

	DIN EN 13979-1	
ICS 45.040	Ersatz für DIN EN 13979-1:2020-09	
Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Vollräder – Technische Zulassungsverfahren – Teil 1: Geschmiedete und gewalzte Räder; Deutsche Fassung EN 13979-1:2023 Railway applications – Wheelsets and bogies – Monobloc Wheels – Technical approval procedure – Part 1: Forged and rolled wheels; German version EN 13979-1:2023 Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Roues monobloc – Procédure d'évaluation de la conception – Partie 1: Roues forgées et laminées; Version allemande EN 13979-1:2023		
Gesamtumfang 66 Seiten		
DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)		

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13979-1:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

Dieses Dokument enthält in Anhang I, Bild I.1 eine Nationale Fußnote, die ergänzende oder erläuternde Hinweise zur Anwendung des Dokuments gibt.

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.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13979-1: 2004-07, 2010-02, 2011-06, 2020-09

Deutsche Fassung

**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 conception —
Partie 1: Roues forgées et laminées

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 20. November 2023 angenommen.

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

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

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



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

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

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	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	10
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	12
4.4 Parameter für die mechanische Bewertung	12
4.5 Parameter für die akustische Bewertung	13
5 Beschreibung des Rades, dessen Konstruktion bewertet werden muss	13
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	14
7.2.1 Prüfverfahren	14
7.2.2 Entscheidungskriterien	14
7.3 Zweite Stufe – Bruchversuch auf dem Prüfstand	15
7.3.1 Allgemeines	15
7.3.2 Prüfverfahren	15
7.3.3 Entscheidungskriterien	15
7.4 Dritte Stufe – Bremsversuch auf der Strecke	15
7.4.1 Allgemeines	15
7.4.2 Prüfverfahren	15
7.4.3 Entscheidungskriterien	15
8 Bewertung des mechanischen Verhaltens	16
8.1 Allgemeines Verfahren	16
8.2 Erste Stufe – Berechnung	16
8.2.1 Anzuwendende Kräfte	16
8.2.2 Berechnungsverfahren	18
8.2.3 Entscheidungskriterien	19
8.3 Zweite Stufe – Prüfstandsversuch	19
8.3.1 Allgemeines	19
8.3.2 Festlegung der Prüfstandsbelastung und des Prüfverfahrens	20
8.3.3 Entscheidungskriterien	20
9 Bewertung des akustischen Verhaltens	20
10 Technische Zulassung	20
10.1 Anwendungsbereich und Verfahren für die technische Zulassung	20
10.2 Technische Zulassungsunterlagen	21
Anhang A (informativ) Werte für die Dauerbremsung	22
A.1 Güterwagen	22
A.2 Andere Arten von Fahrzeugen und Sondergüterwagen	22
Anhang B (normativ) Bewertung des thermomechanischen Verhaltens	23

B.1	Ablaufplan der Bewertung	23
B.2	Verfahren des Bremsversuchs auf dem Prüfstand	24
B.2.1	Versuchsprinzip	24
B.2.2	Definition der Dauerbremsungen	24
B.2.3	Verfahren zur Messung der Entscheidungskriterien	24
B.2.4	Versuche und Messungen	25
B.2.5	Abweichungen	26
B.3	Verfahren des Bruchversuchs auf dem Prüfstand	26
B.3.1	Versuchsprinzip	26
B.3.2	Erzeugung der Eigenspannungen im Radkranz	26
B.3.3	Erzeugung des Anrisses im Radkranz	26
B.3.4	Definition des Dauerbremsversuchs	28
B.3.5	Parameter für den Bruchversuch auf dem Prüfstand	29
B.3.6	Versuche und Messungen	29
B.3.7	Abweichungen	30
B.4	Verfahren des Bremsversuchs auf der Strecke	31
B.4.1	Versuchsprinzip	31
B.4.2	Definition der Bremsungen	31
B.4.3	Verfahren zur Messung der Entscheidungskriterien	31
B.4.4	Beschreibung der Randbedingungen für den Versuch	32
B.4.5	Versuche und Messungen	32
B.4.6	Abweichungen	34
Anhang C (normativ)	Definition der Profildurchmesser eines Rads	35
C.1	Allgemeines	35
C.2	Durchmesser nach der letzten Reprofilierung	35
C.3	Abgenutzter Durchmesser	35
Anhang D (normativ)	Bewertung des mechanischen Verhaltens	37
D.1	Ablaufplan der Bewertung	37
D.2	Berechnungsverfahren für den außergewöhnlichen Belastungsfall	37
D.2.1	Grundsatz	37
D.2.2	Belastung	38
D.3	Berechnungsverfahren für die Ermüdungslastfälle	38
D.3.1	Grundsatz	38
D.3.2	Belastung	38
D.3.3	Berechnungsverfahren	38
Anhang E (informativ)	Ermüdungsbelastung für Schmalspurbahnen (metrisch oder annähernd ein Meter)	40
Anhang F (informativ)	Ermüdungsbelastung für Neigetechnikzüge	41
Anhang G (normativ)	Mechanisches Verhalten — Bewertung durch Finite-Elemente-Berechnung	42
Anhang H (informativ)	Mechanisches Verhalten — Prüfstandsbelastung und Prüfverfahren	43
H.1	Prinzip der Prüfstandsbelastung und des Prüfverfahrens	43
H.2	Definition der Belastung	43
H.2.1	Allgemeines	43
H.2.2	Messungen der Spannungen während der Streckenversuche	43
H.3	Ermüdungsschwingversuch auf dem Prüfstand	44
H.3.1	Verfahren 1 — Regelloser Ermüdungsschwingversuch	44
H.3.2	Verfahren 2 — Einstufenermüdungsschwingversuch	45
Anhang I (informativ)	Bewertung des akustischen Verhaltens	47
I.1	Allgemeines zum Verfahren	47
I.2	Bewertungsverfahren	47
I.3	Bewertungskriterien	48
I.4	Entscheidungskriterien	48
I.5	Ablaufplan der Bewertung	49
I.6	Berechnungsverfahren	49
I.6.1	Allgemeines	49
I.6.2	Berechnung der Modalbasis für das Rad	50
I.6.3	Definition der Bezugsgeschwindigkeit	50

I.6.4	Definition des kombinierten Rad-Schienen-Bezugsrauheitsspektrums	50
I.6.5	Definition des Bezugsstreckenmodells	52
I.6.6	Definition der Berechnungsparameter	53
I.6.7	Berechnung des Schalleleistungspegels	54
I.6.8	Einbringen des gewichteten Spektrums in die Schallleistung	54
I.6.9	Berechnung des Bewertungskriteriums	55
I.6.10	Optionale Berechnungen	55
I.7	Verfahren der Betriebsmessungen	56
I.7.1	Allgemeines	56
I.7.2	Umgebungsbedingungen	56
I.7.3	Gleisbedingungen	56
I.7.4	Zugbedingungen	56
I.7.5	Lage der Messpunkte	57
I.7.6	Gemessene Größen	58
I.7.7	Prüfverfahren	58
I.7.8	Datenverarbeitung	59
Anhang J	(informativ) Ultraschallmessverfahren der Eigenspannungen im Radkranz (zerstörungsfreies Verfahren)	61
J.1	Verfahren	61
J.2	Messgenauigkeit	62
J.3	Kalibrierungen	62
J.4	Prüfung der Messparameter	62
Literaturhinweise		63

Bilder

Bild 1	— Bestimmung der Restfläche (Beispiel)	11
Bild 2	— Einleitungspunkte der verschiedenen Kräfte	18
Bild B.1	— Ablaufplan	23
Bild B.2	— Größe und Anordnung der Kerben und der Messpunkte — Anordnung der Kerben und der Messpunkte	27
Bild B.3	— Größe und Anordnung der Kerben und der Messpunkte — Größe der Kerben und Markierungen	28
Bild C.1	— Radprofildurchmesser	35
Bild D.1	— Ablaufplan	37
Bild D.2	— Projektion des Spannungsvektors	39
Bild H.1	— Programm für die Bewertung	43
Bild I.1	— Ablaufplan	49
Bild I.2	— Kombinierte Rauheit nach Tabelle I.1	52
Bild I.3	— Rad- und Schienenrauheit nach Tabelle I.1	52
Bild I.4	— Empfehlung zur Zugzusammensetzung	57
Bild I.5	— Messpositionen	58

Tabellen

Tabelle 1	— Ermüdungskriterien zur Berechnung	19
Tabelle 2	— Empfehlungen hinsichtlich der Neubewertung einer Radkonstruktion, die von einer bereits zugelassenen Konstruktion abgeleitet ist	20
Tabelle A.1	— Parameter für die Dauerbremsung für 100 % laufflächengebremste Güterwagen	22
Tabelle A.2	— Parameter für die Dauerbremsung für andere Arten von Fahrzeugen und Sondergüterwagen	22
Tabelle B.1	— Parameter für den Bruchversuch auf dem Prüfstand	29
Tabelle B.2	— Parameter für die Haltebremsung	29

Tabelle I.1 — Empfohlenes Bezugsspektrum für die kombinierte Rauheit für verschiedene Arten
von Bremssystemen (und der entsprechenden Rad- und Schienenrauheit) 50

Tabelle I.2 — Parameter des Bezugsstreckenmodells 53

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13979-1:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

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

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

Dieses Dokument ersetzt EN 13979-1:2020.

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 Normungsauftrags erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der Richtlinie(n)/Verordnung(en).

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

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

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

Dieses Dokument legt ein Verfahren zur Konstruktionsbewertung eines geschmiedeten und gewalzten Vollrades (Schienenfahrzeug) fest. Diese Bewertung wird vor der Inbetriebnahme des Rades vorgenommen. Dieses Dokument legt insbesondere die Bewertung fest, 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 Ermüdungsrisso 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 behandelt nicht die Bewertung von Radnaben oder von Radkränzen.

Dieses Dokument wurde für Räder von nicht angetrieben und laufflächengebremsten Radsätzen erstellt und ist in vollen Umfang für diesen Radtyp anwendbar. Für Räder mit montierten Brems scheiben oder Antriebszahn rädern oder Räder mit Lärm minderungsvorrichtungen dürfen die Anforderungen geändert oder vervollständigt werden.

Für Stadtbahnfahrzeuge dürfen 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+A1:2022, *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:

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

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 (Laufflächenbezugspunkt), 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.

Abschnitt 10.1 und Tabelle 2 enthalten Informationen und /oder Empfehlungen für diese Bewertung.

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 Richtlinie (EU) 2016/797 gilt, werden bestimmte geometrische Parameter in den betreffenden TSI angegeben (siehe Anhang ZA).

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;
- die Radnabenlänge muss sicherstellen, dass sie über den Radsitz hinausragt.

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 Ölabpressbohrung 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 geeignete 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.

Güterwagenräder mit einem Nenndurchmesser von 920 mm, die vollständig laufflächengebremst sind, 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.

ANMERKUNG Für laufflächengebremste Räder mit einem anderen Nenndurchmesser als 920 mm darf diese Anforderung angepasst werden, basierend auf Betriebserfahrungen, die einen ähnlichen technischen Ansatz verfolgen.

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 1 – in diesem Beispiel ist b_1 kleiner als b_2).

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

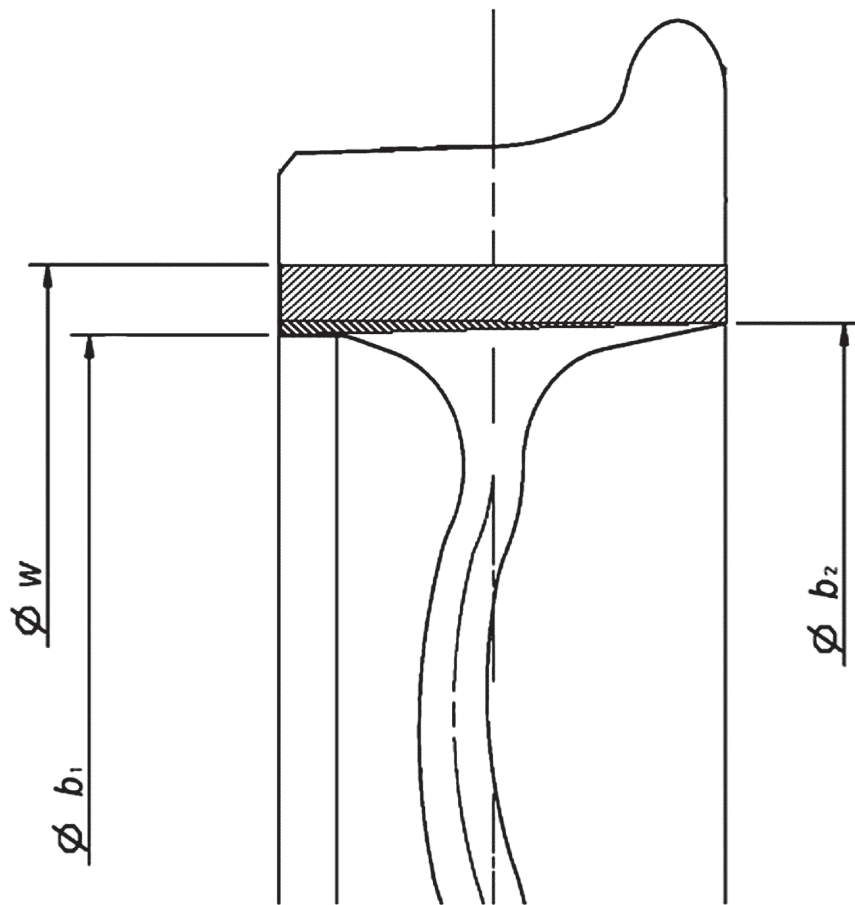


Bild 1 — Bestimmung der Restfläche (Beispiel)

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.

Wenn die Versuche mit Verbundstoffbremssohlen durchgeführt werden, brauchen sie nicht mit Gussbremssohlen wiederholt werden. 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 Rad nicht vollständig 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 und 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 Vollständig 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 zu 100 % an der Lauffläche stattfindet.

4.3.3.3 Teilweise 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 4.3.3.2);
- 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+A1:2022);

- 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 Lebensensatzdauer des Rades, in Kilometern.

Für den Fall einer ausschließlich durch Berechnung vorgenommenen mechanischen Bewertung müssen die Parameter von 8.2 berücksichtigt werden.

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 geometrischen 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 gefordert 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 (normativ) dargestellt.

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

ANMERKUNG 1 Ein Rad mit dem Durchmesser nach der letzten Reprofilierung ist ein neues Rad, das auf diesen Durchmesser abgedreht wurde.

Ein zusätzlicher vorläufiger Entwurf des Rades durch Berechnung wird empfohlen.

ANMERKUNG 2 Eine solche Berechnung nach UIC B169 RP1 und B169 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 4.3.2.2 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) $\sigma_{rn} \leq +\Sigma_r$ 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;
- 2) 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;
- 3) 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 sie mit einer Vergrößerung des Radrückenabstandsmaßes des Radsatzes einhergeht.

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 4.3.3.3.

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 muss durchgeführt werden, 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 laufflächengebremste Anwendungen im Eisenbahnverkehr eingesetzt werden.

Die Verformung ist positiv, wenn sie mit einer Vergrößerung des Radrückenabstandsmaßes des Radsatzes einhergeht.

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 umfasst zwei Stufen. Die zweite Stufe wird auf der Grundlage der Ergebnisse der ersten Stufe durchgeführt. Ziel dieser Bewertung ist der Nachweis, dass kein Ermüdungsriß, 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 Ölabpressbohrung).

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

Für die Berechnung stellt die Geometrie eines Rades mit einem abgenutzten Rad (nach Abschnitt 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) $F_{ylim} = 10 + 2P/3$.

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+A1:2022 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, müssen zusätzliche Kräfte berücksichtigt werden, 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 2):

- 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):

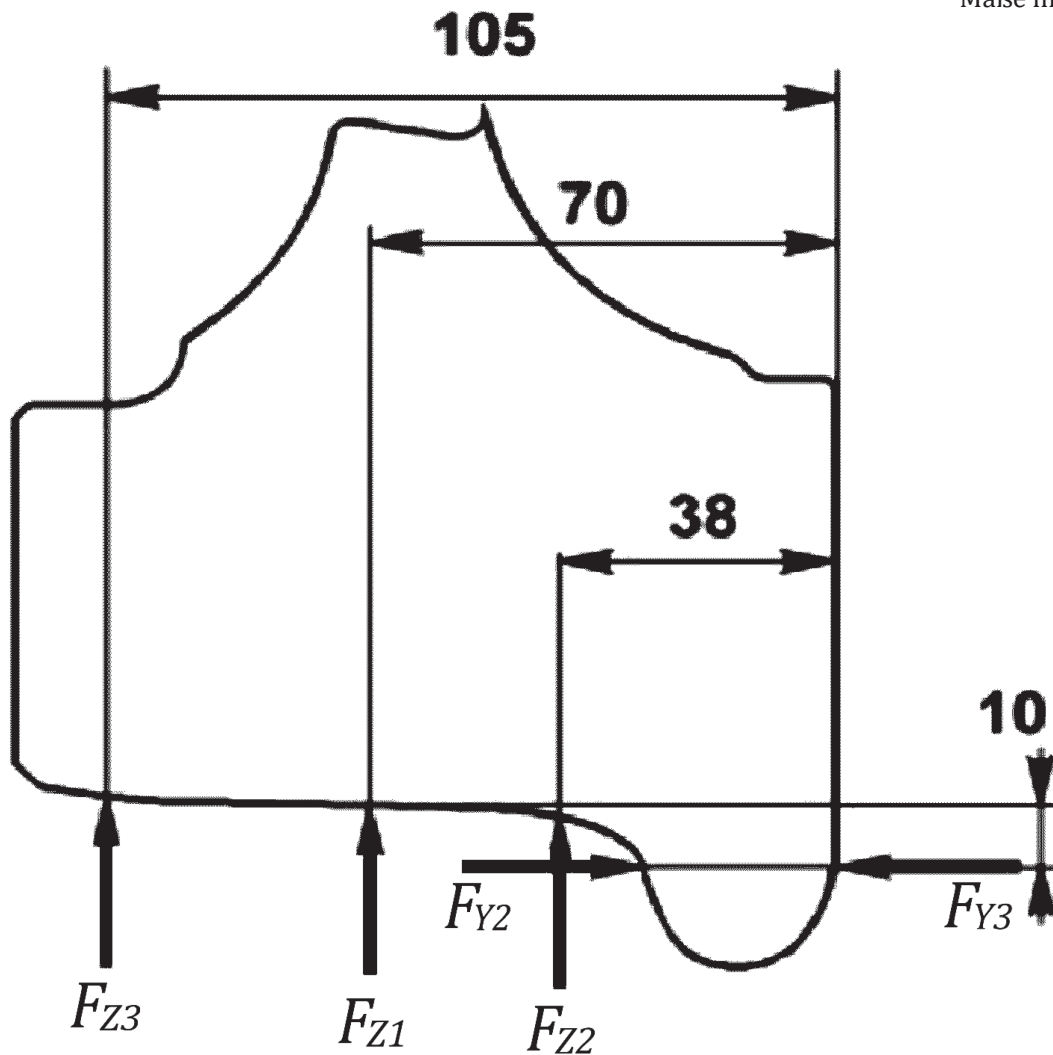
$$F_z = 1,25 P;$$

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

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

Bild 2 zeigt für den allgemeinen Fall die Einleitungspunkte der verschiedenen Kräfte.

Die Begriffe „führende“ Radsätze und „nicht führende“ Radsätze sind in EN 13103-1:2017+A1:2022 definiert.



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 (Spurkranzrückfläche berührt Radlenker)

F_{Y2} seitliche Kraft im Gleisbogen (Spurkranz berührt die Schiene)

F_{Y3} seitliche Kraft in Weichen und Kreuzungen (Spurkranzrückfläche 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.