung für Neigetechnikzüge	39
Anhang G (normativ)	Mechanisches Verhalten — Bewertung durch Finite-Elemente-Berechnung	40
Anhang H (informativ)	Mechanisches Verhalten — Prüfstandsbelastung und Prüfverfahren	41
H.1	Prinzip der Prüfstandsbelastung und des Prüfverfahrens	41
H.2	Definition der Belastung	41
H.2.1	Allgemeines	41
H.2.2	Messungen der Spannungen während der Streckenversuche	41
H.3	Ermüdungsschwingversuch auf dem Prüfstand	42
H.3.1	Verfahren 1 — Regelloser Ermüdungsschwingversuch	42
H.3.2	Verfahren 2 — Einstufenermüdungsschwingversuch	43
H.3.3	Beispiele von Prüfständen	44
Anhang I (informativ)	Bewertung des akustischen Verhaltens	45
I.1	Allgemeines zum Verfahren	45
I.2	Bewertungsverfahren	45
I.3	Entscheidungskriterien	45
I.4	Entscheidungskriterien	46
I.5	Ablaufplan der Bewertung	46
I.6	Berechnungsverfahren	47
I.6.1	Einleitende Anmerkungen	47
I.6.2	Berechnung der Modalbasis für das Rad	47

I.6.3	Definition der Bezugsgeschwindigkeit	48
I.6.4	Definition des kombinierten Rad-Schienen-Bezugsrauheitsspektrums	48
I.6.5	Definition des Bezugsstreckenmodells	49
I.6.6	Definition der Berechnungsparameter	49
I.6.7	Berechnung des Schalleleistungspegels	50
I.6.8	Einbringen des gewichteten Spektrums in die Schallleistung	50
I.6.9	Berechnung des Bewertungskriteriums	51
I.6.10	Optionale Berechnungen	51
I.7	Verfahren der Betriebsmessungen	52
I.7.1	Allgemeines	52
I.7.2	Umgebungsbedingungen	52
I.7.3	Gleisbedingungen	52
I.7.4	Zugbedingungen	52
I.7.5	Lage der Messpunkte	53
I.7.6	Gemessene Größen	54
I.7.7	Prüfverfahren	54
I.7.8	Datenverarbeitung	55
Anhang J	(informativ) Ultraschallmessverfahren der Eigenspannungen im Radkranz (zerstörungsfreies Verfahren)	57
J.1	Verfahren	57
J.2	Messgenauigkeit	57
J.3	Kalibrierungen	57
J.4	Prüfung der Messparameter	58
Anhang ZA	(informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie (EU) 2016/797	59
Literaturhinweise		61

Bilder

Bild 1	— Bestimmung der Restfläche (Beispiel)	10
Bild 2	— Einleitungspunkte der verschiedenen Kräfte	17
Bild B.1	— Ablaufplan	22
Bild B.2	— Größe und Anordnung der Kerben und der Messpunkte — Anordnung der Kerben und der Messpunkte	26
Bild B.3	— Größe und Anordnung der Kerben und der Messpunkte — Größe der Kerben und Markierungen	26
Bild C.1	— Radprofildurchmesser	33
Bild D.1	— Ablaufplan	35
Bild D.2	— Projektion des Spannungsvektors	37
Bild H.1	— Programm für die Bewertung	41
Bild I.1	— Ablaufplan	47
Bild I.2	— Empfehlung zur Zugzusammensetzung	53
Bild I.3	— Messpositionen	54

Tabellen

Tabelle 1	— Ermüdungskriterien zur Berechnung	18
Tabelle 2	— Empfehlungen hinsichtlich der Neubewertung einer Radkonstruktion, die von einer bereits zugelassenen Konstruktion abgeleitet ist	19
Tabelle A.1	— Parameter für die Dauerbremsung für 100 % laufflächengebremste Güterwagen	21
Tabelle A.2	— Parameter für die Dauerbremsung für andere Arten von Fahrzeugen und Sondergüterwagen	21
Tabelle B.1	— Parameter für den Bruchversuch auf dem Prüfstand	27

Tabelle B.2 — Parameter für die Haltebremsung	28
Tabelle I.1 — Empfohlenes Bezugsspektrum für die kombinierte Rauheit für verschiedene Arten von Bremssystemen	48
Tabelle I.2 — Parameter des Bezugsstreckenmodells	49
Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm, Verordnung (EU) Nr. 321/2013 der Kommission über die technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) des Teilsystems „Fahrzeuge — Güterwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union* und Richtlinie (EU) 2016/797	59
Tabelle ZA.2 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm, Verordnung (EU) Nr. 1302/2014 der Kommission über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lokomotiven und Personenwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union* und Richtlinie (EU) 2016/797	60

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13979-1:2022) 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 13979-1:2020 ersetzen.

Im Vergleich zur vorherigen Ausgabe wurden die folgenden technischen Änderungen vorgenommen:

- Eine neue Verknüpfung zu den vom UIC festgelegten, dem aktuellen Stand der Technik entsprechenden Vordimensionierungs-Verfahren (thermomechanische Berechnung);
- Einige Empfehlungen für die geometrische Konstruktion des Radkranzes, um sicherzustellen, dass ausreichend Material vorhanden ist, um thermischer Belastung standzuhalten;
- Eine klarere Definition des Anwendungsbereichs für die Radzulassung und eine neue Definition des Prozesses für die Zulassung einer Radkonstruktion, die von einer bereits zugelassenen Konstruktion abgeleitet ist (Abschnitt 3);
- Korrektur des empfohlenen kombinierten Bezugsrauheitsspektrums, das für verschiedene Arten von Bremssystemen repräsentativ ist, für die akustische Bewertung (Tabelle I.1).

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der Richtlinie (EU) 2016/797.

Zum Zusammenhang mit Richtlinie (EU) 2016/797 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 13262:2020).

1 Anwendungsbereich

Gegenstand dieses Dokumentes ist die Bestimmung eines Verfahrens zur Konstruktionsbewertung eines gewalzten und geschmiedeten Vollrades. Diese Bewertung wird vor der Inbetriebnahme des Rades vorgenommen. Dieses Dokument beschreibt insbesondere die Bewertung, die auszuführen ist, um Räder in einem europäischen Netz nutzen zu können, deren Qualitätsanforderungen ebenfalls den in EN 13262:2020 festgelegten entsprechen.

Diese Bewertung erfordert die Festlegung der Nutzungsbedingungen des Rades und dieses Dokument bietet eine Methode zur Festlegung dieser Bedingungen.

Die technische Zulassungsbewertung umfasst vier Aspekte:

- ein geometrischer Aspekt: um die Austauschbarkeit verschiedener Lösungen für den gleichen Anwendungsbereich zu ermöglichen;
- ein thermomechanischer Aspekt: um die Verformungen des Rades zu beherrschen und sicherzustellen, dass Bremsungen nicht zum Radbruch führen;
- ein mechanischer Aspekt: um sicherzustellen, dass kein Dauerschwingriss im Radsteg und keine dauerhafte Verformung im Falle einer außergewöhnlichen Belastung auftritt;
- ein akustischer Aspekt: um sicherzustellen, dass die Lösung so gut wie ein Referenzrad ist.

Dieses Dokument wurde für Räder von nicht angetrieben und laufflächengebremsten Radsätzen erstellt und gilt in vollen Umfang für diesen Radtyp. Für Räder mit montierten Bremsscheiben oder Getriebekupplungen oder Räder mit Schallabsorbern können die Anforderungen geändert oder vervollständigt werden.

Für Stadtbahnfahrzeuge können andere Normen oder Dokumente angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 13103-1:2017, *Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Teil 1: Konstruktionsleitfaden für außengelagerte Radsatzwellen*

EN 13262:2020, *Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Räder — Produktanforderungen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

3.1 technische Spezifikation

Dokument zur Beschreibung spezifischer Parameter und/oder Anforderungen an das Verfahren der Konstruktionsbewertung als Ergänzung zu den Anforderungen dieses Dokuments

3.2

Durchmesser nach der letzten Reprofilierung

Nennwert definiert mit einer Nennfase von 5 mm × 5 mm und der Neigung des neuen Laufflächenprofils

Anmerkung 1 zum Begriff: Es können angepasste Werte festgelegt werden, z. B. im Wartungsplan oder in der technischen Spezifikation. Siehe Bild C.1.

3.3

abgenutzter Durchmesser

theoretischer Minstdurchmesser im Betrieb und zylindrisches Profil von der Außenfläche des Radkranzes bis D0, ergänzt um das neue Originalprofil bis zur Innenfläche des Radkranzes

4 Parameter für die Definition des Anwendungsbereichs

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 überprüft werden.

4.2 Parameter für die geometrische Austauschbarkeit

4.2.1 Allgemeines

Die Anwendung muss durch geometrische Parameter der Austauschbarkeit definiert werden, die in drei Kategorien unterteilt werden können, je nachdem, ob sie sich auf Funktionsanforderungen, Montageanforderungen oder Instandhaltungsanforderungen beziehen.

ANMERKUNG Für die Räder von Eisenbahnfahrzeugen, für die die TSI Richtlinien für Interoperabilität gelten, werden bestimmte geometrische Parameter in den betreffenden TSI angegeben.

4.2.2 Funktionsanforderungen

- Nenndurchmesser der Lauffläche, der die Pufferhöhe und die Fahrzeugbegrenzungslinie beeinflusst;
- maximale Radkranzbreite, die mit Weichen- und Schienenbremsen in Zusammenhang steht;
- Laufflächenprofil außerhalb des konischen Teils der Lauffläche;
- Lage des Radkranzes von der Innenseite in Bezug zur Radnabeninnenseite;
- Konizität der Nabenbohrung;
- notwendiger Freiraum für am Rad montierte 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

- Durchmesser an der Verschleißgrenze oder Durchmesser der letzten Reprofilierung;
- Form der Grenzmaßrille, falls notwendig;
- Geometrie des Bereiches für das Spannen des Rades auf Reprofilierungsmaschinen;
- Lage und Ausführung der Ölabbpressbohrung für die Demontage;
- allgemeine Form des Radkranzes, um die Ultraschallmessung der Eigenspannungen bei Rädern, die an der Lauffläche gebremst werden, durchführen zu können.

4.3 Parameter für die thermomechanische Bewertung von laufflächengebremsten Rädern

4.3.1 Geometrische Anforderungen für laufflächengebremste Räder

Auf der Innen- und Außenseite des Radkranzes muss ein geeigneter Durchmesser vorgesehen werden, um gute Voraussetzungen für die Messung der Eigenspannungen zu schaffen. Dies bedeutet, dass die Restdicke des Radkranzes auf beiden Seiten größer sein sollte als die für die Messungen bei der Wartung und Zulassung verwendeten Ultraschallprüfköpfe, um diese Messung zu ermöglichen.

Zu 100 % laufflächengebremste Güterwagenräder mit einem Nenndurchmesser von 920 mm müssen so konstruiert werden, dass die Oberfläche des Radkranzabschnitts bei vollständig abgenutztem Rad eine Restfläche A_{rim} von gleich oder größer $0,23 \text{ dm}^2$ aufweist.

Die Restfläche wird folgendermaßen berechnet:

- Wenn der Innendurchmesser des Radkranzes auf der Innen- und Außenseite gleich ist, ist die zu berücksichtigende Fläche das Rechteck zwischen dem Außendurchmesser der Grenzmaßrille (w in EN 13262:2020) und dem Innendurchmesser des Radkranzes (b_1 und b_2 in EN 13262:2020),
- Wenn der Innendurchmesser des Radkranzes auf der Innen- und Außenseite unterschiedlich ist, muss die voranstehend bestimmte Fläche um das Dreieck ergänzt werden, das sich aus diesem Unterschied ergibt (siehe Bild 2 – in diesem Beispiel ist b_1 kleiner als b_2).

Diese Berechnung wird unter Bezugnahme auf die Nennwerte der angegebenen Parameter durchgeführt.

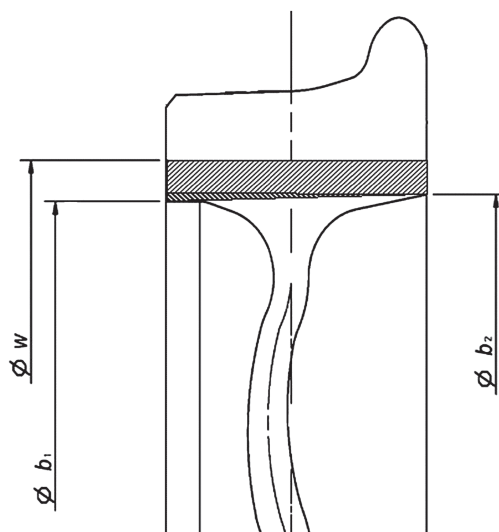


Bild 1 — Bestimmung der Restfläche (Beispiel)

4.3.2 Dauerbremsung oder Haltebremsung

4.3.2.1 Allgemeines

Die Anwendung muss ausgehend von der maximalen Bremsenergie (Nennbremsleistung P_a , Anwendungsdauer (Prüfdauer) t_a und mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit V_a), die durch die Reibung der Bremssohlen auf der Lauffläche erzeugt wird, sowie von der Art der am Rad verwendeten Bremssohlen (Art – Gussbremssohle oder Verbundstoffbremssohle –, Maße und Anzahl) bestimmt werden.

Der Bremsversuch mit Verbundstoffbremssohlen deckt den Bremsversuch mit Gussbremssohlen ab. Der Bremsversuch mit zwei gegenüberliegenden Bremssohlen deckt den Bremsversuch mit einer einzelnen Bremssohle ab. Der Bremsversuch ist unabhängig vom Fabrikat der Bremssohlen.

Für diese Prüfungen können nicht zugelassene Verbundstoffbremssohlen verwendet werden, sofern diese den Prüfbedingungen standhalten können.

ANMERKUNG Zur Durchführung dieser Prüfungen wird häufig die nicht zugelassene Bremssohle Becorit 929-1 verwendet

4.3.2.2 Güterwagen

Wenn Vollräder unter einen Wagen montiert werden, die zu 100 % laufflächengebremst werden, gelten die in Anhang A Tabelle A.1 angegebenen Parameter, sofern in der technischen Spezifikation nicht anders festgelegt.

ANMERKUNG Diese Tabelle entspricht der Tabelle in der TSI Güterwagen.

Wenn ein Wagen nicht 100 % auf der Lauffläche gebremst wird, muss die Nennleistung P_b so angepasst werden wie in der technischen Spezifikation festgelegt.

Für Sonderwagen oder Sonderverkehre 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 und mit Tabelle A.2 übereinstimmen.

4.3.2.3 Andere Fahrzeugtypen

Das thermomechanische Verhalten muss für den ungünstigsten Bremsfall durchgeführt werden. Dies muss mit Dauerbremsungen unter Einhaltung der Parameter nach Tabelle A.2 oder aufeinander folgenden ungünstigsten Haltebremsungen für die betrachtete Anwendung geprüft werden.

Diese Wahl kann unter Berücksichtigung der seitlichen Verformung sowie der mittels numerischer Simulation für jedes berücksichtigte Bremsszenario berechneten Eigenspannungen getroffen werden.

Die mittlere Neigung und/oder die Anwendungsdauer und/oder die mittlere Geschwindigkeit der aufeinanderfolgenden Haltebremsungen und/oder die Energiewerte müssen in der technischen Spezifikation festgelegt werden. Tabelle A.2 enthält Wertebeispiele.

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.

4.3.3 Außergewöhnliche Dauerbremsung bei Bremsstörung

4.3.3.1 Allgemeines

Das thermomechanische Verhalten muss ausgehend von der maximalen Bremsenergie (Bremsleistung P_a , Anwendungsdauer t_a (Prüfdauer) und mittlerer Fahrzeuggeschwindigkeit V_a) definiert werden, die durch die Reibung der Bremssohlen auf der Lauffläche erzeugt wird, die das zu bewertende Rad bei einer außergewöhnlichen Dauerbremsung bei Bremsstörung ableiten können muss.

4.3.3.2 100 % laufflächengebremste Räder

Für Güterwagen sind die Parameter für die außergewöhnliche Dauerbremsung bei Bremsstörung identisch mit jenen, die für die Dauerbremsung festgelegt sind (siehe Tabelle A.1).

Für andere Arten von Fahrzeugen sind die Parameter für die außergewöhnliche Dauerbremsung bei Bremsstörung identisch mit jenen für die Dauerbremsung (siehe Tabelle A.2), wenn die Bremsung vollständig an der Lauffläche stattfindet.

4.3.3.3 Nicht 100 % laufflächengebremste Räder

Für alle Arten von Fahrzeugen müssen die Parameter für die außergewöhnliche Dauerbremsung bei Bremsstörung wie folgt sein:

- a) die Versuchsparameter für die außergewöhnliche Dauerbremsung bei Bremsstörung für ein 100 % laufflächengebremstes Rad (siehe 4.3.2.2);
- b) oder die Versuchsparameter für den Bruchversuch auf dem Prüfstand (siehe 7.3).

4.4 Parameter für die mechanische Bewertung

Die Anwendung muss definiert werden durch:

- die maximale vertikale statische Radsatzlast (nach EN 13103-1:2017);
- die Art der Strecke der Fahrzeuge, die mit dem zu bewertenden Rad ausgerüstet werden:
 - 1) Beschreibung der Strecken: Qualität der Gleise, Parameter der Bögen, Höchstgeschwindigkeit usw.;
 - 2) Fahrzeiten auf diesen Strecken;
- die geschätzte Lebensdauer des Rades, in Kilometern.

Für den Fall einer ausschließlich durch Berechnung vorgenommenen mechanischen Bewertung sind die Parameter von 8.2 zu berücksichtigen.

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:

- 1) das Bezugsgleis, auf dem das Rad fahren muss;
- 2) das Bezugsrad, mit dem die Konstruktion verglichen werden muss;
- 3) das Bezugsfahrzeug und eine oder mehrere Bezugsgeschwindigkeiten;
- 4) ein Bezugsrauheitsspektrum, das für den Bereich der Betriebsbedingungen des geprüften Rades repräsentativ ist (Bremsung an der Lauffläche durch Gussbremssohle oder Verbundstoffbremssohle oder nicht auf der Lauffläche), das sowohl für das Bezugsrad als auch für das neue Rad zu nutzen ist.

5 Beschreibung des Rades, dessen Konstruktion bewertet werden muss

Die Unterlagen der Konstruktionsbewertung für das Rad müssen bestehen aus:

- 1) der Beschreibung des Herstellungsverfahrens (Schmieden, Walzen, Wärmebehandlung usw.);

- 2) der geometrische Definition des Rades (Zeichnung);
- 3) den nachfolgenden Herstellungsparametern, wenn sie von den in EN 13262:2020 definierten abweichen:
 - geometrische Toleranzen;
 - Oberflächenbearbeitung;
 - Stahlgüte;
- 4) Parameter für die Definition des Anwendungsbereiches, für den die Konstruktionsbewertung beantragt wird.

6 Bewertung der geometrischen Austauschbarkeit

Die Zeichnung des Rades muss den Anforderungen von 4.2 entsprechen.

7 Bewertung des thermomechanischen Verhaltens

7.1 Allgemeines Verfahren

Diese Bewertung besteht aus drei Stufen. Der Übergang von einer Stufe zur nächsten ist abhängig von den Ergebnissen der jeweils absolvierten Stufe.

Der Ablauf der Bewertung ist im normativen Anhang B dargestellt.

Für jede der drei Stufen müssen Versuche mit einem Rad mit neuem Radkranz (Nenn Durchmesser) und für den Durchmesser nach der letzten Reprofilierung (siehe Anhang C) durchgeführt werden.

Eine zusätzliche Vordimensionierung des Rades durch Berechnung wird empfohlen.

ANMERKUNG Eine solche Berechnung nach UIC B169 RP1 und B69 RP17 führt zu konservativen Ergebnissen.

7.2 Erste Stufe – Bremsversuch auf dem Prüfstand

7.2.1 Prüfverfahren

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

Für Güterwagen müssen die Anforderungen nach 4.3.1.2 angewendet werden. Für andere Fahrzeuge müssen die Leistungen, die während des Versuches anzuwenden sind, gleich $1,2 P_a$ sein (P_a ist in 4.3 definiert). Die Zeitspanne jeder Dauerbremsung und die mittlere Zuggeschwindigkeit müssen den Festlegungen in 4.3 und in Anhang A und Anhang B entsprechen (t_a und V_a).

7.2.2 Entscheidungskriterien

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

- a) Für das Rad mit neuem Radkranz:
 - 1) maximale seitliche Verformung des Radkranzes im Warmzustand während der Bremsung: $+ 3/- 1$ mm;
 - 2) Eigenspannungen im Radkranz nach Abkühlung:
 - i) $\sigma_{rm} \leq + \Sigma_r$ MPa für den Mittelwert von drei Messungen;

- ii) $\sigma_{in} \leq + (\Sigma_r + 50)$ MPa für jede Einzelmessung;
 - 3) maximale seitliche Verformung des Radkranzes bei Abkühlung des Radkranzes von: + 1,5/- 0,5 mm.
 - b) Rad mit Durchmesser nach der letzten Reprofilierung:
 - 1) maximale seitliche Verformung des Radkranzes im Warmzustand während der Bremsung: + 3/- 1 mm;
- Eigenspannungen im Radkranz nach Abkühlung:
- i) $\sigma_{rw} \leq + (\Sigma_r + 75)$ MPa für den Mittelwert von drei Messungen;
 - ii) $\sigma_{iw} \leq + (\Sigma_r + 100)$ MPa für jede Einzelmessung;
 - 2) maximale seitliche Verformung des Radkranzes bei Abkühlung des Radkranzes von: + 1,5/- 0,5 mm.

Der Wert von Σ_r muss entsprechend den Kriterien der Stahlgüte des Radkranzes festgelegt werden. Für die Güten ER6 und ER7 der EN 13262:2020, $\Sigma_r = 200$ MPa.

ANMERKUNG Zulässige Eigenspannungen für andere Stahlsorten werden in dieser Norm nicht festgelegt, da sie in der Regel nicht für laufflächengebremste Anwendungen im Eisenbahnverkehr eingesetzt werden.

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

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

7.3 Zweite Stufe – Bruchversuch auf dem Prüfstand

7.3.1 Allgemeines

Diese zweite Stufe muss nur dann durchgeführt werden, wenn die während der ersten Stufe gemessenen Eigenspannungen über den Entscheidungskriterien liegen, oder auch bei Anwendung von 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 Dritte Stufe – Bremsversuch auf der Strecke

7.4.1 Allgemeines

Diese dritte Stufe ist nur durchzuführen, wenn ein Ergebnis der ersten Stufe nicht den Entscheidungskriterien entspricht, und wenn das Rad nach der zweiten Stufe 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, ist gleich $1,2 P_a$ (P_a ist in 4.3 definiert). Die Zeitspanne jeder Dauerbremsung und die mittlere Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs 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 nach der letzten Reprofilierung gleichermaßen erfüllt werden.

a) Für das Rad mit neuem Radkranz:

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

b) Rad mit Durchmesser nach der letzten Reprofilierung:

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

Der Wert von Σ_r muss entsprechend den Kriterien der Stahlgüte des Radkranzes festgelegt werden. Für die Güten ER6 und ER7 der EN 13262:2020, $\Sigma_r = 200$ MPa.

ANMERKUNG Zulässige Eigenspannungen für andere Stahlsorten werden in dieser Norm nicht festgelegt, da sie in der Regel nicht für laufflächegebremste Anwendungen im Eisenbahnverkehr eingesetzt werden.

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

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

8 Bewertung des mechanischen Verhaltens

8.1 Allgemeines Verfahren

Die Bewertung darf zwei Stufen umfassen. Die zweite Stufe wird auf der Grundlage der Ergebnisse der ersten Stufe durchgeführt. 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 entsprechend 8.2.1.1 eintritt. Alle anderen Teile des Rades sind von dieser Bewertung ausgeschlossen (zum Beispiel die Ölabbpressbohrung).

Die Ölabbpressbohrung sollte in einem Bereich positioniert werden, in welchem nur geringe dynamische Beanspruchungen auftreten.

Für die Berechnung stellt die Geometrie eines abgenutzten Rades (nach C.3) den ungünstigsten Fall in Bezug auf das mechanische Verhalten dar. Für die Prüfungen muss der Raddurchmesser in der technischen Spezifikation angegeben sein.

Der Ablauf dieser Bewertung ist im Anhang D dargestellt.

8.2 Erste Stufe – 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) $F_{ylim} = 10 + 2 P/3$.

Lastfall 2 muss berücksichtigt werden:

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

$$F_z = F_{zlim}$$

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

8.2.1.2 Ermüdungsbelastung

Diese Belastungen werden ausgehend vom Belastungswert P berechnet. Die Belastung P ist in EN 13103-1:2017 definiert. Dies entspricht der Hälfte der auf die Schiene wirkenden vertikalen Kraft je Radsatz.

Die für Schmalspurgleis geltenden Ermüdungsbelastungen sind in Anhang E definiert.

Die für Neigefahrzeuge geltenden Ermüdungsbelastungen sind in Anhang F definiert.

Wie in der technischen Spezifikation aufgeführt, sind zusätzliche Kräfte zu berücksichtigen, wenn in Folge der in 4.4 festgelegten, für die Bewertung notwendigen Parameter höhere Kräfte auftreten (z. B. Gleisbogenparameter usw.).

Drei Lastfälle sollten berücksichtigt werden (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)

$$F_z = 1,25 P$$

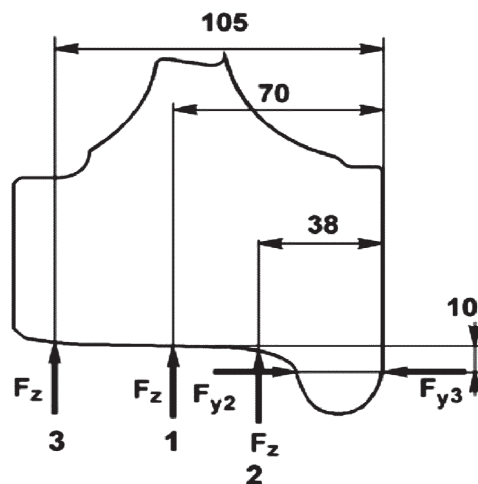
$F_{y3} = 0,6 F_{y2} = 0,36 P$ für nicht führende Radsätze

$F_{y3} = 0,6 F_{y2} = 0,42 P$ 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 13103-1:2017 definiert.

Maße in Millimeter



Legende

1 gerade Strecke

2 Gleisbogen

3 Weichen und Kreuzungen

F_{z1} vertikale Kraft auf gerader Strecke (radsatzmittig im Gleis)

F_{z2} vertikale Kraft im Gleisbogen (Spurkranz berührt die Schiene)

F_{z3} vertikale Kraft in Weichen und Kreuzungen (Spurkranzrückenfläche berührt Radlenker)

F_{y2} seitliche Kraft im Gleisbogen (Spurkranz berührt die Schiene)

F_{y3} seitliche Kraft in Weichen und Kreuzungen (Spurkranzrückenfläche berührt Radlenker)

Bild 2 — Einleitungspunkte der verschiedenen Kräfte

8.2.2 Berechnungsverfahren

8.2.2.1 Allgemeines

Um die Spannungen zu berechnen, muss ein Finite-Element-Programm verwendet werden.

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

8.2.2.2 Bei außergewöhnlicher Belastung

Die Spannungen müssen durch Bestimmung der Hauptspannungen an jedem Punkt des Netzes (Knoten) analysiert und behandelt werden, um die Mises-Vergleichsspannung zu bewerten.

8.2.2.3 Für die Ermüdungsbelastungen

Die Spannungen müssen folgendermaßen analysiert werden:

— Bestimmung der Hauptspannungen in allen Punkten des Netzes (Knoten) für jeden der drei Lastfälle;

- Auswertung der maximalen Hauptspannungen für jeden Knoten für die drei Lastfälle ($\sigma_{\max}$) und der Richtung dieser Hauptspannungen;
- Auswertung der minimalen Spannungsprojektion in der Richtung von $\sigma_{\max}$ für jeden Knoten für die drei Lastfälle ($\sigma_{\min}$);
- Berechnung für jeden Knoten:

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

8.2.3 Entscheidungskriterien

8.2.3.1 Bei außergewöhnlicher Belastung

Für jeden Knoten müssen die von Mises-Vergleichsspannungen unter oder gleich der Elastizitätsgrenze R_e des Werkstoffs bleiben.

ANMERKUNG Die R_e -Werte für üblicherweise verwendete Radstähle sind in EN 13262:2020 angegeben.

Sollte die Elastizitätsgrenze an bestimmten Punkten überschritten werden (zum Beispiel im Bereich der Bohrung in der Radscheibe zur Befestigung der Bremscheiben), kann eine elastoplastische Bewertung durchgeführt werden, und die von Mises-Vergleichsdehnungen müssen auf eine zulässige Dehnung von höchstens 5 % begrenzt bleiben.

8.2.3.2 Für die Ermüdungsbelastungen

Die zu verwendenden Ermüdungskriterien sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Ermüdungskriterien zur Berechnung

Maximale Rauheit R_a (μm)	3.2	6.3	12.5
Zulässige Doppelamplitude (MPa), die Mittelspannung ist nicht zu berücksichtigen	360 ^a	360 ^a	290 ^a
^a Ein höherer Wert der zulässigen Ermüdungsspannung kann genutzt werden, wenn er durch ein Ermüdungsversuchsprogramm bestätigt wird, welches entsprechend der Produktqualifizierung in EN 13262:2020 durchgeführt wird.			

8.3 Zweite Stufe – Prüfstandsversuch

8.3.1 Allgemeines

Diese zweite Stufe ist durchzuführen, wenn ein Ergebnis der ersten Stufe über den Entscheidungskriterien liegt.

8.3.2 Festlegung der Prüfstandsbelastung und des Prüfverfahrens

Die Belastung und das Prüfverfahren müssen in dem nach der Berechnung kritischsten Bereich des Stegs die Beanspruchungen wiedergeben, die für die Beanspruchungen repräsentativ sind, denen das Rad während seiner gesamten Lebensdauer ausgesetzt sein wird (Richtung, Höhe und Anzahl der Zyklen).

Im informativen Anhang H wird eine Methode zur Durchführung dieser Prüfung beschrieben.

8.3.3 Entscheidungskriterien

Vier Räder müssen geprüft werden.

Es darf kein Dauerschwingriss nach dem Versuch beobachtet werden. Ein Defekt gilt als Riss, wenn seine Länge größer oder gleich 1 mm ist.

9 Bewertung des akustischen Verhaltens

Wenn die technische Spezifikation dies vorschreibt, ist die Bewertung des akustischen Verhaltens nach Anhang I vorzunehmen.

10 Technische Zulassung

10.1 Anwendungsbereich und Verfahren für die technische Zulassung

Das Verfahren für die technische Zulassung eines Rades muss sich an den in Abschnitt 5 bis Abschnitt 10 dieser Norm festgelegten Anforderungen orientieren.

Nach erfolgreichem Abschluss des Verfahrens gilt das anhand seiner Hauptmerkmale (Anwendung und technische Definition) identifizierte Rad als zugelassen. Abschnitt 11 enthält eine Liste der Dokumente für die technische Zulassung.

Bei jeder Änderung an diesen Merkmalen (z. B. Änderung der Zeichnung, Betriebseinsatz) muss eine Analyse der technischen Auswirkungen stattfinden, um festzustellen, ob ein teilweises oder vollständiges Neuzulassungsverfahren erforderlich ist. Das Ergebnis dieser Auswirkungsanalyse sollte in den technischen Unterlagen festgehalten und den Vertragsparteien zugänglich gemacht werden.

Tabelle 2 enthält als Grundlage Informationen und/oder Empfehlungen hinsichtlich einer möglichen Durchführung dieser Analyse.

Tabelle 2 — Empfehlungen hinsichtlich der Neubewertung einer Radkonstruktion, die von einer bereits zugelassenen Konstruktion abgeleitet ist

Geänderte Merkmale (Beispiele)	Analyse
Eigenschaften des Radstegs (Radius, Nenndicke, Übergang zu Radkranz und Nabe usw....)	Vollständiges Neuzulassungsverfahren
Axiale Lage von Radsteg und Radkranz zur Nabe	Kein Neuzulassungsverfahren erforderlich
Axiale Lage des Radstegs zum Radkranz	Vollständiges Neuzulassungsverfahren
Radkranzvolumen (Verringerung)	Vollständiges Neuzulassungsverfahren
Werkstoffänderung (auf Werkstoff geringerer Bruchzähigkeit) im Rahmen der EN 13262:2020	Verkürztes Zulassungsverfahren (thermomechanische Bewertung)
Werkstoffänderung im Rahmen der EN 13262:2020 für ein nicht laufflächengebremstes Rad	Kein Neuzulassungsverfahren erforderlich
Änderung des Bremsklotzwerkstoffs (von Gusseisen auf Verbundstoffmaterial)	Wenn das Rad zuvor nur mit Bremsklötzen aus Gusseisen für die thermomechanische Bewertung zugelassen wurde, muss eine neue Bewertung mit Bremsklötzen aus Verbundstoffmaterial durchgeführt werden
Erhöhung der Radsatzlast	Vollständiges Neuzulassungsverfahren
Erhöhung der Bremsanforderungen (Belastung, Dauer, Geschwindigkeit) bei Rädern, die nicht für Güterwagen vorgesehen sind	Verkürztes Zulassungsverfahren (thermomechanische Bewertung)

10.2 Technische Zulassungsunterlagen

Die erforderlichen Unterlagen zur technischen Konstruktionsbewertung sind in der technischen Spezifikation festgelegt. Sie bestehen hauptsächlich aus folgenden Teilen:

- a) Identifizierung des Rades: Zeichnung, Werkstoff, usw.;

ANMERKUNG Eine allgemeine Radbezeichnung (z. B. „ORE-Rad“ oder „Rad BA004“) ist kein Identifizierungsmerkmal. Nur die Zeichnungsnummer und der dazugehörige Index sind angemessene Identifizierungsmerkmale.

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

- b) Definition der Anwendung, für die das Rad zugelassen wird;
- c) Unterlagen des geometrischen Bewertungsdokuments;
- d) Unterlagen des thermomechanischen Bewertungsdokuments;
- e) Unterlagen des mechanischen Bewertungsdokuments;
- f) Unterlagen des akustischen Bewertungsdokuments;
- g) Ergebnis der Auswirkungsanalyse für eine Konstruktion, die von einer bereits zugelassenen Konstruktion abgeleitet wurde (siehe Abschnitt 3).

Anhang A (informativ)

Werte für die Dauerbremsung

A.1 Güterwagen

Wenn Vollräder unter Güterwagen montiert werden, die 100 % laufflächengebremst werden, müssen die in Tabelle A.1 angegebenen Parameter verwendet werden.

Tabelle A.1 — Parameter für die Dauerbremsung für 100 % laufflächengebremste Güterwagen

Nenndurchmesser des neuen Rades (mm)	$1\,000 \geq \varnothing > 920$	$920 \geq \varnothing > 840$	$840 \geq \varnothing > 760$	$760 \geq \varnothing > 680$
Nennleistung (P_b)	50 kW	50 kW	42,5 kW	38 kW
Anwendungsdauer (t_b)	45 min			
Mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit (V_b)	60 km/h			

A.2 Andere Arten von Fahrzeugen und Sondergüterwagen

Die Leistungsaufnahme der Dauerbremsprüfungen wird festgelegt durch die Gleichung:

$P_a = m \times g \times V_a \times \alpha \times Coeff$ für eine Zeitdauer t_a , wobei die Parameter und deren Werte in der technischen Spezifikation definiert sind (Beispielwerte sind in Tabelle A.2 aufgeführt).

Tabelle A.2 — Parameter für die Dauerbremsung für andere Arten von Fahrzeugen und Sondergüterwagen

Symbol	Beschreibung	Einheit in der Parameter	Beispielwerte
m	Masse des Fahrzeugs auf den Schienen pro Rad	kg	11 000 kg
g	Fallbeschleunigung	m/s^2	$9,81 m/s^2$
V_a	Mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit (lineare Radgeschwindigkeit)	m/s	$60 km/h^a$
α	mittlere Neigung der Strecke	‰	$21 ‰^a$
$Koeff$	% der Bremsleistung an der Lauffläche	%	100 %
t_a	Zeit (Prüfdauer)	s	$45 min^a$
^a Werte basierend auf der Neigung des St.-Gotthard-Tunnels (Referenzneigung für die Interoperabilität von Güterwagen).			

Anhang B (normativ)

Bewertung des thermomechanischen Verhaltens

B.1 Ablaufplan der Bewertung

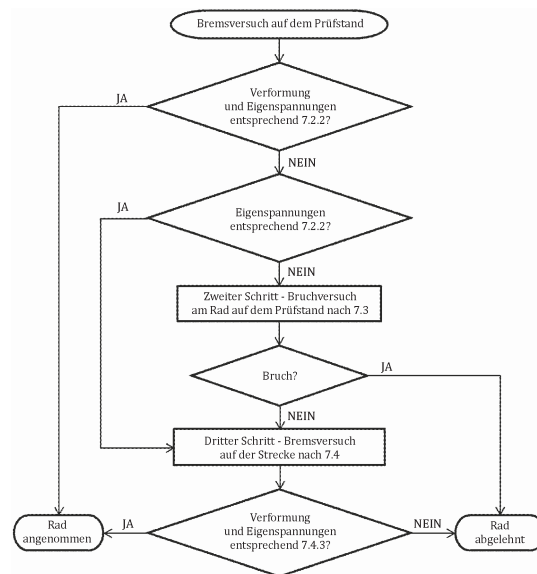


Bild B.1 — Ablaufplan

ANMERKUNG Eine zusätzliche Vordimensionierung des Rades durch thermomechanische Berechnung wird empfohlen (siehe 7.1).

B.2 Verfahren des Bremsversuchs auf dem Prüfstand

B.2.1 Versuchsprinzip

Der Bremsversuch auf dem Prüfstand umfasst die Durchführung von 10 Dauerbremsungen an einem Rad und die Messung ihrer Auswirkungen auf die Entwicklung der Eigenspannungen im Radkranz, der maximalen seitlichen Verformungen des Radkranzes während der Bremsung und der seitlichen Restverformung nach Abkühlung.

B.2.2 Definition der Dauerbremsungen

Die Parameter der durchzuführenden Dauerbremszyklen werden aus den Definitionsparametern der Anwendung erhalten (siehe 4.3.1):

- Nennbremsleistung P_b . Für Güterwagen müssen die Anforderungen nach 4.3.1.2 angewendet werden. Für andere Fahrzeuge muss die Nennbremsleistung P_b , die während des Versuches anzuwenden ist, gleich $1,2 P_a$ (P_a ist in 4.3 und in A.2 definiert) sein;
- Dauer der Bremsung $t_b = t_a$;
- mittlere lineare Radgeschwindigkeit (mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit) $V_b = V_a$;

- Art der Bremssohle;
- Geschwindigkeit der Windsimulation: $V_a/2$, gemessen im Abstand von 700 mm der Rotationsachse des Radsatzes bei Stillstand.

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: $\pm 2 \% t_b$;
- mittlere lineare Radgeschwindigkeit (mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit): $\pm 2 \% V_b$.

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.

Nach der technischen Spezifikation 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 Verformungen des Radkranzes

Die seitlichen Verformungen des Radkranzes werden an der Radkranzrückenfläche in Höhe des Durchmessers für die Verschleißgrenze der Laufläche gemessen, 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° auf dem Umfang des Radkranzes.

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 eines der beiden nachfolgenden Verfahren gemessen:

- Zerstörungsverfahren, wie in EN 13262:2020, Anhang C beschrieben, oder;
- Ultraschallverfahren nach 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, der Radkranz darf keine Grenzmaßkennrinne aufweisen und keine Fase an der Lauflächenaußenseite haben.

B.2.4 Versuche und Messungen

B.2.4.1 Messungen vor den Versuchen

Die Parameter der geometrischen Definition des Rades müssen aufgezeichnet werden.

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

Die Kontaktfläche zwischen Rad und Bremssohle muss mindestens 80 % der Gesamtfläche der Sohle betragen. Diese Bedingung muss durch Einschleifen der Bremssohle mit einer Bremsleistung von maximal $1,2 P_a/2$ erfüllt werden.

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 des Radkranzes unter 200 °C gesunken ist.

Vor jeder Bremsung muss geprüft werden, 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 wird die mittlere Bremsleistung berechnet.

Die Bremssohlen müssen gewechselt werden, wenn sie halb abgenutzt sind, oder nach 5 Bremsungen. Die neuen Bremssohlen sollten wie in B.2.4.1 beschrieben eingeschliffen werden.

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

Die Temperaturmessung am Radkranz ist nicht unbedingt erforderlich, 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 10 Bremsungen und vollständiger Abkühlung des Rades 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 Leistungssteuerung auftreten, muss der Versuch mit einem anderen Rad wiederholt werden.

B.3 Verfahren des Bruchversuchs auf dem Prüfstand

B.3.1 Versuchsprinzip

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

Der Bruchversuch auf dem Prüfstand ist in drei Stufen durchzuführen:

- zunächst Dauerbremsung zur Eintragung der Eigenspannungen im Radkranz (Stufe 1);
- Haltebremsungen zur Erzeugung und Ausbreitung von Rissen ausgehend von den bearbeiteten Kerben (Stufe 2);
- Dauerbremszyklen (Stufe 3).

Die Dauerbremsungen und die aufeinanderfolgenden Haltebremsungen sind durchzuführen, um unter Verwendung der Angaben in Tabelle B.1 und Tabelle B.2 einen eindeutig definierten Riss im Bereich der Ausgangskerben herbeizuführen. Sobald ein Riss die erforderliche Tiefe erreicht, müssen die Eigenspannungen gemessen und die Dauerbremszyklen begonnen werden.

B.3.2 Erzeugung der Eigenspannungen im Radkranz

Die Eigenspannungen im Radkranz sind mittels Ausübung einer Dauerbremsung entsprechend der Beschreibung in Tabelle B.1 zu erzeugen.

B.3.3 Erzeugung des Anrisses im Radkranz

Das zu prüfende Rad muss einen Riss aufweisen, der sich ausgehend von einer der Kerben an der Außenseite der Lauffläche ausbreitet.

Dieser Riss muss ausgehend von drei bearbeiteten Kerben folgendermaßen erzeugt werden:

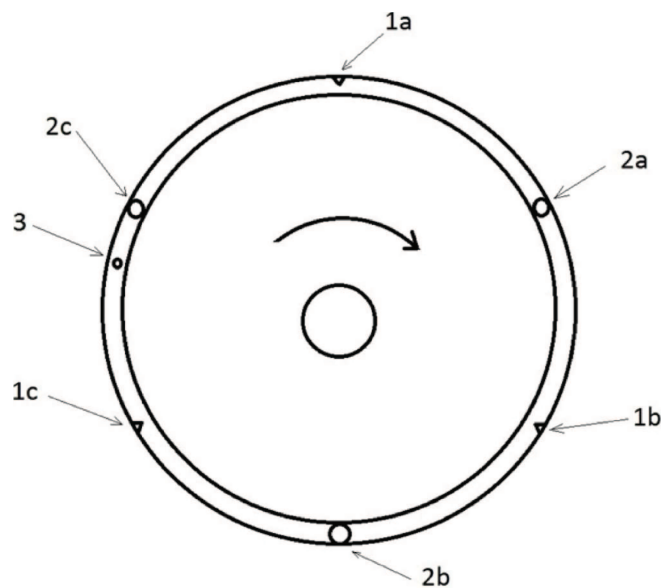
- am Laufflächenende an der Außenseite des Radkranzes, verteilt in einem Winkel von 120°, wie in Bild B.2 und Bild B.3 dargestellt;
- an einem Rad ohne Fase und ohne Grenzmaßkennrille;
- mit einer Tiefe von 2 mm;
- mit scharfen Kanten;

und unter Verwendung der Haltebremsungen entsprechend Tabelle B.2.

Die Tiefe des Risses, gemessen an der äußeren Stirnfläche des Radkranzes, sollte (9 ± 1) mm betragen.

ANMERKUNG Es ist üblich, maximal 270 Haltebremszyklen durchzuführen.

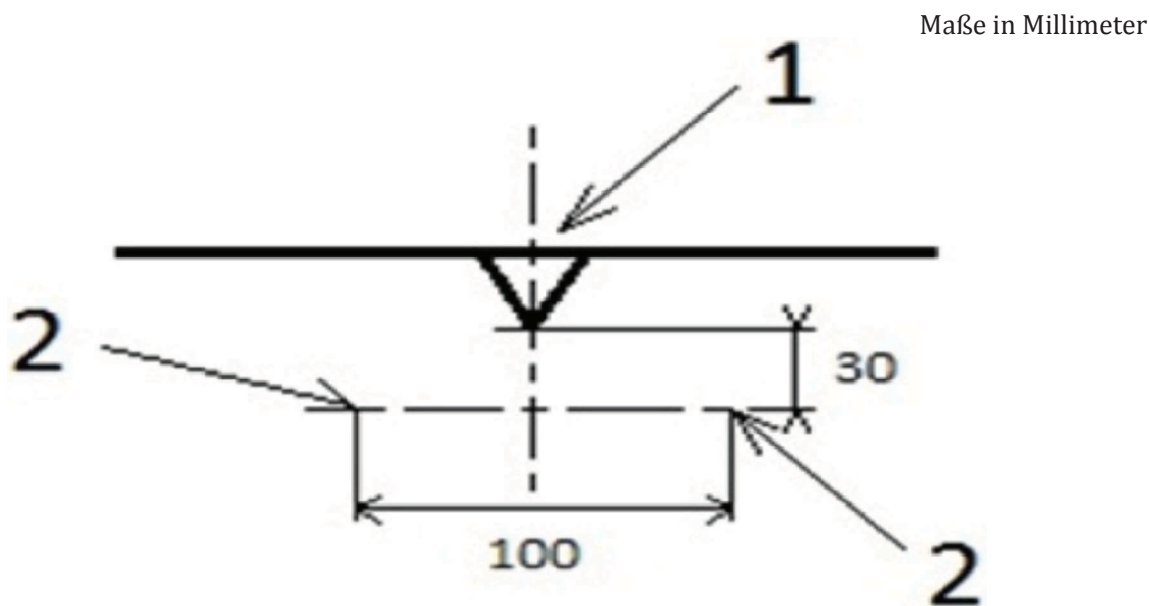
Für die Haltebremsungen können Verbundstoffbremssohlen verwendet und so montiert werden, dass sie die Radkranzfläche um 5 mm überragen, um die Rissausbreitung zu beschleunigen.



Legende

- 1 Kerbe a bis c
- 2 Messpunkt a bis c
- 3 Temperaturmessung

Bild B.2 — Größe und Anordnung der Kerben und der Messpunkte — Anordnung der Kerben und der Messpunkte



Legende

- 1 Kerbe
- 2 Markierung zur Messung der Öffnung nach Bruch des Rades

Bild B.3 — Größe und Anordnung der Kerben und der Messpunkte — Größe der Kerben und Markierungen

B.3.4 Definition des Dauerbremsversuchs

Die Parameter jeder Dauerbremsung müssen aus den Parametern ermittelt werden, die die Anwendung des Rades definieren (siehe 4.3):

- Nennbremsleistung: $P_b = 1,2 P_a$;
- Dauer der Bremsung $t_b = t_a$;
- mittlere lineare Radgeschwindigkeit (mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit): $V_b = V_a$;
- 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: $\pm 2 \% t_b$;
- mittlere lineare Radgeschwindigkeit (mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit): $\pm 2 \% V_b$.

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.

Die Dauerbremsung ist mit für die Anwendung spezifischen Bremssohlen (Guss- oder Verbundstoffbremssohle) durchzuführen.

Die Versuchsparameter für Güterwagen, die 100 % an der Lauffläche gebremst werden, sind in Tabelle B.1 angegeben.

Die Versuchsparameter für alle anderen Arten von Fahrzeugen müssen per Ähnlichkeitsnäherung an den Fall der 100 % an der Lauffläche gebremsten Güterwagen festgelegt werden. Die Durchführung des Versuchs muss in Anlehnung an die Parameter in Tabelle A.2 erfolgen und in der technischen Spezifikation festgelegt sein.

B.3.5 Parameter für den Bruchversuch auf dem Prüfstand

Die Parameter für den Bruchversuch auf dem Prüfstand sind in Tabelle B.1 und Tabelle B.2 angegeben.

Tabelle B.1 — Parameter für den Bruchversuch auf dem Prüfstand

Stufe	Art der Bremsung	Anzahl der Bremszyklen	Momentanbremsleistung (kW) in Abhängigkeit vom Raddurchmesser (mm)	Dauer der Bremsung (min)	Geschwindigkeit (km/h)
1	Dauerbremsung	3	30 ± 3 für alle Durchmesser	45 ± 1	60 ± 1
2	Haltebremsung	Siehe Tabelle B.2			

Tabelle B.1 (fortgesetzt)

Stufe	Art der Bremsung	Anzahl der Bremszyklen	Momentanbremsleistung (kW) in Abhängigkeit vom Raddurchmesser (mm)	Dauer der Bremsung (min)	Geschwindigkeit (km/h)
3a	Dauerbremsung	1	40 ± 4 für 1 000 ≥ d ≥ 840 35 ± 4 für 840 > d ≥ 760 30 ± 3 für 760 > d ≥ 680	45 ± 1	60 ± 1
3b	Dauerbremsung	10 ^a	50 ± 5 für 1 000 ≥ d ≥ 840 42,5 ± 4 für 840 > d ≥ 760 38 ± 4 für 760 > d ≥ 680	45 ± 1	60 ± 1
^a Siehe B.3.4.					

Tabelle B.2 — Parameter für die Haltebremsung

Zustand des Radkranzes	Raddurchmesser (mm)	Geschwindigkeit bei Auslösung der Bremsung (km/h)	Dauer der Bremsung (s)	Temperatur bei Beginn der Bremsung (°C)
Neu	Alle Durchmesser	150 ± 2	55 ± 5	≤ 50
Nach der letzten Reprofilierung	1 000 ≥ d ≥ 840	120 ± 2	45 ± 5	≤ 50
	840 > d ≥ 680	120 ± 2	45 ± 5	≤ 50

B.3.6 Versuche und Messungen

B.3.6.1 Allgemeines

Die Entwicklung von Eigenspannungen im Radkranz während der Bremszyklen muss mittels Ultraschall unter Anwendung eines Verfahrens und einer Prüfausrüstung entsprechend der Beschreibung in Anhang J erfolgen. Um diese Messung zu ermöglichen, muss das zu prüfende Rad eine Dicke von mindestens 25 mm haben und darf keine Grenzmaßrillen oder Fasen aufweisen.

Die Verformung des Radkranzes muss kontinuierlich an den Punkten gemessen werden, die in Bild B.2 und Bild B.3 dargestellt sind.

B.3.6.2 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.

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

Die Parameter der geometrischen Definition des Rades müssen aufgezeichnet werden.

B.3.6.3 Bruch des Rades

Die in Tabelle B.1. definierten Dauerbremsungen sind nacheinander mit dem Rad auszuführen:

- bis ein radialer Bruch auftritt;
- oder ein bruchähnlicher Zustand eintritt, z. B. die schnelle Ausbreitung eines Risses in den Radsteg, der dann durch die Krümmung der Bahn gestoppt wird;

- oder die Eigenspannungen in dem Radkranz stabilisieren sich. Dies ist der Fall, wenn die Eigenspannungen bei drei aufeinanderfolgenden Bremszyklen weniger als ± 30 MPa betragen. Dieses Kriterium erfordert die Anwendung des Ultraschallmessverfahrens;

Wenn nach 10 Zyklen eine Ausbreitung des Risses festgestellt wird, müssen zusätzliche Bremsungen bis zur Stabilisierung des Risses oder des Bruchs des Rades ausgeführt werden.

Die Kühlung des Rades kann durch Besprühen mit Wasser beschleunigt werden, sobald die Temperatur des Radkranzes 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 wird die mittlere Bremsleistung berechnet.

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

Nach dem Bruchversuch auf dem Prüfstand muss (unabhängig davon, ob das Rad gebrochen ist) einer der Risse geöffnet werden, um die Größe und die Ausbreitung des Risses zu dokumentieren.

B.3.7 Abweichungen

Falls während der Bremsungen Abweichungen der Leistungssteuerung auftreten, muss der Versuch mit einem anderen Rad wiederholt werden.

B.4 Verfahren des Bremsversuchs auf der Strecke

B.4.1 Versuchsprinzip

Der Bremsversuch auf der Strecke umfasst die Durchführung von 10 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 ermitteln, die die Anwendung des Rades definieren (siehe 4.2):

- Nennbremsleistung: $P_b = 1,2 P_a$;
- Dauer der Bremsung $t_b = t_a$;
- mittlere lineare Radgeschwindigkeit (mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit) $V_b = V_a$;
- 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: $\pm 2 \% t_b$;
- mittlere lineare Geschwindigkeit (mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit): $\pm 2 \% V_b$.

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° auf dem Umfang des Radkranzes.

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 eines der beiden nachfolgenden Verfahren gemessen:

- Zerstörungsverfahren, wie in EN 13262:2020, Anhang C beschrieben, oder;
- Ultraschallverfahren nach 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 Grenzmaßkennrille aufweisen und keine Fase an der Laufflächenaußenseite haben.

B.4.4 Beschreibung der Randbedingungen für den Versuch

B.4.4.1 Fahrzeugparameter der betrachteten Anwendung

Für den Versuch wird ein Fahrzeug der betrachteten Anwendung gewählt, 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, im Betriebszustand“ sein.

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 müssen aufgezeichnet werden.

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

Es werden Messungen der Eigenspannungen mittels Ultraschallverfahren vor den Versuchen empfohlen.

Die Bremssohlen müssen gewechselt werden, wenn sie halb abgenutzt sind, oder nach 5 Bremsungen. Neue Sohlen müssen wie in B.2.4.1 beschrieben eingeschliffen werden.

B.4.5.2 Bremsversuche

Es müssen zehn Dauerbremsungen nacheinander ausgeführt werden.

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 des Radkranzes unter 200 °C gesunken ist.

Vor jeder Bremsung muss geprüft werden, 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 wird die mittlere Bremsleistung berechnet.

Die Bremssohlen müssen gewechselt werden, wenn sie halb abgenutzt sind, oder nach 5 Bremsungen. Neue Sohlen müssen wie in B.2.4.1 beschrieben eingeschliffen werden.

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

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 10 Bremsungen und vollständiger Abkühlung des Rades muss Folgendes gemessen werden:

- 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, muss der Versuch mit einem anderen Rad wiederholt werden.

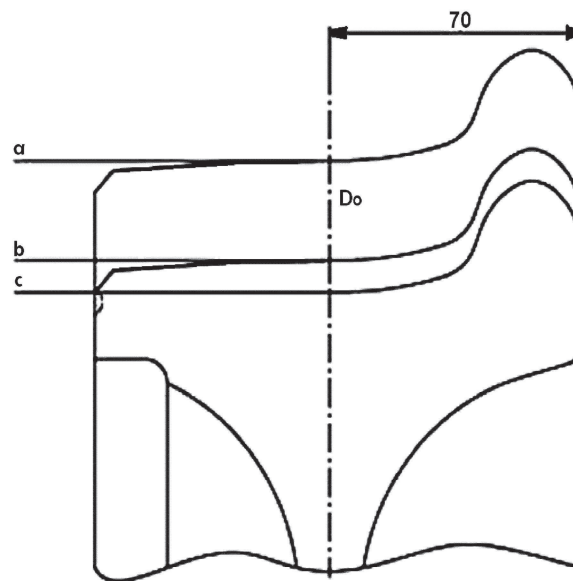
Anhang C (normativ)

Definition der Profildurchmesser eines Rads

C.1 Allgemeines

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

Maße in Millimeter



Legende

- a Nenndurchmesser der Lauffläche
- b Durchmesser nach der letzten Reprofilierung
- c Abgenutzter Durchmesser
- D_0 Punkt des Laufkreisdurchmessers

ANMERKUNG Punkt D_0 ist in EN 13715 zu finden.

Bild C.1 — Radprofildurchmesser

C.2 Durchmesser nach der letzten Reprofilierung

a) Definition:

- 1) Nennwert mit einer Nennfase von 5 mm × 5 mm und einer Neigung des neuen Laufflächenprofils; die angepassten Werte können z. B. im Wartungsplan oder in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

b) Anwendung:

- 1) für die thermomechanische Zulassung.

C.3 Abgenutzter Durchmesser

a) Definition:

- 1) 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;
 - 2) Wenn eine Grenzmaßkennrille vorhanden ist, entspricht der abgenutzte Durchmesser dem Außendurchmesser der Grenzmaßrille. Größere Werte für den abgenutzten Durchmesser können in der technischen Spezifikation festgelegt werden;
 - 3) der abgenutzte Durchmesser muss in der technischen Spezifikation festgelegt werden.
- b) Anwendung:
- 1) für die Berechnung des mechanischen Verhaltens.

Anhang D (normativ)

Bewertung des mechanischen Verhaltens

D.1 Ablaufplan der Bewertung

Der Ablaufplan ist in Bild D.1 dargestellt.

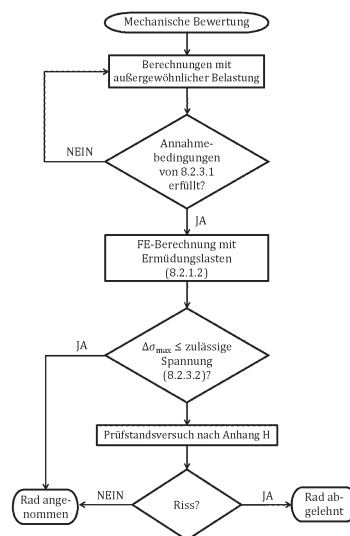


Bild D.1 — Ablaufplan

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 8.2.3.1 entsprechen.

D.2.2 Belastung

Die zu verwendende Belastung muss bestimmt werden:

- durch Anwendung von 8.2.1.1;
- ausgehend von der Pressung des Rades auf der Radsatzwelle. Das mittlere Übermaß muss verwendet werden.

D.3 Berechnungsverfahren für die Ermüdungslastfälle

D.3.1 Grundsatz

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

Das Berechnungsverfahren ist auch mit 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, wo die Umfangsspannungen am höchsten sind).

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

Wenn die berechneten Spannungen unter der in Tabelle 1 vorgeschriebenen zulässigen Spannung liegen, ist die Konstruktion angemessen und der Radsteg sollte während des Betriebes nicht anreißen.

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 Bild D.1 und Anhang H).

D.3.2 Belastung

Die zu verwendende Belastung muss bestimmt werden:

- durch Anwendung von 8.2.1.2, wenn die Auslegungsgeschwindigkeit unter oder gleich 200 km/h liegt;
- durch Anwendung der Auslegungsgeschwindigkeit. Wenn diese über 200 km/h ist, ist die Zentrifugalkraft zu berücksichtigen. Die Zentrifugalkraft, die sich aus der maximalen Auslegungsgeschwindigkeit ergibt, muss jedem der drei in 8.2.1.2 festgelegten Belastungsfälle überlagert werden;
- ausgehend von der Pressung des Rades auf der Radsatzwelle für alle Auslegungsgeschwindigkeiten. Das mittlere Übermaß muss in Verbindung mit den vorher festgelegten Belastungsfällen verwendet werden.

D.3.3 Berechnungsverfahren

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

Sei $\begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{bmatrix}_k$ 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 ($\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$).

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

Sei $\begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{bmatrix}_{k_{\max}}$ 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).

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

Es wird $\sigma_{\max} = \sigma_{ij\max}$ entsprechend dem höchsten Wert σ_k unter den betrachteten Belastungszuständen N genommen.

Es wird $\sigma_{\min} = \sigma_{ij\min}$ entsprechend dem niedrigsten Wert σ_k unter den betrachteten Belastungszuständen N genommen.

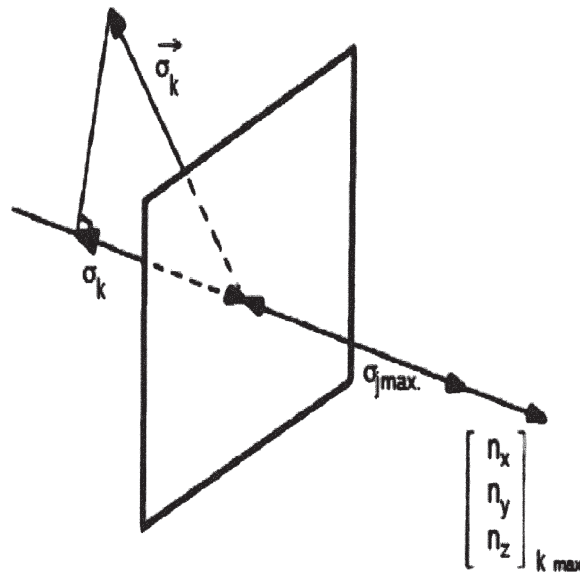


Bild D.2 — Projektion des Spannungsvektors

In reduzierter Schreibweise muss σ_{ij} bestimmt werden.

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

Bei bestimmten Rädern kann σ_2 sehr nah an σ_1 liegen, so dass die Analyse von $\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{21}$ und σ_{22} erforderlich ist, um sicherzustellen, dass der ungünstigste Fall vorliegt. (σ_1 ist häufig ein Radialschnitt und σ_2 ist innerhalb eines kreisförmigen Schnitts).