

DIN EN 13260

ICS 45.040

Ersatz für
DIN EN 13260:2011-01**Bahnanwendungen –
Radsätze und Drehgestelle –
Radsätze – Produktanforderungen;
Deutsche Fassung EN 13260:2020**

Railway applications –
Wheelsets and bogies –
Wheelsets – Product requirements;
German version EN 13260:2020

Applications ferroviaires –
Essieux montés et bogies –
Essieux montés – Prescriptions pour le produit;
Version allemande EN 13260:2020

Gesamtumfang 41 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13260:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

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 13260:2011-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 3 „Begriffe“ eingefügt, dadurch Neunummerierung der folgenden Abschnitte;
- b) Abschnitte 5 und 6 neu eingefügt;
- c) Anhänge komplett überarbeitet;
- d) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13260: 2006-01, 2009-12, 2011-01

Deutsche Fassung

Bahnanwendungen —
Radsätze und Drehgestelle —
Radsätze —
Produktanforderungen

Railway applications —
Wheelsets and bogies —
Wheelsets —
Product requirements

Applications ferroviaires —
Essieux montés et bogies —
Essieux montés —
Prescriptions pour le produit

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 5. Juli 2020 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	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Produktbeschreibung	7
4.1 Zusammenbau der Komponenten	7
4.1.1 Allgemeines	7
4.1.2 Passübermaß zwischen Radsitz und Radnabenbohrung	8
4.1.3 Aufpressdiagramm	8
4.2 Eigenschaften des Radsatzes	8
4.2.1 Gegendruck der zusammengefügteten Teile	8
4.2.2 Dauerfestigkeitseigenschaften	9
4.2.3 Elektrischer Widerstand	11
4.2.4 Dynamische Unwucht	11
4.2.5 Abmessungen und Toleranzen	11
4.2.6 Eigenspannungen an Wellensitzen	15
4.2.7 Korrosionsschutz und Schutz gegen mechanische Einwirkung	15
4.2.8 Kennzeichnung	16
5 Produktqualifizierung	16
6 Produktlieferbedingungen	16
Anhang A (normativ) Eigenschaften der Aufpresskurve	17
Anhang B (informativ) Angaben zu den Proben für Dauerfestigkeitsprüfungen	20
Anhang C (informativ) Bereitzustellende Informationen für die Identifizierung der Radsatzteile	23
Anhang D (normativ) Produktqualifizierung	27
D.1 Einleitung	27
D.2 Allgemeines	27
D.3 Anforderungen	28
D.3.1 Anforderungen an den Herstellungsprozess	28
D.3.1.1 Allgemeines	28
D.3.1.2 Qualitätsorganisation	28
D.3.2 Qualifizierung des Personals	28
D.3.2.1 Allgemeines	28
D.3.2.2 Ausrüstung	28
D.3.3 Anforderungen an das Produkt	28
D.4 Qualifizierungsverfahren	28
D.4.1 Allgemeines	28
D.4.2 Erforderliche Dokumentation	29
D.4.3 Bewertung der Fertigungseinrichtungen und der Fertigungsschritte	29
D.4.4 Laborprüfungen	29
D.4.5 Prüfungen an Endprodukten	30
D.5 Gültigkeit der Qualifizierung	30
D.5.1 Grenzen der Gültigkeit	30

D.5.2	Änderungen und Erweiterungen	30
D.5.3	Übertragung	30
D.5.4	Erlöschen der Qualifizierung	30
D.5.5	Widerruf	31
D.6	Qualifizierungsdokument	31
Anhang E (normativ) Produktlieferbedingungen		32
E.1	Einleitung	32
E.2	Allgemeines	32
E.3	Vorgeschriebene Stückprüfungen.....	32
E.4	Wahlweise Prüfungen.....	33
E.4.1	Maßkontrollen	33
E.4.2	Ultraschallprüfung.....	33
E.5	Zulässige Nacharbeiten	34
E.6	Dokumente	35
E.6.1	Aufschumpfen.....	35
E.6.2	Aufpressen	35
E.6.3	Komponenten	36
E.7	Qualitätsplan.....	36
E.7.1	Allgemeines	36
E.7.2	Ziele	36
E.7.3	Anwendungsmodalitäten des Qualitätsplans	36
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2016/797/EU		37
Literaturhinweise.....		39

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13260:2020) 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 März 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2021 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 13260:2009+A1:2010.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2016/797/EU.

Zum Zusammenhang mit der EU-Richtlinie 2016/797/EU siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Eine Beschreibung der technischen Änderungen, die in dieser neuen Ausgabe vorgenommen wurden, kann der Einleitung entnommen werden.

Die informativen Anhänge dieses Dokuments enthalten zusätzliche Angaben, die nicht verpflichtend sind, aber das Verständnis oder die Anwendung des Dokuments erleichtern.

ANMERKUNG Die informativen Anhänge können optionale Anforderungen enthalten. Beispielsweise kann ein optionales oder als Beispiel dargestelltes Prüfverfahren Anforderungen enthalten, jedoch ist es nicht erforderlich, diese Anforderungen zu erfüllen, um dem Dokument zu entsprechen.

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

Nachdem die ersten Ausgaben des vorliegenden Dokuments (EN 13260:2003, EN 13260:2009 und EN 13260:2009+A1:2010) mehrere Jahre Anwendung gefunden haben, beinhaltet diese neue Ausgabe Verbesserungen und zusätzliche Daten.

Die Produktanforderungen wurden in den drei Normen, die Radsätze, Räder und Radsatzwellen betreffen, harmonisiert.

Darüber hinaus wurden die Anhänge bezüglich der Produktqualifizierung und bezüglich der Produktlieferbedingungen, die bisher informativ waren, unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten geändert und sind nunmehr normativ.

In Anbetracht guter Erfahrungswerte im Betrieb von Radsätzen in Übereinstimmung mit den europäischen Konstruktions- und Produktqualifikationsnormen ist die Dauerfestigkeitsprüfung der Baugruppe in dieser Ausgabe nunmehr auf spezifische Gestaltungen und Montageverfahren beschränkt.

Anhang A enthält mit den Aufpresskurven sehr viel mehr Einzelheiten als die vorherige Ausgabe.

Anhang C enthält Informationen zur Identifizierung der Bauteile des Radsatzes auf der Grundlage der Norm EN 15313. Außerdem verlangen die TSI „Güterwagen“ und „Lokomotiven und Personenwagen“, dass ein Prüfungsprozess für die bestehende Produktion existieren muss.

1 Anwendungsbereich

Das vorliegende Dokument legt die Eigenschaften von Radsätzen für alle Spurweiten fest.

Dieses Dokument ist für Vollbahnfahrzeuge anzuwenden, kann jedoch auch für andere Anwendungen wie etwa leichte Stadtbahnfahrzeuge, Straßenbahnen und U-Bahnen angewendet werden.

Das vorliegende Dokument gilt für Radsätze, die aus Teilen bestehen, die den folgenden Europäischen Normen entsprechen:

- EN 13262 für Räder;
- EN 13261 für Radsatzwellen.

Die in der vorliegenden Norm festgelegten Anforderungen gelten für zylindrische Radsitze. Die meisten Vorschriften gelten auch für Radsatzwellen mit konischen Radsitzen. Die besonderen Anforderungen an konische Radsitze (z.B. Aufpresskurven, geometrische Abmessungen der Radsitze usw.) sind in der technischen Spezifikation festgelegt.

Einige Eigenschaften werden nach Kategorie 1 oder Kategorie 2 festgelegt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

EN 13261, *Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Radsatzwellen — Produktanforderungen*

EN 13262, *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, das bestimmte Parameter und/oder Produktanforderungen zusätzlich zu den Anforderungen dieser Norm beschreibt

3.2

Radsatzkategorien

Klassifizierung des Bauteils in Abhängigkeit von betrieblichen Aspekten, die die Liste der anzuwendenden Anforderungen bestimmt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kategorie 1 ist allgemein dann zu wählen, wenn die Zuggeschwindigkeit über 200 km/h liegt. In diesem Fall besteht der Radsatz aus Rädern und einer Radsatzwelle der Kategorie 1 nach EN 13262 für Räder und EN 13261 für Radsatzwellen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Kategorie 2 enthält Unterteilungen (2a und 2b), um bestimmte Eigenschaften genau angeben zu können:

- 2a) $v_{\max} \leq 120 \text{ km/h}$;
- 2b) $120 < v_{\max} \leq 200 \text{ km/h}$.

Anmerkung 3 zum Begriff: Diese Kategorien können auch anhand der technischen Spezifikation festgelegt werden.

4 Produktbeschreibung

4.1 Zusammenbau der Komponenten

4.1.1 Allgemeines

Vor der Montage müssen die unterschiedlichen Komponenten des Radsatzes die geometrischen Anforderungen der spezifischen Dokumente, die diese Radsätze definieren, erfüllen. Insbesondere für Räder und Radsatzwelle gilt, dass sie im Zustand „zusammenbaufertig“ sein müssen, wie in EN 13262 für Räder und in EN 13261 für Radsatzwellen festgelegt.

Die Komponenten eines Radsatzes können auf die Radsatzwelle aufgeschraubt oder aufgespresst werden.

Die Räder sollten mit einer Ölabbpressbohrung ausgestattet sein.

Passübermaße, die bei der Montage verwendet werden, müssen in der technischen Spezifikation definiert werden, da das Passübermaß von den Eigenschaften des Werkstoffs dieses Teils, sowie von den Kräften und den Momenten abhängt, die bei der Montage übertragen werden. Dieses Passübermaß ist nach den geometrischen Toleranzen des Wellensitzes zu bestimmen, dessen Passübermaß in 4.1.2 angegeben ist.

Bei Fügung durch Aufschrupfen sollte das Rad insgesamt erwärmt werden und seine Temperatur darf 250 °C nicht überschreiten. Wenn ein anderes Erwärmungsverfahren angewendet wird, muss der Nachweis geführt werden, dass es keinerlei Einfluss auf die Eigenschaften der Räder, so wie sie in EN 13262 definiert werden, hat.

Wenn ein anderes Fügeverfahren angewendet wird, muss dieses in der technischen Spezifikation festgelegt werden. Es muss zumindest aufgezeigt werden, dass die Eigenschaften der Welle und des Rades, so wie sie in EN 13261 und EN 13262 definiert sind, durch die Fügung nicht verändert werden. Außerdem muss der Gegendruck der zusammengefügt Teile (siehe 4.2.1) aufgezeigt werden und die Dokumente der Rückverfolgbarkeit für jeden Fügevorgang müssen so definiert sein, dass sie die gleiche Art der Information geben wie die in E.6 definierten.

Die statische Unwucht der zwei Räder jedes Radsatzes muss in gleicher radialer Ebene und auf derselben Seite der Radsatzwelle liegen. Die statische Unwucht der Bremscheiben muss in derselben radialen Ebene wie die des Rades liegen, jedoch auf der gegenüberliegenden Seite der Welle.

4.1.2 Passübermaß zwischen Radsitz und Radnabenbohrung

Wenn in der technischen Spezifikation nicht anders angegeben, beträgt das Passübermaß „j“, in Millimeter:

- für Aufschumpfen: $0,000\,9\,D \leq j \leq 0,001\,5\,D$;
- für Aufpressen: $0,001\,0\,D \leq j \leq 0,001\,5\,D + 0,06$.

Dabei ist D der Nenndurchmesser, in mm, des Radsitzes.

4.1.3 Aufpressdiagramm

4.1.3.1 Zu erreichende Werte

Für das Aufpressen stellt das Kraft-Weg-Diagramm sicher, dass die aufgepressten Teile nicht beschädigt sind und dass das festgelegte Passübermaß wirksam ist.

Der Verlauf der zu erzielenden Kurve ist im Anhang A festgelegt.

Das Intervall, in dem sich die Pressendkraft F_f befinden muss, ist abhängig von der in 4.2.1 festgelegten Kraft F und muss innerhalb des folgenden Bereichs liegen:

$$0,85\,F < F_f < 1,45\,F$$

Dieses Intervall gilt:

- für das Aufpressen von Vollrädern;
- mit L_f/D zwischen 0,8 und 1,1, wobei D der Nenndurchmesser des Wellensitzes und L_f die Länge des Passsitzes (in mm) ist;
- Molybdändisulfid-Pasten (MoS_2) und Talg.

Wenn andere Schmiermittel verwendet werden, müssen diese in der technischen Spezifikation festgelegt und während der Qualifizierung des Produkts nach Anhang D einschließlich der Abpressprüfung nach 4.2.1 validiert werden.

4.1.3.2 Messverfahren

Die zum Aufpressen verwendete Presse muss mit einer kalibrierten Vorrichtung versehen sein, die den Verlauf der Kraft in jeder Position des aufzupressenden Teils aufzeichnet, der sich während der Verschiebung dieses aufzupressenden Teils auf der Radsatzwelle ergibt. Die Abszissenskala für die Verschiebung muss mindestens dem 0,5-Fachen der tatsächlichen Verschiebung des aufzupressenden Teils entsprechen. Die Skala der Ordinatenachse für die Kraft muss so unterteilt sein, dass der Wert der Kraft mit einer Genauigkeit von 25 kN abgelesen werden kann. Die Genauigkeit des Kraftmessfühlers muss 10 kN betragen. Abszisse und Ordinaten können umgekehrt werden.

Im Falle einer punktwisen Aufzeichnung muss mindestens ein Punkt je mm Relativverschiebung der zu fügenden Teile und je 25 kN Kraftänderung aufgezeichnet werden.

4.2 Eigenschaften des Radsatzes

4.2.1 Gegendruck der zusammengefügteten Teile

4.2.1.1 Allgemeine Anforderungen

Anhang A und Anhang E legen die Notwendigkeit der Durchführung dieser Prüfung fest.

4.2.1.2 Zu erreichende Werte

Um Kräfte und Momente zwischen Radsatzwelle und Rad übertragen zu können, müssen die zusammengeführten Teile über 30 s eine axiale Kraft F aushalten, ohne dass es zu einer Verschiebung zwischen den gefügten Teilen kommt.

Diese Kraft F muss in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Falls nicht anders in der technischen Spezifikation angegeben, so beträgt für die Räder der Wert der Kraft F :

$$F = 4 D$$

wenn

$$0,8 D < L_f < 1,1 D$$

Dabei ist

D der Nenndurchmesser des Wellensitzes, in mm, L_f die Länge des Passsitzes, in mm, und F die Kraft, in kN.

4.2.1.3 Prüfverfahren

Die Prüfung muss an einer Presse erfolgen, die mit einem Gerät zur Aufzeichnung der Kraft ausgerüstet ist.

Die Kraft wird zwischen einer Nabenfläche der montierten Komponente und der Radsatzwelle schrittweise aufgebracht, bis der Wert F erreicht ist.

Für aufgedrückte Räder sollte die Abpressprüfung erst 48 h nach der Montage durchgeführt werden.

Für aufgeschraubte Räder ist diese Prüfung durchzuführen, wenn Rad und Welle nach dem Aufpressen auf die gleiche Temperatur abgekühlt sind.

4.2.2 Dauerfestigkeitseigenschaften

4.2.2.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt definiert die Umlaufbiegewechselfestigkeitswerte für 10^7 Lastwechsel. Diese Werte werden für die Berechnung der höchstzulässigen Spannungen an den Sitzen der Radsatzwellen verwendet und sind erforderlich für die Anwendung von EN 13103-1. Diese Werte gelten für „klassische“ Konstruktionen von Radsätzen, Rädern und Montageprozesse und brauchen bei der Qualifizierung des Produkts nicht verifiziert werden.

ANMERKUNG 1 Eine Konstruktion gilt als „klassisch“, wenn die Parameter, die montierte Teile festlegen, die Anforderungen der europäischen Produkt- und Konstruktionsnormen für innengelagerte und außengelagerte Radsätze erfüllen (zum Beispiel Rauigkeit, Geometrie, Presspassung, Überhang, Durchmesserhältnisse, Stahlgüten usw.).

Für andere Arten von Konstruktionen oder Montageprozesse (beispielsweise Abkühlen einer zu montierenden Radsatzwelle, spezifisches Durchmesser Verhältnis, neue Werkstoffe, spezifische Beschichtung des Radsitzes usw.) sind die folgenden Eigenschaften mindestens einmal zu verifizieren und zu prüfen, wenn neue oder geänderte Parameter die Montage beeinflusst.

Diese Dauerfestigkeitseigenschaften sind unterschiedlich für Vollradsatzwellen und Hohlradsatzwellen. Dies resultiert aus der Auswirkung der Bohrung auf die Spannungsverteilung.

Bei Vollradsatzwellen muss nur ein Dauerfestigkeitswert (F_3) unter dem Fügeseitz bestimmt werden.

Bei Hohlradsatzwellen müssen zwei Dauerfestigkeitswerte berücksichtigt werden, da aufgrund der unterschiedlichen Wandstärken der Radsatzwelle der Fügeffekt an den Wellenschenkeln größer ist als in anderen gefügten Bereichen:

- unter den Radsitzen, mit Ausnahme der Wellenschenkel, Grenzwert F_4 ,
- unter den Radsitzen der Wellenschenkel, Grenzwert F_5 ,

Gegebenenfalls muss die Dauerfestigkeit F_3 oder F_4 bei der Qualifizierung (siehe Anhang D) durch Prüfungen verifiziert werden. Die Dauerfestigkeit F_5 kann mithilfe der Verhältnisse $F_4/F_5 = 1,17$ und $F_3/F_5 = 1,28$ berechnet werden.

ANMERKUNG 2 Die Dauerfestigkeitseigenschaften F_1 und F_2 der Welle sind in EN 13261 festgelegt.

4.2.2.2 Dauerfestigkeit

Die Mindestwerte für die Dauerfestigkeit für die Radsatzwellen der Radsätze sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Minstdauerfestigkeit für die Radsatzwellen der Radsätze, in MPa

Stahlgüte	F_3	F_4	F_5
EA1N/EA1T	120	110	94
EA4T	145	132	113

4.2.2.3 Proben für die Dauerfestigkeitsprüfung

Für die Dauerfestigkeitsprüfungen der Radsätze gilt, dass ein Rad oder ein Dummy-Rad mit ungefähr gleichen Abmessungen (insbesondere die Nabe) auf den Radsitz aufgeschraubt oder gepresst werden muss. Das Übermaß muss den Anforderungen von 4.1.2 entsprechen.

Der Bereich, in dem an der Probe der Riss auftreten müsste, muss vergleichbare Abmessungen, ein vergleichbares Umfeld und einen vergleichbaren Oberflächenbearbeitungszustand aufweisen wie die Radsatzwelle.

Beispiele für diese Proben sind in Anhang B enthalten.

4.2.2.4 Prüfverfahren

Die Prüfungen sind mit Maschinen durchzuführen, die Umlaufbiegespannungen in der Rissinitiationszone erzeugen.

Für jeden Grenzwert F_3 und F_4 ist an drei Proben zu überprüfen, dass sich nach 10^7 Lastwechseln mit einer Oberflächenspannung von F_3 oder F_4 kein Riss ausgebreitet hat. Anzeigen mit einer Tiefe von weniger als 0,5 mm dürfen nicht als Ausbreitungen von Rissen betrachtet werden.

Diese Spannungsniveaus sind nach der Biegebalkentheorie auf dem Wellensitz zu berechnen, ohne Berücksichtigung der Flächenpressung.

4.2.3 Elektrischer Widerstand

Der elektrische Widerstand jedes Radsatzes wird zwischen den Laufflächen der beiden Räder gemessen und darf $0,01 \Omega$ nicht überschreiten.

Die für diese Messung eingesetzten Geräte und das Verfahren müssen in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

4.2.4 Dynamische Unwucht

4.2.4.1 Zulässige Höchstwerte

Für Laufradsätze eines Fahrzeugs, das für Fahrgeschwindigkeiten über 120 km/h ausgelegt ist, sind die Werte der maximalen dynamischen Unwucht in Tabelle 2 angegeben. Sie werden in der Messkreisebene festgelegt.

Für Radsätze der Kategorie 1 muss die dynamische Unwucht einzeln gemessen werden.

Für Radsätze der Kategorie 2 (Geschwindigkeit von mehr als 120 km/h) muss die dynamische Unwucht einzeln gemessen werden, sofern nicht anders in der technischen Spezifikation angegeben.

Tabelle 2 — Höchstwerte der dynamischen Unwucht

Geschwindigkeit km/h	Unwucht g·m
$120 < V \leq 200$	75
$V > 200$	50

Bei einem Treibradsatz wird die Auswuchtung durch entsprechende Positionierung der Komponenten und die Auswuchtung jeder einzelnen Komponente (Räder, Bremscheiben und sonstige Komponenten wie Kupplungen und Getriebe) erzielt. Die Messung der dynamischen Unwucht ist daher nicht notwendig.

4.2.4.2 Probe

Die Unwucht wird gemessen an einem voll montierten und bearbeiteten Radsatz.

4.2.4.3 Prüfverfahren

Das für diese Messung eingesetzte Gerät und das Verfahren müssen in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

4.2.5 Abmessungen und Toleranzen

4.2.5.1 Allgemeines

Die Abmessungen der Radsätze müssen mit den Konstruktionszeichnungen übereinstimmen. Die Maß- und Formtoleranzen, die bei der Montage der verschiedenen Teile des Radsatzes anzuwenden sind, sind in den nachstehenden Abschnitten angegeben.

Sie sind abhängig von der Radsatzkategorie.

Die angegebenen Werte beziehen sich auf eine Messung am unbelasteten Radsatz.